



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Departamento de Ciencias de la Salud

**El sistema de neuronas espejo y su activación
en movimientos coordinados complejos**

Juan Carlos Bonito Gadella

Director:

Dr. D. Nelson Annunciato

Murcia, Abril de 2012



UCAM
Universidad Católica
San Antonio

**AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS
PARA SU PRESENTACIÓN**

El Dr. D. Nelson Annunciato como Director de la Tesis Doctoral titulada “El sistema de neuronas espejo y su activación en movimientos coordinados complejos” realizada por D. Juan Carlos Bonito Gadella en el Departamento de Ciencias de la Salud, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 56/2005 y 778/98, en Murcia a 09 de abril de 2012.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar debo agradecer a mi director y amigo, la confianza depositada en mí al aceptar la dirección de esta tesis, así como su disponibilidad constante y sus enseñanzas, que me hacen disfrutar cada vez más del apasionante mundo de las neurociencias y del comportamiento humano. Gracias de todo corazón, ¡muito obrigado!

En segundo lugar a todos aquellos que han participado como voluntarios en esta tesis: Ana M^a González, Gema Llagostera, Néstor Martínez, África Contreras, José Bernabé, Iván Cerdeña, Raquel Espinosa, Paula Brun, Paqui Gálvez, M^a Pilar Carmona, M^a Carmen Camacho, Ado Das, Dolores Martín, M^a Mar Rodríguez, Belén Guadalupe, Cristina Albert, Rufina Carrascosa, Ana Goldschmidt, Jesús Cano, Ainara Antelo, Pablo Casais, Elena Fernández, M^a Teresa Prieto, Alfonso García, Ana Guzmán, José M^a Hernández, Jesús Fernández, M^a Ángeles Jiménez, Irene Cortés, Paula Domecq, Javier Alonso, Toñi Díaz, Marta Muñoz, Ana Teresa López, Ángela Gámez, Almudena Ramírez, Mónica López, Raquel Sánchez, Ornella Moreno, Inocencia Casanova y María Sáez. Gracias a todos por vuestra presencia y por el tiempo compartido.

También a aquellos que habéis participado en la elaboración de los medios audiovisuales para la tesis: Jorge Hernández y María. Como no agradecer también a Naia Yarritu, nuestra modelo en las imágenes, su colaboración y entusiasmo; gracias por permitir quedar inmortalizada en estas páginas y en los vídeos que hemos editado.

Gracias también a M^a Ángeles, directora de terapia ocupacional de la UCAM, que nos proporcionó el espacio idóneo para la realización de las exploraciones y al Dr. Tomás Ortíz, que confió en mí para facilitarme los medios técnicos y humanos necesarios para poder llevar a cabo esta investigación. Gracias por la ayuda desinteresada y por permitir que la Dra. Ana Martínez pudiera enseñarme a utilizar el electroencefalograma y así hacer los registros y posteriores análisis; gracias también a ella por su gran ayuda y colaboración en todo el desarrollo del proceso de la investigación, así como a Lucía Halty, por hacerme llegar el EEG y solucionar las dudas cuando surgieron.

Debo agradecer del mismo modo a Mari Luz los esfuerzos realizados para poder realizar los primeros EEG en la universidad complutense de Madrid, así como a los voluntarios que vinieron desinteresadamente.

Gracias también al vicerrectorado de investigación y al servicio de informática de la UCAM por facilitarme las infraestructuras necesarias para poder realizar los análisis de los registros, así como solucionar siempre los problemas que surgían. De un modo especial quiero agradecer a mi amigo Andrés Hernández por su compañía, ánimo e ilusión en la presentación de esta tesis. Siempre es un gusto encontrarse con personas que hacen bien su trabajo y que disfrutan ayudando a los otros.

Agradezco también el apoyo aportado por Luisa Martínez, que con su gran profesionalidad es un ejemplo de cómo hacer las cosas bien, deseando que esta

tesis le reporte también a ella las alegrías que en su carrera académica merece. Gracias amiga.

No quisiera olvidar a nadie en estos agradecimientos, pero si lo he hecho le pido disculpas y le incluyo en ellos de todo corazón.

Agradezco también en la culminación de este proceso del doctorado la formación que me han regalado mis padres, no tanto la académica, que también, sino la personal y la educación en la vida, ya que las cosas que he aprendido en el hogar no se aprenden en los libros sino en el abrazo generoso y gratuito de la vida de cada día. Gracias también a mis hermanos por su cariño y compañía, en especial a Javi, cómplice de cada cosa que he hecho desde que nací y que no deja de enterarse de cada cosa que me sucede o hago: gracias hermano.

Por último y por ello a los que debo más en esta tesis, quiero agradecer y dedicarles este trabajo a Bárbara, mi mujer, a Ester y a Verónica, mis hijas. Gracias por acompañarme en este largo proceso, que aunque a veces un poco pesado, hemos conseguido llevarlo a término. Siento los momentos en los que ha sido necesario no poder estar juntos para hacer y terminar esta tesis, aunque he intentado que fueran los menos posibles, porque deseo con toda mi alma pasar el máximo tiempo con vosotras, que sois el regalo que Dios ha puesto a mi lado para caminar en la vida hacia Él.

He podido disfrutar más de toda esta investigación al saber que estáis a mi lado y que no camino solo en esta aventura. Gracias por quererme y subir la montaña conmigo. Que Dios saque el fruto que Él quiera de todo este esfuerzo compartido y vivido en nuestra familia.

Doy gracias a Dios por permitirme hacer esta tesis en estos años y por haberme puesto a tanta gente que han hecho más cercana Su presencia, incluso sin saberlo.

*“Yo investigo para saber algo, no para pensarlo”
San Agustín*

Pensar algo es realizar una construcción intelectual, ideal e imaginativa al respecto; pero con frecuencia otorgamos demasiado privilegio a este pensar y sin darnos cuenta –o incluso llegando a justificar la actitud que estoy queriendo definir- proyectamos sobre el hecho lo que pensamos de él. Por el contrario, el hombre sano quiere saber cómo es el hecho: sólo sabiendo cómo es y sólo entonces, puede también pensarlo.

Luigi Giussani

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	v
ABREVIATURAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix
INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.....	23
CAPÍTULO I.....	29
FUNCIONES NERVIOSAS SUPERIORES.....	29
1.1. Teoría de la localización.....	30
1.2. Historia	30
Teoría de la Frenología.....	30
1861. Broca.....	30
1870. Fritsch y Hitzig.....	31
1876. Flechsig.....	31
1876. Wernicke.....	31
1904. Brodmann.....	31
1959. Hubel y Wiesel.....	35
1936. Moniz.....	35
1950. Penfield.....	36
1974. Gershwin.....	36
1977. Milner.....	36
1984. Ross y Heilman.....	36
1988. Warrington.....	36
1.3. SISTEMAS DE FIBRAS	37
1.3.1. Fibras de Asociación.....	37
1.3.2. Fibras Comisurales.....	39
1.3.3. Fibras de Proyección.....	40
1.4. LÓBULOS CEREBRALES.....	41
1.4.1. LÓBULO FRONTAL.....	41
1.4.2. LÓBULO PARIETAL.....	43
1.4.3. LÓBULO OCCIPITAL.....	45
1.4.4. LÓBULO TEMPORAL.....	46
1.5. ÁREAS CORTICALES SEGÚN BRODMANN.....	49
1.5.1. Área de Brodmann 1 (AB1).....	49
1.5.2. Área de Brodmann 2 (AB2).....	51
1.5.3. Área de Brodmann 3 (AB3).....	51
1.5.4. Área de Brodmann 4 (AB4).....	52
1.5.5. Áreas de Brodmann 5 (AB5) y 7 (AB7).....	53
1.5.6. Área de Brodmann 6 (AB6).....	55
1.5.7. Área de Brodmann 7 (AB7).....	57
1.5.8. Área de Brodmann 8 (AB8).....	58
1.5.9. Áreas de Brodmann 9 y 10 (AB9 - AB10).....	60
1.5.10. Área de Brodmann 11 (AB11).....	61

1.5.11. Área de Brodmann 17 (AB17).....	62
1.5.12. Área de Brodmann 18 (AB18).....	63
1.5.13. Área de Brodmann 19 (AB19).....	65
1.5.14. Área de Brodmann 20 (AB20).....	66
1.5.15. Área de Brodmann 21 (AB21).....	67
1.5.16. Área de Brodmann 23 (AB23).....	68
1.5.17. Área de Brodmann 25 (AB25).....	69
1.5.18. Área de Brodmann 36 (AB36), AB27, AB28, AB35.	69
1.5.19. Área de Brodmann 37 (AB37).....	71
1.5.20. Área de Brodmann 38 (AB38).....	72
1.5.21. Área de Brodmann 39 (AB39).....	73
1.5.22. Área de Brodmann 40 (AB40).....	74
1.5.23. Área de Brodmann 42 (AB42).....	76
1.5.24. Área de Brodmann 43 (AB43).....	77
1.5.25. Área de Brodmann 45 (AB 45).....	78
1.5.26. Área de Brodmann 46 (AB46).....	79
1.5.27. Área de Brodmann 48 (AB48).....	80
CAPÍTULO II	83
NEURONAS ESPEJO	83
CAPÍTULO III.....	91
ELECTROENCEFALOGRAFÍA (EEG).....	91
3.2.1. Ritmo alfa.....	93
3.2.2. Ritmo beta.....	93
3.2.3. Ritmo theta.	94
3.2.4. Ritmo mu.	94
3.2.5. Sistema Internacional 10-20.	95
CAPÍTULO IV.....	99
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	99
4.1. OBJETIVOS.....	99
4.2. HIPÓTESIS.....	100
CAPÍTULO V	103
DISEÑO Y METODOLOGÍA	103
5.1. MUESTRA	103
5.2. ASPECTOS PREVIOS AL REGISTRO.....	104
5.3. ESTADOS o condiciones	110
5.4. REGISTRO DEL EEG	110
5.5. EDICIÓN DEL EEG	111
5.6. ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL EEG (QEEGt).....	112
5.7. LOCALIZADOR DE FUENTES	117
5.8. VISUALIZADOR TOMOGRÁFICO.....	120
5.9. ESTADÍSTICA.....	124
5.9.1. Cálculo de medias.	125

5.9.2. Programa Neuronica Estadística.....	125
5.10. LOCALIZADOR DE FUENTES	128
CAPÍTULO VI.....	131
RESULTADOS Y ANÁLISIS	131
6.1. MEDIAS	131
6.2. Diferencias significativas.	139
6.2.1. T2 Hotelling dependiente LORETA. Comparativa con EB.....	139
6.2.2. T2 Hotelling dependiente LORETA	159
6.3. ANÁLISIS	176
6.3.1. Análisis de las medias.....	176
6.3.2. Análisis de las diferencias significativas.....	180
CAPÍTULO VII.....	197
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	197
CONCLUSIONES	209
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	211
ANEXO I	271
ANEXO II.....	273

ABREVIATURAS

AAL	Atlas probabilístico de niveles de correspondencia anatómica de Montreal (<i>Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal</i>).
AB	Área de Brodmann.
AIP	Área intraparietal anterior.
DCP	Densidad de corriente primaria.
EEG	Electroencefalografía.
EMG	Electromiografía.
EOG	Electrooculograma.
FFT	Transformada rápida de Founier.
fRMN	Resonancia magnética nuclear funcional.
LF	<i>Lead Field</i> .
LORETA	Tomografía electromagnética de baja resolución (Low-Resolution Electromagnetic Tomography).
MCMC	Algoritmo de Monte Carlo usando Cadenas de Markov.
MEG	Magnetoencefalografía.
MI	Máxima intensidad.
MNS	Sistema de neuronas espejo (<i>Mirror neuron system</i>).
PI	Problema inverso.
SI	Sistema Internacional 10-20.
TEC	Tomografía eléctrica cerebral.
TMS	Estimulación magnética transcraneal (<i>Transcranial magnetic stimulation</i>).

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1.

Figura 1.1. Áreas de Brodmann	26
Figura 1.2. Capas de la corteza cerebral	27
Figura 1.3. Columnas de la corteza cerebral	29
Figura 1.4. Fibras arqueadas o fibras en U	31
Figura 1.5. Fibras del cíngulo	32
Figura 1.6. Fibras de asociación	33
Figura 1.7. Cuerpo calloso	33
Figura 1.8. Lóbulo frontal	35
Figura 1.9. Lóbulo parietal	37
Figura 1.10. Tálamo	38
Figura 1.11. Lóbulo occipital	39
Figura 1.12. Lóbulo temporal	40
Figura 1.13. Experimento Eric Kandel	42

CAPÍTULO 2.

Figura 2.1. Áreas corticales del mono. Área F5	78
---	----

CAPÍTULO 5.

Figura 5.1. Lugar de las exploraciones.	98
Figura 5.2. Electrocap	99
Figura 5.3. Disposición de los electrodos del EEG	100
Figura 5.4. Gel conductor	101
Figura 5.5. Mapa de impedancias	101
Figura 5.6. Electrodoes superficiales de contacto	102
Figura 5.7. Disposición del Electrocap y los electrodos superficiales	102
Figura 5.8. Electroencefalógrafo	103
Figura 5.9. Insertado de marcas en el EEG	105
Figura 5.10. Edición del EEG	106
Figura 5.11. Software Análisis Cuantitativo del EEG. TrackWalker	106
Figura 5.12. Definición de las amplitudes de las bandas	107

Figura 5.13. Exportación a texto	108
Figura 5.14. Selección de los archivos a exportar a texto	108
Figura 5.15. Exportación de las frecuencias medias	109
Figura 5.16. Software txt del QEEGt	110
Figura 5.17. Formato parámetros numéricos	110
Figura 5.18. Software Neuronic Localizador de Fuentes	111
Figura 5.19. Máscara de la selección del campo Neuronic localizador de fuentes	113
Figura 5.20. Posición de sensores de registro	113
Figura 5.21. Cálculo de la tomografía.	114
Figura 5.22. Software Neuronic Visualizador Tomográfico	114
Figura 5.23. Disposición de la malla sobre el volumen de la imagen	115
Figura 5.24. Apertura archivos .CPG	116
Figura 5.25. Modelo mapa proyecciones de máxima intensidad	116
Figura 5.26. Compartimentos anatómicos	117
Figura 5.27. Software Neuronic Estadística	118
Figura 5.28. Software cálculo medias	119
Figura 5.29. Elaboración grupos	120
Figura 5.30. Selección de la prueba estadística T2 de Hotelling	120
Figura 5.31. Definición de los factores a analizar	121
Figura 5.32. Apertura solución tomográfica	122
Figura 5.33. Datos exportados a WordPad®	122
Figura 5.34. Imagen tipo y máscara de la escala de la solución	123

CAPÍTULO 6

Figura 6.1. Vista horizontal coronal y medio sagital de la media de las soluciones LORETA de la proyección de los generadores de la actividad neuronal en la banda alpha 1	126-127
Figura 6.2. Vista horizontal coronal y medio sagital de la media de las soluciones LORETA de la proyección de los generadores de la actividad neuronal en la banda alpha 2	129-130
Figura 6.3. Vista horizontal coronal y medio sagital de la media de las soluciones LORETA de la proyección de los generadores de la actividad neuronal en la banda beta	131-132
Figura 6.4. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición A	134

Figura 6.5. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición F	135
Figura 6.6. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición G	136
Figura 6.7. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición I	137
Figura 6.8. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición J	138
Figura 6.9. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición K	139
Figura 6.10. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición A	140
Figura 6.11. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición H	141
Figura 6.12. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición I	142
Figura 6.13. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2 , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición K	143
Figura 6.14. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición A	145
Figura 6.15. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición F	146
Figura 6.16. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición G	147
Figura 6.17. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición H	148-149
Figura 6.18. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición I	150

Figura 6.19. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición J	151
Figura 6.20. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición K	152
Figura 6.21. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado C y E	154-155
Figura 6.22. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado F y H	157
Figura 6.23. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1 , de la solución LORETA entre estado I y K	159
Figura 6.24. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2 , de la solución LORETA entre estado C y E	161
Figura 6.25. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2 , de la solución LORETA entre estado F y H	162-163
Figura 6.26. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2 , de la solución LORETA entre estado I y K	164-165
Figura 6.27. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado C y E	166
Figura 6.28. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado F y H	168
Figura 6.29. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta , de la solución LORETA entre estado I y K	169-170

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 6

Tabla 6.1. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y estado basal con ojos cerrados (A)	133
Tabla 6.2. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar realizando la marcha (F)	134
Tabla 6.3. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y ver el video de la marcha (G)	135
Tabla 6.4. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar realizando el pino (I)	136
Tabla 6.5. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y ver el video haciendo el pino (J)	137
Tabla 6.6. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar realizando el pino después de ver el video (K)	138
Tabla 6.7. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y el estado basal con ojos cerrados (A)	140
Tabla 6.8. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar realizar la marcha tras ver el video (H)	141
Tabla 6.9. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer el pino (I)	142
Tabla 6.10. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer el pino tras ver el video (K)	143
Tabla 6.11. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y el estado basal con ojos cerrados (A)	144

Tabla 6.12. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginando la realización de la marcha (F)	145
Tabla 6.13. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y ver el video de la marcha (G)	146-147
Tabla 6.14. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer la marcha tras ver el video (H)	148
Tabla 6.15. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer el pino (I)	149
Tabla 6.16. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y ver el video haciendo el pino (J)	150
Tabla 6.17. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer el pino tras ver el video (K)	152
Tabla 6.18. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado de imaginar el paso se sedestación a bipedestación (C) y el estado de imaginarlo tras ver el video (E)	153-154
Tabla 6.19. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado de imaginar la marcha (F) y el estado de imaginar la marcha tras ver el video (H)	155-156
Tabla 6.20. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado de imaginar hacer el pino (F) y el estado de imaginar hacer el pino tras ver el video (H)	157-159
Tabla 6.21. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado imaginar el paso se sedestación a bipedestación (C) y el estado de imaginar el paso tras ver el video (E)	160-161
Tabla 6.22. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado de imaginar la marcha (F) y el estado de imaginar la marcha tras ver el video (H)	162

Tabla 6.23. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado de imaginar hacer el pino (I) y el estado de imaginar hacer el pino tras ver el video (K)	163-164
Tabla 6.24. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado de imaginar el paso se sedestación a bipedestación (C) y el estado de imaginarlo tras ver el video (E)	165-166
Tabla 6.25. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado de imaginar la marcha (F) y el estado de imaginar la marcha tras ver el video (H)	167
Tabla 6.26. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado de imaginar hacer el pino (I) y el estado de imaginar hacer el pino tras ver el video (K)	168-169
Tabla 6.27. Diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones de LORETA entre el estado basal (EB) y las condiciones experimentales en las áreas relacionadas con el sistema de neuronas espejo (MNS)	180
Tabla 6.28. Diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones de LORETA entre el estado basal (EB) y las condiciones experimentales	182
Tabla 6.29. Diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones de LORETA entre las condiciones experimentales C Vs E, F Vs H e I Vs K en las áreas relacionadas con el sistema de neuronas espejo (MNS)	187
Tabla 6.30. Diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones de LORETA entre las condiciones experimentales C Vs E, F Vs H e I Vs K	188

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

Existen evidencias que nos indican que la observación de las acciones realizadas por otras personas se asocia de un modo directo con la activación del sistema motor del sujeto que lo está observando. Este hecho nos lleva inexorablemente a entrever la participación del sistema de neuronas espejo (mirror neuron system: MNS), presentes en tantos comportamientos en el ser humano. Por ello mostramos un extracto del descubridor de este sistema (Giacomo Rizzolatti) que ilustra muy bien dicha participación:

“En el hombre la visión de actos realizados por otros determina en el observador una inmediata implicación de las zonas motoras dedicadas a la organización y ejecución de esos actos. Dicha implicación permite descifrar el significado de los acontecimientos motores observados, es decir comprenderlos en términos de acciones, una comprensión que aparece desprovista de toda mediación reflexiva, conceptual y/o lingüística, al basarse únicamente en ese vocabulario de actos y en ese conocimiento motor de los que depende nuestra característica capacidad de acción. Las distintas activaciones del sistema de las neuronas espejo muestran que éste es capaz de codificar el significado que cada acto observado acaba adoptando según las acciones en las que puede verse implicado” (1).

Durante la observación de los movimientos realizados por los demás, la información visual se integra con las representaciones motoras, somatosensoriales y los recuerdos cinestésicos correspondientes, así como con las representaciones de los objetivos internos, instrucciones y la preferencia en la realización del movimiento. Los procesos corticales subyacentes han sido evaluados en monos (2) y en humanos a través de la neuroimagen (3-11). En conjunto, estos estudios apuntan a una "equivalencia funcional" o "representaciones motoras compartidas" entre los procesos corticales de la observación del movimiento y la ejecución, en consonancia con el concepto de un sistema innato de procesamiento de la percepción con la producción motora (12-15) desarrollado por especies sociales para la comprensión de las acciones y las intenciones de los miembros del grupo en el que se encuentran o al que pertenecen (16, 17).

El hecho de que el sistema de neuronas espejo pueda desempeñar en el hombre una gama de funciones muy amplia no debe desviar nuestra mirada del papel primordial que desempeñan en la comprensión del significado de las acciones ajenas, el reconocimiento de los actos y comportamientos de aquellos que tenemos delante. En cuanto vemos a alguien realizando un movimiento, un gesto o una cadena de actos, sus movimientos, sean realizados o no con el fin de hacernos entender o comprender algo, adquieren para nosotros un significado inmediato, al igual que cualquier acción nuestra encierra un significado inmediato para quien la observa. La posesión del sistema de las neuronas espejo y la selectividad de sus respuestas determinan un entorno, que podríamos llamar entorno epigenético, en el que todo lo que nos sucede a nosotros o les sucede a los demás influye en la globalidad, concibiendo un espacio de acción compartido, en cuyo interior cada acto y cada cadena de actos, nuestros o ajenos, aparecen

inmediatamente inscritos y comprendidos, sin que ello exija ningún razonamiento explícito (1).

Si seguimos profundizando en estos aspectos primarios, parece evidente que la transformación de la información visual en una apropiada respuesta motora se produce en el sistema de neuronas espejo, dado que a nuestro comportamiento y a nuestro entorno no le basta con ver o ser visto, sino que tiene que ser interpretado y generar una respuesta adecuada a los estímulos recibidos.

Nuestro sistema de neuronas espejo, englobado dentro de las funciones nerviosas superiores, participarán en el procesamiento de información y su transformación en una respuesta motora, perceptiva, emocional, visceral, etc. Pese a implicar zonas y circuitos corticales diversos, nuestras percepciones de los actos y reacciones emotivas de los demás parecen ir emparejadas con un mecanismo espejo que permite a nuestro cerebro reconocer inmediatamente todo lo que vemos, sentimos o imaginamos que hacen los demás, pues pone en marcha las mismas estructuras neurales (motoras o visceromotoras, respectivamente) responsables de nuestras acciones y emociones.

Este último aspecto, la comprensión inmediata de las emociones de los demás, es un ámbito que en la actualidad ocupa muchas investigaciones y a un amplio grupo de investigadores del comportamiento humano, así como a neurocientíficos de todo el mundo, con la pretensión de comprender cómo el ser humano se relaciona y comprende a los otros seres humanos que le rodean. Queda claro en estos últimos años de estudios concienzudos que estos mecanismos están posibilitados por el mecanismo de las neuronas espejo, al constituir éste el prerrequisito fundamental del comportamiento empático que subyace en buena parte de nuestras relaciones interindividuales.

Se ha publicado mucho sobre estos aspectos, pero sin embargo hay menor cantidad de trabajos que analicen los mecanismos empáticos o simplemente de representación cortical de las funciones de las áreas activadas ante la observación de movimientos coordinados complejos, que impliquen la participación y el movimiento de la totalidad del cuerpo, sin acotarlo a una región corporal aislada.

Una buena parte de los trabajos publicados se han centrado en el papel del sistema de neuronas espejo durante la observación de una acción realizada por otras personas, estando influida la respuesta por la experiencia motora que posea el observador, ya que existe diferente activación si los movimientos observados son conocidos o no (18-24). En líneas generales se ha comprobado que el MNS está más activo cuando la observación de las acciones que el participante contempla están dentro de su experiencia motora, lo cual nos induce a pensar que dicha activación está vehiculizada por el aprendizaje sensorio motor (25, 26). Este hecho no deja de mostrar los factores constitutivos del ser humano, que se perciben cuando están comprometidos en la acción que realiza, sea en el ámbito motor, emocional, de comportamiento o incluso en el religioso. Por eso, una persona que nunca ha experimentado un acto concreto, podría afirmar que ese acto no le afecta, no le implica, no le mueve e incluso podría decir que no existe para él, no existe para su sistema nervioso, para su cerebro, para su sistema de neuronas espejo, en definitiva para su propio yo.

Es claro que la vida de un ser humano es un entramado lleno de acontecimientos, de encuentros, de experiencias, que nos provocan la conciencia y llaman a la consecución de una respuesta que sólo se formulará en aquellos que están familiarizados con dichos actos.

Debemos por tanto tener muy presente que si el observador tiene poca o ninguna experiencia no podrá recuperar una representación motriz al observar un movimiento.

Estos hallazgos son de gran importancia para entender mecanismos de aprendizaje, memoria o reconocimiento de los otros y de sus acciones. Un pequeño número de estudios, como el de Buccino (27) han examinado cómo las neuronas espejo podían estar implicadas en los intentos iniciales de aprendizaje de nuevos movimientos o acciones, presentando la participación en dicho proceso de una actividad cortical amplia, implicando procesos cognitivos de la corteza prefrontal, áreas implicadas en la atención y áreas responsables de las labores ejecutivas de una tarea específica (28, 29). También se puede observar en otros estudios que la adquisición cortical de la experiencia motora ante un movimiento que era desconocido producía una actividad cerebral menor que cuando ese movimiento ya estaba englobado dentro de los registros motores de los sujetos, observándose un cambio o redistribución de la actividad en la corteza prefrontal y derivándose posteriormente a otras áreas como podríamos presuponer (corteza sensorial o motora) (30-32). Comprobaron del mismo modo que la responsabilidad del procesamiento de las informaciones nuevas era de la corteza premotora, hasta que el gesto motor era automatizado y considerado como propio, momento en el que el protagonismo se trasladaba a prácticamente la totalidad de la corteza motora (21, 28). Sin embargo no está del todo claro si los cambios en la activación del sistema prefrontal al sistema motor, de la observación de una acción desconocida, puede ser inducida después de una exposición muy breve a dicho gesto motor, por ello planteamos nuestro estudio, con características parecidas al planteado por Marshall (33), quienes estudiaron los mecanismos implicados en la imitación, empleando gestos y movimientos breves desconocidos para el sujeto, observando la desincronización de los ritmos del EEG en las regiones frontal y central, prestando especial atención al ritmo alfa durante la observación de dichas acciones.

Multitud de estudios han centrado su atención en el ritmo mu (8-13 Hz) y su desincronización sobre los electrodos situados en las regiones centrales, empleando este ritmo como indicador o índice de la activación del sistema de neuronas espejo (34-40). A través de estos estudios la desincronización del ritmo mu se ha encontrado como acompañante de la observación de una acción, de imágenes de un movimiento y la ejecución de una acción, lo que nos sugiere que este ritmo tiene importantes propiedades en espejo, aunque nuestro propósito no es localizar este ritmo sino verificar qué actividad cortical existe en esa banda, al mismo tiempo que buscamos ver la descripción de los mapas en la totalidad de la banda alfa y beta del electroencefalograma.

Por ello nos planteamos como tarea una serie de ensayos en los que los participantes deberían considerar unos movimientos que son cotidianos en su

quehacer diario, tales como la observación e imaginación del paso de sedestación a bipedestación (ponerse de pie y sentarse) con carácter repetitivo, la observación y la imaginación de la marcha o locomoción, mostrada de manera continua y finalmente se expuso a los sujetos a un movimiento, también coordinado y complejo, como es el equilibrio bimanual sin apoyo de los pies (hacer el pino), teniendo que imaginar y observar dicho gesto motor. Elegimos este movimiento para introducir un componente novedoso y así poder comprobar qué áreas corticales estaban implicadas en los procesamientos de las informaciones recibidas.

Para tales fines, dada la dificultad de poder realizar un estudio con sistemas de neuroimagen (alto coste económico y falta de disponibilidad en los centros de referencia para fines investigadores), consideramos el EEG como el método ideal para nuestro estudio, gracias a la colaboración del Departamento de Psiquiatría de la Universidad Complutense de Madrid.

Hoy en día, es bien sabido que la actividad cerebral genera un campo electromagnético variable que se puede detectar con bastante precisión mediante el uso de electrodos en el cuero cabelludo. La electroencefalografía (EEG) es una técnica útil para el estudio de la dinámica del cerebro y la conectividad cortical funcional(41), por lo que la empleamos con los fines que a continuación desarrollaremos.

En esta tesis buscamos determinar las áreas corticales activadas ante los estímulos que se le proponen a los sujetos valiéndonos del EEG, buscando mapas de activación cortical que nos muestren la distribución de los generadores de energía encefálica y verificando la participación del sistema de neuronas espejo.

CAPÍTULO I

FUNCIONES NERVIOSAS SUPERIORES

El sistema nervioso es el único órgano del cuerpo que intenta saber como funciona él mismo.

El número de neuronas en un ser humano es de 10^{11} y cada una de ellas tiene aproximadamente unos 10000 contactos, aunque hay neuronas como las de Purkinje presentes en el cerebelo que pueden llegar a los 90000 contactos, por tanto $10^{11} \times 10000$ hace que tengamos más conexiones neuronales en nuestro cerebro que planetas y estrellas en la vía láctea.

Es imposible conocer qué función tiene cada neurona y qué genera cada conexión neuronal, pero lo que si podemos observar es el comportamiento, que es el resultado de la actividad cerebral, pero aunque conociéramos todas las conexiones neuronales no se podría explicar el funcionamiento del cerebro por completo. Si además entramos a valorar el comportamiento emocional y el cognitivo podríamos ver que son mucho más complejos y elaborados que el comportamiento motor.

Las funciones nerviosas superiores son:

- Movimientos voluntarios.
- Percepción sensorial.
- Comportamiento emocional.
- Memoria.
- Cognición.
- Lenguaje (hablado, escrito, gesticular...)

Estas funciones se definen como superiores desde un punto de vista filogenético, porque se considera que el ser humano está en la parte más alta de la evolución y desde un punto de vista anatómico, ya que como bien sabemos el cerebro es lo que está situado en lo más alto en la posición anatómica.

Para comprender mejor los hallazgos en las neurociencias a lo largo de los últimos siglos, realizamos un breve recorrido enumerando a los neurocientíficos más destacados, que han conseguido con sus investigaciones desvelar algún aspecto clarificador sobre la organización de la corteza cerebral y el estudio de las funciones nerviosas superiores, labor que continúa en la actualidad, sin olvidar que hoy día se busca más una visión funcional y se intenta abandonar la corriente localizacionista.

1.1. TEORÍA DE LA LOCALIZACIÓN

En la década de los ochenta los neurocientíficos defendían que las diferentes funciones del cerebro estaban en compartimentos cerrados, no existiendo relación entre ellas (42). Actualmente se descarta la teoría localizacionista según la cual la corteza cerebral se subdivide en áreas en base a su función, hoy en día se sabe que esas áreas no tienen exclusivamente dicha función, sino que sus neuronas contribuyen o participan en ella, puesto que, las funciones son ejecutadas a través de redes neuronales, no por centros aislados. Así, el área de Broca o Wernicke serán áreas que participan en el lenguaje.

La localización de una función significa localizar un área, la cual contribuyó a una actividad neuronal específica y las funciones son ejecutadas por redes neuronales y no por centros aislados.

1.2. HISTORIA

Podemos introducir la historia siguiendo un esquema sencillo y conciso, para comprender la evolución del estudio de las funciones nerviosas superiores (43, 44):

Teoría de la Frenología.

Esta ciencia comenzó con Franz Joseph Gall (1758-1828). (Del gr. freno, inteligencia, y -logia). Doctrina psicológica según la cual las facultades psíquicas están localizadas en zonas precisas del cerebro y en correspondencia con relieves del cráneo. El examen de estos permitiría reconocer el carácter y aptitudes de la persona (45).

A través de la palpación del cráneo se podrían determinar algunas virtudes de la persona. Lo que carece de cualquier fundamentación científica.

1861. Broca.

Fue el primero que utilizó el nombre de sistema nervioso autónomo. Descubrió el sistema límbico. Y dijo: "nosotros hablamos con el hemisferio izquierdo". El área del lenguaje de Broca se localiza en el lóbulo frontal. Durante mucho tiempo se ha conocido como área motora de Broca, pero éste es un término erróneo, puesto que se trata de un área de expresión.

1870. Fritsch y Hitzig.

Observaron que el control de los movimientos voluntarios en perros eran cruzados. Esto supuso el inicio para el estudio del control postural por los hemisferios contralaterales en el ser humano.

1876. Flechsig.

Las vías cortico espinales son mayores desde la izquierda hacia la derecha, que al contrario. El hemisferio izquierdo controla movimientos más precisos de la parte corporal derecha.

1876. Wernicke.

Fue el primero en utilizar el término de afasia.

El área de Wernicke se localiza en el lóbulo temporal.

Desde el área auditiva se deriva información hacia el área de Wernicke, que nos permite comprender lo que estamos oyendo, y desde aquí se envía información al área de Broca para activar los órganos fono articulares.

1904. Brodmann.

Estructuró la corteza en 52 áreas. La numeración se corresponde a la zona de inicio de su estudio.

La división de Brodmann no fue en base a la función, esto llegaría tiempo después.

Brodmann argumentó que la corteza cerebral humana estaba organizada anatómicamente de la misma forma que la corteza de todos los otros mamíferos. Se demostró que la corteza en animales y humanos constaba de seis capas y sobre la base de las diferencias anatómicas en estas capas desarrolló un sistema de numeración que se ha convertido en una base estándar para designar las zonas de la corteza. Su trabajo culminó con la publicación de *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde* en 1909.

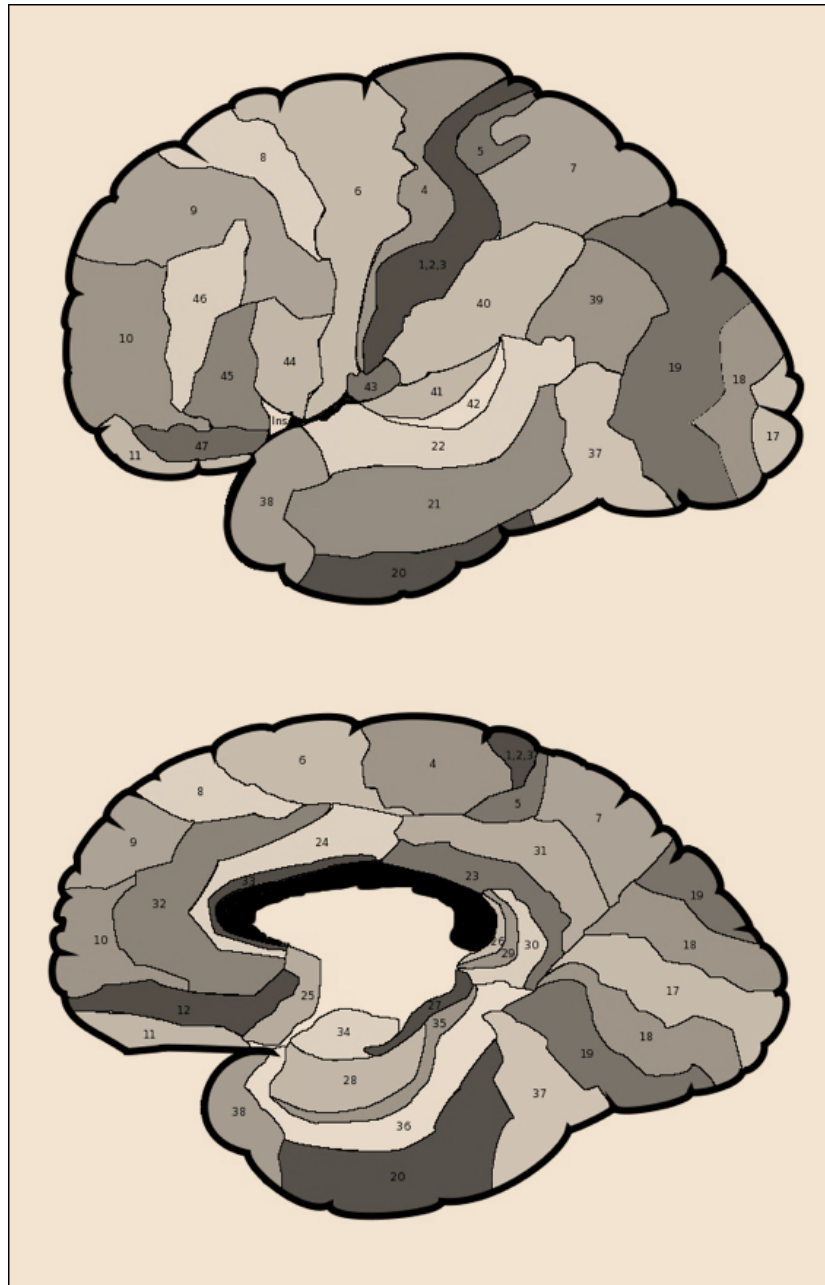


Figura 1.1. Áreas de Brodmann (Fuente: Tomada de Brodmann's Interactive atlas (46) modificada, de dominio público en la Red).

CAPAS CORTICALES

Las capas descritas por Brodmann podemos verlas en la siguiente figura, y reciben una numeración en números romanos, con las siguientes características citoarquitectónicas y funcionales:

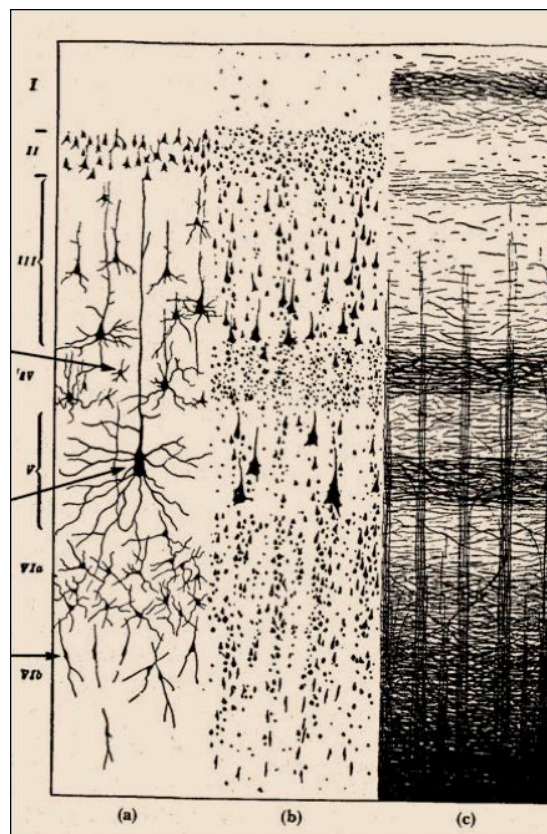


Figura 1.2. Capas de la corteza cerebral (Fuente: Tomado de neurologiayneurocirugia.com, de dominio público en la Red).

I) Molecular.

Muy pobre en cuerpos neuronales. Permite la comunicación entre neuronas vecinas.

II) Granular externa.

Neuronas pequeñas (reciben información). Reciben conexiones de dentro del mismo hemisferio.

del mismo hemisferio,

Ejemplo: cuando pensamos en un objeto, las imágenes visuales están produciéndose en el lóbulo frontal, pero para ello es necesario reclutar información de las áreas visuales occipitales y ello se consigue gracias a fibras de asociación que comunican ambas zonas a nivel de la capa II. Necesito utilizar el sistema de fibras.

III) Piramidal externa.

Constituida por neuronas grandes, tanto en el tamaño del cuerpo como en la longitud del axón.

Envían informaciones hacia el otro lado del cerebro, comunicando por tanto los hemisferios, izquierdo y derecho

Las fibras que cruzan la línea media tienen su origen en la capa III y van generalmente hacia la capa II ó IV contralaterales.

Este es el origen del cuerpo calloso.

IV) Granular interna.

Constituida por neuronas pequeñas que reciben información desde el tálamo homolateral.

V) Piramidal interna.

Aquí nace el tracto córtico-espinal.

Envían información hacia el tronco encefálico y a la médula espinal.

Son neuronas grandes, incluso más que las de la capa III, porque sus axones son mucho más largos.

Las capas internas (granular y piramidal) como son más inferiores están relacionadas con la médula espinal y desde aquí con el resto del cuerpo.

Mientras que las capas externas (granular y piramidal) que son más superiores están relacionadas con información intercerebral.

Las neuronas de las capas II y IV son córtico pedales, mientras que las neuronas de las capas III y V son córtico fugales.

El sistema córtico espinal es por tanto córtico fugal, mientras que las informaciones que alcanzan la corteza, procedentes del tálamo, lo hacen por vías córtico pedales.

VI.-Multiforme.

Comunica la corteza con centros subcorticales, como los núcleos de la base, la formación reticular o el cerebelo. Las “fotocopias” de la intención del movimiento se inician en la capa n° VI.

1959. Hubel y Wiesel.

Desde la época de Brodmann se conocían las seis capas corticales, pero posteriormente Hubel y Wiesel (premio Nobel en medicina) cambiaron la comprensión sobre la corteza al descubrir que en ellas además existían columnas, que no son anatómicas ni histológicas, sino funcionales.

El conjunto de todas las neuronas forman la sustancia gris

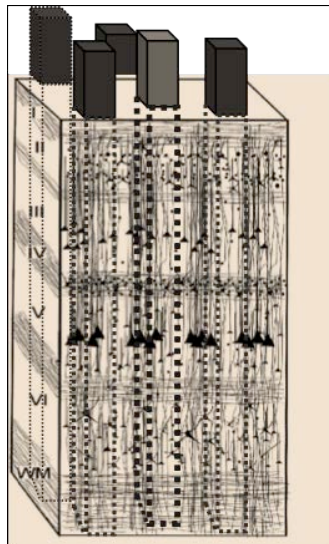


Figura 1.3. Columnas de la corteza cerebral (Fuente: Elaboración propia)

1936. Moniz.

Realizó la leucotomía (corte de la sustancia blanca entre la corteza prefrontal y el sistema límbico), al querer actuar en las amígdalas, que son la puerta de entrada a las emociones.

También desarrolló la angiografía cerebral.

1950. Penfield.

Desarrolló los homúnculos motores y sensitivos correspondientes a las representaciones corporales en la corteza.

Hoy no se puede hablar de homúnculo sensitivo y motor, ya que funcionalmente forman una unidad.

1974. Gershwín.

Quiso relacionar las áreas del lenguaje con la destreza manual. En base a los descubrimientos de Broca, Wernicke y Flechig, él se preguntó ¿entonces el hemisferio izquierdo será más grande que el derecho? Cortó un encéfalo (corte temporal) y observó que el hemisferio izquierdo presentaba más circunvoluciones y por tanto tenía más neuronas. Gershwín comprobó que cuando el niño nace ya presenta un hemisferio izquierdo mayor que el derecho, lo que facilita el desarrollo del lenguaje en este hemisferio.

1977. Milner.

Estudió la especialización hemisférica.

Atendiendo a la preferencia manual en hombres se determinó que para poder escribir algo es necesario oír en nuestra cabeza lo que vamos a escribir; si no lo oímos solamente podemos copiar.

El hemisferio que posee las áreas del lenguaje se considera el hemisferio dominante.

1984. Ross y Heilman.

Determinaron que el carácter emocional del lenguaje (prosodia) se localiza en el hemisferio derecho.

1988. Warrington.

Todas las funciones mentales son divisibles en subfunciones.

Para poder comprender además las conexiones producidas entre las diferentes áreas no se puede dejar de explicar brevemente los sistemas de fibras que unen las diferentes zonas cerebrales:

1.3. SISTEMAS DE FIBRAS

1.3.1. Fibras de Asociación.

Unen zonas cerebrales del mismo hemisferio.

1.3.1.1. Fibras Arqueadas o fibras en U.

Conectan circunvoluciones vecinas, no necesariamente adyacentes.

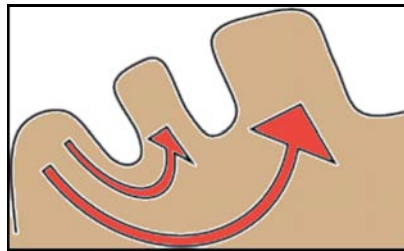


Figura 1.4. Fibras arqueadas o fibras en U (Fuente: Elaboración propia).

La disposición de estas fibras ayuda a entender el síndrome del miembro fantasma. Así por ejemplo, es conocida la relación que existe entre la mano y la cara dado que ambas zonas son adyacentes en su representación cortical, de manera que cuando se amputa el antebrazo y la mano, las áreas corticales de estas zonas desaparecen, pero no queda un vacío sino que las áreas corticales vecinas, que corresponden a la cara, se desarrollan ocupando ese lugar. Las fibras de asociación arqueadas que conectan las áreas que antes ocupaban las manos siguen informando como si esto fuese así y por tanto la corteza interpreta que esas áreas siguen correspondiendo a la extremidad superior cuando en realidad ahora pertenecen a la cara (44, 47).

1.3.1.2. Fibras del cíngulo.

Son fibras que rodean al cuerpo calloso a modo de cinturón.

El cíngulo es una zona del sistema límbico y por tanto relacionado con el sentido del humor y el carácter emocional del dolor.

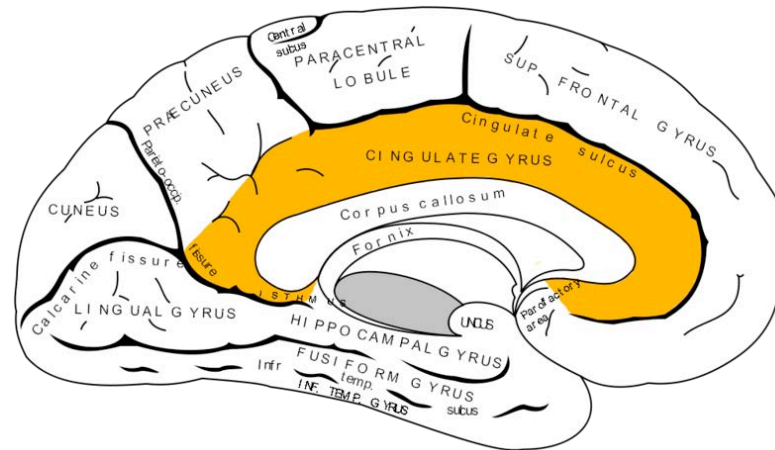


Figura 1.5. Fibras del cíngulo (Fuente: Tomado de Gray, 1918 (48), de dominio público en la Red).

1.3.1.3. Fascículo longitudinal superior.

Conecta el lóbulo frontal con el parietal, el lóbulo frontal con el occipital y el lóbulo frontal con el temporal, en ambos sentidos.

1.3.1.4. Fascículo longitudinal inferior.

Conecta el lóbulo temporal con el occipital.

1.3.1.5. Fascículo occipital vertical.

Conecta distintas zonas del lóbulo occipital

1.3.1.6. Fascículo órbito-frontal.

Conecta los giros orbitales que pertenecen al sistema límbico con el lóbulo frontal. El análisis de las situaciones en la corteza frontal constituye el freno del sistema límbico.

1.3.1.7. Fascículo uncinado.

Estas son las fibras que se cortan en una leucotomía (entre corteza prefrontal y sistema límbico) de manera que se corta la amígdala que es la vía de entrada al sistema límbico. La persona queda vegetativa por lo que esta cirugía se prohibió. El fascículo uncinado conecta el lóbulo temporal con el frontal.

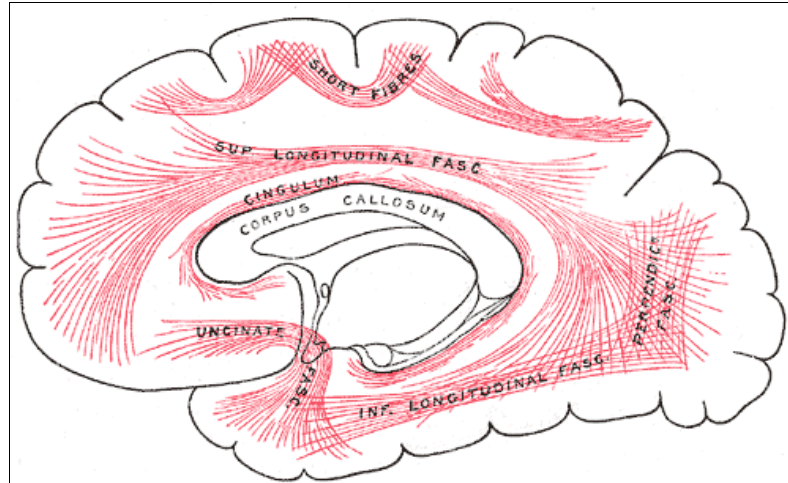


Figura 1.6. Fibras de asociación (Fuente: Tomado de Gray, 1918 (48), de dominio público en la Red).

1.3.2. Fibras Comisurales.

Unen zonas cerebrales de los dos hemisferios, por lo que también se denominan fibras de asociación interhemisférica, siendo la comisura más importante el cuerpo calloso.

1.3.2.1. Cuerpo Calloso.

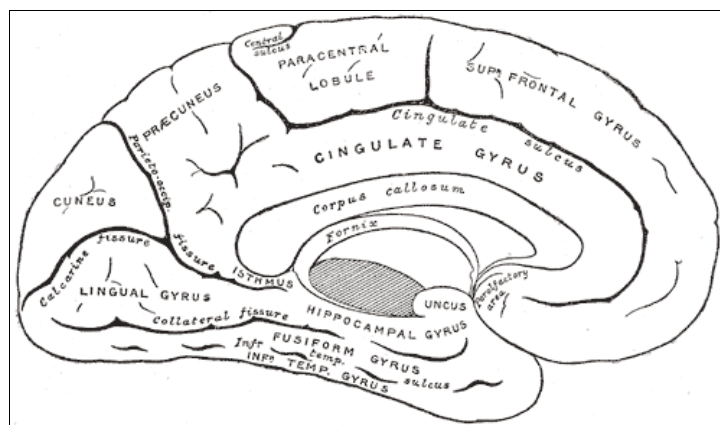


Figura 1.7. Cuerpo calloso. (Fuente: Tomado de Gray, 1918 (48), de dominio público en la Red).

Trescientos millones de fibras mielínicas pasan por el cuerpo del calloso, que conecta columnas de un hemisferio con las del otro a través de dos tipos de fibras:

- Fibras homotópicas: conectan áreas semejantes de los dos hemisferios.
- Fibras heterotópicas: conectan áreas distintas de los dos hemisferios.

Las fibras del rodete forman el fórceps mayor. Una lesión a este nivel hace que la persona pierda la capacidad de leer.

1.3.2.2. *Comisura anterior.*

Por debajo del pico del cuerpo calloso.

1.3.2.3. *Comisura posterior (epitalámica).*

Por encima del tálamo.

1.3.2.4. *Comisura del Fórnix.*

(Fórnix= hoz). Esta comisura cruza la línea media por encima del hipocampo.

1.3.3. **Fibras de Proyección.**

Conectan la corteza con centros subcorticales.

1.3.3.1. *Fibras Cortico fugales.*

Parten desde la corteza y terminan en dos zonas:

-Núcleos motores del tronco del encéfalo: **Fibras córtico nucleares**, antes denominadas córtico bulbares, pero no era un término correcto porque estas fibras también van hacia la protuberancia y el mesencéfalo. La mayor parte de las fibras que salen de la corteza terminan en la formación reticular.

-Médula Espinal. **Fibras córtico espinales**. El sistema piramidal está constituido por un millón de fibras a nivel de las pirámides, pero sólo el 30% de los cuerpos de estas fibras son neuronas del área motora. El resto lo componen en un 30% neuronas del área premotora y el 40% restante neuronas del área poscentral, área sensitiva. Esto explica en gran medida la importancia de la información sensitiva para el movimiento y hace que hoy en día no se hable de un homúnculo sensitivo y otro motor, sino de un homúnculo sensitivo-motor.

1.3.3.2. *Fibras Córtico pedales*

-**Radiación Acústica**. Conjunto de fibras que desde el tálamo informan a la corteza de los lóbulos temporales.

-Radiación Óptica. Conjunto de fibras que desde el tálamo informan a la corteza visual.

1.4. LÓBULOS CEREBRALES

1.4.1. LÓBULO FRONTAL

Sus actividades principales son motoras, aunque es el área cerebral encargada de planear acciones, seleccionar e inhibir respuestas, controlar emociones y tomar decisiones (49). Dentro de este lóbulo nos encontramos con las siguientes funciones y aspectos que debemos explicar:

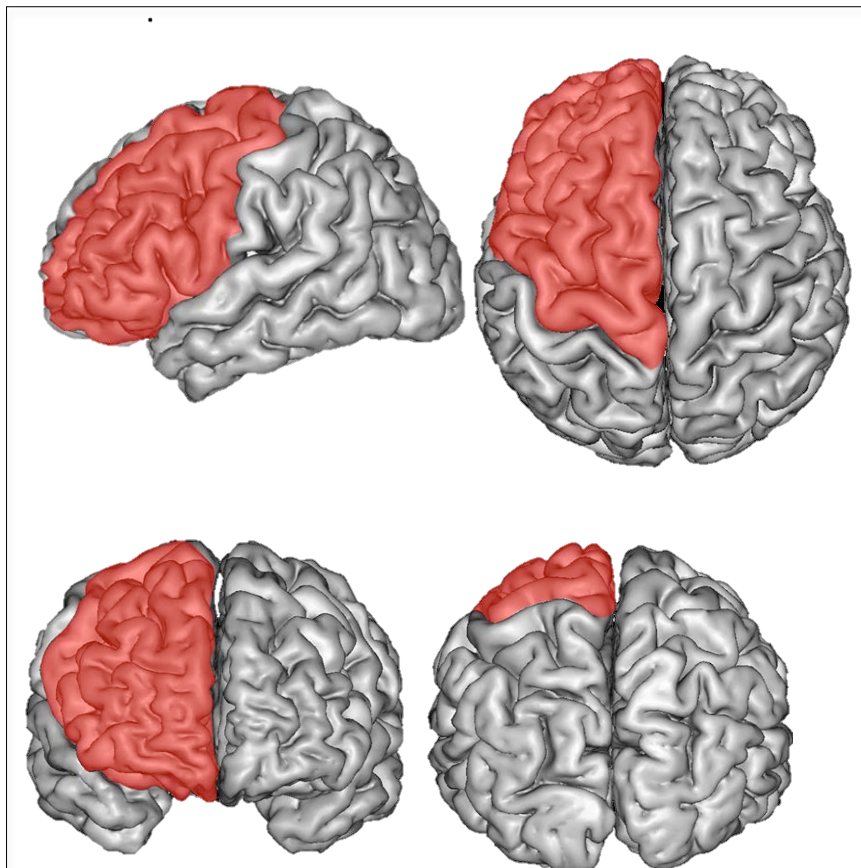


Figura 1.8. Lóbulo frontal. Fuente: (50), de dominio público en la Red.

La neurona motora cortical no puede producir o iniciar un movimiento directamente, sólo puede hacerlo a través de neuronas medulares.

Entendiendo que por definición, una neurona motora es la que directamente conecta el sistema nervioso central con el músculo pudiendo provocar el movimiento, las neuronas piramidales corticales no pueden llamarse motoras, sino premotoras.

Las neuronas piramidales corticales reciben información del cerebelo, núcleos de la base y de otras regiones corticales, transmitiendo esa información sobre la intención de movimiento a las neuronas motoras medulares que producen el movimiento propiamente dicho.

El área de Broca es también premotora, prepara a los órganos fonadores.

La corteza prefrontal es una área de asociación y es la última región de todo el sistema nervioso que termina el proceso de mielinización, además de ser la única que sigue evolucionando desde el punto de vista filogenético, es por tanto la que más plasticidad presenta porque cuanto más antigua es una zona filogenéticamente menos plasticidad tiene.

El movimiento nace primero con la intención del movimiento, en la imaginación del movimiento, por lo que podríamos afirmar que la maternidad de nuestras intenciones está en esta área.

La corteza prefrontal nos permite :

- Analizar el pasado.
- Percibir el presente.
- Planificar el futuro.

Con la corteza prefrontal podemos anticipar qué sucederá con una actitud, una elección, un gesto, un acto, por lo que nos capacita para analizar una situación. Nosotros no aprendemos de nuestras experiencias sino que aprendemos lo que reflexionamos de nuestras experiencias.

El área visual frontal es la responsable del inicio de los movimientos oculares, concretamente el origen de la intención está siempre en la corteza prefrontal. En este caso la intención de mirar se inicia en el área visual frontal. Cuando miramos también se activa el área de Broca para preparar los órganos fonadores por si hay que decir en voz alta lo que estamos viendo. Desde el área visual frontal (intención de movimiento) se transmite la información a los núcleos del III, IV y VI nervios encefálicos del tronco encefálico que producirán el movimiento de los ojos.

Esta área es muy importante en especial para los movimientos sacádicos.

1.4.2. LÓBULO PARIETAL

En este lóbulo nos vamos a encontrar áreas especialmente vinculadas a áreas somato sensoriales y somato sensitivas como podemos ver a continuación:

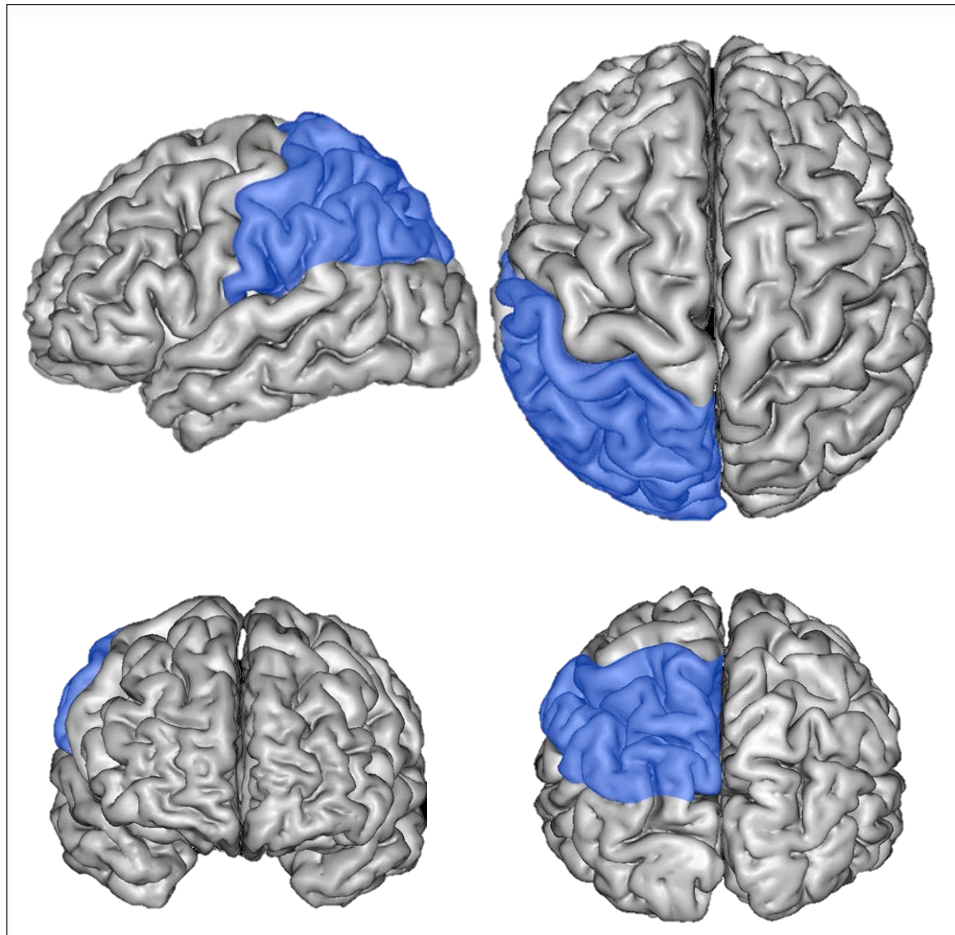


Figura 1.9. Lóbulo parietal (Fuente: (50), de dominio público en la Red).

I) Áreas somato sensitivas.

A través de ellas tenemos conciencia del cuerpo.

- Áreas de percepción espacial.
- Áreas de representación interna.
- Áreas de asociación polimodal.

II) Área Somato sensorial.

La representación interna está formado por el esquema corporal y por la imagen corporal.

Las áreas de Brodmann 3, 1 y 2, localizadas en la circunvolución/giro poscentral son las áreas donde primero llega la información sensitiva (noción del cuerpo-esquema corporal(51), pero para obtener el significado de esa información se requiere que sea transmitida a otras zonas, áreas 5 y 7 (noción de nuestro cuerpo dentro de un espacio).

En las áreas del giro poscentral observamos una somatotopía: las informaciones propioceptivas llegan al área 1 y las táctiles a las áreas 2, 3.

Las áreas 3, 1, 2, reciben la información desde el tálamo y a través de fibras córtico pedales llega la información hasta las capas II y IV de la corteza.

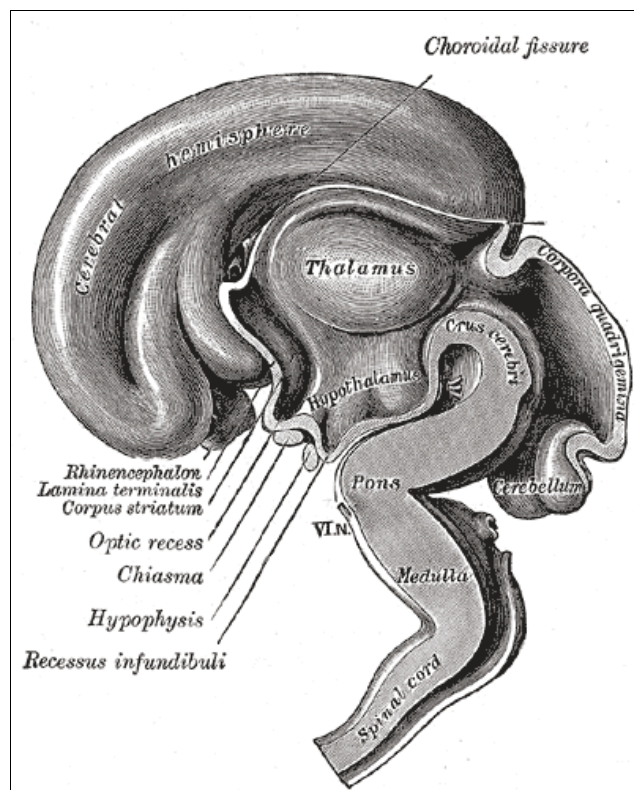


Figura 1.10. Tálamo (Fuente: Tomado de Gray, 1918 (48), de dominio público en la Red).

1.4.3. LÓBULO OCCIPITAL

Presenta áreas con las siguientes características:

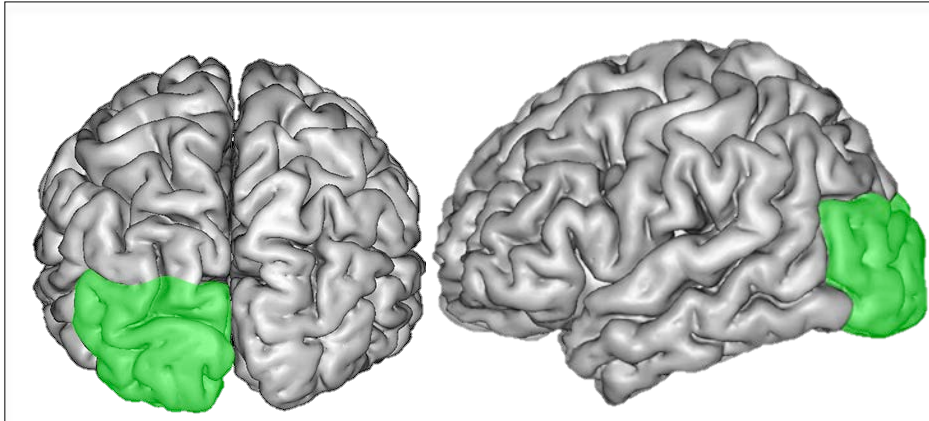


Figura 1.11. Lóbulo occipital (Fuente: (50), de dominio público en la Red).

I) Áreas visuales.

El área primaria (área 17 de Brodmann) recibe la información visual al inicio, teniendo entonces la conciencia de ver pero no reconocemos lo que vemos, es decir no tenemos percepción. Para ello esta información tiene que ser transmitida a las áreas secundaria (área 18 de Brodmann) y terciaria (área 19 de Brodmann). Las áreas secundaria y terciaria deciden si necesita o no archivarse la información en el hipocampo.

Las áreas visuales además están conectadas con otras, como por ejemplo la auditiva.

II) Áreas de asociación polimodal.

1.4.4. LÓBULO TEMPORAL

En este lóbulo podemos observar que tenemos funciones muy importantes, que hacen que cumplimentemos muchas de las funciones que nos relacionan con el entorno; dichas áreas principales con:

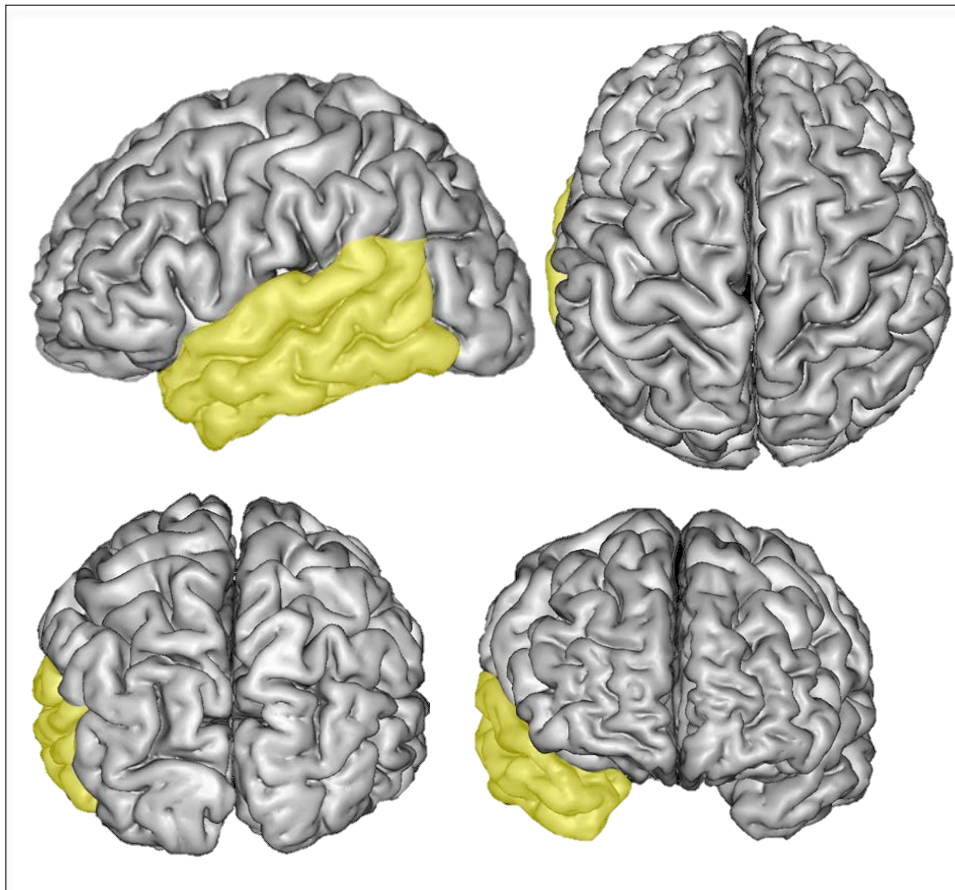


Figura 1.12. Lóbulo temporal (Fuente: (50), de dominio público en la Red).

I) Áreas auditivas.

Se divide en el área primaria (área 41 de Brodmann), secundaria (Área 42 de Brodmann) y terciaria (Área 22 de Brodmann). La parte más posterior del área 22 es el área de Wernicke.

Los sonidos se envían desde los receptores del oído al tronco encefálico y desde allí a la corteza prefrontal, dónde se percibe la música y desde ese área a las áreas sensitivo motoras, con el objetivo de sentir y en el caso del músico de tocar e

interpretar, observando que participa todo el cerebro (52, 53), además del hipocampo.

II) Áreas de memoria visual.

Estas áreas están relacionadas con el reconocimiento de las caras. Si observáramos el procesamiento realizado en los bebés veríamos que su capacidad de reconocer caras depende de estructuras subcorticales (colículo superior), pero es a partir de los dos o tres meses cuando comienzan a utilizar los lóbulos temporales y los occipitales para tales fines (49).

Predominantemente están vinculadas al lado no dominante en el giro temporal medio e inferior.

Para describir una cara necesitamos palabras (lado dominante) pero esta información se procesa más en el lado no dominante, por eso nos cuesta tanto describir con palabras una cara.

Los americanos a éstas áreas le llaman células abuelas (recibieron ese nombre porque son aquellas que nos permiten reconocer a una persona después de mucho tiempo de no haberla visto) no sólo tienen la memoria de como era una persona sino que tienen la capacidad de imaginar como será en el futuro esa misma persona.

III) Memoria general.

Vinculada con el hipocampo que es la puerta de entrada a la memoria de hechos y datos, interviniendo en:

- Memoria declarativa o explícita (se puede explicar con palabras).
- Memoria no declarativa o implícita.
- Memoria emocional.

El hipocampo está muy próximo al sistema límbico, en concreto a la amígdala, que es la entrada a este sistema, a las emociones, por eso siempre que recordamos algo surgen emociones (54). Además, al archivar información en el hipocampo también se archiva en la amígdala.

La información de los estímulos periféricos tiene que llegar a la corteza, esta información se envía entonces al hipocampo, éste la procesa y vuelve a enviarla a la corteza para que sea archivada. En la memoria observamos cuatro fases:

- Adquisición de información nueva (llega a la corteza).
- Consolidación (proceso en el hipocampo).
- Archivar la información (en la corteza).
- Reclutar la información archivada.

Para la comprensión de los mecanismos de la memoria Eric Kandel (43, 44) hizo un experimento conectando un electrodo en el botón presináptico y otro en el cuerpo de la neurona del hipocampo y comprobó que cuando se estimula la neurona presináptica se produce una actividad eléctrica en la segunda neurona, pero lo importante es que nuevamente se produce una actividad en la presináptica y otra nueva actividad en la postsináptica, produciéndose por tanto dos actividades por cada estímulo.

La explicación de la tercera y cuarta actividad eléctrica es que cuando la segunda neurona es activada se forma una proteína (quinasa) que genera la liberación de dos gases (monóxido de carbono (CO) y ácido nítrico (NO)) que tienen una acción retroactiva, lo que provoca nuevamente la activación del botón presináptico.

Por el descubrimiento de este mecanismo de los gases Kandel recibió el Premio Nobel.

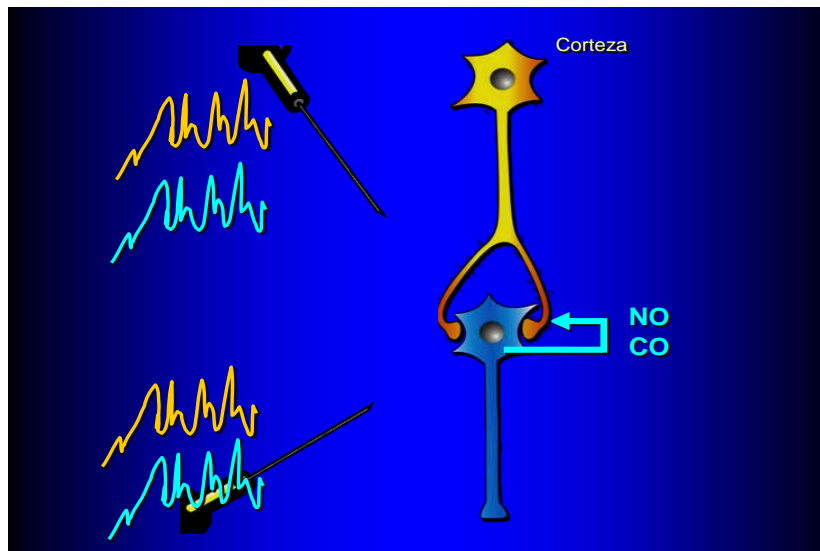


Figura 1.13. Experimento Eric Kandel (Fuente: de creación propia).

El cerebro aprende por repetición y por diferencia; para el aprendizaje es necesario la repetición sin repetición, es decir introduciendo siempre algún componente de novedad.

En contraposición al aprendizaje nos encontramos en situaciones de stress, donde se produce la inhibición de la actividad de los gases, disminuyendo el proceso de aprendizaje. Determinadas sustancias como el GABA, que se libera en los procesos de dolor, inhibe la acción de los gases.

Iván Izquierdo (55-60) descubrió que por este motivo no se puede explicar con palabras lo que sentimos durante un proceso de dolor, ya que al inhibir los

gases, no hay repeticiones en la actividad y por tanto no archivamos la información.

IV) Áreas de asociación polimodal.

1.5. ÁREAS CORTICALES SEGÚN BRODMANN

Estas áreas antes descritas brevemente, ahora vamos a desarrollarlas con mayor detalle (44, 61-76):

Para realizar su análisis, Brodmann dividió el cerebro por el surco central y luego trabajó con cada mitad en orden aleatorio, numerando las nuevas conformaciones o agrupaciones de células a medida que las iba encontrando. De esta forma, encontró las áreas 1 y 2 en la sección posterior; luego se trasladó a la sección anterior y encontró la 3 y la 4, y luego se trasladó de nuevo, etc. Los límites de las áreas de Brodmann también parece que están relacionados con la función, debido a que las áreas primarias sensoriales y motoras tienen límites y funciones completamente definidos.

A continuación desarrollamos sólo las áreas que posteriormente en el estudio presentarán diferencias significativas, para que de este modo la información que aportamos tenga una aplicación posterior, con el ánimo de concretar lo máximo el marco teórico.

Mostramos las áreas descritas con el número, su abreviatura y las denominaciones más frecuentes de dicha área así como una breve descripción de su ubicación (77). A continuación mostramos su función principal seguida de una descripción de las funciones detalladas aparecidas en la bibliografía y por último las áreas anatómicas, con su nomenclatura latina, encontradas en dichas áreas de Brodmann, con el fin de facilitar la comprensión de los resultados de esta tesis.

1.5.1. Área de Brodmann 1 (AB1).

Corteza primaria somato sensorial. Gyrus Postcentralis.

Área cortical sensorial situada en la cresta de la circunvolución parietal ascendente, siendo esta área un componente de la corteza somato sensorial primaria. Circunvolución poscentral entre los surcos central y poscentral.

Ubicación:

Lóbulo parietal anterior (giro poscentral).

Función principal:

Procesos somáticos sensoriales: sensaciones.

Funciones desarrolladas:

Exponemos las funciones de las áreas 1, 2 y 3 de manera conjunta:

Somatosensoriales:

La localización del tacto (78-81).

La localización de la temperatura (82-85).

La localización de la vibración (86-89).

La localización del dolor (5, 85, 90, 91).

Detección de la propiocepción de los dedos (92-94).

Propiocepción profunda (95).

Movimientos voluntarios de la mano (96).

Voluntad para tragar (97-99).

Movimiento de la lengua y su percepción (AB3 contralateral) (100).

Habilidad para realizar un movimiento orofacial coordinado (101).

Otras:

Sistema de neuronas espejo (102, 103).

La anticipación al dolor (AB 2 y 3) (104).

Anticipación al tacto. (105).

Aprendizaje motor (106).

*Áreas anatómicas (AAL):**Postcentral gyrus*

Giro orientado verticalmente para formar el borde posterior del surco central, lo que contiene el giro de la corteza somato sensorial primaria.

Supramarginal gyrus:

Estructura de las circunvoluciones del lóbulo parietal inferior que rodea el extremo posterior de la fisura lateral.

Parietal sup:

Región del lóbulo parietal situada dorsal y medial al surco intraparietal.

1.5.2. Área de Brodmann 2 (AB2).

Corteza primaria somato sensorial. Gyrus Postcentralis.

Área sensorial cortical situada en la cresta y posterior a la circunvolución parietal ascendente. Esta área es un componente de la corteza somato sensorial primaria.

Ubicación:

Anterior al lóbulo parietal (giro poscentral).

Función:

Procesos somáticos sensoriales, sensaciones.

Áreas anatómicas (AAL):

Supramarginal:

Estructura de las circunvoluciones del lóbulo parietal inferior que rodea el extremo posterior de la fisura lateral.

1.5.3. Área de Brodmann 3 (AB3).

Corteza primaria somato sensorial. Gyrus Postcentralis.

Área sensorial cortical en la zona posterior del surco central (circunvolución parietal ascendente). Esta área es un componente principal de la corteza somato sensorial primaria. El área 3 se subdivide además en la zona 3a, que recibe las señales propioceptivas que se originan en los receptores profundos y en la zona 3b, que surge de los receptores cutáneos.

Ubicación:

Lóbulo parietal anterior (giro poscentral).

Función:

Procesos somáticos sensoriales: sensaciones.

Áreas anatómicas (AAL):

Postcentral gyrus:

Giro orientado verticalmente para formar el borde posterior del surco central, lo que contiene el giro de la corteza somato sensorial primaria.

1.5.4. Área de Brodmann 4 (AB4).

Corteza motora primaria. Gyrus precentralis.

Área motora situada en el borde anterior del surco central (circunvolución precentral). Circunvolución motora del lóbulo frontal situada por delante del surco central. Esta zona corresponde a la corteza motora primaria, que rige la ejecución del movimiento voluntario.

Ubicación:

Lóbulo frontal posterior (circunvolución precentral).

Función:

Involucrada en la ejecución del movimiento.

Funciones desarrolladas:

Motoras:

Movimientos de los dedos, mano y muñeca contralaterales (80, 107-111).

Movimiento de los labios, lengua, cara y boca contralaterales (100, 112-116).

Movimientos de deglución y laríngeos (97-99, 117).

Movimientos en la extremidad inferior contralateral (rodilla, tobillo, pie, dedos del pie) (118-120).

Imaginación motora (121-124).

Aprendizaje de secuencias motoras (4, 125, 126).

Control de la respiración voluntaria (127-129).

Control de tareas motoras rítmicas (130).

Inhibición del parpadeo/parpadeo voluntario (131, 132).

Movimientos oculares sacádicos horizontales (133-135).

Somatosensoriales:

Percepción cinestésica de los movimientos de las extremidades (136-138).

Discriminación de la frecuencia vibratoria (86, 89).

Propiocepción en los dedos (92, 139, 140).

Hiperalgiesia térmica (contralateral) (82).

Respuesta al tacto/tacto observado (hemisferio izquierdo) (102).

Otras:

Codificación verbal durante un proceso no-semántico (hemisferio derecho) (141).

Atención a la acción (posterior) (142).

Memoria topográfica (memoria motriz) para puntos de referencia visuales (143).

Áreas anatómicas (AAL):

Postcentral gyrus:

Giro verticalmente orientado para formar el borde posterior del surco central, lo que contiene el giro de la corteza somato sensorial primaria.

Precentral sulcus:

Surco verticalmente orientado en el borde anterior de la circunvolución precentral.

Dentro de la corteza motora primaria, la localización somatotópica de los movimientos contralaterales está representada de forma arriba-abajo con la extremidad inferior en el lóbulo paracentral, la superior en la parte dorsal de la circunvolución precentral y la cara más ventral. El tamaño del área que representa diversos movimientos es directamente proporcional al grado de habilidad o finura asociado con dicho movimiento (homúnculo motor).

Las proyecciones del córtex motor se proyectan a las motoneuronas inferiores (neuronas motoras de la médula espinal), para controlar el movimiento de las extremidades superiores e inferiores, manos, pies y dedos, así como a los núcleos motores de los nervios encefálicos para el control de los movimientos de la cara. También proyecta a otras estructuras motoras tales como los núcleos basales y el núcleo rojo.

1.5.5. Áreas de Brodmann 5 (AB5) y 7 (AB7).

Corteza sensoriomotora secundaria, corteza de asociación sensoriomotora secundaria. Lobus parietalis superior.

Porción del lóbulo parietal, dorsolateral al suco intraparietal. Área asociativa cortical en el lóbulo parietal superior, justo por detrás de la corteza somato sensorial, en el giro poscentral. Esta área está involucrada en el mantenimiento de un sistema de referencia espacial, para el comportamiento orientado a un objetivo.

Ubicación:

Lóbulo parietal superior.

Función:

Participar en la orientación espacial, entre otras funciones asociativas parietales.

*Funciones desarrolladas:**Procesamiento visuoespacial.*

Rotación mental (144, 145).

Estereognosia (146, 147).

La percepción del espacio personal (148, 149).

Juicios en una disyuntiva (150).

Procesamiento de patrones caóticos (151).

Uso de imágenes espaciales en el razonamiento deductivo (152).

Funciones motoras:

Imagen motora (153-155).

Procesamiento de uso de herramientas, gestos (hemisferio izquierdo) (156, 157).

Ejecución motora (153).

Las neuronas espejo (27).

Manipulación bimanual (158).

Movimientos oculares sacádicos (133, 159, 160).

Memoria:

Memoria de trabajo (motriz, visual, auditiva, emocional, verbal) (161-164).

Memoria viso-espacial (hemisferio derecho) (165).

Sensibilidad:

Localización táctil (166).

Percepción del dolor (167).

Atención:

Atención viso-motora (168, 169).

Lenguaje:

Procesamiento del lenguaje (170).

Comprensión de las palabras (171).

*Áreas anatómicas (AAL):**Precuneus:*

Estructura de las circunvoluciones de la cara medial del lóbulo parietal, que forma el borde anterior del surco parieto-occipital.

Es un área básicamente somato sensorial que recibe la mayoría de sus conexiones desde el área somato sensorial primaria. Tiene un papel importante en direccionar los movimientos mediante la información de la posición de los miembros.

1.5.6. Área de Brodmann 6 (AB6).

Corteza premotora, área premotora lateral e incluye el área motora suplementaria. Gyrus precentralis.

Circunvolución motora del lóbulo frontal situada por delante del surco central. Área motora cortical en el lóbulo frontal posterior, justo por delante de la corteza motora primaria. Esta área contiene las divisiones lateral y medial de la corteza premotora, que participan en la planificación y ejecución del movimiento voluntario.

Ubicación:

Lóbulo frontal posterior.

Función:

Participar en la planificación y ejecución del movimiento.

*Funciones desarrolladas:**Motor:*

Secuenciación motora / planificación (161, 172-176).

Aprendizaje motor (177-180).

Preparación al movimiento / movimiento imaginado (153, 181, 182).

Inicio del movimiento (181).

Imaginación motora (183-185).

Control voluntario de la respiración (127, 186, 187).

Los movimientos oculares sacádicos horizontales (135, 188, 189).

La risa / sonrisa (190).

La coordinación entre miembros (191).

Lenguaje:

- Programación motora del lenguaje (hemisferio izquierdo) (115, 192).
- Procesamiento del lenguaje (193, 194).
- Cambio de idioma (195).
- Lectura de palabras nuevas en voz alta y en silencio (hemisferio izquierdo) (196).
- Actualización de la información verbal (197).
- Procesamiento fonológico (hemisferio izquierdo) (198).
- Denominación de objetos (hemisferio izquierdo) (199, 200).
- Lectura de los labios (201).
- Recuperación de palabras (202).
- Decisión léxica de palabras y pseudopalabras (203).
- Procesamiento sintáctico (204).

Memoria:

- Memoria de trabajo (163, 205-207).
- Frases nemotécnicas (208, 209).
- Memoria episódica a largo plazo (205).
- La memoria topográfica (143).

Atención:

- Atención viso-espacial (210-212).
- Atención viso-motora (211).
- Respuesta a la presentación visual de las letras y pseudolettras (213, 214).
- Actualización de la información espacial (197).
- Movimientos oculares guiados por la vista (215).
- La atención selectiva a los sonidos rítmicos/procesamiento secuencial (hemisferio izquierdo) (216).
- Atención a las voces humanas (156).

Otras:

- La observación de las acciones (neuronas espejo) (217-220).
- Planificación/resolución de problemas nuevos (221, 222).
- El control ejecutivo de la conducta (223).
- Respuesta a la estimulación de los baro-receptores (224, 225).

Generación de frases melódicas (226).

El razonamiento deductivo (hemisferio izquierdo) (152, 227).

La respuesta al olor fuerte (hemisferio derecho) (228).

La formación de las representaciones cualitativas (229).

Procesamiento de las emociones y reflexiones propias en la toma de decisiones (hemisferio izquierdo) (230).

Discriminación entre igual y diferente (hemisferio derecho) (199).

Cálculo (199, 231).

Reconocimiento de contexto temporal (232).

Frecuencia de detección de desviaciones o cambios (233).

Áreas anatómicas (AAL):

Precentral sulcus

Surco orientado verticalmente en el borde anterior de la circunvolución precentral.

Paracentral lobule:

Estructura de las circunvoluciones de la cara medial de la unión parieto-frontal, limitado inferiormente por el surco cingulado y posteriormente por la rama marginal del surco del cíngulo; contiene el término dorsal del surco central y la representación sensorio motriz de las extremidades distales inferiores.

1.5.7. Área de Brodmann 7 (AB7).

Corteza sensoriomotora secundaria, corteza de asociación sensoriomotora secundaria. Lobus parietalis superior.

Porción del lóbulo parietal, dorsolateral al surco intraparietal. La zona cortical asociativa está situada en la parte posterior del lóbulo parietal superior. Esta área está involucrada en el mantenimiento de un sistema de referencia espacial, para el comportamiento orientado a objetivos.

Ubicación:

Lóbulo parietal superior.

Función:

Participar en la orientación espacial, entre otras funciones asociativas parietales.

*Funciones desarrolladas:**Procesamiento visuoespacial.*

Rotación mental (144, 145).

Estereognosia (146, 147).

La percepción del espacio personal (148, 149).

Juicios en una disyuntiva (150).

Procesamiento de patrones caóticos (151).

Uso de imágenes espaciales en el razonamiento deductivo (152).

Memoria:

Recuerdo consciente de los acontecimientos previamente experimentados (207).

Lenguaje:

La comprensión de frases literales (234).

La atención a las relaciones fonológicas (198).

Otras:

Procesamiento de las emociones y reflexiones de uno mismo durante la toma de decisiones (230).

Procesamiento hacia un objetivo (222).

Reconocimiento de contexto temporal (232).

*Áreas anatómicas (AAL):**Parietal sup:*

Región del lóbulo parietal situada dorsal y medial al surco intraparietal.

1.5.8. Área de Brodmann 8 (AB8).

Corteza prefrontal. Área motora suplementaria lateral y medial.

Área motora cortical situada en la región prefrontal dorso-lateral del lóbulo frontal.

Ubicación:

Lóbulo frontal.

Función:

Participar en la gestión de los movimientos oculares (contiene el procesamiento de los "campos frontales del ojo").

*Funciones desarrolladas:**Motoras:*

Aprendizaje motor (177-179).

Imaginación motora (183, 185).

Control motor (235, 236).

Movimientos oculares sacádicos horizontales (237, 238).

La risa/sonrisa (190).

Funciones ejecutivas:

El control ejecutivo de la conducta (223, 239, 240).

Planificación (221, 241).

Lenguaje:

Programación motora del discurso (hemisferio izquierdo) (115).

Procesamiento del lenguaje (193).

Traducción de idiomas (195).

Generación de frases (226).

Lectura de labios (201).

Memoria:

La memoria de trabajo (17, 163, 206).

"Priming" perceptivo (242).

Recuperación de la memoria (hemisferio derecho) (243, 244).

Memoria topográfica (143).

Atención:

Atención viso-espacial y viso-motora (211).

Otras:

El aprendizaje de secuencias (3, 245).

Respuesta a la estimulación propioceptiva (224, 225, 246).

Anticipación al dolor (104).

El procesamiento relacionado con la incertidumbre (247).

El razonamiento inductivo (hemisferio izquierdo) (248).

Cálculo (231, 249).

Las imágenes auditivas (250).

Áreas anatómicas (AAL):

Frontal superior:

Formación de circunvoluciones longitudinal a lo largo del margen dorsal-medial del lóbulo frontal, limitada por la fisura longitudinal y el surco frontal superior.

Frontal mid:

Formación longitudinal de circunvoluciones en el lóbulo frontal dorsolateral, limitada por los surcos frontales superior e inferior.

1.5.9. Áreas de Brodmann 9 y 10 (AB9 - AB10).

Corteza prefrontal. Gyrus frontalis medius.

Giro frontal medio o circunvolución frontal media. Área asociativa cortical en la región prefrontal dorso-lateral del lóbulo frontal. Esta zona prefrontal participa en redes corticales que rigen las funciones ejecutivas.

Ubicación:

Lóbulo frontal.

Función:

Participa en la integración asociativa prefrontal.

Funciones desarrolladas:

Memoria:

Memoria de trabajo (251-253).

Memoria espacial (254, 255).

Memoria a corto plazo (17).

Memoria de codificación y reconocimiento (205, 243, 256).

Recuperación de la memoria (207, 243, 257).

Juicios de lo reciente (232).

Motor:

El control ejecutivo de la conducta (239).

Lenguaje:

El procesamiento sintáctico (hemisferio izquierdo) (258).

La comprensión de la metáfora (hemisferio izquierdo) (234).

La fluidez verbal (hemisferio izquierdo) (259).

Categorización semántica (hemisferio izquierdo) (260).

Palabras clave de complementación (hemisferio izquierdo) (261).

Generación de frases (hemisferio izquierdo) (226).

Otras:

Procesado y detección de errores (262).

La atención a las voces humanas (156).

Procesamiento de los estímulos emocionales (263).

Procesamiento de las emociones y auto-reflexiones en la toma de decisiones (hemisferio izquierdo) (230).

Razonamiento deductivo (152, 248, 264).

Planificación (hemisferio derecho) (222).

Cálculo/procesos numéricos (265, 266).

Reconocimiento de la intención a los demás (267).

Intención/detección de conflictos de retroalimentación sensorial (268).

Oler olores familiares (hemisferio derecho) (269).

Emociones agradables y desagradables (270).

Áreas anatómicas (AAL):

Frontal superior:

Formación de circunvoluciones longitudinales a lo largo del margen dorsal-medial del lóbulo frontal, limitada por la fisura longitudinal y el surco frontal superior.

Frontal mid:

Formación longitudinal de circunvoluciones en el lóbulo frontal dorsolateral, limitada por los surcos frontales superior e inferior.

1.5.10. Área de Brodmann 11 (AB11).

Gyrus rectus.

Circunvolución cerebral recta situada sobre la órbita en su borde medial. Área asociativa cortical en la región prefrontal orbital medial del lóbulo frontal.

Esta zona prefrontal participa en redes corticales que gobiernan el comportamiento personal y social, la emoción y la toma de decisiones.

Ubicación:

Región ventral del lóbulo frontal (corteza orbito frontal).

Función:

Participa en la integración asociativa prefrontal.

Funciones desarrolladas:

Olfato (228, 269).

Audición:

Procesamiento no verbal (271).

Otros:

La toma de decisiones con la participación de una recompensa (272, 273).

Asociación de la cara con el nombre (hemisferio izquierdo) (274).

Áreas anatómicas (AAL):

Frontal superior:

Formación de circunvoluciones longitudinales a lo largo del margen dorsal-medial del lóbulo frontal, limitada por la fisura longitudinal y el surco frontal superior.

1.5.11. Área de Brodmann 17 (AB17).

Corteza visual primaria. Corteza estriada.

Área sensorial cortical en las orillas del surco calcarino (formado por las circunvoluciones lingual y cuneus del lóbulo occipital medial).

Ubicación:

Lóbulo occipital medial.

Función:

Procesos de información visual.

Funciones desarrolladas:

Visual. A principios del procesamiento visual:

Detección de la intensidad de la luz (275-278).

Detección de patrones (151, 279).

Percepción del contorno (280-282).

Discriminación de colores (283-285).

La atención visual (286-289).

Procesamiento de información visual y espacial (hemisferio derecho) (150, 290).

Procesamiento de orientación espacial (291-293).

Seguimiento de patrones de movimiento (estimulación visual optocinético) (294).

Memoria:

“Priming” visual (295, 296).

Palabras y la codificación de la cara (297).

Otra:

Los movimientos oculares sacádicos horizontales(135).

Áreas anatómicas (AAL):

Calcarino

Surco prominente en el lóbulo occipital medial, formado por los giros cuneus y lingual; este surco se extiende horizontalmente desde aproximadamente el surco parieto-occipital a su terminación en el polo occipital.

1.5.12. Área de Brodmann 18 (AB18).

Corteza visual secundaria. Gyrus occipitalis medius.

Circunvolución basal entre los surcos colateral y occipitotemporal. Área sensorial cortical, situada en la cara medial y lateral del lóbulo occipital. Esta área es parte de la corteza visual extra estriada que rodea a la corteza visual primaria (AB17).

Ubicación:

Lóbulo occipital.

Función:

Procesos de información visual.

Funciones desarrolladas:

Visual:

Detección de la intensidad de luz (279, 298).

Detección de patrones (151, 299).

Seguimiento de patrones de movimiento (estimulación visual optocinético) (294).

Discriminación de los gestos de los dedos (300).

La atención sostenida al color y la forma (301).

Procesamiento de información visual y espacial (hemisferio derecho) (147, 150, 212).

Atención selectiva y orientada (293).

Memoria:

“Priming” visual (295, 296).

Palabras y la codificación con la cara (297).

Lenguaje:

Respuesta a la forma de las palabra (hemisferio izquierdo) (302).

La confrontación de nombres (259).

Otras:

Asociación de la cara con su nombre (hemisferio izquierdo) (274).

Los movimientos oculares sacádicos horizontales (135).

Respuesta a la emoción y/o atención en el procesamiento visual (hemisferio derecho) (303, 304).

La imagen visual mental (hemisferio izquierdo) (216).

Áreas anatómicas (AAL):

Occipital Mid:

Formación de circunvoluciones en la cara medial del lóbulo occipital.

Lingual:

Giro lingual. Prolongación de la circunvolución parahipocampal dirigida hacia el polo occipital. Estructura de las circunvoluciones en la superficie medial inferior del lóbulo occipital, formando el borde inferior del surco calcarino.

Cuneus:

Área situada entre los surcos parietooccipital y calcarino. Estructura de las circunvoluciones de la cara medial del lóbulo parietal, que forma el borde anterior del surco parieto-occipital.

1.5.13. Área de Brodmann 19 (AB19).

Corteza visual secundaria. Gyrus occipitalis inferior.

Esta área es parte de la corteza visual extra estriada que rodea a la corteza visual primaria (AB17).

Ubicación:

Lóbulo occipital.

Función:

Procesos de información visual.

Funciones desarrolladas:

Visual:

La detección de la intensidad de luz (279, 298).

Procesamiento de información viso-espacial (hemisferio derecho) (147, 150).

La detección de patrones (151, 305).

Seguimiento de patrones de movimiento visual (93, 294, 306).

Discriminación de los gestos de los dedos (300).

La atención sostenida al color y la forma (301).

Reportaje basado en la atención (307).

Orientación: la atención selectiva (293).

Memoria:

“Priming” visual(295).

Memoria de reconocimiento visual (296).

Palabra y la codificación de la cara (297).

Memoria de trabajo espacial (308).

Lenguaje:

Procesamiento de las propiedades fonológicas de las palabras (forma de la palabra) (196).

La confrontación de nombres (259).

El lenguaje de signos (309).

Otras:

Asociación entre la cara y el nombre (hemisferio derecho) (274).

Los movimientos oculares sacádicos horizontales (135).

Las imágenes visuales mentales (152, 216).

*Áreas anatómicas (AAL):**Fusiforme:*

Área del reconocimiento de los rostros.

Lingual:

Estructura de las circunvoluciones en la superficie medial inferior del lóbulo occipital, forma el borde inferior del surco calcarino.

Calcarine:

Surco prominentes en el lóbulo occipital medial formado por el gyrus cuneus y lingual; este surco se extiende horizontalmente desde aproximadamente el surco parieto-occipital de su terminación en el polo occipital. El surco calcarino contiene la corteza visual primaria.

1.5.14. Área de Brodmann 20 (AB20).

Temporal inferior. Gyrus fusiforme y parahippocampalis.

Circunvolución situada por debajo del surco del hipocampo. Área asociativa cortical situada en el giro temporal inferior. Esta área participa en el análisis de la forma visual y la representación de objetos.

Ubicación:

Ventral en el lóbulo temporal (giro temporal inferior).

Función:

Procesos de información visual.

*Funciones detalladas:**Lenguaje:*

Procesamiento léxico-semántico (hemisferio izquierdo) (310, 311).

Comprensión de la metáfora (hemisferio izquierdo) (312).

Comprensión de la ambigüedad semántica (hemisferio derecho) (313).

Comprensión del lenguaje y la producción (hemisferio izquierdo) (314).

La atención selectiva a la palabra (hemisferio izquierdo) (302).

Visual:

La fijación visual (315).

Integración de elementos visuales en conjuntos perceptivos (hemisferio derecho) (316).

Memoria:

Memoria de trabajo, de procesamiento de tareas múltiples (hemisferio derecho) (162).

Otra:

La atribución de intenciones a los demás (267).

*Áreas anatómicas (AAL):**Temporal inf:*

Giro longitudinal en el margen inferior ventrolateral del lóbulo temporal.

1.5.15. Área de Brodmann 21 (AB21).

Área multimodal posterior. Gyrus temporalis medius.

Área asociativa cortical en la circunvolución temporal media. Esta área participa en el análisis de las señales visuales relacionadas con la forma de un objeto y el movimiento.

Ubicación:

Lóbulo lateral temporal (circunvolución temporal media).

Función:

Involucrados en el procesamiento de información visual, entre otras funciones asociativas temporales.

*Funciones desarrolladas:**Lenguaje:*

Procesamiento selectivo de texto y voz (hemisferio izquierdo) (302, 317).

Procesamiento semántico (hemisferio izquierdo) (198, 257, 318).

Integración de la prosodia (hemisferio derecho) (319, 320).

Generación de frases (hemisferio izquierdo) (226).

Generación de la palabra (hemisferio izquierdo) (321).

Visual:

Observación del movimiento (2).

Auditivo:

Procesamiento de los sonidos complejos (ambos hemisferios) (322).

Otras:

La atribución de intenciones a los demás (267).

El razonamiento deductivo (hemisferio izquierdo) (264, 323).

1.5.16. Área de Brodmann 23 (AB23).

Giro cingular posterior. Gyrus cinguli posterior.

Circunvolución que discurre paralela y sobre el cuerpo caloso. Zona cortical asociativa de la parte posterior de la circunvolución cingular. Esta área es un componente cortical del sistema límbico.

Ubicación:

Lóbulo parietal medial (circunvolución cingular posterior).

Función:

Participa en la integración asociativa límbica.

*Funciones desarrolladas:**Lenguaje:*

Procesamiento léxico-semántico (hemisferio izquierdo) (310, 324).

Procesamiento semántico de la información emocional (hemisferio izquierdo) (325, 326).

Memoria:

Memoria topográfica y topocinética (143, 327, 328).

Recuperación de la memoria episódica (329).

Recuerdos voluntarios e involuntarios (330).

Recuerdos falsos (331).

Motor:

El aprendizaje de una habilidad motora compleja (332).

Control de los movimientos de los dedos (333).

Somatosensoriales:

La respuesta a los estímulos térmicos (334).

Visual:

Alta demanda de procesamiento visual/discriminación (335).

Otras:

Juicio de valor (336).

El condicionamiento del miedo (hemisferio izquierdo) (337).

Distinción entre uno mismo y el otro (338).

Respuesta ante el condicionamiento clásico (339).

1.5.17. Área de Brodmann 25 (AB25).

Corteza cingulada subgenual.

Surco longitudinal en la superficie orbital del lóbulo frontal. Esta área es el sitio de estimulación cerebral donde recientemente se han publicado estudios de experimentación en el tratamiento de la depresión.

La sección de la citoarquitectura del cerebro en el área 25 de Brodmann, se relaciona con el comportamiento y la emoción.

Ubicación:

Lóbulo frontal ventral.

Funciones detalladas:

La evaluación de palabras emocionales (hemisferio izquierdo) (340, 341).

Razonamiento moral implícito (342).

Hiperestesia mecánica (343).

Áreas anatómicas (AAL):

Rectus:

Giro a lo largo del margen ventromedial del hemisferio en la región orbital del lóbulo frontal, el bulbo olfatorio y el tracto que recorre el surco del mismo, que está formado por el margen lateral de este giro.

1.5.18. Área de Brodmann 36 (AB36), AB27, AB28, AB35.

Áreas hipocampales. Porción medial del lóbulo temporal.

Es una subdivisión de la región definida citoarquitectónicamente como el área temporal de la corteza cerebral. Con su límite medial que corresponde aproximadamente al surco rinal se ubica principalmente en la circunvolución fusiforme. Está limitada lateralmente y caudalmente por el área temporal inferior (AB20), medialmente por la zona rostral perirrinal (AB35) y por el área 38.

*Funciones desarrolladas:**Memoria:**Memoria de codificación:*

Verbal-semántica (hemisferio izquierdo) (344-346).

Caras (347-349).

Imagen (348, 350).

Auditiva (351).

Emocional (352).

La memoria de trabajo.

Verbal-semántica (353-355).

Visual (356).

La memoria episódica.

Autobiográfica (357-359).

Olfativas y gustativas (360-362).

Memoria de reconocimiento, memoria de recuerdo y recuperación (363-365).

Consolidación de la memoria de procedimiento (366-368).

Memoria para nuevos estímulos / inesperados (369).

“Priming” negativo (370).

Emoción:

Memoria de los estímulos emocionales desagradables/miedo (conexiones entre la amígdala y el hipocampo) (369, 371, 372).

La percepción facial emocional (373-375).

Procesamiento de imágenes que inducen a la repugnancia y a la erótica (376, 377).

La experiencia y la regulación de la tensión emocional (378).

Expresión de los movimientos faciales congruentes (neuronas espejo) (379).

Deseo (380).

Hambre (381).

Vergüenza (382).

Habilidades de navegación:

Espacial (383-385).

Contextual (recuperación histórica) (hipocampo) (383, 385, 386).

Otras:

Discriminación de la novedad (387).

Pasado (ambos hemisferios) y futuro (hemisferio derecho) (388).

Procesamiento relacional durante la elaboración de los acontecimientos futuros (389).

Anticipación ante un pesar o pena (ej. Ante los juegos de azar) (390).

Resolución de problemas (391).

Toma de decisiones (392).

Separación de patrones (entre los episodios comunes) (393).

La detección de los estímulos desviados (394).

1.5.19. Área de Brodmann 37 (AB37).

Giro temporal postero-inferior. Giro temporal medial. Giro fusiforme.

Área asociativa cortical en el lóbulo temporal que se extiende desde los lados medial a lateral de este lóbulo. Esta área participa en el análisis de la forma visual, el movimiento y la representación de objetos.

Ubicación:

En el lóbulo temporal posterior.

Función:

Involucrado en el reconocimiento visual.

*Funciones desarrolladas:**Lenguaje:*

Categorización semántica (hemisferio izquierdo) (395, 396).

Recuperación de palabras (hemisferio izquierdo) (259).

La atención a las relaciones semánticas (hemisferio izquierdo) (198).

La generación de la palabra (hemisferio izquierdo) (321).

El lenguaje de signos (309).

Procesamiento de una sola letra (hemisferio izquierdo) (397).

La comprensión de la metáfora (hemisferio izquierdo) (312).

Enlace entre la ortografía y la fonología (hemisferio izquierdo) (398).

Memoria:

Reconocimiento en la memoria de verdadero y falso (296).

Codificación episódica (297).

Visual:

Reconocimiento facial (en su mayoría giro fusiforme) (305, 399, 400).

El procesamiento del movimiento visual (93, 306, 401).

La fijación visual (315).

Identificación objetos familiares (402).

La atención sostenida al color y la forma (301).

Otras:

Asociación entre la cara y el nombre (hemisferio izquierdo) (274).

La atribución de intenciones a los demás (267).

El razonamiento deductivo (hemisferio izquierdo) (323).

Dibujo (403).

Secuelas del movimiento (404).

1.5.20. Área de Brodmann 38 (AB38).

Polo temporal.

Extremo anterior del lóbulo temporal. Área asociativa cortical, en el polo anterior del lóbulo temporal, esta zona temporal está relacionada con redes hacia la amígdala y la corteza prefrontal orbital que rigen el comportamiento personal y social, la emoción y la toma de decisiones.

Ubicación:

Polo temporal.

Función:

Participa en la integración asociativa límbica.

Funciones desarrolladas:

Cognición:

La atribución de intenciones o estados mentales a los demás (267, 405, 406).

Distinción entre uno mismo y los demás (hemisferio izquierdo) (338, 407, 408).

Realización de juicios morales (409, 410).

Emoción:

Experimentar estados emocionales (411-413).

El procesamiento visual de las imágenes emocionales (303, 414, 415).

Respuesta a la amenaza/ estímulos que producen miedo (20, 416).

El vínculo afectivo (417, 418).

Memoria:

Recuperación de la memoria multimodal (419-421).

Lenguaje:

Procesamiento semántico (hemisferio izquierdo) (422-424).

La comprensión del habla (hemisferio izquierdo) (317, 425).

Nombramiento de los elementos aprendidos a una edad temprana (hemisferio izquierdo) (426).

Recuperación de palabras para las entidades específicas (hemisferio izquierdo) (427).

Procesamiento léxico-semántico de la ambigüedad (hemisferio izquierdo) (354).

La comprensión de la narrativa (hemisferio izquierdo) (428, 429).

Audición:

La atención selectiva a la palabra (hemisferio izquierdo) (302, 430).

Respuesta a estímulos de tono (431).

La respuesta a la estimulación auditiva aversiva (432).

La identificación de las voces familiares (hemisferio derecho) (433).

Visual:

Color y juicios estructurales de objetos familiares(402).

Otras:

Comprensión del humor (434, 435).

Procesamiento de la ironía (hemisferio derecho) (436).

Respuesta ante las inferencias (hemisferio izquierdo) (264).

La respuesta agradable a la música (437).

1.5.21. Área de Brodmann 39 (AB39).

Lóbulo parietal inferior. Gyrus angular.

Circunvolución en forma de arco que rodea el extremo posterior del surco temporal superior. Área asociativa cortical en la circunvolución angular, en la interfase entre el parietal posterior y occipital.

Ubicación:

Salida lateral de los lóbulos temporal, parietal y occipital.

Función:

Involucrados en el procesamiento del lenguaje, orientación espacial y la representación semántica.

Lenguaje:

Generación de frases (hemisferio izquierdo) (226).

Lectura(204, 310).

Cálculo:

Cálculo (hemisferio izquierdo) (438, 439).

El aprendizaje de la aritmética (hemisferio izquierdo) (440).

Resumen de la codificación de magnitud numérica (hemisferio izquierdo) (441).

Visual:

Focalización espacial de la atención (442).

Procesamiento viso-espacial (hemisferio derecho) (443).

Otras:

Tareas creativas verbales (hemisferio izquierdo) (444).

Teoría de la mente (264).

El control ejecutivo de la conducta (239).

El procesamiento de una secuencia de acciones (hemisferio izquierdo) (221).

Lectura a primera vista (música) (hemisferio derecho) (445).

*Áreas anatómicas (AAL):**Angular:*

Estructura de las circunvoluciones del lóbulo parietal inferior que rodea la terminación del surco temporal superior.

1.5.22. Área de Brodmann 40 (AB40).

Lóbulo parietal inferior. Gyrus supramarginalis.

Circunvolución en forma de arco que rodea el extremo posterior del ramo posterior del surco lateral. Área asociativa cortical en el lóbulo parietal inferior, incluyendo el giro supramarginal.

Ubicación:

Lóbulo parietal inferior.

Función:

Participar en la orientación espacial y la representación semántica.

*Funciones desarrolladas:**Lenguaje:*

La atención a las relaciones fonológicas (198).

Procesamiento semántico (más elaborado y completo) (318).

La creatividad verbal (444).

La escritura de letras individuales (446).

Memoria:

La recuperación de las experiencias desagradables (304).

La memoria de trabajo (relación emocional/ auditiva) (163).

Recuerdo consciente de los acontecimientos previamente experimentados (207).

Motor:

El control ejecutivo de la conducta (239).

La respuesta a los estímulos aversivos (148).

Agarre guiado por la vista (447).

Imitación gestual (156, 448).

Transformación viso-motora/ planificación motora (449).

Movimientos pasivos repetitivos (450).

Intención/ detección de conflictos con retroalimentación sensorial (268).

Somatosensoriales:

La discriminación espacial somatosensorial (451).

Integración de la información táctil y propioceptiva (452).

Visual:

Respuesta al movimiento visual (93).

Otras:

El razonamiento deductivo (152, 227).

La percepción social y la empatía (229).

Emociones y auto-reflexiones en la toma de decisiones (hemisferio derecho) (230).

Procesamiento del rendimiento musical (449).

Procesamiento de un objetivo (222).

Discriminación entre lo igual y lo diferente (hemisferio derecho) (199).

Cálculo (hemisferio izquierdo) (199).

Respuesta tras un movimiento (404).

Realización de tareas creativas (hemisferio izquierdo) (444).

Áreas anatómicas (AAL):

Supramarginal:

Estructura de las circunvoluciones del lóbulo parietal inferior que rodea el extremo posterior de la fisura lateral.

1.5.23. Área de Brodmann 42 (AB42).

Corteza auditiva secundaria. Giro de Heschl.

Área sensorial cortical situada en la cara superior del lóbulo temporal y el margen dorso-lateral de la circunvolución temporal superior. Esta área es parte de un "cinturón" formado por las áreas auditivas de orden superior que rodean a la corteza auditiva primaria (AB 41).

Ubicación:

Lóbulo temporal superior.

Función:

Los procesos de la información auditiva.

Funciones desarrolladas:

Auditivas:

El procesamiento de base de los estímulos auditivos (voz y no voz) (322, 453-456).

Procesamiento de patrones acústicos discontinuos (322).

Frecuencia anormal de detección (457).

La percepción de los tonos armónicos (más el hemisferio derecho que el izquierdo) (458).

Procesamiento de la intensidad del sonido (459, 460).

La sensibilidad auditiva en el terreno de juego (461, 462).

La detección rápida de sonido (bilateral) (463).

Producción de sonido (vocal) (464).

“Priming” auditivo (207).

Memoria:

Efecto de preparación a la repetición (465).

Memoria de trabajo auditiva (466).

Otra:

La percepción del lenguaje visual (las neuronas espejo) (467, 468).

Áreas anatómicas (AAL):

Temporal sup:

Surco en la superficie lateral del lóbulo temporal que transcurre paralelo a la fisura lateral (fisura de Silvio) y separa las circunvoluciones temporal superior y media.

1.5.24. Área de Brodmann 43 (AB43).

Área subcentral.

Área sensitivo motora situada en el margen inferior de la corteza poscentral, precentral y los giros del opérculo frontal-parietal. Se une con la ínsula justo debajo de la terminación inferior del surco central. Esta área puede participar en la representación sensorio motriz de la recepción de la boca y el sabor.

Ubicación:

Cruce de la ínsula, lóbulos frontal y parietal.

Función:

Asociada a la representación sensorio motriz y el procesamiento del sabor.

Funciones desarrolladas:

Motor:

Respuesta a la estimulación vibrotáctil de los dedos (89).

Lenguaje:

Idioma (bilateral) (309).

1.5.25. Área de Brodmann 45 (AB 45).

Gyrus frontalis inferior.

Giro frontal inferior o circunvolución frontal inferior. Área asociativa cortical en la parte anterior de la circunvolución frontal inferior. La parte posterior de esta área pueden contribuir junto con el área 44 a la producción del lenguaje, mientras que otros circuitos en esta área participan en redes corticales prefrontales que controlan funciones ejecutivas.

Ubicación:

Lóbulo frontal inferior (circunvolución frontal inferior).

Función:

Involucrados en la producción del lenguaje y participa en la integración asociativa prefrontal.

Funciones desarrolladas:

Lenguaje:

Semántica y procesamiento fonológico (198, 469-471).

Generación de la palabra específica (321, 472-474).

La fluidez verbal (259, 475).

Búsqueda léxica (476, 477).

Procesamiento fonológico (478, 479).

Procesamiento gramatical (480).

Recuperación de la memoria semántica (257, 318, 481).

La atención selectiva a la palabra (hemisferio izquierdo) (302).

El lenguaje de signos (482).

La comprensión de la prosodia afectiva (hemisferio derecho) (483).

Léxico de inflexión (hemisferio izquierdo) (480).

Procesos de razonamiento (248, 323).

Procesamiento de las metáforas (234, 312).

Memoria:

Memoria de trabajo (163, 205).

Memoria no verbal de trabajo (bilateral) (484).

Memoria episódica a largo plazo (205).

Codificación de la memoria declarativa (485).

Recordar una serie de dígitos (486).

Motor:

- Las neuronas espejo de los movimientos expresivos (487).
- Las neuronas espejo de los movimientos de agarre (2).
- La inhibición de respuesta (488-490).

Otras:

- Rotación mental (sobre todo en las mujeres) (144, 491)
- Codificación de las palabras y de la cara (297).
- La apreciación estética (492).
- Gozo musical (493).
- Generación de frases melódicas (hemisferio izquierdo) (226).
- Modulador de la respuesta emocional (494).
- Oler olores familiares (hemisferio izquierdo) (362, 495).

*Áreas anatómicas (AAL):**Frontal inf:*

Estructura de las circunvoluciones en la parte lateral e inferior del lóbulo frontal, entre otras áreas. Este giro contiene las áreas de Brodmann 45 y 44 (área de Broca), que están involucrados en la producción del lenguaje, especialmente en el hemisferio izquierdo.

1.5.26. Área de Brodmann 46 (AB46).

Corteza prefrontal. Gyrus frontalis.

Área asociativa cortical en la circunvolución frontal media y la parte anterior de la circunvolución frontal inferior. Esta área prefrontal participa en redes corticales que rigen las funciones ejecutivas.

Ubicación:

Lóbulo frontal lateral (corteza prefrontal dorsolateral).

Función:

Participa en la integración asociativa prefrontal.

*Funciones desarrolladas:**Memoria:*

- Memoria de codificación y reconocimiento (205, 243, 496).
- Memoria de trabajo (251, 252, 255).

Lenguaje:

Procesamiento semántico (hemisferio izquierdo) (208, 258, 497).

La fluidez verbal (hemisferio izquierdo) (259, 498).

Procesamiento fonológico (hemisferio izquierdo) (478).

Motor:

El control ejecutivo de la conducta (239).

Masticación (499).

Dibujo (403).

Las neuronas espejo (500).

El movimiento sacádico horizontal del ojo (238).

Otras:

El cálculo mental interno (265, 501).

Procesamiento de las emociones y auto-reflexiones en la toma de decisiones (hemisferio izquierdo) (230).

Intención/ detección de conflictos de retroalimentación sensorial(268).

Gozo musical (52, 493).

Momentos de acción (502).

Estrategia de respuesta al cambio (503).

*Áreas anatómicas:**Frontal mid:*

Formación longitudinal de circunvoluciones en el lóbulo frontal dorsolateral limitada por los surcos frontales superior e inferior.

1.5.27. Área de Brodmann 48 (AB48).

Áreas hipocampales. Lóbulo temporal medial.

Área retrosubicular. Es una subdivisión de la corteza cerebral, en la región del hipocampo citoarquitectónicamente definida. En el ser humano se encuentra en la superficie medial del lóbulo temporal. Citoarquitectónicamente está limitada por el área rostral perirrinal (AB35) y medialmente por el presubiculum.

*Funciones desarrolladas:**Memoria:*

Memoria de codificación:

Verbal-semántica (hemisferio izquierdo) (344-346).

Caras (347-349).

Imagen (348, 350).

Auditiva (351).

Emocional (352).

La memoria de trabajo.

Verbal-semántica (353-355).

Visual (356).

La memoria episódica.

Autobiográfica (357-359).

Olfativas y gustativas (360-362).

Memoria de reconocimiento, memoria de recuerdo y recuperación (363-365).

Consolidación de la memoria de procedimiento (366-368).

Memoria para nuevos estímulos/inesperados (369).

“Priming” negativo (370).

Emoción:

Memoria de los estímulos emocionales desagradables/miedo (conexiones entre la amígdala y el hipocampo) (49, 369, 371, 372, 504).

La percepción facial emocional (373-375).

Procesamiento de imágenes que inducen a la repugnancia y a la erótica (376, 377).

La experiencia y la regulación de la tensión emocional (378).

Expresión de los movimientos faciales congruentes (neuronas espejo) (379).

Deseo (380).

Hambre (381).

Vergüenza (382).

Habilidades de navegación:

Espacial (383-385).

Contextual (recuperación histórica) (hipocampo) (383, 385, 386).

Otras:

Discriminación de la novedad (387).

Pasado (ambos hemisferios) y futuro (hemisferio derecho) (388).

Procesamiento relacional durante la elaboración de los acontecimientos futuros (389).

Anticipación ante un pesar o pena (ej. Ante los juegos de azar) (390).

Resolución de problemas (391).

Toma de decisiones (392).

Separación de patrones (entre los episodios comunes) (393).

La detección de los estímulos desviados (394).

Otras regiones importantes no especificadas en las áreas de Brodmann y de las que será importante el conocimiento para la comprensión de los resultados del presente texto:

Áreas anatómicas (AAL):

Ínsula:

Estructuras de circunvoluciones que forman parte de la corteza insular en la profundidad de la fisura lateral.

Rolandic Oper:

El opérculo rolándico o fronto-parietal está situado en el lado izquierdo del cerebro es una región relacionada con el habla (AB 44). Conecta las partes del cerebro utilizadas para la articulación del habla y la planificación entre las áreas involucradas en la preparación lingüística y la ejecución.

CAPÍTULO II

NEURONAS ESPEJO

No se trata de neuronas especiales, sino de neuronas con las distintas capas que hemos visto anteriormente, que tienen la capacidad de funcionar como un espejo. El término más correcto por tanto para denominarlas sería el de sistema de las neuronas espejo.

El primero que las descubrió fue Giacomo Rizzolatti, que estaba muy interesado en el funcionamiento del área premotora y en un experimento con un mono observó que existía la misma actividad eléctrica si el mono realizaba el movimiento o si sólo miraba como otro realizaba ese movimiento. Por lo que inicialmente a estas neuronas se le llamaron "monkey-see".

Posteriormente también se comprobó que esto sucedía en los seres humanos, así un individuo mirando un movimiento activa las áreas premotoras como si él lo estuviese realizando, pero se observó que, si el movimiento que se realiza no tiene un objetivo o una función (coger o dejar algo,...) la activación del individuo que mira es mucho menor.

Sirvan estos párrafos como introducción a este capítulo, que a continuación desarrollaremos con más detalle.

Existen multitud de estudios centrados en la búsqueda de las respuestas corticales ante estímulos de agarre, prensión, teniendo por tanto como centro de estudio las áreas que implican una actividad de alcance o realizada con el miembro superior (505) y además se ha podido comprobar cómo quien realiza o quien observa realiza un procedimiento simultáneo de preparación a la realización del gesto motor. Dichos estudios en un principio se realizaron con monos, a quienes se les pudo hacer una división precisa de las áreas implicadas en el control de los movimientos aislados de los dedos (en el caso de los monos el área F1) o de los actos motores, entendidos como gestos más globales y coordinados en la búsqueda de un fin específico (en el caso del mono el área F5) (1).

Del mismo modo esta área F5 fue dividida, atendiendo a la clasificación de la eficacia del acto motor, agrupando las neuronas en "neuronas-agarrar-con-la-mano-y-con-la-boca", "neuronas-agarrar-con-la-mano", "neuronas-sostener", "neuronas-arrancar", "neuronas-manipular", etc. como fueron descritas por el propio Rizzolatti (1). Ellos comprobaron como las neuronas de F5 reaccionaban selectivamente ante actos motores y no ante movimientos individuales, por lo que

les resultaba realmente difícil determinar que una determinada activación neuronal respondía a la activación de un movimiento concreto y no a la realización de otro.

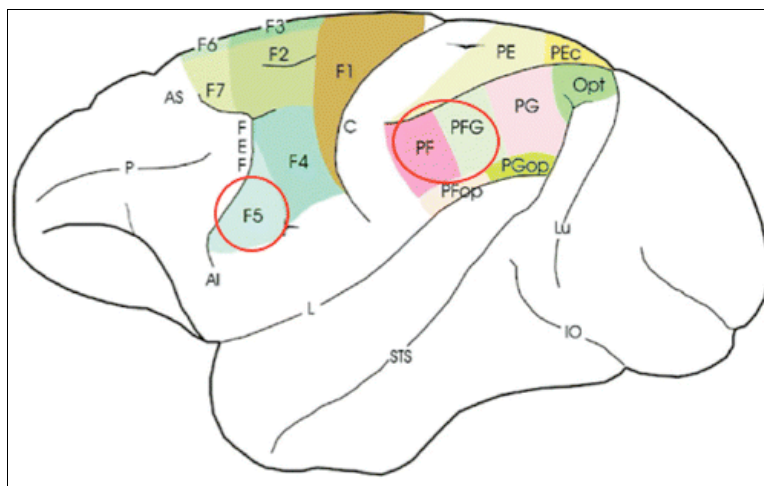


Figura 2.1. Áreas corticales del mono. Área F5 (Fuente: Tomado de Iacoboni M, 2009, *Annu. Rev. Psychol.* 60:653-70, de dominio público en la Red).

Pudieron experimentar en su laboratorio también que una sección de las neuronas de F5 respondía selectivamente también a estímulos visuales, siendo estos primeros pasos la antesala de los que se realizaron posteriormente por su grupo de investigación y por otros grupos, que centraron sus objetivos en el ser humano.

Se han realizado estudios en humanos, empleando resonancia magnética funcional, en los cuáles se les presentaban instrumentos u objetos asibles de una u otra manera a individuos normales, sin patología, produciéndose una activación en la corteza premotora, considerada la homóloga en el humano del área F5, tanto en los casos en los que se preveía un agarre, como en aquellos en los que no era solicitada ninguna respuesta motora (1, 506).

Conviene recordar que estas neuronas de F5 comparten una relación muy estrecha con la zona intraparietal anterior (AIP), que se activa durante los movimientos de la mano y que son divididas en neuronas con predominio motor, neuronas visual-motoras y neuronas de predominio visual.

Las neuronas de F5 y AIP responden sólo a ciertos rasgos de los objetos (forma, tamaño, orientación, etc.) y su selectividad es tanto más significativa cuanto más se interpretan los rasgos como otros tantos sistemas visuales y de actos motores potenciales, debido a que en el acto de agarrar un objeto se encierra

el propio objeto, en forma de la generación de un movimiento anticipatorio, como preparación al ulterior agarre.

El análisis de las propiedades funcionales de F5 les mostró que la mayor parte de las neuronas de esta zona se activaban durante la ejecución de actos motores específicos (agarrar, sostener, manipular...) y que una parte reaccionaba también ante estímulos visuales, siendo estas últimas llamadas neuronas canónicas, aunque en los años noventa se pudo comprobar que no eran las únicas que presentaban estas características viso-motoras.

Rizzolatti y su equipo comprobaron como sobre todo en la convexidad cortical de F5, había neuronas que reaccionaban tanto cuando el mono realizaba una acción determinada (como, por ejemplo, coger la comida) como cuando observaba a otro individuo (el experimentador) realizar una acción parecida. A dichas neuronas se les dio el nombre de neuronas espejo (mirror neurons), pudieron comprobar posteriormente cómo se podían aislar estas neuronas en relación a un acto motor ejecutado (agarrar) o a dos actos motores observados (agarrar y sostener), así como la presencia de la activación de las neuronas espejo ante actos como comer comida con la boca o masticarla, atribuyendo a estas neuronas el nombre de "neuronas ingestivas". Dichas neuronas comparten la funcionalidad de las neuronas espejo vinculadas a la mano, al activarse también selectivamente ante actos concretos como pueden ser la observación de una acción o la acción ejecutada.

Es clara la estrecha relación entre la visión y el propio acto motor, el vínculo entre el acto de alcanzar algo y la dirección de la mirada y no es algo que sucede por casualidad. Este hecho nos permite también entender los movimientos que hacen otros y comprender así lo que están realizando.

Por esta causa las neuronas espejo se revelan capaces de coordinar la información visual con el conocimiento motor del observador, es decir también controlan la ejecución de este acto motor. Por tanto para poder comprender un movimiento realizado por otros, el observador debe tener el mismo conocimiento motor que regule la ejecución de las propias acciones. Para comprobar esto se hicieron estudios en los que se ocultaba la fase final de un movimiento realizado con la mano, a la vista del mono, observando que buena parte de las neuronas espejo del área F5 respondían a la observación del acto motor realizado por el experimentador, aún no viendo el final o el objetivo del movimiento (507, 508).

Continuaron los estudios en monos, con el propósito de configurar un mapa preciso de las áreas implicadas en los procesamientos de las neuronas espejo, viendo la amplia gama de sus funciones con el fin de medir el alcance del sistema de neuronas espejo.

Llegados a este punto queremos concretar la observación del sistema de neuronas espejo en el ser humano, como hemos sugerido anteriormente.

Existe un mecanismo innato en el ser humano que nos hace poder imitar y por tanto realizar un aprendizaje a través de esa imitación (14, 15, 42, 49). Los mecanismos cerebrales que subyacen a esta imitación nos muestran cómo

observar a alguien moverse activa áreas cerebrales similares a las activadas al producir movimientos uno mismo, es decir nuestro cerebro imita las acciones de otras personas aunque nosotros no las hagamos (6, 49, 505).

Esta es una vía de aprendizaje mucho más fácil, ya que aprender partiendo de la observación es más sencillo que aprender a partir de descripciones verbales, por precisas y detalladas que sean.

Las neuronas espejo lejos de ser una mera curiosidad, son muy importantes para comprender la mayoría de los aspectos de la naturaleza humana, como la evaluación de los actos y las intenciones de los demás o para afrontar aspectos en el ámbito de las ciencias del comportamiento como la empatía, la imitación, la imaginación e incluso en el ámbito político o comercial.

En los últimos años hemos podido leer multitud de estudios que han analizado el sistema de neuronas espejo en seres humanos, tanto en la normalidad como en grupos con determinadas patologías, a las que se ha llegado incluso a afirmar que algunos de los orígenes de las mismas están en este sistema. Sin ir más lejos existen estudios que relacionan los síntomas y el desarrollo de patologías como la anosognosia (47), el autismo (47, 509, 510), la apraxia ideomotora (487, 511, 512), la heminegligencia (512) o la esquizofrenia (513) con un déficit o alteración de este sistema de neuronas espejo.

Lo que es claro es que el MNS suscita mucha curiosidad y reúne en torno a él muchos esfuerzos en la búsqueda de significados a las preguntas planteadas sobre sus funciones reales. Es importante la incorporación de nuevas técnicas de diagnóstico, que ayudan a plantear nuevos retos en la investigación, pero que están al alcance de muy pocos centros. En estudios donde han empleado la estimulación magnética transcranial (TMS), en el propósito de dar explicación a las preguntas sobre lo que sucede en la corteza motora durante el aprendizaje de movimientos realizados con el miembro superior, se ha podido comprobar como la observación de otro individuo realizando movimientos repetitivos simples del pulgar daba lugar a una memoria cinemática específica de los movimientos observados, en la corteza motora primaria. Estos resultados apoyan un papel del sistema de neuronas espejo en la formación de la memoria y el aprendizaje motor (514).

El hallazgo de la existencia de un análogo humano para el MNS ha sido gracias a estudios con neuroimagen, que han valorado entre otras la activación de la corteza premotora durante la observación de objetos relacionados con las acciones a realizar. Muchos otros estudios informaron de activaciones similares en esta red perceptivo-motora, incluyendo la parte ventral de la circunvolución premotora (AB 6), el giro frontal inferior (AB 44), así como las regiones del lóbulo parietal y la circunvolución temporal superior, ampliándose por tanto el papel del sistema de neuronas espejo descrito en los monos a un mecanismo de espejo más complejo en los seres humanos (3, 5, 6, 54, 515-518).

Observando los estudios en humanos podríamos concretar que las zonas anatómicas que forman el sistema de neuronas espejo son (mostramos áreas o conjuntos de varias áreas, para indicar que no se activan de manera aislada):

-AB 40: Sector del lóbulo parietal que se activa durante la realización de acciones y durante la observación de las mismas realizadas por otros(1, 519).

-AB 4, 6, 44: Sector del lóbulo frontal que se activa en las mismas condiciones experimentales (1).

-AB 44,45: Sector del lóbulo frontal que se activa durante la observación de acciones de los demás (1, 511).

-AB 44: Se puede considerar el homólogo humano de la zona F5 del mono. Esta área posee una representación no sólo de los movimientos de la boca, sino también de los de la mano.

-AB 40,44: Se activan en la observación e imitación de los movimientos de la mano y en la observación de las caras, activándose más si dichas caras contienen un alto porcentaje de uno mismo (519).

Posteriormente se han realizado multitud de estudios que pueden hacer dudar si estas son las únicas áreas que intervienen en el sistema de neuronas espejo. Algunos estudios en los que se realizaba la observación de movimientos transitivos hechos con la boca y con la mano activaba los siguientes focos:

-Parte posterior del giro frontal inferior (sistema espejo frontal) (1, 6).

-Parte inferior del giro precentral (1, 27).

-Lóbulo parietal inferior (1, 27). El hemisferio parietal inferior izquierdo se activa cuando estamos imitando y el derecho cuando estamos siendo imitados(506).

Si eran realizados con estos movimientos con el pie se activaba la región frontal.

También ante la imitación, entendida como la función fundamental para el desarrollo de las habilidades sociales, como la lectura de los gestos faciales y corporales y para la comprensión de los objetivos, intenciones y deseos de otras personas, vemos que se activan las siguientes áreas, englobadas dentro del sistema de neuronas espejo desde el punto de vista funcional:

-Giro frontal inferior (54), en su parte posterior izquierda principalmente (polo frontal del sistema espejo).

-Corteza parietal rostral posterior (54).

-Región posterior del área de Broca.

-Surco temporal superior.

-Corteza prefrontal dorsolateral.

-Surco temporal superior derecho (STS).

-Núcleos basales (520, 521).

-Área motora suplementaria y corteza frontoparietal en la imitación lingüística (522) .

El hallazgo de otras áreas participantes en los mecanismos descritos como propios del MNS, nos hacen pensar que las responsabilidades de actos tan complejos como los descritos anteriormente las tienen áreas y sistemas funcionales muy amplios, que pueden englobar prácticamente la totalidad del encéfalo, aunque si que es cierto que se concretan en las enumeradas en los párrafos anteriores.

Áreas que componen el sistema de neuronas espejo participan en funciones como el lenguaje, que implican áreas como la circunvolución frontal inferior izquierda, la circunvolución frontal inferior, la circunvolución precentral, la unión occipitotemporal ventral, la corteza parietal superior e inferior y en el surco intraparietal del hemisferio izquierdo, ampliando aún más el espectro de dichas áreas también en el lenguaje. Se ha podido ver como la superposición de las activaciones debido a la producción del lenguaje, el reconocimiento de la ejecución de movimiento y la acción se encuentra en la corteza parietal, la circunvolución frontal inferior izquierda y entre la circunvolución frontal inferior y la circunvolución precentral, compartiendo una arquitectura funcional común (523). La activación prefrontal y premotora para formar palabras sugiere una acción relacionada con el procesamiento de la información y puede reflejar la participación de elementos neuronales que responden en una u otra forma a las neuronas espejo (524).

También existe un mecanismo espejo producido en la ínsula cuando las informaciones procedentes de las zonas visuales que describen las caras o los cuerpos que expresan una emoción, activando un mecanismo espejo autónomo y específico, capaz de codificarlas inmediatamente en sus correspondientes formatos emotivos. La ínsula es el centro de este mecanismo espejo en cuanto que no es sólo la región cortical en la que están representados los estados internos del cuerpo, sino que además constituye un centro de integración visceromotora cuya activación provoca la transformación de las aferencias sensoriales en reacciones viscerales.

Todos estos datos nos indican que el sistema de neuronas espejo tiene representación de todo el cuerpo, no sólo de la boca y la mano. También podemos comprender que el MNS en el ser humano posee más áreas implicadas que en el mono, dado que no sólo incluye el área de Broca (AB44), sino también amplias partes de la corteza premotora y del lóbulo parietal inferior, entre otras. El sistema de neuronas espejo del hombre posee propiedades que no se encuentran en el mono, como las que podemos ver cuando dicho sistema codifica actos motores transitivos e intransitivos, así como cuando la acción es simplemente imitada. Por ello el sistema de neuronas espejo se activa también al observar pantomimas de actos manuales, hecho que en el mono no se producía tal activación.

Parece ser también que además de la constitución de una memoria de trabajo, el AB 46 tiene una responsabilidad en la recombinación de cada uno de los actos motores y de la definición de un nuevo patrón de acción, lo más parecido al ejemplificado por el demostrador.

Un estudio realizado por Calvo-Merino mostró además la diferencia de activación en el sistema de neuronas espejo si los observadores veían una acción por ellos conocida desde el punto de vista motor, lo que implica que este sistema no sólo está influenciado por la experiencia visual sino también por la motora. En este estudio concretamente se realizaba la observación de movimientos de baile, que englobaban todo el cuerpo (18, 506), mientras que en otros se observan los movimientos de tocar la guitarra, donde vieron que los guitarristas noveles activaban también el área 46, participante en la preparación del movimiento; además, si se comparaba con los profesionales, se producía una mayor activación en estos últimos, dado que se producía una estimulación de las neuronas espejo por vía auditiva (525).

Estos últimos estudios nos muestran el camino a seguir para analizar las respuestas corticales y concretamente de las áreas implicadas en el sistema de neuronas espejo ante movimientos que no se centren en el miembro superior, como la literatura ha mostrado abundantemente durante estos últimos años, sino que englobe todo el cuerpo del sujeto.

Es importante el conocimiento que se requiere para adquirir la capacidad de controlar el propio sistema de neuronas espejo y de incorporar al propio conocimiento motor los efectos que tienen nuestros gestos en la conducta ajena, buscando así poderlos reconocer una vez realizados por los demás (1), incluso con fines terapéuticos.

CAPÍTULO III

ELECTROENCEFALOGRAFÍA (EEG)

Durante la última década, el desarrollo de métodos no invasivos de imágenes cerebrales sobre la base de la hemodinámica (resonancia magnética funcional funcional (fRMN)), o electro-magnética (EEG de alta resolución o la magnetoencefalografía (MEG)) han proporcionado una mejora en el conocimiento de las áreas cerebrales que subyace a la activación de origen motor y/o tareas cognitivas en los seres humanos (526, 527).

Hoy en día, una cuestión principal permanece abierta, acerca de cómo estas regiones se comunican entre sí. En este aspecto, el concepto de la conectividad cerebral se considera como un elemento central para la comprensión del comportamiento organizado de las regiones corticales, más allá del simple mapeo de su actividad (528, 529).

La electroencefalografía es un método neurofisiológico que estudia el sistema nervioso central buscando el registro y la evaluación de los potenciales eléctricos generados por el cerebro y obtenidos en la superficie del cuero cabelludo y la detección de la sincronización o desincronización de la actividad neural como respuesta neurofisiológica (530). Es una herramienta validada en el estudio de patrones temporales y de actividad cortical medible en una escala de milisegundos (531).

3.1. Historia (532), mostrando a aquellos científicos que aportaron este método exploratorio del encéfalo.

Dos fisiólogos (Caton en Inglaterra en 1875 y Beck en Polonia en 1890) de forma independiente descubrieron el electroencefalograma (en animales), gracias a los conocimientos sobre la capacidad eléctrica del sistema nervioso que se tenían, gracias a los estudios realizados en el diagnóstico de lesiones de los nervios periféricos.

Hans Berger (1873-1941) descubrió la actividad eléctrica del cerebro en el hombre, en 1929, siendo considerado el padre de este método en su aplicación clínica, realizando una representación gráfica y bidimensional de la actividad cerebral, donde el eje de la abscisa representa el tiempo y la ordenada el voltaje.

Adrian y Matthews (1934) y Adrian y Yamagiwa (1935), mediante la reversión de fase y utilizando equipos más elaborados, fueron los primeros en demostrar que los trabajos de Berger eran ciertos. Inicialmente el ritmo alfa fue llamado ritmo de Berger.

Bremer fue el primero en considerar que las ondas cerebrales eran producto de fluctuaciones de excitabilidad y no de descargas, tal como se considera en la actualidad.

Un paso importante se dio en 1936, cuando Bishop introdujo el concepto de los circuitos reverberantes córtico talámicos, según el cual los impulsos de neuronas talámicas, cuyos axones llegan a la corteza iniciarían mecanismos corticales.

Posteriormente los estudios de Jasper demostraron que se necesitaban varios núcleos talámicos para difundir la actividad rítmica iniciada por la estimulación de los núcleos de la línea media. Jasper (1954) consideró a estos núcleos intratalámicos como la parte rostral del sistema activador reticular de Moruzzi y Magoun (1949).

Hasta el presente, los estudios parecen indicar que el EEG dependería de las propiedades eléctricas de las células corticales.

Los potenciales corticales son generados por diferencias entre una parte de la neurona con la otra. Así, las ondas del EEG son la resultante de la sumación de potenciales postsinápticos excitatorios y potenciales presinápticos inhibitorios. Éstos son despolarizaciones e hiperpolarizaciones respectivamente, generados por las neuronas en la corteza cerebral.

Los potenciales que se registran en el electroencefalograma provienen de la medición de la diferencia de potencial existente entre un electrodo explorador y otro de referencia. Para recoger esa señal eléctrica cerebral se utilizan normalmente electrodos colocados en el cuero cabelludo (EEG de superficie) a los que se añade una pasta conductora o gel conductor para facilitar el registro de la señal eléctrica cerebral.

La mayor ventaja de las técnicas del EEG consiste en que miden directamente, aunque a distancia, el fenómeno a estudiar en una preparación no invasiva, con una resolución del orden de milisegundos, que se corresponde con la ventana temporal en la que ocurre el procesamiento de información en el cerebro(533).

3.2. EL EEG NORMAL DEL ADULTO (532).

El electroencefalograma normal del adulto en vigilia y en reposo (ojos cerrados) se caracteriza por la presencia de dos ritmos fundamentales, el alfa, dominante en las áreas posteriores del cerebro y el beta, en el resto de las áreas cerebrales. Puede encontrarse una tercera frecuencia en proporción variable en los lóbulos temporales, que corresponde a la actividad theta.

No nos centramos en la presente tesis en los estudios que realizan el estudio de las respuestas neurofisiológicas durante el sueño (534-545), ni en aquellos que emplean electrodos intracraneales (546-551), aunque son un gran número los publicados en estos dos ámbitos.

Describimos a continuación los ritmos y ondas normales presentes en el EEG, que fueron descubiertos durante los estudios realizados por psiquiatras y neurólogos a lo largo del siglo pasado (552).

3.2.1. Ritmo alfa.

Ritmo con una frecuencia variable entre 8 y 13 Hz, en adultos, normalmente más prominente en las áreas cerebrales posteriores u occipitales, más notoriamente presente cuando los ojos están cerrados y atenuado durante la atención, especialmente visual.

Desde el descubrimiento del ritmo alfa ("el ritmo de Berger"), se convirtió en una de las características fundamentales del ser humano, así como uno de los más estudiados fenómenos electro-fisiológicos. Esta actividad cerebral puede ser fácilmente identificada por su distribución topográfica (máximo de amplitud en las regiones occipitales) y por su reactividad. El estudio de las oscilaciones de alfa ha generado una gran cantidad de literatura relacionada con los aspectos fisiológicos, maduración, aspectos clínicos y psicofisiológicos (537).

La actividad alfa se atenúa también con la concentración mental o con cualquier estímulo que atraiga la atención (por ejemplo, un sonido brusco de un timbre o de voces). La presencia de la actividad alfa es un índice de que el sujeto se halla despierto y en estado de relajación mental. Del mismo modo si el sujeto está tenso puede no aparecer el ritmo alfa.

3.2.2. Ritmo beta.

Ritmo con frecuencia superior a 13 Hz. La actividad se suele observar en las derivaciones anteriores del cerebro, a veces con mayor voltaje en la región precentral o frontocentrales. Este ritmo no responde a la apertura de los párpados.

Oscilaciones cerebrales en el rango de frecuencias beta (14-35 Hz), que prevalece en las áreas sensorio motoras corticales, están fuertemente relacionados con el comportamiento motor. En pioneras grabaciones intracraneales de la corteza motora humana realizadas por Jasper y Penfield (año 1949) observaron oscilaciones beta, las cuales fueron bloqueadas por la iniciación de los movimientos (553).

Durante la actividad voluntaria en los seres humanos, las unidades motoras están expuestas a un número de unidades descendientes que tienden a sincronizar la actividad motora. En particular, la corteza motora contralateral acciona la descarga del músculo en la banda beta (15 ± 30 Hz). La actividad cortical en esta banda por lo general precede a la descarga del músculo con un intervalo apropiado para la conducción a través de las vías rápidas piramidales. La coherencia entre la corteza y el músculo en la banda beta se encuentra durante las contracciones isométricas de débil a moderada intensidad. Así, las oscilaciones dentro de la banda beta parecen coincidir con un estado relativamente estable. Los mecanismos intrínsecos y extrínsecos a la corteza determinan el patrón de actividad cortical rítmica.

Esta igualmente demostrado que el consumo de barbitúricos y otros agentes psicofarmacológicos producen abundante actividad beta.

Hoy día existen sistemas que trabajan con este ritmo beta para realizar el control de sistemas informáticos y electrónicos o dispositivos protésicos en personas con lesión de la médula espinal, ya que los cambios en la potencia de la señal del EEG en la banda de frecuencia beta (13-35 Hz) son de gran interés debido a su fuerte asociación con los comandos motores (554, 555).

3.2.3. Ritmo theta.

Ritmo con frecuencia de 4Hz o de menos de 8Hz. Este ritmo es más evidente en las derivaciones de la línea media y temporales y puede reflejar simplemente la fase inicial de la somnolencia, teniendo una distribución simétrica (556, 557).

3.2.4. Ritmo mu.

El ritmo mu es una actividad oscilatoria entre 8-13Hz y se observa típicamente sobre la corteza sensoriomotora en asociación con movimientos voluntarios y también se puede observar en la ausencia de movimiento real, en situaciones como la imaginación (38), la preparación (558) o la observación de los movimientos (38). Esto demuestra la superposición de las redes neuronales de la percepción y la ejecución de las acciones. El ritmo mu se ha visto como un indicador fisiológico del sistema de neuronas espejo en el humano (24, 38).

Hari et al. (559) argumentaron que, además de un área alfa de 10 Hz (8-13 Hz), el ritmo mu también existe un área beta de 20 Hz (15-25 Hz) con reactividades y ubicaciones diferentes. El componente 10 Hz parece que es de origen somatosensorial, mientras que la señal de 20 Hz, también recibe aportes de la corteza motora. La amplitud de la actividad de 20 Hz disminuye antes de la iniciación de un movimiento y antes de producirse la disminución en la actividad de 10 Hz y cuando termina el movimiento se produce un rebote brusco. Este aumento de potencia en la finalización del movimiento se conoce como rebote post-beta, que suele aparecer después de la estimulación nerviosa eléctrica, la imaginación o la observación sin movimiento, del mismo modo que sucede en el conocido ritmo mu de la banda alfa. A pesar de algunos resultados contradictorios, se acepta generalmente que el ritmo mu y las supresiones de beta sobre áreas somatosensoriales puede considerarse como indicador de la función del sistema de neuronas espejo (560-563).

Este ritmo es detectable en las áreas centrales (derivaciones C3/C4) en la banda motora y con una característica forma de sus arcos. Es un ritmo fisiológico y puede ser uni o bilateral, siendo abolido por movimientos musculares del miembro superior contralateral. La atenuación contralateral del ritmo mu precediendo un movimiento muscular sugiere que, cuando el sujeto planea un

movimiento, fluiría una corriente de impulsos (corticales y subcorticales) a la corteza motora correspondiente que bloquearía el ritmo mu. Este ritmo no es modificado por la apertura de los ojos o por la actividad mental, al igual que no tiene un significado patológico.

Otros autores describen este ritmo mu entre frecuencias de 10-12 Hz (564) y multitud de estudios han mostrado que el ritmo mu se bloquea ante la planificación y la imaginación de una actividad motora (564).

Los registros electroencefalográficos permiten determinar las variaciones de la actividad eléctrica espontánea del cerebro y clasificar sus diferentes ritmos basándose en las distintas frecuencias de onda. El EEG permite determinar las activaciones específicas del sistema motor inducidas en sujetos humanos por la observación de acciones realizadas por otros individuos (1).

3.2.5. Sistema Internacional 10-20.

En el caso del registro de la actividad eléctrica cerebral existe un sistema estandarizado de colocación de electrodos que, entre otras ventajas, permite a los investigadores ahorrarse descriptores interminables (así, en lugar de tener que explicar "el primer electrodo fue colocado a diez centímetros del conducto auditivo derecho en dirección al vértex", basta con indicar "el electrodo fue colocado en C4"). Dicho sistema se denomina "Sistema 10-20 de electrodos de la Federación Internacional de Sociedades de Electroencefalografía y Neurofisiología Clínica" (SI) (565-568), aunque se publican estudios con sistemas como el 10-5 (569).

El SI 10-20 recibe su nombre del hecho de que las posiciones básicas para la colocación de los electrodos se distancian entre sí un 10 o un 20% de la medida total de cada cráneo. Este sistema de porcentajes permite colocar los electrodos en zonas equivalentes de cualquier cabeza, sea cual sea el tamaño o forma del cráneo. Los ejes fundamentales de medida son dos:

-El primero, de orientación sagital (o anteroposterior), se dirige del nasion (punto en el que comienza el hueso nasal) al inion (punto en el que termina el cráneo en este eje antero-posterior).

-El segundo, transversal, se dirige de un conducto auditivo al otro pasando por el vértex (Cz, es decir, la mitad del primer eje).

Los nombres de las posiciones provienen del lóbulo sobre el que se encuentran (O: occipital, P: parietal, T: temporal).

El lóbulo frontal al ser el más extenso, se diferencia de los anteriores de forma que: Fp (fronto polar) se refiere a su zona anterior, F a su zona media y C (del surco central) a su zona posterior. En cuanto a los subíndices, z (de zero, "cero" en inglés) indica que el electrodo se encuentra en la línea media, un

número impar significa hemisferio izquierdo y uno par, hemisferio derecho. Así, por ejemplo, sabremos sin necesidad de consultar que un electrodo colocado en P3 está situado sobre el lóbulo parietal izquierdo.

En los registros EEG se utilizan tanto montajes monopolares como bipolares, así como específicos de esta señal. En cualquiera de ellos debemos emplazar un electrodo derivado a tierra (570). Por otra parte, en cualquiera de los montajes empleados, raramente se recurre a la utilización de un único canal. Los montajes bipolares son particularmente útiles para investigar diferencias interhemisféricas, estrategia que ha permitido determinar la localización hemisférica de varias funciones cerebrales. En estos casos, los dos electrodos de cada canal suelen situarse en zonas simétricas (por ejemplo, C3 y C4).

Los montajes monopolares se utilizan para conocer la actividad intrínseca de una zona, ya que el potencial captado por el electrodo activo, situado en alguna de las posiciones del SI 10-20, se compara con el potencial teóricamente nulo (=0) que capta el de referencia (recordemos que éste debe ser común a todos los canales utilizados). Existen varias posiciones teóricamente inactivas para emplazar el electrodo de referencia. Las más utilizadas son las mastoides, lóbulos de los pabellones auditivos y punta de la nariz. Todas estas posiciones comparten el hecho de que, estando relativamente fuera de la influencia de la actividad EEG están también libres de artefactos de electromiografía (EMG), al no existir en ellas musculatura bajo la piel.

No obstante, la neutralidad eléctrica de las posiciones no es total, como lo prueba el hecho de que la actividad EEG registrada en una zona del cuero cabelludo es diferente si la referencia es la nariz o las mastoides. Por ello, debemos mantener de forma constante la misma referencia para todos los sujetos y/o sesiones dentro de una misma investigación (571).

Otra opción de montaje del registro de EEG y que no puede clasificarse claramente como monopolar o bipolar, es utilizar una referencia promediada. También proporciona información sobre la actividad intrínseca de una zona, aunque en este caso cada canal registraría la diferencia entre la actividad captada por un electrodo y la media de la registrada por la totalidad de los electrodos emplazados. Esta promediación, factible en muchos electroencefalógrafos, suele ser de naturaleza analógica, no digital. La promediación se efectúa por un procedimiento eléctrico, no numérico. La utilización de la referencia promediada, que requiere la colocación de varios electrodos (al menos de 8 ó 10) repartidos por todo el cuero cabelludo, tiene la ventaja de proporcionar una referencia más neutral eléctricamente.

Otra posibilidad es el registro sin referencia, donde la referencia es calculada mediante determinados procedimientos matemáticos.

El nivel de amplificación debe variar en función del tipo de onda que esperemos registrar. Suponiendo que el rango de voltaje de salida de nuestro amplificador sea de 10 V (± 5 V), tendremos que amplificar entre 100.000 (en el caso del ritmo delta, el de mayor amplitud) y 1.000.000 veces (ritmo gamma, el de menor amplitud). Para los ritmos alpha y beta, los más frecuentemente estudiados, puede emplearse un factor de amplificación de 500.000 (571).

Lo mismo podríamos decir de los filtros, ya que cada tipo de onda EEG posee una frecuencia diferente variando su rango entre los 0,5 y los 50 Hz. Esta banda o "ventana" de frecuencias recogería cualquier tipo de onda EEG, no obstante dicha banda puede estrecharse si deseamos estudiar frecuencias específicas. Así para las frecuencias alpha y beta deberíamos dejar pasar las ondas de entre 8 y 30 Hz y filtrar las demás.

Un problema al que debemos presentar particular atención a la hora de registrar la actividad espontánea mediante EEG es el de los artefactos. El EEG es la señal neurofisiológica más débil eléctricamente, por lo que su amplitud o voltaje no es muy superior a la de las interferencias, es decir corremos el riesgo de amplificar el ruido además de la señal.

No obstante los artefactos más "dañinos" para el registro EEG tienen su origen en el propio sujeto: artefactos fisiológicos, entre ellos cabe destacar las interferencias EMG producidas por la contracción de los diferentes músculos faciales o de los movimientos de los maxilares, que suelen hacer que los electrodos de los lóbulos temporales capten artefactos. Los movimientos de los músculos frontales pueden introducir interferencias en los electrodos de los lóbulos frontales, etc. Estos artefactos pueden atenuarse facilitando la relajación del sujeto y evitando la aplicación de tareas en las que deba verbalizar. Pero los artefactos más importantes para el registro EEG son los de naturaleza ocular (parpadeos y movimientos oculares). Su amplitud es normalmente superior a la de la propia señal EEG y pueden afectar en mayor o menor medida, a los electrodos colocados en cualquier posición del SI 10-20.

Los métodos de archivo facilitan una representación gráfica de tipo cartesiano en la que las ordenadas están ocupadas por la amplitud y en las abscisas el tiempo. Esta representación, denominada cartografía o mapeo cerebral, permite teóricamente observar de forma más directa y rápida el nivel de actividad que se registra en cada zona del cuero cabelludo, sin embargo es importante señalar que el mapeo cerebral no proporciona información sobre el origen cerebral de la actividad registrada, o al menos no proporciona más información que la representación tradicional de la señal EEG. Consiste básicamente en traducir en distintos colores o tonos de gris las amplitudes o frecuencias promedio registradas durante un intervalo de tiempo determinado en diversas zonas del cuero cabelludo (571).

La técnica de representación mediante mapeo cerebral resulta atractiva ya que proporciona gráficos más fácilmente interpretables que los diagramas bidimensionales convencionales, mostrándose además estéticamente más agradable, aunque para poder obtenerlos tenemos la necesidad de usar al menos 32 canales para obtener registros fiables (570).

CAPÍTULO IV

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. OBJETIVOS

Evaluar la actividad cerebral y la participación del sistema de neuronas espejo ante estímulos de imaginación y observación de movimientos coordinados complejos, empleando el electroencefalograma como método de análisis.

Como objetivos específicos nos propusimos:

- 4.1.1.** Analizar la activación cerebral empleando la tomografía electromagnética de baja resolución determinando las áreas de mayor intensidad.
- 4.1.2.** Analizar las bandas donde se produce una mayor actividad en los procedimientos de imaginación y observación de los tres movimientos coordinados complejos propuestos.
- 4.1.3.** Analizar la actividad de las áreas vinculadas con el sistema de neuronas espejo y comprobar si la metodología propuesta es una alternativa para su evaluación.

4.2. HIPÓTESIS

Como hipótesis de trabajo y relacionadas con los objetivos antes expuestos:

- 4.2.1.** El uso del electroencefalograma, empleando la tomografía electromagnética de baja resolución es útil para detectar las áreas de máxima actividad en la corteza cerebral ante los procedimientos de imaginación observación de los movimientos coordinados complejos propuestos, así como las bandas más activas.

- 4.2.2.** El uso del electroencefalograma, empleando la tomografía electromagnética de baja resolución es útil para detectar la actividad en las áreas vinculadas con el sistema de neuronas espejo.

CAPÍTULO V

DISEÑO Y METODOLOGÍA

El diseño del trabajo fue de tipo transversal, observacional y descriptivo, al buscar obtener datos descriptores de la muestras, eligiendo una serie de casos.

Cuando se determinó la significancia de las diferencias en las muestras dependientes se realizó un diseño analítico, al buscar evaluar una presunta relación causal entre dos factores, por lo que se analizaron las relaciones entre las variables.

El trabajo se desarrolló en el Departamento de Ciencias de la Salud de la Facultad de Ciencias de la Salud, Actividad Física y Deporte de la Universidad Católica San Antonio de Murcia en el período 2009-2012.

5.1. MUESTRA

PARTICIPANTES

La muestra estuvo formada por 41 voluntarios (30 mujeres y 11 hombres), estudiantes de fisioterapia, terapia ocupacional o del master universitario en neuro-rehabilitación de la Universidad Católica San Antonio de Murcia, con edades comprendidas entre los 18 y los 40 años (media= 24 años). Todos tenían visión normal o corregida y no presentaban historial de problemas neurológicos o psiquiátricos. Los participantes fueron informados de todos los detalles de la investigación y manifestaron por escrito su consentimiento (Anexo I) para tomar parte en el estudio atendiendo a la declaración de Helsinki de 2008.

A continuación los participantes rellenaron un formulario donde aportaron sus datos personales, así como datos que determinaran los hábitos, patologías o medicación, basando este documento en los criterios de exclusión, que vemos a continuación:

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN (572)

Se estimaron como criterios para no optar al estudio los siguientes:

Consumo de drogas, alcohol, medicamentos (barbitúricos, psicofármacos, neurolépticos, tranquilizantes).

Sujetos aprensivos, tensos en el momento del registro.

Somnolencia, porque atenúa los ritmos.
Hipotiroidismo.
Trastornos metabólicos (insuficiencia hepática).

Sólo una voluntaria fue excluida del estudio por el consumo de medicación neuroléptica, la cuál no ha sido incluida en los datos anteriormente citados.

5.2. ASPECTOS PREVIOS AL REGISTRO

Todas las valoraciones se realizaron en la Unidad de Rehabilitación de terapia ocupacional de la Universidad Católica San Antonio de Murcia, con el fin de facilitar el acceso a los participantes del estudio, así como poder mantener las mismas condiciones climatológicas (24 °C), lumínicas (empleando sólo la iluminación artificial, sin estímulos intermitentes ni parpadeantes, no teniendo iluminación exterior) y acústicas (lugar sin ruidos ni tránsito de vehículos o personas cerca) para todos los explorados.



Figura 5.1. Lugar de las exploraciones (Fuente: Elaboración propia).

Los estímulos proporcionados a los participantes fueron reproducidos con un ordenador portátil marca Toshiba con una pantalla LCD de 17 pulgadas. Los

participantes estaban sentados en una silla confortable, con respaldo para la espalda (573) a 1,2 metros del monitor en las que fueron presentadas las instrucciones de trabajo y los videos (574, 575).

Los videos proyectados fueron realizados en el estudio de televisión de la Universidad Católica San Antonio de Murcia. Se empleó el chroma-key con el fin de obtener un fondo de color sólido y uniforme, en nuestro caso el color negro, para que la imagen de la persona, vestida con ropa blanca fuera el único estímulo visual, buscando así focalizar la atención en el movimiento que realizaba la modelo. Tras la grabación y el procesado digital, se obtuvieron tres videos con una reproducción en bucle de dos minutos de duración, de los cuales podemos ver la secuencia de los movimientos en el anexo II.

Los registros de EEG se realizaron con el electroencefalógrafo de 32 canales Neuronic equipo Medicid (Neuronic, Cuba, La Habana), cedido para el estudio por el grupo de investigación del Departamento de Psiquiatría de la Universidad Complutense de Madrid, dirigido por el Dr. Tomás Ortiz Alonso.

El procedimiento que se siguió para la realización de los registros de EEG, los desarrollamos a continuación, intentando ser lo más concretos posibles, para así mostrar cada uno de los pasos que se han seguido en el proceso experimental.

Una vez sentado el sujeto explorado se procedió a la colocación de los electrodos.

La necesidad de repetir las mismas condiciones en todos los participantes y así comparar los trazados hacía obligatoria la colocación de los electrodos en el mismo lugar y del mismo modo. Por ello seguimos la aplicación del sistema 10-20, estando facilitada la colocación de los mismo al usar un gorro de licra electrocap adulto grande y otro mediano con electrodos de estaño y con cableado interno.

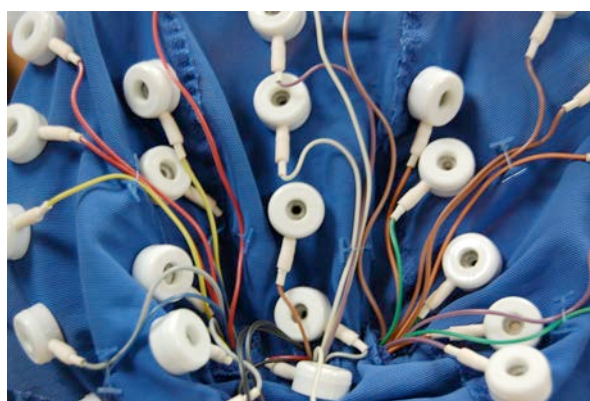


Figura 5.2. Electrocap (Fuente: Elaboración propia).

La colocación adecuada de los electrodos es fundamental ya que con una correcta aplicación evitamos la aparición posterior de artefactos, provocada por

una variación de la impedancia, con el consiguiente cambio de voltaje, debido a la alteración del contacto entre el electrodo y la piel (576, 577).

El método de colocación de los electrodos y el gorro que aplicamos puede resumirse del siguiente modo:

- Localización del vértex.
- Localización del nasion.
- Localización del inion.

-Colocación del gorro haciendo coincidir el electrodo anterior con la línea formada por los puntos anteriormente descritos, quedando situado al 10% de la distancia entre nasion e inion, quedando por encima del nasion (dicho electrodo corresponde al reparo Fp (fronto-polar). El electrodo más posterior, a su vez al 10% de la distancia entre nasion e inion, quedando por encima de este último, correspondiendo al reparo O (occipital).

La disposición de los electrodos quedará como ilustra la imagen:

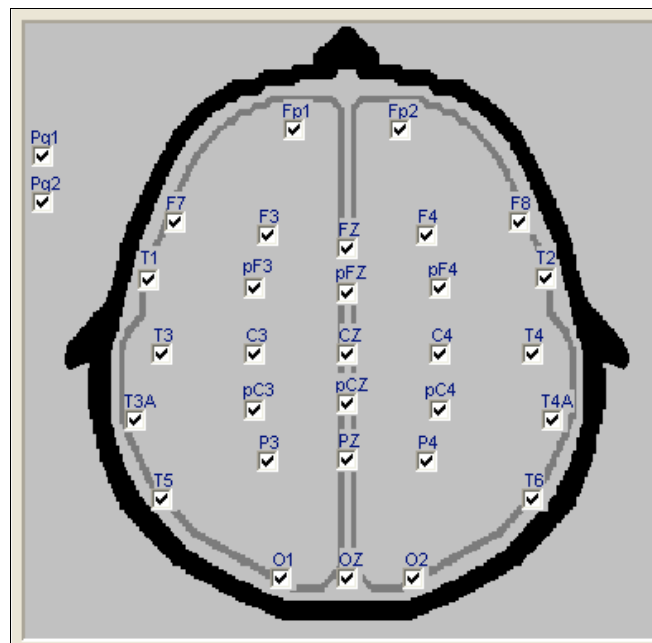


Figura 5.3. Disposición de los electrodos del EEG (Fuente: Elaboración propia).

Una vez verificada la colocación y la fijación del gorro con las cinchas correspondientes se procedió a la colocación del gel de contacto en cada uno de los electrodos del gorro. Se comienza separando el cabello con una aguja de punta roma insertada a una jeringuilla, con la que aportaremos al cuero cabelludo en

cada uno de los electrodos el gel conductor (Fig. 5.4.), procurando no exceder la cantidad de gel para evitar una dispersión de la recepción de la señal desde la superficie craneal.



Figura 5.4. Gel conductor (Fuente: Elaboración propia).

Realizamos esta acción revisando en todo momento la impedancia de los electrodos, siguiendo el mapa de impedancias que podemos ver a continuación.

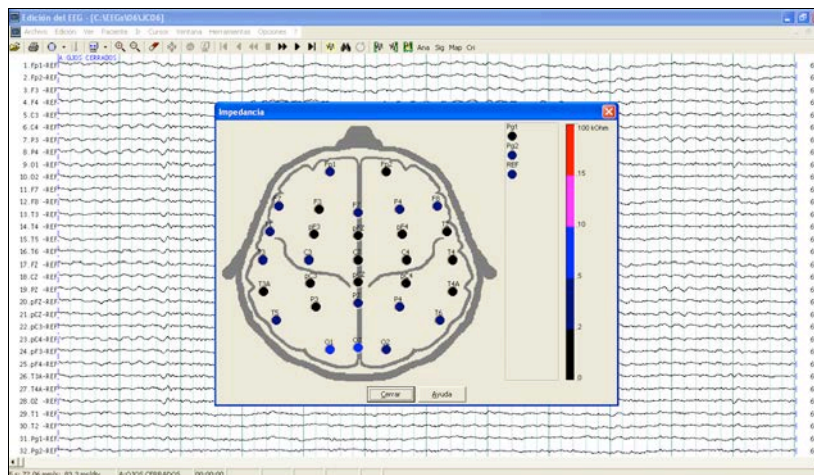


Figura. 5.5. Mapa de impedancias (Fuente: Elaboración propia).

Por último se colocan los electrodos superficiales de contacto (Fig. 5.6.) sobre la apófisis mastoides, haciendo las veces de electrodo de referencia y dos electrodos de contacto más situados en los bordes laterales de los ojos, buscando registrar la actividad de los músculos oculares. Para la colocación de estos tres

electrodos se limpió la piel con alcohol y tras colocar una pequeña porción de pasta bentonita, se fijó con adhesivo.

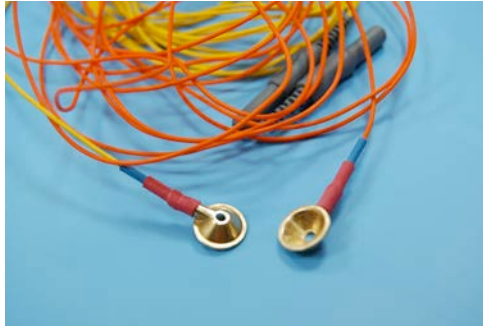


Figura 5.6. Electrodes superficiales de contacto (Fuente: Elaboración propia).

Una vez terminado el procedimiento de colocación se le pide que esté relajado y sin moverse, cuestión de suma importancia para obtener una buena relajación muscular y reducir los movimientos oculares (578).

Los movimientos oculares del explorado son captados por los electrodos colocados en la vecindad de los ojos y en muchas ocasiones estos movimientos son difíciles de eliminar, por lo que se les pidió a los participantes del estudio que en las fases de registro del EEG no parpadearan y así minimizar los artefactos (579), aunque en los periodos de pausa pudieran parpadear (580, 581).



Figura 5.7. Disposición del Electrocap y los electrodos superficiales (Fuente: Elaboración propia).

Del mismo modo se pidió a los participantes que durante el registro del EEG permanecieran totalmente quietos, sin hablar, mascar ni gesticular, para así evitar la aparición de los potenciales musculares, que pueden aparecer con un leve movimiento del cuello, mandíbula, etc. introduciendo artefactos en el registro de EEG.

El EEG fue registrado con 32 canales Neuronic equipo Medicid (Neuronic, Cuba, La Habana) (Fig. 5.8.) utilizando un electrocap estándar (Fig. 5.7.) de 10 a 20. Se utilizaron 32 canales (Fz, pFz, Cz, pCZ, Pz, Oz, Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, PF3, PF4, pC3, C4, PC4, T1, T2, T3, T4, T3A, T4A, T5, T6, P3, P4, O1 y O2).

La impedancia de los electrodos se mantuvo por debajo de $5k\Omega$. El electrooculograma (EOG) fue grabado con dos pares de electrodos localizados en dirección horizontal (derecho) y vertical (izquierdo) para registrar el movimiento ocular. Se registraron los datos utilizando un electrodo de referencia localizado en el mastoides (derecho). La velocidad de muestreo fue de 1000 Hz. Las bandas de frecuencia de amplificador se establecieron entre 0.05–100 Hz.

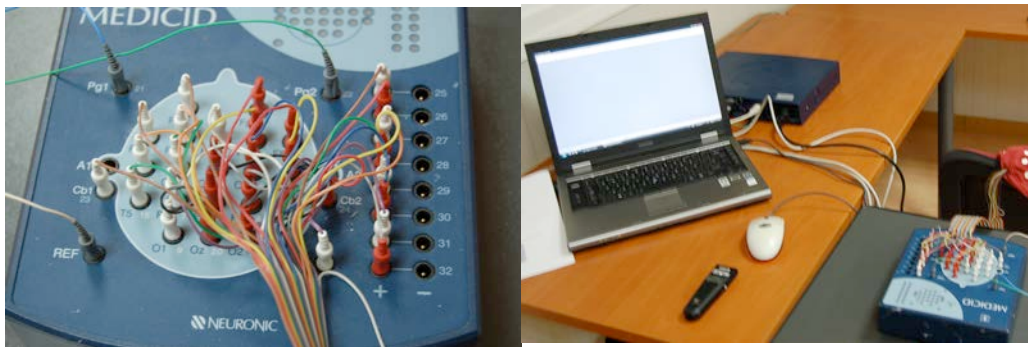


Figura 5.8. Electroencefalógrafo (Fuente: Elaboración propia).

La actividad eléctrica del cerebro, captada por los electrodos, es amplificada y registrada por el electroencefalógrafo.

La metodología utilizada en la obtención del registro es de máxima importancia. Se le explica brevemente que las órdenes aparecerán en la pantalla del ordenador y la existencia de momentos de pausa realizados tras cada periodo de registro, en los cuáles deberá permanecer lo más quieto posible para no modificar la colocación de los electrodos.

Tras abrir un nuevo estudio se realiza la calibración del electroencefalograma, que consiste en aplicar una corriente continua a todos los canales del electroencefalógrafo para medir el voltaje de los potenciales del EEG y

asegurar que todos los canales amplifican la señal de la misma manera, así como verificar que los canales de registro responden del mismo modo y al finalizar se procede al registro de la actividad eléctrica del cerebro en cada uno de los estados planteados.

5.3. ESTADOS O CONDICIONES

A todos los sujetos se le realizaron 11 registros de EEG, atendiendo a los siguientes estados:

A: Permanecer con los ojos cerrados.

B: Permanecer con los ojos abiertos.

C: Imaginar con los ojos abiertos que se está levantando de la silla y sentándose sucesivamente.

D: Observar un video de una persona que está levantándose y sentándose de la silla sucesivamente.

E: Imaginar con los ojos abiertos que se está levantando de la silla y sentándose sucesivamente tras haber visto el video.

F: Imaginar con los ojos abiertos que está andando.

G: Observar un video de una persona que está andando.

H: Imaginar con los ojos abiertos que está andando tras haber visto el video.

I: Imaginar con los ojos abiertos que está haciendo el pino (equilibrio sobre las manos).

J: Observar un video de una persona haciendo el pino.

K: Imaginar con los ojos abiertos que está haciendo el pino (equilibrio sobre las manos) tras haber visto el video.

5.4. REGISTRO DEL EEG

El módulo Registro de EEG nos proyecta el trazado electroencefalográfico en la pantalla con el desplazamiento de izquierda a derecha de una barra, proyectando la actividad eléctrica cerebral en la pantalla y almacena el registro digitalizado en el disco duro.

Nosotros insertamos en el comienzo de cada uno de estos estados la marca correspondiente (Fig. 5.9.), que posteriormente podremos volver a revisar durante la edición del EEG.

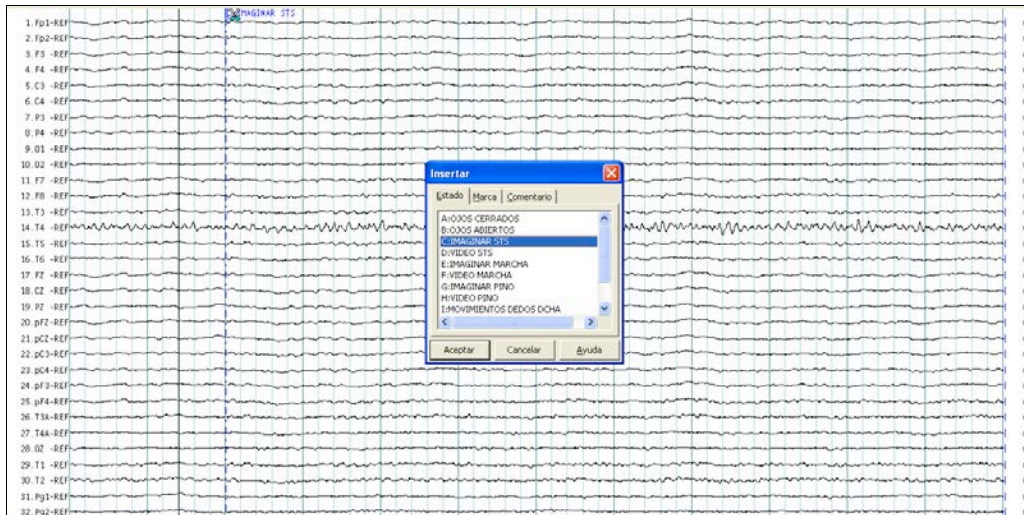


Figura 5.9. Insertado de marcas en el EEG (Fuente: Elaboración propia).

Cada registro fue de 2 minutos aproximadamente. A todos los sujetos se les realizó primero el registro basal con ojos cerrados y el registro basal con ojos abiertos y posteriormente se les presentaban los videos o los estímulos de cada estado o condición y se procedía a hacer el registro de EEG, parándose al finalizar cada apartado y reiniciándose cuando el participante indicara que estaba preparado para realizar la siguiente tarea sin parpadear. En los intervalos el participante recibía las instrucciones a través del monitor y mostrábamos en la pantalla un punto de referencia donde pudiera fijar su mirada.

Al finalizar el registro lo guardábamos y cerrábamos para poder continuar con el siguiente.

5.5. EDICIÓN DEL EEG

Desarrollamos el procedimiento en uno de los registros, reproducible en la totalidad de los individuos explorados.

Empleamos para la edición el programa desarrollado por Neuronica v.6.0 (582) (Neuronica S.A.).

Abrimos el registro correspondiente y tras quitar los campos de Pg1 y Pg2 (fig. 5.10) procedemos a seleccionar los tramos limpios de artefactos y “ruidos” realizándolo de manera visual y manual (583, 584), para poder tener un EEG limpio al realizar un análisis cuantitativo de las marcas seleccionadas y poder almacenarlos de manera permanente.

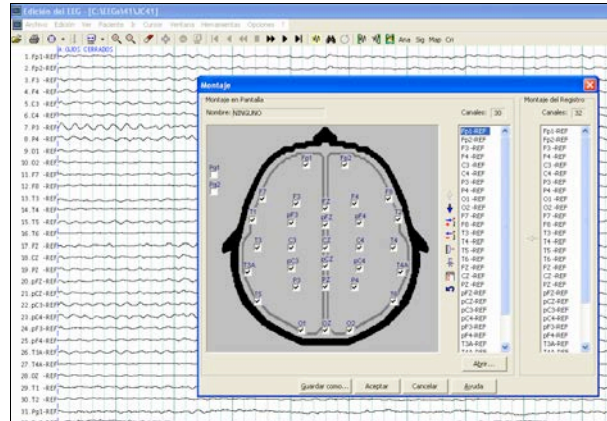


Figura 5.10. Edición del EEG (Fuente: Elaboración propia).

5.6. ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL EEG (QEEGt)

Para llevar a cabo este análisis emplearemos el programa de Neuronic TrackWalker v.5.1.1.1 (Neuronic S.A.) (585) (Fig. 5.11.). Este es un sistema diseñado para realizar el análisis cuantitativo de las características de la actividad cerebral. Los métodos empleados en él se basan en el análisis espectral del EEG utilizando FFT (Transformada Rápida de Fourier) y ofrecen una serie de parámetros numéricos como resultado. Estos resultados se almacenan en diferentes modelos.

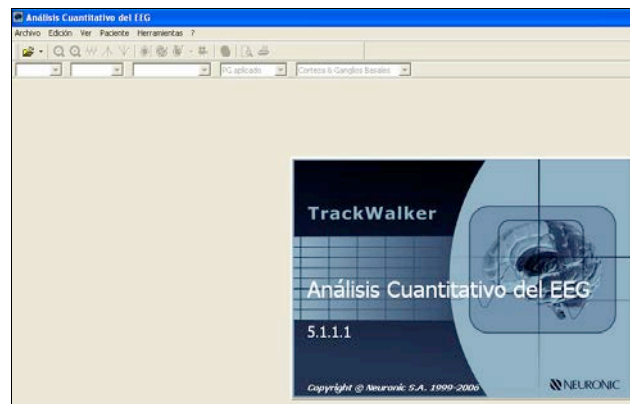


Figura 5.11. Software Análisis Cuantitativo del EEG. TrackWalker (Fuente: Elaboración propia).

Tras abrir el estudio correspondiente deberemos definir los parámetros del estudio, manteniendo el montaje de recogida.

Una vez situados en la pantalla correspondiente (Fig. 5.12.) deberemos determinar los valores de la banda ancha que servirán de referencia en nuestro estudio.

Hemos seleccionado las bandas en las siguientes amplitudes, aunque nuestro estudio se centrará en las amplitudes entre los 8,12 y los 19 Hz:

Delta: 1Hz – 4Hz.

Theta: 4,12Hz – 8Hz.

Alpha1: 8,12Hz – 10Hz.

Alpha2: 10,12Hz – 13Hz.

Beta: 13,12 – 19Hz.

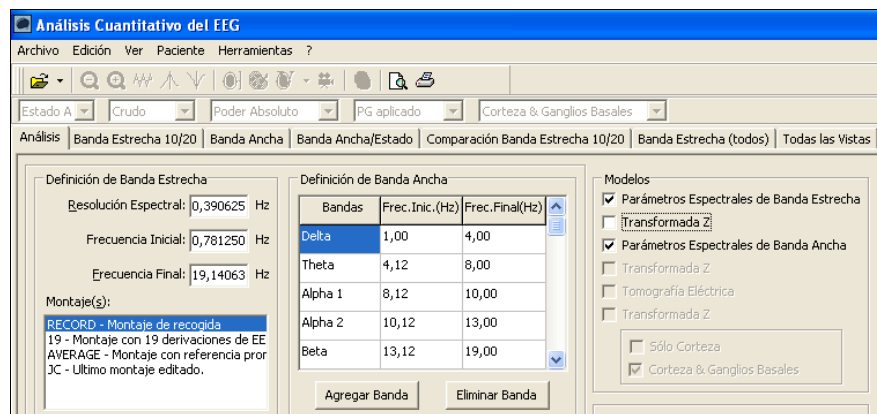


Figura 5.12. Definición de las amplitudes de las bandas (Fuente: Elaboración propia).

Hemos dividido la banda alfa siguiendo los estudios previos publicados (33, 586) que determinaban como existía una disociación de las frecuencias del ritmo mu durante la observación de la acción, la ejecución de la acción o la imaginación motora, sirviéndonos esa división como ámbito para la posterior observación. La utilidad de la separación de la banda alfa es porque la banda alfa inferior tiende a ser más sincronizada ante tareas no específicas, mientras que la banda alfa superior refleja la activación de los procesos cognitivos más específicos (587). Esta banda alpha 2 también varía cuando la experiencia del observador es alta, respecto a la tarea mostrada (588).

Una vez insertada la definición de la banda ancha tendremos que calcular, generándose un archivo con extensión .win que posteriormente transformaremos

a texto los archivos generados para cada estado, siguiendo el “Broad Band Models”.

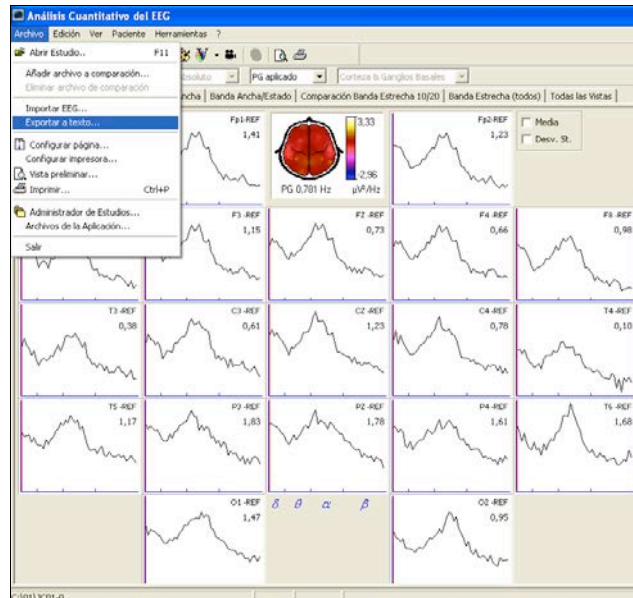


Figura 5.13. Exportación a texto (Fuente: Elaboración propia).

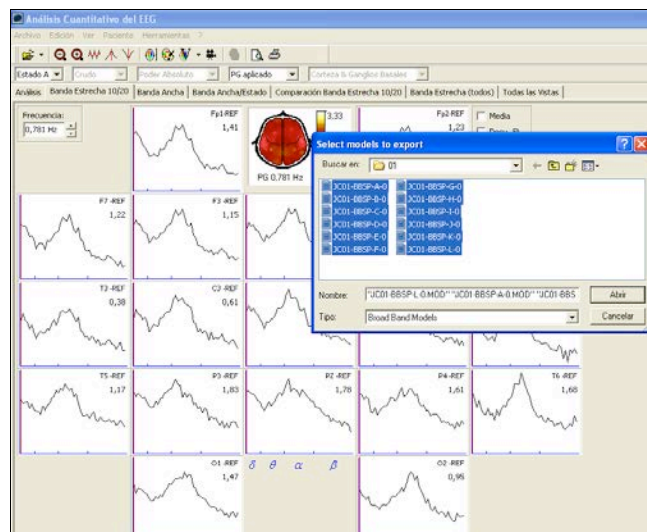


Figura 5.14. Selección de los archivos a exportar a texto (Fuente: Elaboración propia).

A continuación deberemos seleccionar las medidas “Mean Frequency” para cada una de las bandas que vayamos a estudiar (Alpha 1, Alpha2 y Beta). Las amplitudes fueron exportadas con valores de frecuencia media y banda ancha (Fig. 5.13, 5.14. y 5.15.).

Se calcularon de manera individual los voltajes obtenidos en el análisis del EEG para identificar los generadores de las bandas antes indicadas en el estado con ojos cerrados, el estado basal con ojos abiertos y las nueve condiciones experimentales registradas en el cuero cabelludo.

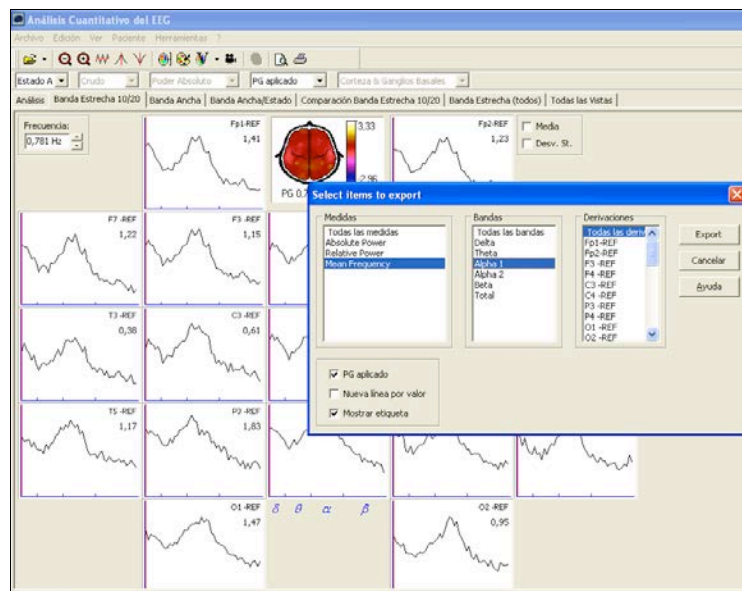


Figura 5.15. Exportación de las frecuencias medias (Fuente: Elaboración propia).

Se generaron un gran número de archivos, pero los que nos interesan especialmente son los que tienen la extensión .txt, que guardamos de manera ordenada según las bandas estudiadas.

A continuación utilizamos un programa más, el “txt del QEEGt al Braincracker”, con el que transformamos los archivos .txt al Braincracker (Fig. 5.16.).

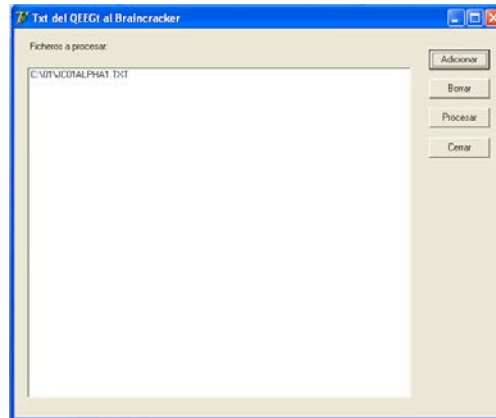


Figura 5.16. Software txt del QEEGt (Fuente: Elaboración propia).

Los archivos que se generaron se archivaron de manera ordenada, dado que los datos numéricos (Fig. 5.17.) son los que nos permitirán continuar con los procedimientos siguientes.

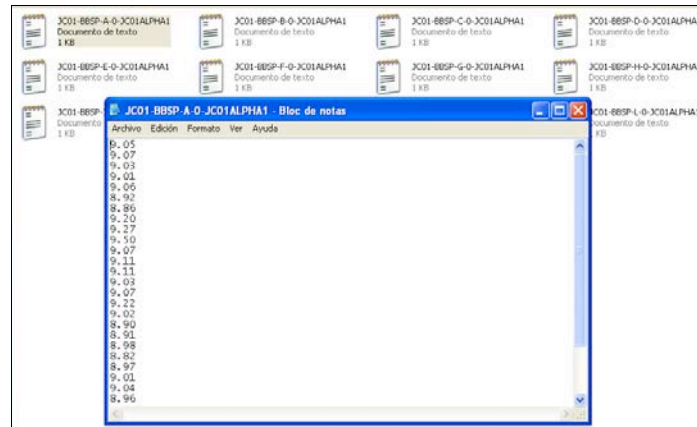


Figura 5.17. Formato parámetros numéricos (Fuente: Elaboración propia).

5.7. LOCALIZADOR DE FUENTES

Empleamos el programa Neuronic Localizador de Fuentes v. 1.0.0.2 (Neuronic S.A.) (589).



Figura 5.18. Software Neuronic Localizador de Fuentes (Fuente: Elaboración propia).

Esta es una aplicación para el cálculo de la Tomografía Eléctrica (TEC), la cual constituye una modalidad de neuroimagen funcional con una alta resolución temporal, que hace posible localizar las fuentes de la actividad neural fisiológica o patológica y constituye una vía para el estudio del procesamiento de la información en el cerebro tanto en condiciones normales como patológicas. El objetivo de la TEC consiste en la identificación de los generadores del EEG, es decir la distribución de las fuentes de corriente dentro del cerebro que genera el voltaje medido sobre un conjunto de sensores distribuidos sobre el cuero cabelludo. Mediante la aplicación de complejos cálculos matemáticos, tomando como datos básicos de partida entre otros la actividad eléctrica registrada, las coordenadas de los puntos del cuero cabelludo donde se registró la misma así como la información anatómica aportada por la tomografía es posible entonces obtener una solución tomográfica eléctrica a dicho problema que describe las distribuciones de corrientes corticales que genera la actividad eléctrica registrada. Esta solución tomográfica es representada por medio de imágenes que pueden ser visualizadas en el sistema Neuronic Visualizador Tomográfico.

Para la localización de fuentes, estimación de DCP (densidad de corriente primaria), hemos elegido utilizar el método LORETA (del inglés Low-resolution Electromagnetic Tomography) de Pascual-Marqui (590). Este método pertenece a la clase de métodos 3D, instantáneos, lineales y discretos para solucionar el problema inverso (PI) del EEG desde el enfoque de regularización usando penalizadores lineales. El PI es el problema de estimar la localización de los generadores de la actividad eléctrica del cerebro a partir de las mediciones de los voltajes del cuero cabelludo. Partiendo de estas técnicas desarrollan un sistema de software que permite determinar las distribuciones de corrientes corticales que

generan la actividad registrada. Este método asume la matriz H como el operador Laplaciano, lo cual hace que se seleccione como mejor solución la más suave en el sentido de la derivada de segundo orden, que podemos ver en las siguientes ecuaciones:

$$\hat{j}(\lambda) = (K^T K + \lambda^2 H^T H)^{-1} K^T v = T(\lambda) v$$

$$\hat{j}(\lambda) = (H^T H)^{-1} K^T (K(H^T H)^{-1} K^T + \lambda^2 I_{Ns})^{-1} v = T(\lambda) v$$

El método de LORETA propone elegir como solución del PI aquella cuya distribución de DCP sea la más suave. Las TEC obtenidas con este método suelen ser expandidas debido a su criterio de selección de máxima suavidad. Las fuentes de corriente se restringen a las zonas donde existe sustancia gris o a los estimados de probabilidad de existencia de sustancia gris derivados del atlas RM probabilístico del instituto neurológico de Montreal (591, 592).

Tras este importante aspecto describimos el procedimiento seguido:

Tras seleccionar el paradigma abrimos los datos que vayamos a estudiar, apareciéndonos los datos del estudio previamente realizado, como podemos ver en la figura 5.19.

Podemos ver como la TEC se calculó en el dominio del tiempo, el Lead Field (LF). El LF suma la geometría y las propiedades eléctricas y de conductividad del medio (cerebro, cráneo y piel) y establece un enlace entre el espacio de los sensores donde fue registrada la actividad y el espacio de las fuentes, donde la DCP será estimada (593).

La metodología de Riera (593-597) propone asumir el volumen conductor como un modelo isotópico y homogéneo para tres esferas concéntricas. Las tres esferas concéntricas corresponden al cerebro, cráneo y piel (de dentro hacia fuera). El LF se calculó con la técnica de registro de EEG, con restricciones anatómicas, información tomográfica anatómica, posición de los sensores de registro y los generadores donde se va a estimar la DCP. Las restricciones anatómicas en la distribución del DCP se estimó usando un enrejillado 3D sobre todo el volumen del cerebro.

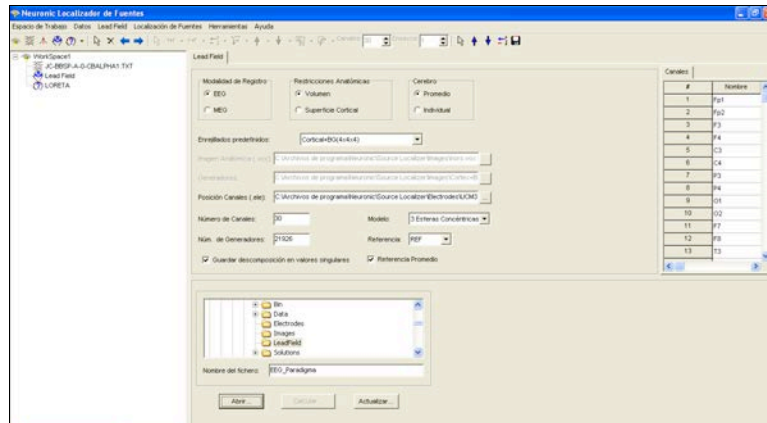


Figura 5.19. Máscara de la selección del campo Neuronic localizador de fuentes (Fuente: Elaboración propia).

Para la información tomográfica anatómica se utilizó la imagen estadística del cerebro promedio obtenido en el Instituto Neurológico de Montreal con enrejillados promediados de $4 \times 4 \times 4 \times (28533)$. Para la posición de los canales o sensores se utilizó el mismo orden de los electrodos ordenados en el registro del EEG.

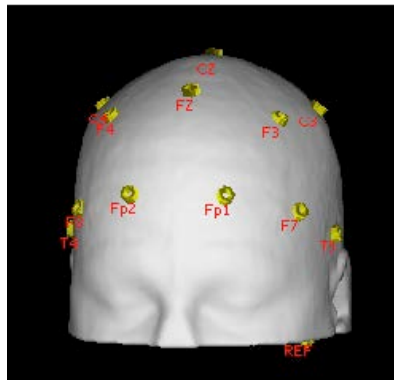


Figura 5.20. Posición de sensores de registro, imagen obtenida con el sistema de Neuronic Procesador de imágenes (Fuente: Tomada del manual Neuronic Localizador de Fuentes).

Realizamos el cálculo de la tomografía (Fig. 5.21.) y obtenemos los archivos con los datos, con extensión .txt que a continuación analizaremos con el siguiente programa.

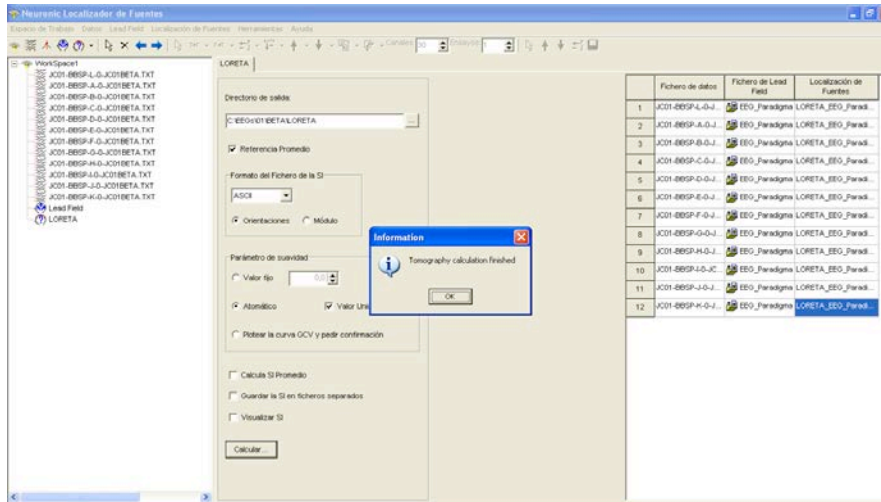


Figura 5.21. Cálculo de la tomografía (Fuente: Elaboración propia).

5.8. VISUALIZADOR TOMOGRÁFICO

Empleamos el programa Neuronic Visualizador Tomográfico v. 2.0.2.1 (598).

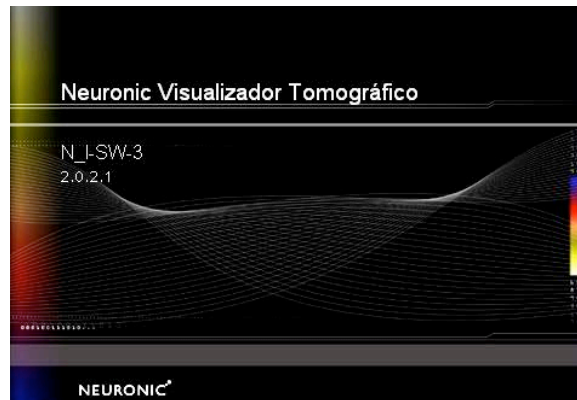


Figura 5.22. Software Neuronic Visualizador Tomográfico (Fuente: Elaboración propia).

Esta es una aplicación destinada a la evaluación de la Tomografía Eléctrica Cerebral (TEC), aunque puede ser usado para la visualización e interpretación de resonancia magnética funcional también.

Además de los aspectos comentados anteriormente cuando hablamos de la localización de fuentes debemos conocer que la configuración de este programa incluye la malla usada para el cálculo así como los archivos con la segmentación de la imagen anatómica necesarios para el cálculo y visualización.

La malla se construye sobre todo el volumen de la imagen aunque sólo se utilizarán para el cálculo los puntos que interceptan con la segmentación del volumen de la imagen que se usará para el cálculo como se aprecia en la siguiente figura.

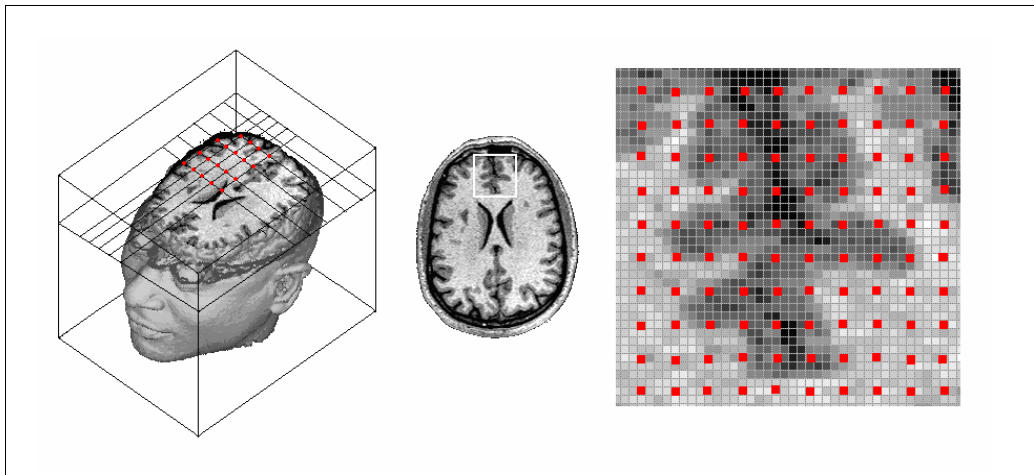


Figura 5.23. Disposición de la malla sobre el volumen de la imagen (Fuente: Tomada del manual Neuronic Visualizador Tomográfico).

Debe tenerse en cuenta que el volumen de la imagen puede contener varios millones de voxeles y la malla se construye de forma que abarque la mayor cantidad posible de voxeles en las regiones de interés para el cálculo dentro del volumen. El valor de la TEC para los voxeles que no interceptan con los puntos de la malla se obtiene por interpolación a partir de los voxeles más cercanos que sí interceptan con la malla.

El procedimiento seguido para dicho procedimiento es el siguiente:

En un primer momento abrimos la configuración de la imagen y la solución a estudio, obteniendo los archivos ASCII, con la extensión .CFG. Los elementos que la componen son los archivos con las siguientes extensiones:

.VOX y .HDR: Especifica el camino y nombre de los archivos que contienen la imagen anatómica.

.SEG y .HDR (segmentación solución): Especifica el camino y nombre de los archivos que contienen la segmentación de la imagen anatómica que es usada para el cálculo de la tomografía.

.SEG y .HDR (segmentación cerebro): Especifica el camino y nombre de los archivos que contienen la segmentación de la imagen anatómica que delimita el cerebro.

.XYZ: Especifica el camino y nombre del archivo que contiene la malla usada en el cálculo de la tomografía.

Abrimos los archivos con extensión .CPG. (Fig. 5.24.)

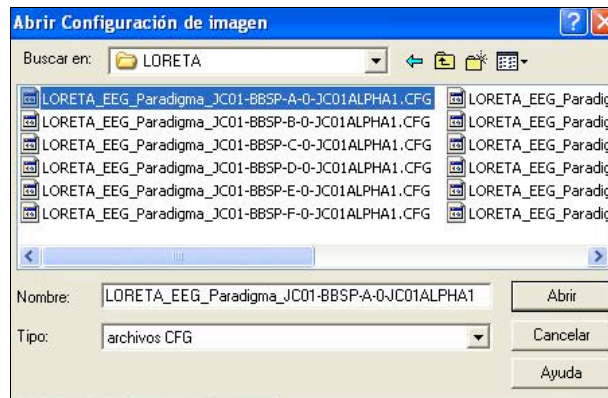


Figura 5.24. Apertura archivos .CPG (Fuente: Elaboración propia).

Tras abrir la solución a estudio obtendremos unos mapas como el que aparece en la figura.

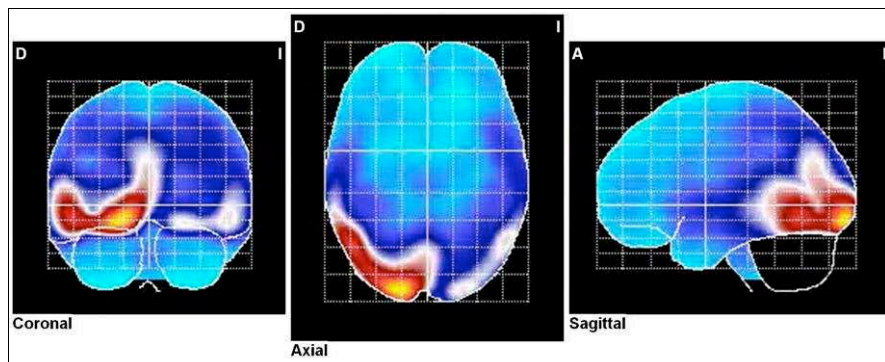


Figura 5.25. Modelo mapa proyecciones de máxima intensidad (Fuente: Elaboración propia).

El programa nos permite localizar las áreas anatómicas de las proyecciones de máxima intensidad en dos atlas insertados en el mismo programa: Atlas de Brodmann y el AAL (Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA)).

Los datos fueron analizados en el dominio del tiempo, con restricciones anatómicas de volumen, con cerebro promedio, enrejillados predefinidos de 4x4x4, modelo de 3 esferas concéntricas y referencia promedio, siendo los datos calculados para cada caso por separado. Las estructuras cerebrales visualizadas en las soluciones tomográficas se realizaron con el atlas probabilístico de INM y el atlas de Brodmann.

Se utilizó el algoritmo de Monte Carlo usando Cadenas de Markov (MCMC) para explorar el espacio de los modelos. El MCMC define la cantidad de interacciones para el calentamiento y el muestreo. La información de los compartimentos anatómicos incluye la división de los puntos del enrejillado por estructuras anatómicas (Fig. 5.26).

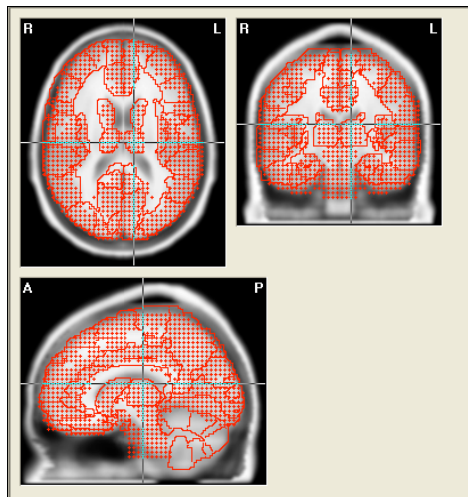


Figura 5.26. Compartimentos anatómicos, imagen obtenida del sistema Neuronic Procesador de Imágenes anatómicas (Fuente: Tomada del manual de Neuronic Localizador de Fuentes).

Los parámetros de las divisiones anatómicas utilizadas son mapas con 116 divisiones, 28533 generadores y restricción anatómica de volumen. Las aplicaciones se distribuyen con modelos de matrices construidos a partir de la imagen anatómica del cerebro promedio usando enrejillados que brindan por defecto en el sistema los atlas anatómicos del cerebro (599) y atlas anatómico probabilísticos (591, 592) y el mapa de Brodmann.

5.9. ESTADÍSTICA

Con los valores de la frecuencia media de LORETA se calculó la media para el estado con ojos cerrados, el estado basal con ojos abiertos (EB) y cada una de las condiciones de las bandas alpha1, alpha2 y beta. Para hallar las diferencias significativas entre EB y las nueve condiciones experimentales, en cada banda se empleó la prueba estadística T2 de Hotelling. Estos análisis se realizaron con Neuronic Estadística v.3.0.1.0 (Neuronic S. A.) (600).



Figura 5.27. Software Neuronic Estadística (Fuente: Elaboración propia).

Esta es una aplicación destinada al procesamiento estadístico de estudios neurofisiológicos, que permite el análisis de banda ancha del sistema Neuronic EEG Cuantitativo Tomográfico y las soluciones tomográficas calculadas en los productos de la compañía Neuronic S.A.

Se realiza la normalización de las soluciones tomográficas por la vía “norm”, que lleva las soluciones inversas a tener la norma de Frobenius igual a 1. Esto se obtiene al dividir el módulo del vector Densidad de Corriente Primaria (DCP) en cada voxel por la norma Euclidiana de la solución inversa (a partir de las magnitudes de la DCP. De manera equivalente se obtiene al dividir cada elemento de la matriz (S) formada por los vectores DCP (X,Y,Z) de cada voxel por su norma de Frobenius.

Las pruebas estadísticas utilizadas ha sido (601):

T2 Hotelling dependiente: Se usa para la prueba de que la hipótesis nula de la media de los grupos dependientes es la misma. En este caso se requiere que los grupos sean dependientes, o sea que halla cierta correspondencia entre ellos, como es en nuestro caso.

El procedimiento seguido en el análisis estadístico es el siguiente:

5.9.1. Cálculo de medias.

Procedemos al cálculo de las medias para cada condición, empleando sólo los archivos .txt empleando el programa de medias (Fig. 5.28), para poder realizar el análisis posterior con el programa Neuronic Visualizador de Fuentes.

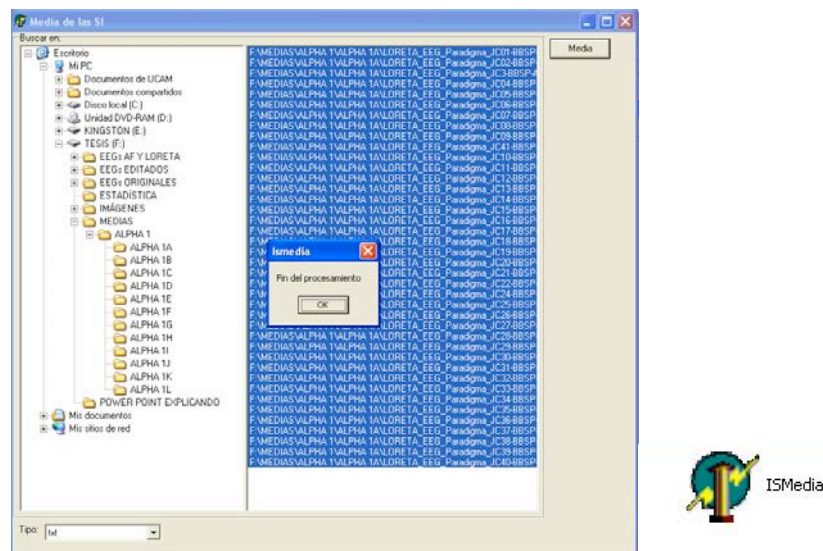


Figura 5.28. Software cálculo medias (Fuente: Elaboración propia).

5.9.2. Programa Neuronic Estadística.

En primer lugar tuvimos que elaborar los grupos en las diferentes condiciones y en las tres bandas de nuestro estudio (Fig. 5.29).

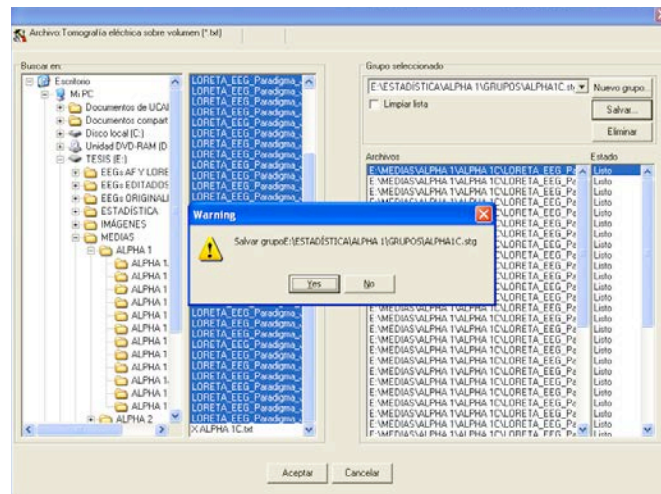


Figura 5.29. Elaboración grupos (Fuente: Elaboración propia).

Una vez terminada la selección, para realizar el análisis de la tomografía eléctrica sobre volumen seleccionamos la prueba estadística (T2 de Hotelling) (Fig. 5.30).

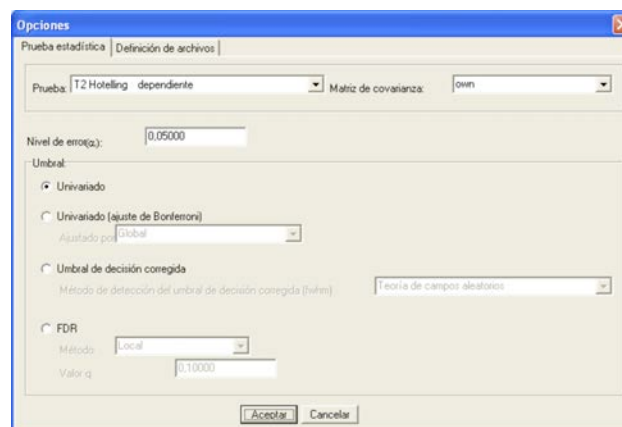


Figura 5.30. Selección de la prueba estadística T2 de Hotelling (Fuente: Elaboración propia).

En primer lugar se aplicará para **muestras dependientes**, donde comparamos las diferentes condiciones, empleando los archivos con extensión .stg generados en el paso anterior (Fig. 5.31.). Podemos ver los cruces o relaciones en el siguiente listado:

EB Vs A.
 EB Vs C.
 EB Vs D.
 EB Vs E.
 EB Vs F.
 EB Vs H.
 EB Vs I.
 EB Vs J.
 EB Vs K.

En segundo lugar aplicamos la T2 de Hotelling para **muestras dependientes** con el objetivo de comparar las condiciones:

C Vs E
 F Vs H
 I Vs K

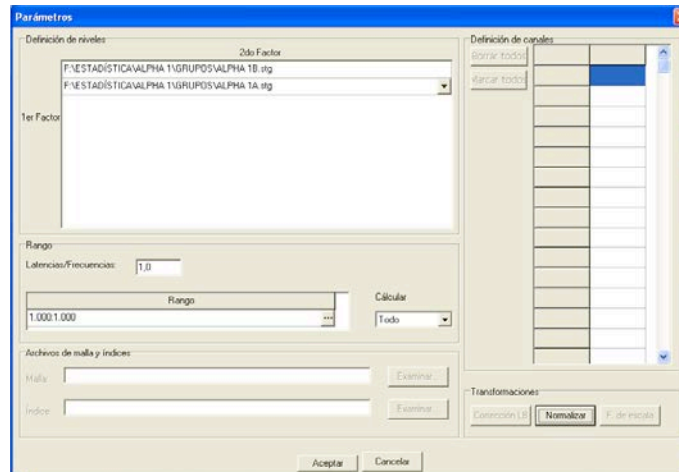


Figura 5.31. Definición de los factores a analizar (Fuente: Elaboración propia).

Al guardar los resultados se generan dos archivos con extensiones .eng y .sin y al guardar el experimento un archivo con extensión .ste.

Todos los análisis se realizaron en las tres bandas en las que centramos nuestro estudio (alpha1, alpha2 y beta), así como modificamos en todas las opciones el nivel de error (0,05^{***}, 0,01^{**} y 0,001^{*}), manteniendo el umbral univariado.

5.10. LOCALIZADOR DE FUENTES

Abrimos el archivo con extensión .eng generado en el paso anterior (Fig. 32).

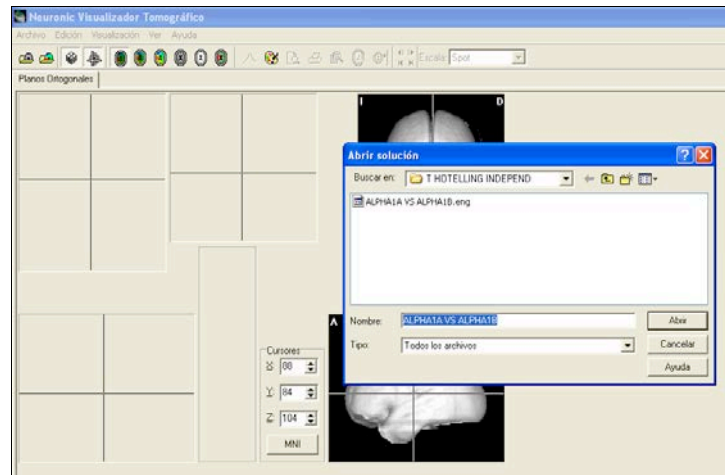


Figura 5.32. Apertura solución tomográfica (Fuente: Elaboración propia).

A continuación abrimos el archivo con extensión .sin, generado también en el último paso descrito con el programa WordPad®, para poder leer el formato texto (Fig. 5.33.). De este modo obtenemos un dato importante, expresado por "Threshold values", indicándonos el número de voxels (del inglés volumetric pixel). Es la unidad cúbica que compone un objeto tridimensional. Constituye la unidad mínima procesable de una matriz tridimensional y es el equivalente del píxel en un objeto 3D) desde el que los valores son significativos.

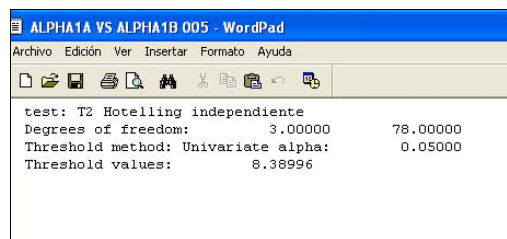


Figura 5.33. Datos exportados a WordPad® (Fuente: Elaboración propia).

Este valor lo insertaremos en el valor mínimo de la escala de la solución que estemos analizando, haciendo sólo visibles aquellos valores que son significativos (Fig. 5.34).

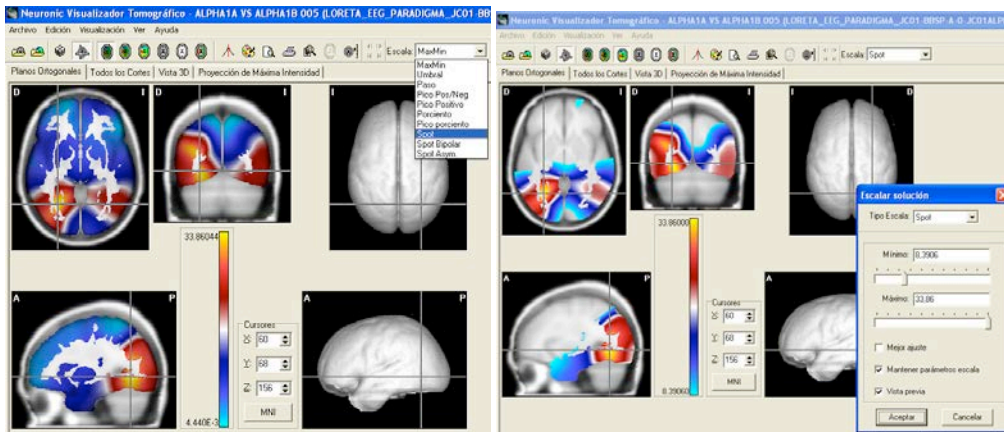


Figura 5.34. Imagen tipo y máscara de la escala de la solución (Fuente: Elaboración propia).

Hemos escalado la solución con el comando “Spot”, con el fin de visualizar sólo los valores de la solución que están dentro del intervalo dado por los parámetros, no siendo ploteados los valores que queden fuera del intervalo marcado entre el máximo y el mínimo.

A continuación realizamos un barrido de todas las áreas de mayor activación dentro de la significancia, anotando sus coordenadas (X,Y,Z), y los valores en voxeles de dichos puntos, identificando las localizaciones según las áreas de Brodmann y el AAL.

Por último tras realizar todo el proceso que hemos explicado anteriormente con los valores de las medias de cada condición y de cada banda, localizaremos los valores de los voxeles en los puntos que presentan diferencias significativas en cualquiera de los procedimientos, pudiendo completar los resultados en las tablas que vemos en el capítulo de resultados y análisis.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presentan en primer lugar los mapas estadísticos de las medias de los generadores de las actividades en las bandas de estudio y posteriormente exponemos los datos relativos a la presencia de diferencias significativas entre las condiciones estudiadas.

6.1. MEDIAS

La actividad en voxeles que se describe en las medias son las correspondientes a la máxima actividad (color rojo) y la energía más baja en los colores amarillo, verde y azul cian. La actividad más discreta no se describe y corresponde al resto de la corteza cerebral (color azul cobalto).

En la figura 6.1. se presentan los mapas estadísticos de la media de los generadores de la actividad alpha 1 en A, EB y las 9 condiciones experimentales. En la banda alpha 1 (8,12- 10 Hz) aunque nos muestran los mapas una actividad de prácticamente todo el encéfalo en casi todos los casos, destacamos que:

a) En la condición A los generadores de la actividad se proyectan en la corteza occipital media derecha, con una activación máxima (Voxels: 1.79321, X=56, Y=104 y Z=164); en la corteza temporal media e inferior bilateral, en el occipital medio e inferior bilateral, en el parietal superior e inferior bilateral, en la corteza poscentral, angular, cuneus o cuña, cisura calcarina, precuneus o precuña y supramarginal de manera bilateral y la corteza occipital superior, lingual y fusiforme izquierdas.

b) En EB los análisis de fuentes nos indican una proyección de la energía en la corteza frontal media derecha (Voxels: 0,72703, X=60, Y=124 y Z=68); en el temporal superior e inferior bilateral, frontal medio e inferior bilateral, parietal inferior bilateral y también de manera bilateral la corteza poscentral, área rolándica, lóbulo de la ínsula, corteza lingual, cuneus, precuneus, supramarginal, precentral, área de Heschl, cisura calcarina y el cíngulo.

c) En la C la energía se proyecta en la Precuneus (Voxels = 1,02660, X=92, Y=104 y Z=160), con carácter bilateral en la corteza temporal superior, occipital superior y media, precuneus, cuneus, supramarginal y cisura calcarina y sólo en el hemisferio izquierdo en la corteza parietal inferior y poscentral.

d) En la D los generadores de la actividad neuronal se proyectan en la corteza temporal media derecha (Voxels = 0,90069 X=32, Y=76 y Z=140), de manera bilateral en la corteza temporal, frontal media e inferior, parietal superior e inferior, corteza poscentral, rolándica, lingual, fusiforme, parahipocampal, lóbulo de la ínsula y de manera unilateral en el lóbulo cerebeloso izquierdo y la corteza frontal superior izquierda.

e) En la condición E los generadores de la actividad se proyectan en la corteza poscentral izquierda, con una activación máxima (Voxels: 1,27100, X=136, Y=124 y Z=120); presentando actividad bilateral en dicha corteza poscentral y en la corteza parietal inferior y la corteza precentral izquierdas.

f) En la condición F los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal superior derecha, con una activación máxima (Voxels: 1,62950, X=32, Y=72 y Z=104); presentando actividad bilateral en la corteza occipital media, el temporal derecho y el área de Heschl derecha.

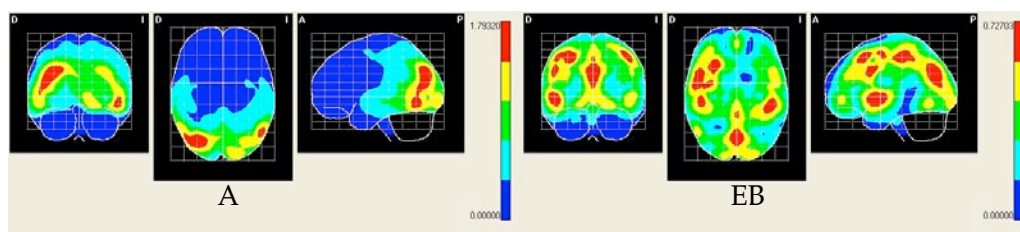
g) En la G la energía se proyecta en el opérculo rolándico derecho (Voxels = 1,26090, X=40, Y=72 y Z=84), con carácter bilateral en la corteza temporal media e inferior, frontal superior y media, corteza lingual y precentral y la cisura calcarina; en la ínsula derecha, el área frontal inferior porción triangular derecha y opérculo frontal derecho.

h) En la H la energía se proyecta en la corteza temporal superior derecha (Voxels = 1,57680, X=32, Y=68 y Z=104), con carácter bilateral en el opérculo rolándico y en la cisura calcarina y en la corteza temporal derecha, la occipital media derecha y el área de Heschl del mismo lado.

i) En la I la energía se proyecta en la corteza poscentral derecha (Voxels = 1,15690, X=44, Y=124 y Z=120), con carácter bilateral en la corteza parietal inferior, poscentral, supramarginal y precentral, además de la corteza temporal superior derecha, la corteza frontal media derecha, el opérculo rolándico derecho y el lóbulo de la ínsula derecha.

j) En la J la energía se proyecta en la cisura calcarina derecha (Voxels = 1,21070, X=92, Y=76 y Z=176), con carácter bilateral en la corteza temporal superior, frontal superior, parietal superior e inferior, poscentral, opérculo rolándico, lóbulo de la ínsula, corteza lingual, cuneus, opérculo frontal inferior, precentral y cisura calcarina.

k) En la K la energía se proyecta en la corteza temporal superior derecha (Voxels = 1,20600, X=32, Y=72 y Z=104), en la corteza temporal superior y media derechas y en la corteza poscentral derecha.



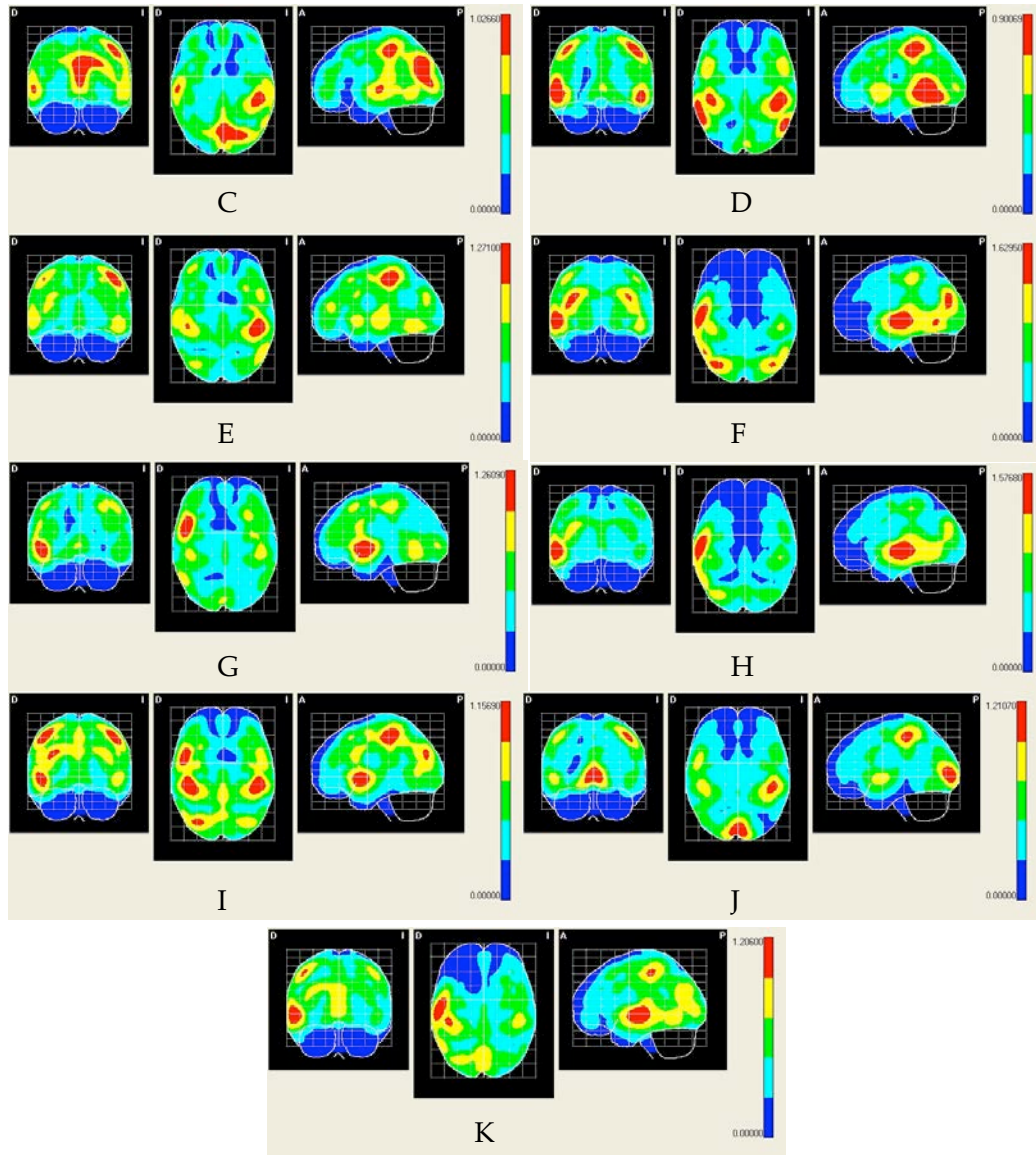


Figura 6.1. Vista horizontal coronal y medio sagital de la media de las soluciones LORETA de la proyección de los generadores de la actividad neuronal en la banda alpha 1 en estado basal con ojos abiertos (A), estado basal con ojos cerrados (B) y en las nueve condiciones experimentales: Imaginación del paso de sedestación a bipedestación (C), ver el video del paso de sedestación a bipedestación (D), imaginación del paso de sedestación a bipedestación tras ver el video (E), imaginación de la marcha (F), ver el video de la marcha (G),

imaginación de la marcha tras ver el video (H), imaginación hacer el pino (I), ver el video hacer el pino (J) e imaginación hacer el pino tras ver el video (K).

En la figura 6.2. se presentan los mapas estadísticos de la media de los generadores de la actividad alpha 2 en A, EB y las 9 condiciones experimentales. En la banda alpha 2 (10,12- 13 Hz) aunque nos muestran los mapas una actividad de prácticamente todo el encéfalo en casi todos los casos, destacamos que:

a) En la condición A los generadores de la actividad se proyectan en la corteza occipital media derecha, con una activación máxima (Voxels: 3,09710, X=48, Y=96 y Z=164), con activación bilateral en la corteza temporal, frontal inferior, occipital superior y medio, corteza supramarginal, precuneus, cuneus, angular y el lóbulo de la ínsula.

b) En la condición EB los generadores de la actividad se proyectan en la corteza lingual derecha, con una activación máxima (Voxels: 1,70770, X=72, Y=64 y Z=184), en la corteza occipital inferior derecha, la corteza lingual derecha y la cisura calcarina derecha.

c) En la condición C los generadores de la actividad se proyectan en la ínsula derecha, con una activación máxima (Voxels: 1,41820, X=40, Y=68 y Z=88), en la corteza temporal superior bilateral, la cisura calcarina bilateral, la corteza temporal inferior derecha, la corteza occipital media derecha, la corteza angular derecha y el opérculo rolándico derecho.

d) En la condición D los generadores de la actividad se proyectan en la cisura calcarina izquierda, con una activación máxima (Voxels: 1,10420, X=88, Y=80 y Z=172), con actividad bilateral en la corteza temporal, frontal media, occipital inferior, poscentral, opérculo rolándico, lóbulo de la ínsula, corteza lingual, corteza precentral y área de Heschl.

e) En la condición E los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal media derecha, con una activación máxima (Voxels: 1,77940, X=152, Y=72 y Z=108), actividad bilateral en la cisura calcarina y actividad en el hemisferio derecho de la corteza temporal superior y media, occipital media y corteza angular.

f) En la condición F los generadores de la actividad se proyectan en la corteza occipital media derecha, con una activación máxima (Voxels: 1,28160, X=56, Y=100 y Z=168), actividad bilateral en la corteza lingual y cisura calcarina.

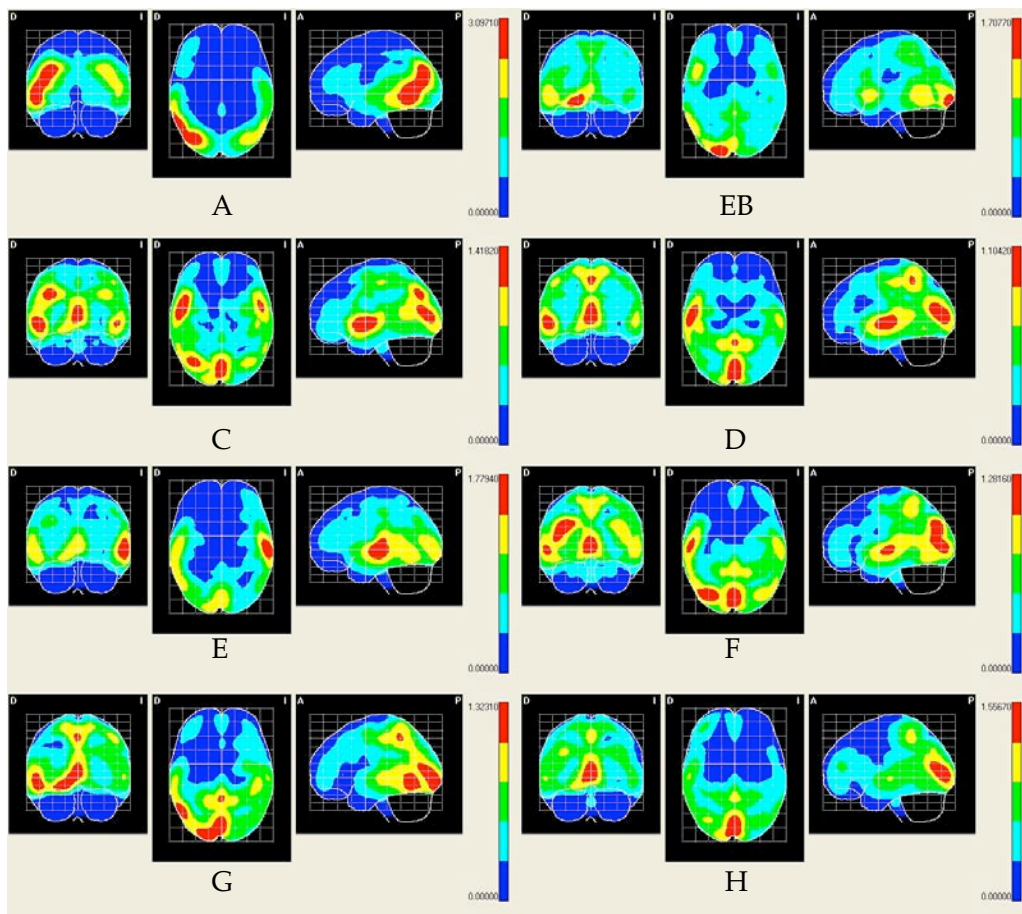
g) En la condición G los generadores de la actividad se proyectan en la corteza lingual derecha, con una activación máxima (Voxels: 1,32310, X=72, Y=64 y Z=184) y actividad bilateral en la corteza temporal, occipital inferior, lingual, angular, cuneus, precuneus, corteza supramarginal, fusiforme y paracentral y el surco calcarino, el cerebelo derecho y la corteza parietal inferior izquierda.

h) En la condición H los generadores de la actividad se proyectan en la cisura calcarina izquierda, con una activación máxima (Voxels: 1,55670, X=88, Y=80 y Z=172) y actividad bilateral en la corteza lingual y el surco calcarino.

i) En la condición I los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal inferior derecha, con una activación máxima (Voxels: 2,18330, X=36, Y=64 y Z=148) y actividad en la corteza temporal media e inferiores derechas.

j) En la condición J los generadores de la actividad se proyectan en el surco calcarino izquierdo, con una activación máxima (Voxels: 1,32220, X=88, Y=76 y Z=176) y actividad bilateral en la corteza temporal superior, parietal superior e inferior, poscentral, lingual, precuneus, supramarginal, precentral y cisura calcarina.

k) En la condición K los generadores de la actividad se proyectan en el surco calcarino izquierdo, con una activación máxima (Voxels: 2,11430, X=88, Y=76 y Z=176) y actividad en la corteza lingual bilateral y en la cisura calcarina.



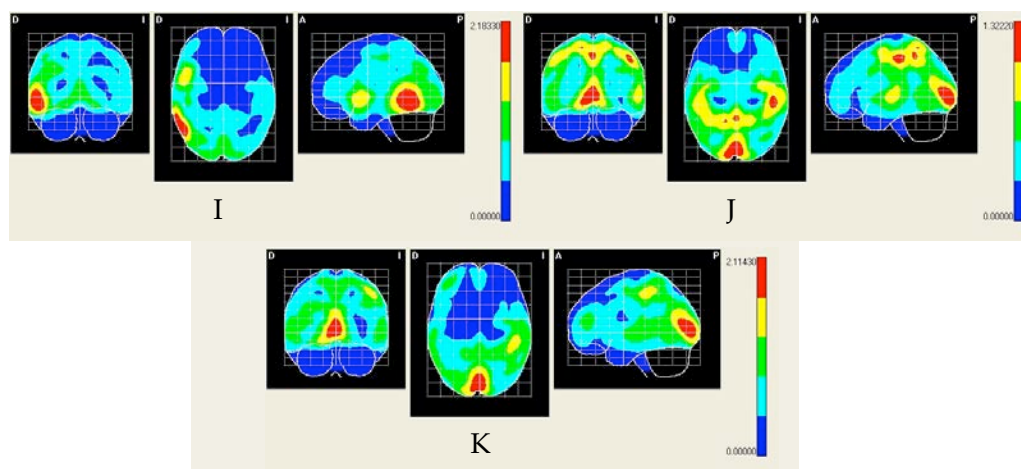


Figura 6.2. Vista horizontal coronal y medio sagital de la media de las soluciones LORETA de la proyección de los generadores de la actividad neuronal en la banda alpha 2 en estado basal con ojos abiertos (A), estado basal con ojos abiertos (EB) y en las nueve condiciones experimentales: Imaginación del paso de sedestación a bipedestación (C), ver el video del paso de sedestación a bipedestación (D), imaginación del paso de sedestación a bipedestación tras ver el video (E), imaginación de la marcha (F), ver el video de la marcha (G), imaginación de la marcha tras ver el video (H), imaginación hacer el pino (I), ver el video hacer el pino (J) e imaginación hacer el pino tras ver el video (K).

En la figura 6.3. se presentan los mapas estadísticos de la media de los generadores de la actividad beta en A, B y las 9 condiciones experimentales. En la banda beta (13,12- 19 Hz) aunque nos muestran los mapas una actividad de prácticamente todo el encéfalo en casi todos los casos, destacamos que:

a) En la condición A los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal superior derecha, con una activación máxima (Voxels: 8,60200, X=28, Y=72 y Z=108), con activación en el hemisferio derecho en la corteza temporal, frontal inferior, occipital inferior, opérculo rolándico, corteza lingual, supramarginal, área de Heschl y surco calcarino.

b) En la condición EB los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal superior derecha, con una activación máxima (Voxels: 3,39730, X=32, Y=72 y Z=108), con activación bilateral en cuneus y la cisura calcarina, corteza temporal derecha y área de Heschl derecha.

c) En la condición C los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal superior derecha, con una activación máxima (Voxels: 3,37440, X=32, Y=72 y Z=108), con activación temporal inferior derecha, opérculo rolándico derecho y corteza supramarginal derecha.

d) En la condición D los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal superior derecha, con una activación máxima (Voxels: 3,13770, X=28, Y=72 y Z=112), con activación bilateral en la corteza temporal superior y media, cuneus, corteza supramarginal y surco calcarino.

e) En la condición E los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal medial derecha, con una activación máxima (Voxels: 2,23560, X=32, Y=80 y Z=136), con activación bilateral en la corteza temporal superior y media, Precuneus y corteza supramarginal y corteza temporal inferior derecha.

f) En la condición F los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal superior derecha, con una activación máxima (Voxels: 2,38370, X=32, Y=72 y Z=108), con activación bilateral en la corteza temporal, el opérculo rolándico, cuneus, precuneus y la corteza supramarginal.

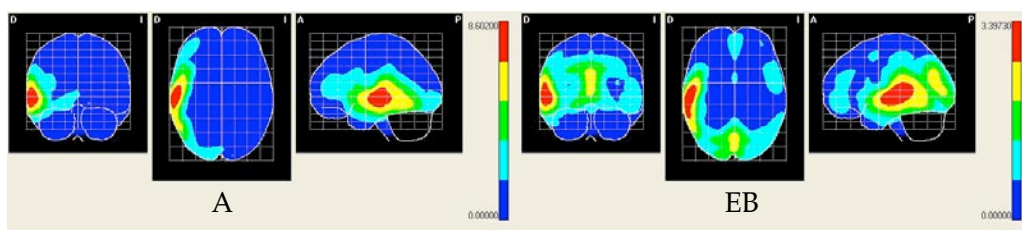
g) En la condición G los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal inferior derecha, con una activación máxima (Voxels: 3,20590, X=36, Y=64 y Z=148), con activación bilateral en la corteza temporal, corteza lingual, cuneus, precuneus y el surco calcarino.

h) En la condición H los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal inferior derecha, con una activación máxima (Voxels: 2,83560, X=36, Y=64 y Z=148), con activación bilateral de precuneus, cuneus y la corteza temporal media e inferior derechas.

i) En la condición I los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal superior derecha, con una activación máxima (Voxels: 4,58700, X=32, Y=72 y Z=104), con activación de la corteza temporal superior bilateral, temporal inferior derecha, el opérculo rolándico derecho y el área de Heschl derecha.

j) En la condición J los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal superior derecha, con una activación máxima (Voxels: 3,36000, X=32, Y=72 y Z=108), con activación bilateral de la corteza temporal, opérculo rolándico, lóbulo de la ínsula, corteza lingual, cuneus, corteza supramarginal, surco calcarino y área de Heschl.

k) En la condición K los generadores de la actividad se proyectan en la corteza temporal medial derecha, con una activación máxima (Voxels: 3,07470, X=152, Y=72 y Z=112), con activación bilateral de la corteza temporal superior y media, el opérculo rolándico, el área de Heschl y cuneus.



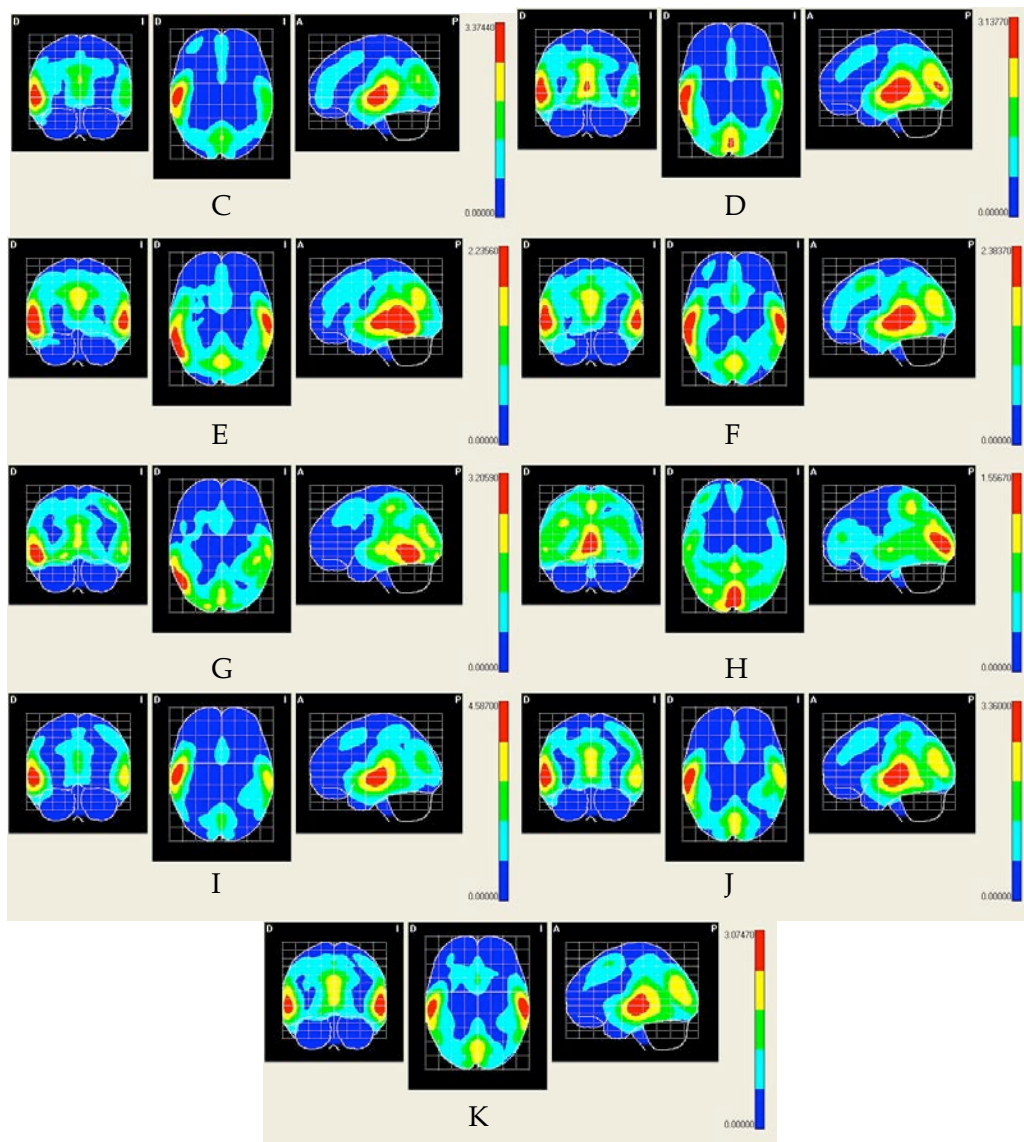


Figura 6.3. Vista horizontal coronal y medio sagital de la media de las soluciones LORETA de la proyección de los generadores de la actividad neuronal en la banda beta en estado basal con ojos abiertos (A), estado basal con ojos abiertos (EB) y en las nueve condiciones experimentales: Imaginación del paso de sedestación a bipedestación (C), ver el video del paso de sedestación a bipedestación (D), imaginación del paso de sedestación a bipedestación tras ver el video (E), imaginación de la marcha (F), ver el video de la marcha (G), imaginación de la marcha tras ver el video (H), imaginación hacer el pino (I), ver el video hacer el pino (J) e imaginación hacer el pino tras ver el video (K).

6.2. DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS.

Exponemos los datos de aquellas condiciones donde se ha observado la presencia de diferencias significativas, excluyendo y por ello no apareciendo en el desarrollo ni en las tablas aquellos que no presentaron diferencias significativas.

6.2.1. T2 Hotelling dependiente LORETA. Comparativa con EB.

6.2.1.1. Alpha 1

Los análisis de la T2 Hotelling dependiente LORETA entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y las 10 condiciones experimentales en la banda alpha 1 exhibieron grados de libertad: 3.00000-80.00000. Valores para alpha1 de: 0.05 (Valor crítico = 8.37473), 0.01 (Valor crítico = 12.44033) y 0.001 (Valor crítico = 18.42255). Los valores máximos entre: EB vs A =33.86000, EB vs G = 16.40500, EB vs J = 8.99230.

EB Vs A

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y A se proyectan en el giro fusiforme derecho, giro occipitotemporal medial derecho, giro lingual derecho, cisura calcarina derecha, el giro occipital inferior derecho, el cerebelo derecho e izquierdo, el giro fusiforme izquierdo, el giro temporal inferior izquierdo y derecho y el Precuneus.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XA
Fusiform R	19	33,8600*	60	68	156	0,0595	0,2055
Occipital Mid R	39	31,9593*	52	92	160	0,1327	1,1059
Lingual R	19	31,8669*	64	72	152	0,0441	0,2360
Calcarine R	19	30,5022*	64	76	151	0,0253	0,1647
Occipital Inf R	19	29,9892*	52	56	168	0,2942	0,6288
Cerebelum Crus R		29,4547*	48	52	164	0,1756	0,4016
Calcarine R	17	24,2701*	72	80	148	0,1320	0,3887
Fusiform L	19	23,9970*	132	56	152	0,1429	1,0449
Cerebelum Crus L		22,9342*	132	52	160	0,1238	0,6565
Temporal Inf L	37	21,3607*	152	52	144	0,0521	0,4628
Precuneus R	29	20,9620*	80	80	140	0,0809	0,2019
Temporal Inf R	37	20,0992*	32	52	144	0,1415	0,6543

Tabla 6.1. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y estado basal con ojos cerrados (A). AAL: Anatomical label corresponding

to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.001 = *$. XEB: Media estado basal. XA: Media condición A.

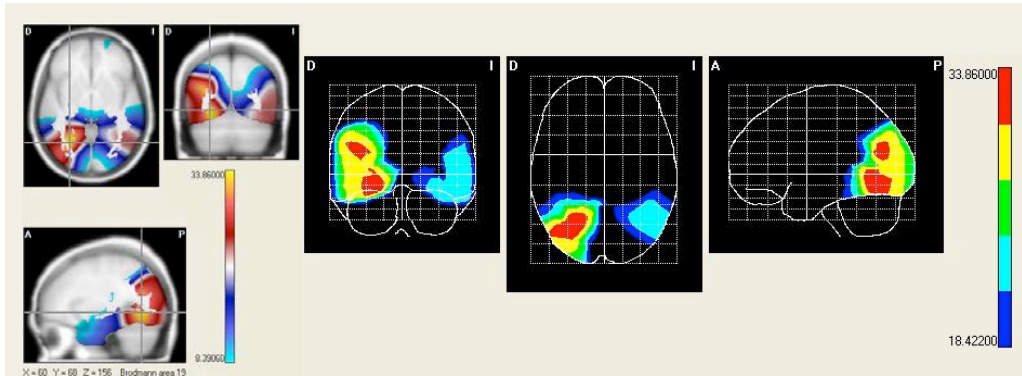


Figura 6.4. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición A.

EB Vs F

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y F se proyectan en el giro occipital medio izquierdo.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XF
Occipital Mid L	18	15,1100**	124	80	188	0,0656	0,2439

Tabla 6.2. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar realizando la marcha (F). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.01 = **$. XEB: Media estado basal. XF: Media condición F.

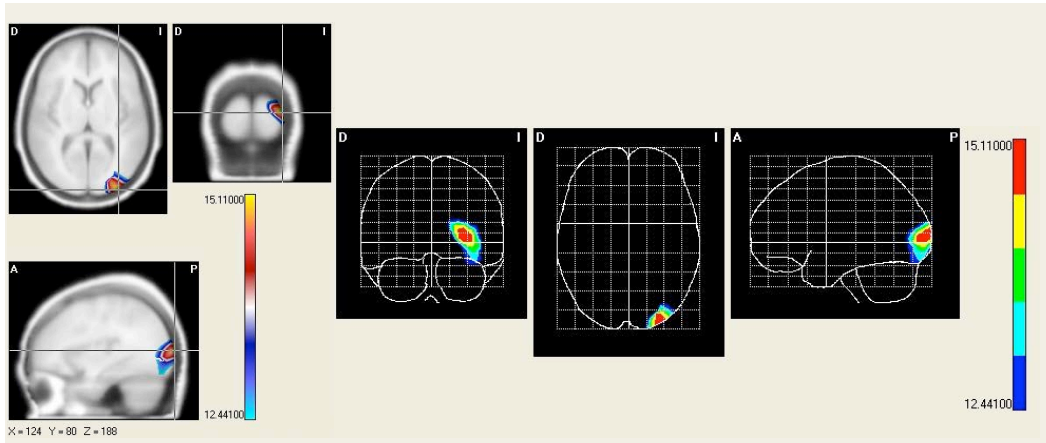


Figura 6.5. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición F. $< 0.01 = **$.

EB Vs G

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y G se proyectan en el giro frontal superior izquierdo, giro frontal superior medial izquierdo giro frontal medio izquierdo, giro frontal medio izquierdo, giro frontal superior orbitario derecho, giro recto derecho e izquierdo y el cíngulo anterior derecho e izquierdo.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XG
Frontal Sup L	9	16,4050**	108	124	44	0,0257	0,1001
Frontal Sup Medial L	9	14,1560***	100	124	44	0,0350	0,1000
Frontal Mid L	9	13,3948***	116	108	48	0,0999	0,3858
Frontal Sup Orb R	11	13,1244***	80	52	24	0,0919	0,0755
Rectus R	11	12,3311***	88	56	32	0,3225	0,2776
Rectus L	11	11,7252***	96	56	32	0,2925	0,2319
Cingulum Ant R		9,9698***	84	72	48	0,3123	0,2824
Cingulum Ant L		9,5950***	92	72	52	0,2822	0,2549

Tabla 6.3. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y ver el video de la marcha (G). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.01 = **$. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XG: Media condición G.

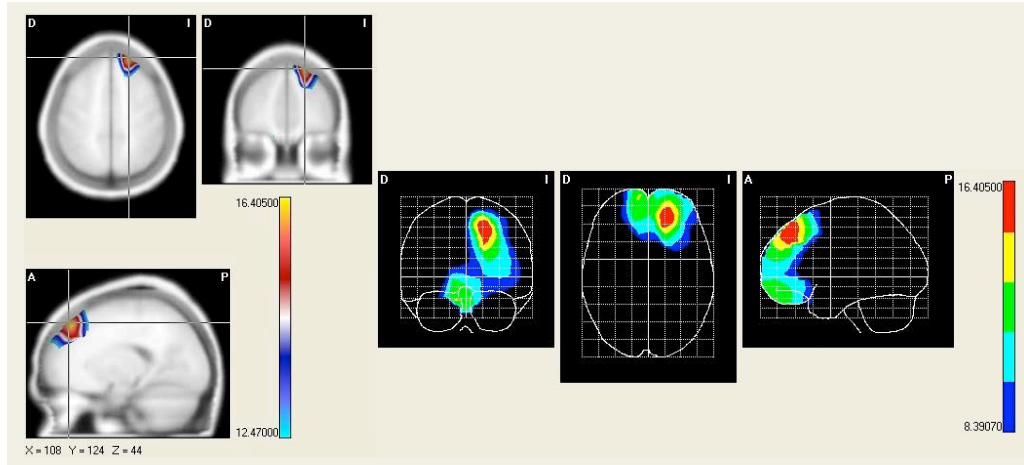


Figura 6.6. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición G. $< 0.01 = **$, $< 0.05 = ***$.

EB Vs I

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB e I se proyectan en el giro occipital medio izquierdo.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XI
Occipital Mid L	19	9,4717***	124	92	184	0,0442	0,1869

Tabla 6.4. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar realizando el pino (I). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XI: Media condición I.

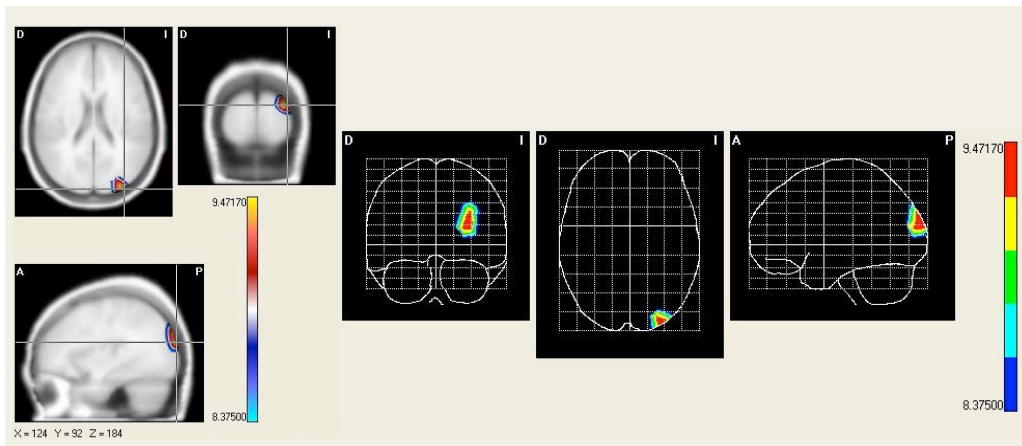


Figura 6.7. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición I. $< 0.05 = ***$.

EB Vs J

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre: a) EB y J se proyectan en el giro frontal superior izquierdo y el giro frontal medio izquierdo.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XJ
Frontal Sup L	9	8,9923***	112	104	28	0,0495	0,0618
Frontal Mid L	9	8,7823***	112	104	36	0,1360	0,1918
Frontal Sup L	46	8,6776***	116	96	28	0,1018	0,1405

Tabla 6.5. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y ver el video haciendo el pino (J). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XJ: Media condición J.

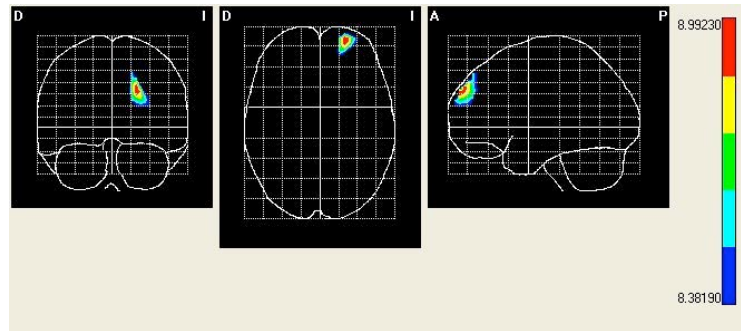


Figura 6.8. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición J. $< 0.05 = ***$.

EB Vs K

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y K se proyectan en el giro lingual derecho, el giro occipital inferior derecho, el giro fusiforme derecho, el cerebelo derecho, el giro lingual izquierdo, el giro occipital medio izquierdo, el giro fusiforme izquierdo, el giro temporal inferior derecho y el cerebelo izquierdo.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XK
Lingual R	18	12,3040***	60	52	188	0,0978	0,0720
Occipital Inf R	18	12,2222***	60	56	180	0,3113	0,3376
Fusiform R	19	11,7864***	60	56	168	0,1668	0,3286
Cerebelum R		11,0443***	72	56	160	0,0228	0,1071
Lingual L	19	10,5406***	120	56	172	0,3316	0,3040
Occipital Mid L	18	10,1765***	124	68	184	0,2407	0,2404
Lingual L	18	10,0038***	116	56	176	0,3988	0,3217
Fusiform L	19	9,9139***	112	56	164	0,1258	0,1807
Temporal Inf R	19	8,9616***	44	64	164	0,3654	0,6022
Cerebelum L		8,9192***	108	56	168	0,1754	0,2167

Tabla 6.6. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar realizando el pino después de ver el video (K). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de

Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XK: Media condición K.

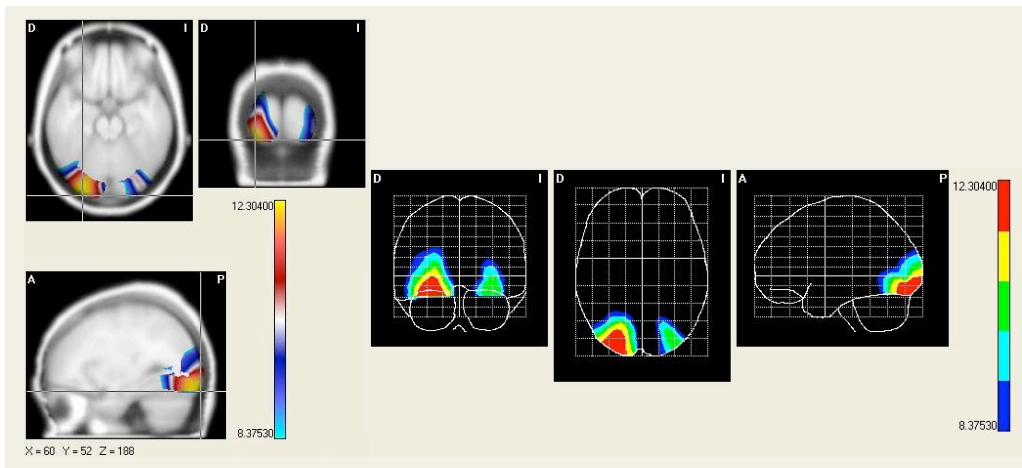


Figura 6.9. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición K. $< 0.05 = ***$.

6.2.1.2. Alpha 2

Los análisis de la T2 Hotelling dependiente LORETA entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y las 10 condiciones experimentales en la banda alpha 2 exhibieron grados de libertad: 3.00000-80.00000. Valores para alpha 2 de: 0.05 (Valor crítico = 8.37490), 0.01 (Valor crítico = 12.44100) y 0.001 (Valor crítico = 18.42255). Los valores máximos entre: EB vs A = 11.15600, EB vs H = 10.16500, EB vs I = 9.33430 y EB vs K = 14.38200.

EB Vs A

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y A se proyectan en el giro occipital medio izquierdo.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XA
Occipital Mid L	18	11,1560***	120	80	180	0,5068	1,1223
Occipital Mid L	17	10,2406***	116	80	188	0,3286	0,7853
Occipital Mid L	19	9,1621***	132	68	176	0,3955	0,8006

Tabla 6.7. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y el estado basal con ojos cerrados (A). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XA: Media condición A.

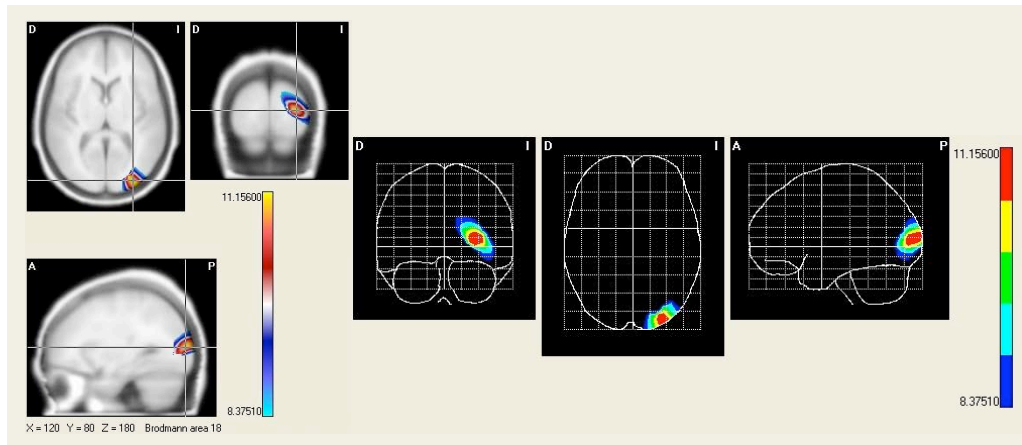


Figura 6.10. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición A. $< 0.05 = ***$.

EB Vs H

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y H se proyectan en el giro frontal medio derecho, el giro frontal inferior triangular derecho, el giro frontal inferior orbitario derecho y el giro frontal medio orbitario derecho.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XH
Frontal Mid R	46	10,1650***	40	88	40	0,1899	0,1990
Frontal Inf Tri R	45	10,1006***	48	80	52	0,3459	0,3258
Frontal Inf Orb R	46	9,9927***	40	68	44	0,3536	0,3168
Frontal Mid Orb R	47	9,2722***	52	64	44	0,1852	0,1525
Frontal Inf Orb R	38	8,9794***	36	68	64	0,6396	0,3126
Frontal Mid Orb R	11	8,9102***	60	60	36	0,2080	0,2072
Frontal Mid R	10	9,8064***	52	76	36	0,4720	0,5363

Tabla 6.8. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar realizar la marcha tras ver el video (H). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.05 = ***. XEB: Media estado basal. XH: Media condición H.

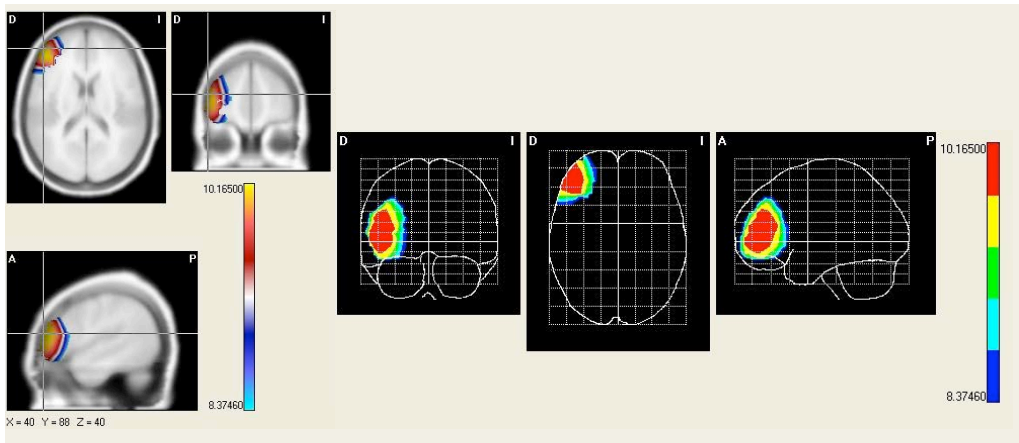


Figura 6.11. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición H. < 0.05 = ***.

EB Vs I

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y I se proyectan en el giro olfatorio derecho, el giro recto derecho, el núcleo caudado derecho, el giro frontal medio izquierdo, el giro frontal superior orbitario derecho,

el giro frontal inferior triangular izquierdo, el giro recto izquierdo, el giro frontal superior orbitario izquierdo y el giro precentral.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XI
Olfactory R	25	9,3343***	80	56	80	0,0554	0,0428
Rectus R	25	9,2755***	80	52	76	0,0947	0,0715
Caudate R		9,1976***	80	62	78	0,0577	0,0408
Frontal Mid L	45	9,06182***	136	104	64	0,5079	0,2448
Frontal Sup Orb R	11	8,9207***	76	52	68	0,0934	0,0724
Frontal Inf Tri L	48	8,8266***	132	92	60	0,3469	0,1356
Frontal Mid L	44	8,7069***	140	112	76	0,4932	0,3158
Frontal Inf Tri L	46	8,6960***	128	96	56	0,4275	0,1827
Rectus L	25	8,6781***	96	52	76	0,1028	0,0565
Frontal Sup Orb L	11	8,5095***	104	52	72	0,0907	0,0474
Precentral L	6	8,4328***	136	108	88	0,4090	0,3299

Tabla 6.9. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer el pino (I). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.05 = ***. XEB: Media estado basal. XI: Media condición I.

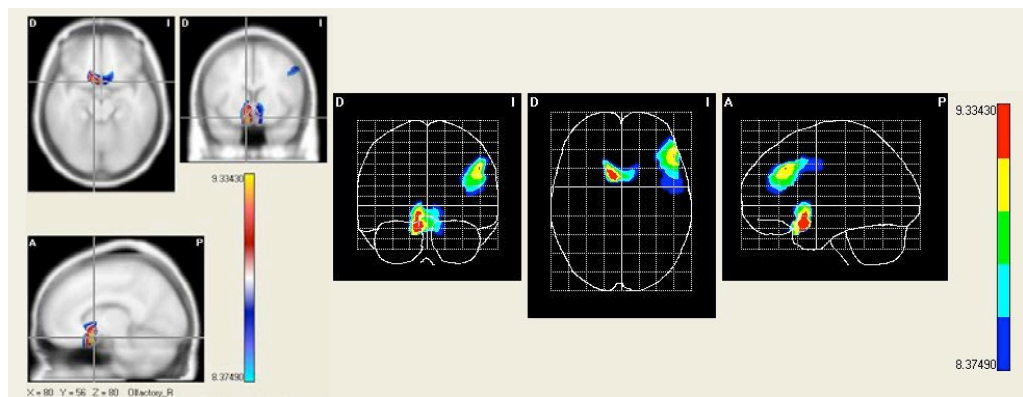


Figura 6.12. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición I. < 0.05 = ***.

EB Vs K

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y K se proyectan en el cerebelo izquierdo, el giro occipital inferior izquierdo, el giro lingual izquierdo y el giro occipital inferior izquierdo.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XK
Cerebellum Crus L		14,3823**	112	52	172	0,2348	0,2268
Occipital Inf L	18	13,9759**	116	60	176	0,6738	0,6265
Lingual L	18	13,6696**	120	56	180	0,6163	0,4959
Occipital Inf L	19	13,6662**	116	64	172	0,4071	0,4105

Tabla 6.10. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer el pino tras ver el video (K). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels.< 0.01 = **. XEB: Media estado basal. XK: Media condición K.

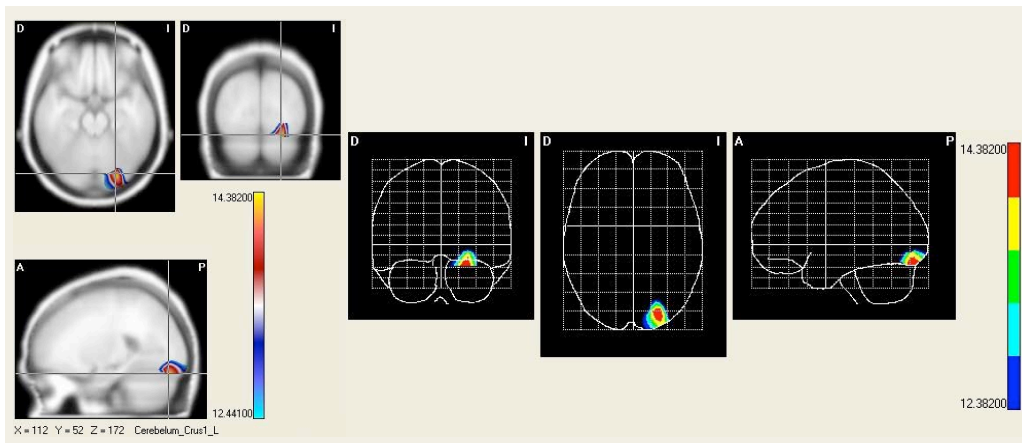


Figura 6.13. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición K.< 0.01 = **.

6.2.1.3. Beta

Los análisis de la T2 Hotelling dependiente LORETA entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y las 10 condiciones experimentales en la banda beta exhibieron grados de libertad: 3.00000-80.00000. Valores para beta de: 0.05 (Valor crítico = 8.37500), 0.01 (Valor crítico = 12.44100) y 0.001 (Valor crítico = 18.42255). Los valores máximos entre: EB vs A = 12.42900, EB vs F = 8.45060, EB vs G = 11.99800, EB vs H = 12.55500, EB vs I = 11.47000, EB vs J = 16.06700 y EB vs K = 10.28800.

EB Vs A

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y A se proyectan en el giro angular derecho, el giro occipital medio derecho, el giro temporal medio derecho, el cerebelo, el giro fusiforme derecho, el giro frontal superior orbitario izquierdo, el giro temporal inferior derecho, el hipocampo derecho, el giro lingual derecho y el giro parahipocampal derecho.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XA
Angular R	39	12,4290***	36	104	160	0,4903	0,3367
Occipital Mid R	39	12,1395***	36	96,	160	0,7280	0,6845
Temporal Mid R	39	12,0086***	36	94	164	0,4327	0,4319
Cerebelum		9,3100***	60	52	136	0,1896	0,3184
Occipital Mid R	19	9,2961***	44	76	168	0,9740	1,7775
Fusiform R	37	9,2431***	56	52	140	0,3314	0,7016
Frontal Sup Orb L	11	8,9235***	108	52	40	0,1305	0,0321
Temporal Inf R	37	8,8784***	44	60	148	1,6879	4,1349
Hippocampus R	27	8,7071***	68	72	124	0,0636	0,0417
Lingual R	27	8,6733***	72	68	128	0,1912	0,1377
Fusiform R	19	8,6638***	44	52	156	0,8891	2,3789
Parahippocampal R	20	8,5092***	64	52	112	0,4580	0,1792

Tabla 6.11. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y el estado basal con ojos cerrados (A). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.05 = ***. XEB: Media estado basal. XA: Media condición A.

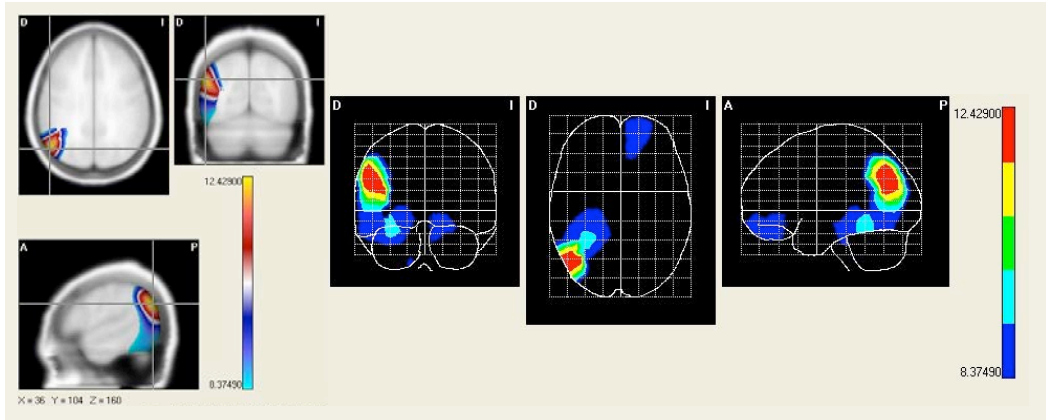


Figura 6.14. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición A. $< 0.05 = ***$.

EB Vs F

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y F se proyectan en el lóbulo parietal inferior izquierdo.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XF
Parietal Inf L	40	8,4506***	152	120	124	0,1118	0,3537

Tabla 6.12. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginando la realización de la marcha (F). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XF: Media condición F.

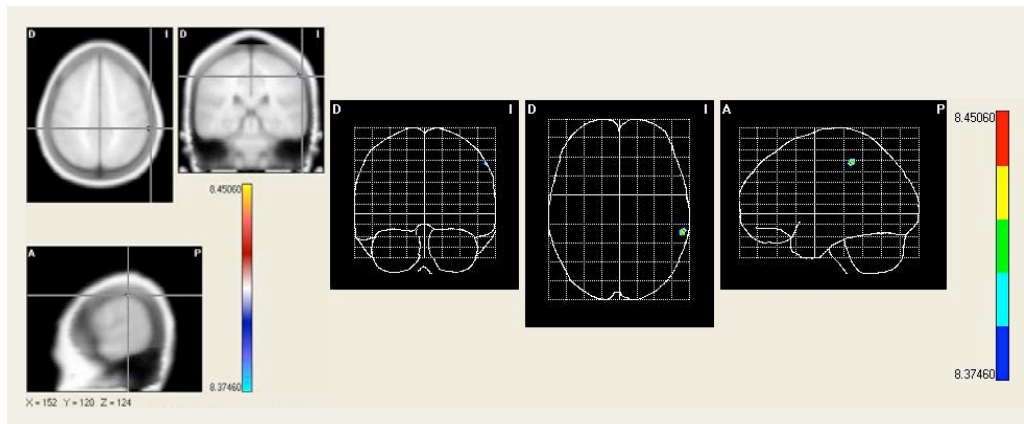


Figura 6.15. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición $F. < 0.05 = ***$.

EB Vs G

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y G se proyectan en el giro supramarginal izquierdo, el giro poscentral derecho, el giro temporal superior izquierdo, el giro temporal superior izquierdo, el giro supramarginal derecho, el giro poscentral izquierdo, el giro temporal superior izquierdo, el giro supramarginal derecho, el giro poscentral izquierdo, el giro temporal medio izquierdo, el opérculo rolándico derecho, el giro temporal medio izquierdo, el putamen derecho, el giro fusiforme derecho, el giro temporal inferior derecho, el giro temporal medio derecho y la ínsula derecha.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XG
Supramarginal L	40	11,99800***	160	100	128	0,1353	0,4834
Postcentral R	43	11,2808***	32	108	104	0,7648	0,4520
Temporal Sup L	48	11,18493***	154	93	124	0,4190	1,4297
Postcentral R	3	11,1378***	36	108	104	0,5039	0,3544
Postcentral R	4	10,8956***	40	104	100	0,3362	0,2354
Postcentral R	1	10,7489***	28	110	109	0,8126	0,4908
Temporal Sup L	42	10,7290***	148	92	124	0,5119	1,5557
Supramarginal R	1	10,3080***	28	108	113	1,0828	0,6523
Postcentral L	48	9,3434***	152	96	112	0,3275	1,4632
Temporal Mid L	22	9,2482***	160	76	128	0,3251	0,9143

Rolandic Oper R	48	9,1363***	36	92	96	0,3975	0,1090
Temporal Mid L	21	8,7236***	156	72	124	0,4952	1,6621
Putamen R		8,5300***	60	72	104	0,0147	0,0063
Fusiform R	20	8,5015***	60	32	96	0,4768	0,2055
Temporal Inf R	20	8,4759***	48	36	92	0,5263	0,1509
Temporal Pole Mid R	36	8,4308***	60	32	84	0,2648	0,1003
Insula R	48	8,3961***	52	76	104	0,6657	0,1198

Tabla 6.13. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) y ver el video de la marcha (G). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XG: Media condición G.

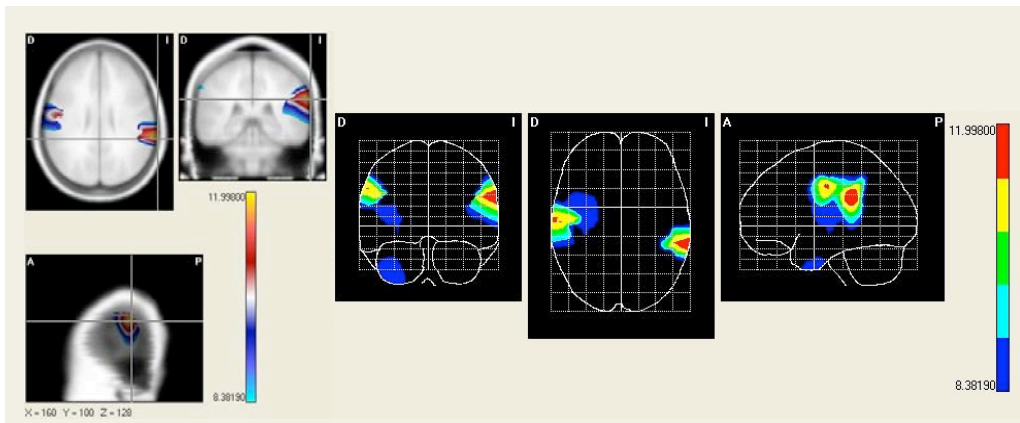


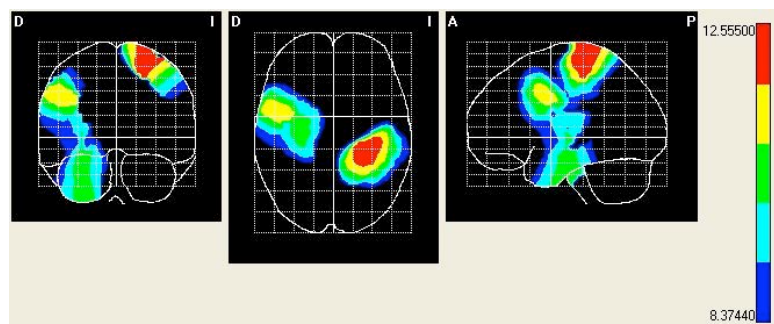
Figura 6.16. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición G. $< 0.05 = ***$.

EB Vs H

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y H se proyectan en el giro precentral izquierdo y derecho, el giro poscentral izquierdo, el lóbulo parietal superior izquierdo, la precuña, el giro frontal inferior orbitario derecho, el giro fusiforme derecho, la amígdala derecha, el giro parahipocampal derecho, el hipocampo derecho, el giro temporal inferior derecho, el opérculo poscentral derecho, el giro parietal inferior izquierdo y la ínsula derecha.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XH
Precentral L	4	12,5550**	120	144	116	0,1783	0,3413
Postcentral L	3	11,9647***	112	144	128	0,2567	0,5636
Parietal Sup L	1	11,4529***	112	146	134	0,1755	0,4038
Precentral R	6	11,2948***	40	108	84	0,5311	0,6547
Precuneus L	4	11,1638***	104	140	128	0,2506	0,5434
Parietal Sup L	5	10,5609***	108	140	136	0,2695	0,6428
Frontal Inf Oper R	44	10,2873***	44	96	80	0,3824	0,4708
Fusiform R	36	10,1917***	60	36	92	0,4041	0,2298
Amygdala R		9,8827***	60	44	92	0,3506	0,1952
Parahippocampal R	35	9,8239***	68	36	88	0,3167	0,1824
Parahippocampal R	28	9,7882***	68	44	92	0,4505	0,2776
Hippocampus R	34	9,6827***	64	56	92	0,2320	0,1372
Temporal Inf R	20	9,5641***	48	36	100	0,6895	0,4047
Postcentral Oper R	43	9,4854***	36	96	96	0,3307	0,1101
Parietal Inf L	2	9,2814***	136	116	120	0,3597	1,1012
Insula R	48	9,2640***	52	84	104	0,6783	0,3074

Tabla 6.14. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer la marcha tras ver el video (H). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.05 = ***. < 0.01 = **. XEB: Media estado basal. XH: Media condición H.



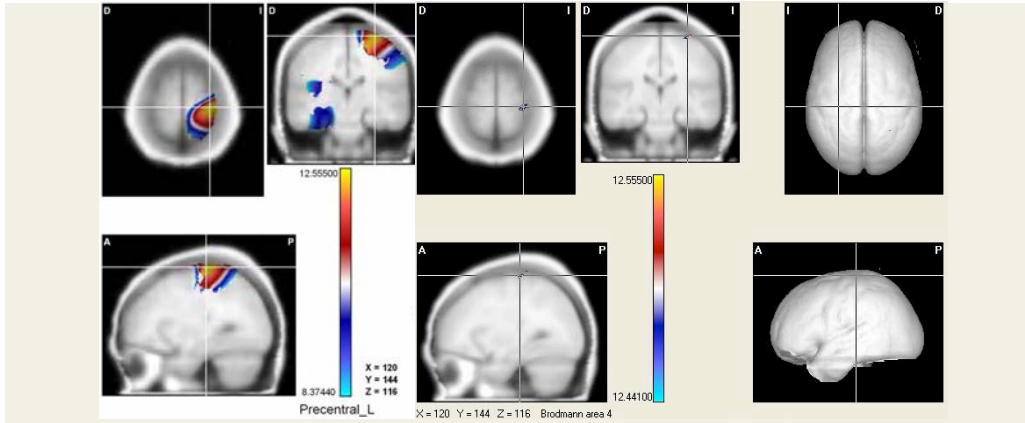


Figura 6.17. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición H. $< 0.05 = ***$. $< 0.01 = **$.

EB Vs I

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y I se proyectan en el giro supramarginal izquierdo, el lóbulo parietal superior izquierdo, el giro precentral izquierdo, el giro poscentral izquierdo y el giro angular derecho.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XI
Supramarginal L	40	11,4700***	160	108	124	0,0574	0,4230
Parietal Inf L	40	11,1856***	152	113	125	0,2178	1,1705
Parietal Sup L	7	10,7726***	120	140	148	0,1525	0,3881
Parietal Inf L	2	10,5019***	136	116	120	0,3597	1,4894
Precentral L	4	10,4024***	128	140	116	0,1954	0,5372
Precentral L	6	10,3597***	124	140	116	0,2518	0,6111
Postcentral L	4	10,3542***	124	136	124	0,3848	1,2030
Postcentral L	3	9,8677***	128	108	112	0,0406	0,1300
Angular R	22	8,6804***	32	96	144	1,6249	1,0895

Tabla 6.15. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer el pino (I). AAL: Anatomical label corresponding to

probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XI: Media condición I.

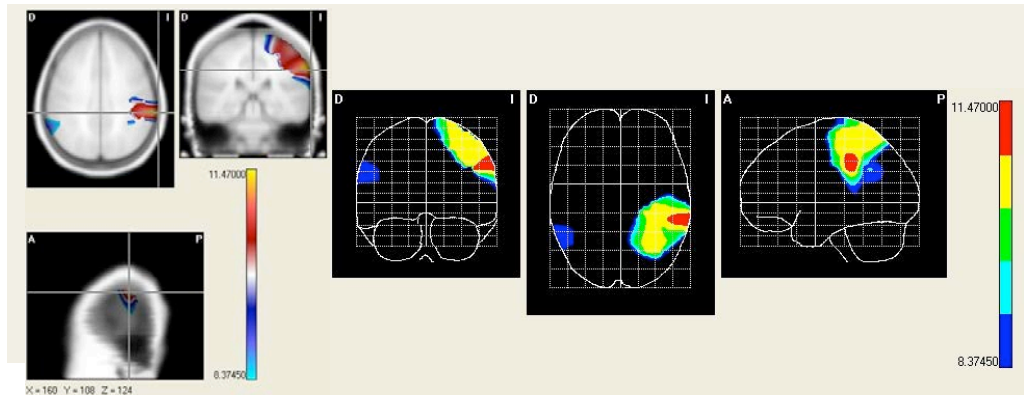


Figura 6.18. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición I. $< 0.05 = ***$.

EB Vs J

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y J se proyectan en el giro occipital medio derecho, el giro occipital inferior derecho, el giro temporal medio derecho, la cuña derecha y el giro occipital superior derecho.

AAL	AB	T ² Hotelling		Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XJ	
Occipital Mid R	19	16,0670**	48	92	180	0,2248	0,0934	
Occipital Mid R	39	15,6838***	48	92	172	0,8502	0,2856	
Occipital Mid R	18	15,3699***	60	84	172	0,4021	0,1129	
Occipital Inf R	18	12,1503***	52	64	180	0,7839	0,4309	
Temporal Mid R	19	10,5540***	40	76	164	1,2717	0,8567	
Occipital Mid R	7	10,2957***	56	108	156	1,1609	0,7658	
Cuneus R	18	9,9109***	76	100	180	0,9212	1,0050	
Occipital Sup R	19	8,6466***	68	108	172	1,3137	1,1308	

Tabla 6.16. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos

(EB) y ver el video haciendo el pino (J). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. $< 0.01 = **$. XEB: Media estado basal. XJ: Media condición J.

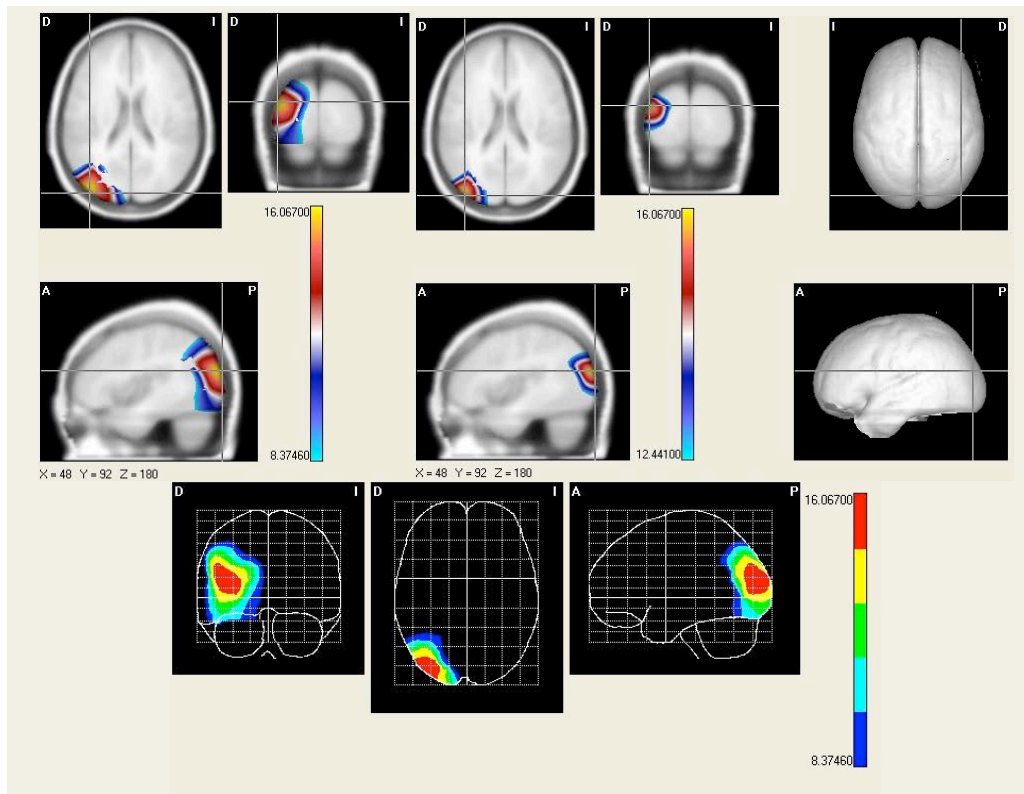


Figura 6.19. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición J. $< 0.05 = ***$. $< 0.01 = **$.

EB Vs K

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre EB y K se proyectan en el giro supramarginal derecho, el giro precentral derecho, el giro poscentral derecho y el giro temporal superior derecho.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XEB	XK
Supramarginal R	2	10,2880***	36	104	124	1,3585	1,1391
Supramarginal R	48	9,9576***	40	100	124	0,7395	0,6022
Precentral R	6	9,8337***	36	116	92	0,4541	0,3665
Precentral R	4	9,8191***	36	112	96	0,5852	0,3965
Postcentral R	3	9,7192***	36	105	106	0,6469	0,4870
Temporal Sup R	48	8,5564***	40	92	124	1,6331	1,3059

Tabla 6.17. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado basal con ojos abiertos (EB) e imaginar hacer el pino tras ver el video (K). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.05 = ***$. XEB: Media estado basal. XK: Media condición K.

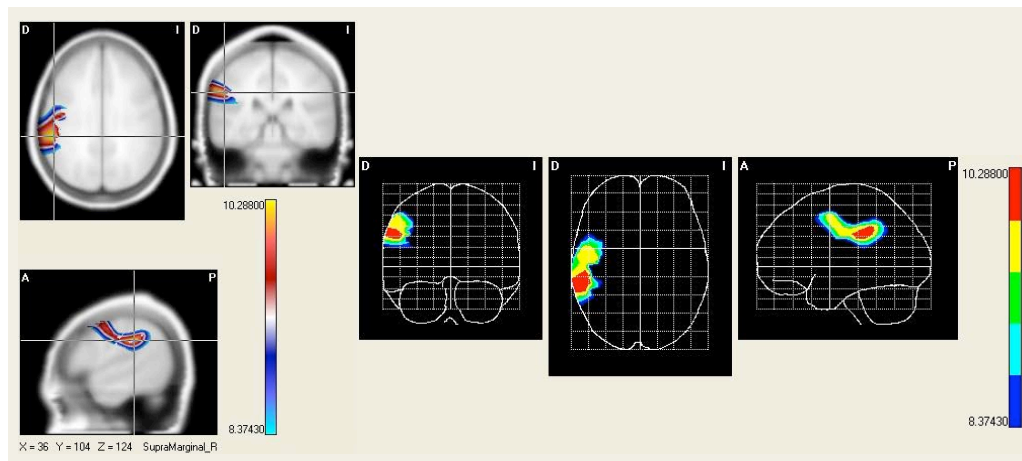


Figura 6.20. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado basal y durante la condición K. $< 0.05 = ***$.

6.2.2. T2 Hotelling dependiente LORETA

6.2.2.1. Alpha 1

Los análisis de la T2 Hotelling dependiente LORETA entre el estado de imaginar realizar el paso de sedestación a bipedestación y viceversa (E), la marcha (F) o hacer el equilibrio sobre las manos (hacer el pino) (I) antes y después de ver el video correspondiente (E), (H), (K). En la banda alpha 1 exhibieron grados de libertad: 3.00000-40.00000. Valores para alpha 1 de: 0.05 (Valor crítico = 9.00550), 0.01 (Valor crítico = 13.71470) y 0.001 (Valor crítico = 21.04900). Los valores máximos entre: C vs E = 70.97400, F vs H = 60.20700, I vs K = 132.0300.

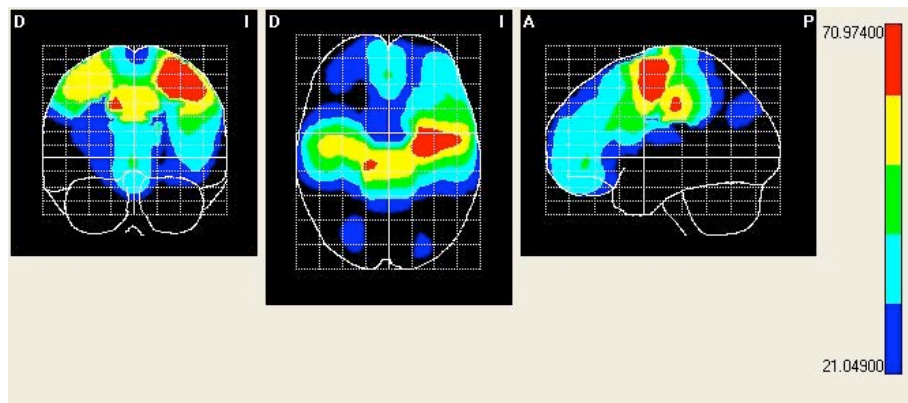
C Vs E

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre C y E se proyectan en el giro frontal superior izquierdo, el giro frontal medio izquierdo, el giro precentral izquierdo, el área motora suplementaria izquierda, el giro cingular medial derecho, el giro poscentral izquierdo, el giro precentral derecho, el giro cingular medial izquierdo, el lóbulo paracentral derecho, el área motora suplementaria derecha, el giro poscentral derecho, el giro recto derecho e izquierdo, el núcleo caudado derecho e izquierdo, el giro frontal medio izquierdo, el giro frontal superior derecho, el giro supramarginal derecho, el giro parietal inferior izquierdo, el giro occipital superior derecho, el giro occipital medio izquierdo y el giro supramarginal izquierdo.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XC	XE
Frontal Sup L	6	70,97408*	112	128	100	0,2112	0,2905
Frontal Mid L	6	69,3921*	117	123	100	0,2007	0,2836
Precentral L	6	69,0395*	120	128	100	0,3701	0,5253
Supp Motor Area L	6	65,0924*	108	126	100	0,0935	0,1260
Cingulum Mid R	23	62,7146*	72	112	112	0,0341	0,0426
Cingulum Mid R	4	61,5429*	76	112	116	0,1366	0,1690
Postcentral L	4	58,0695*	144	120	100	0,4493	0,5436
Precentral R	6	56,8643*	52	120	100	0,3587	0,5020
Cingulum Mid L	4	55,4832*	100	120	116	0,2328	0,2951
Paracentral Lobule R	4	54,2879*	76	120	120	0,1173	0,1482
Supp Motor Area R	4	52,4105*	84	124	116	0,3754	0,5051

Postcentral R	4	46,9813*	40	120	112	0,5425	0,9646
Postcentral L	3	43,8843*	136	108	108	0,2485	0,3054
Supp Motor Area L	23	43,5789*	92	120	104	0,3334	0,4244
Postcentral R	3	40,8272*	48	108	108	0,1253	0,1989
Rectus R	11	38,4361*	84	56	36	0,3231	0,4527
Rectus L	11	37,4262*	96	56	36	0,3219	0,4264
Caudate L		36,5697*	108	96	96	0,0032	0,0038
Frontal Mid L	8	34,6406*	120	120	72	0,3709	0,7092
Caudate R		33,2743*	72	96	100	0,0040	0,0044
Frontal Sup R	6	33,0443*	80	96	32	0,2522	0,3439
Supramarginal R	2	32,4507*	44	108	120	0,2281	0,3852
Parietal Inf L	2	30,1457*	136	108	120	0,3695	0,4531
Parietal Inf L	40	25,7723*	136	108	128	0,2334	0,2859
Occipital Sup R	19	23,4065*	64	112	168	0,5220	0,5930
Occipital Mid L	19	22,6302*	116	112	172	0,6142	0,4815
Supramarginal L	2	21,5961*	148	108	116	0,6960	0,7585

Tabla 6.18. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado de imaginar el paso se sedestación a bipedestación (C) y el estado de imaginarlo tras ver el video (E). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.001 = *. XC: Media estado C. XE: Media condición E.



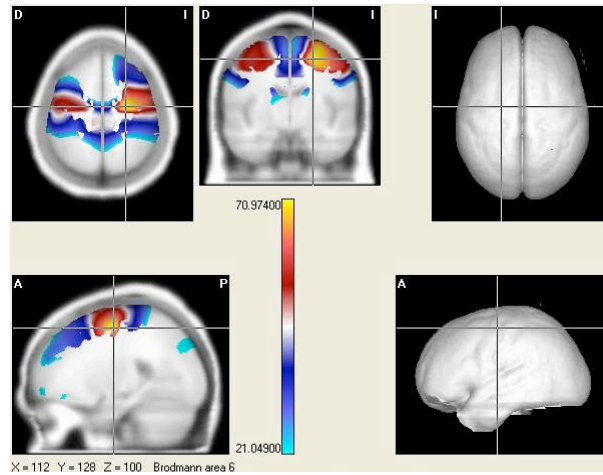


Figura 6.21. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado C y E. $<0.001 = *$.

F Vs H

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre F y H se proyectan en el giro precentral izquierdo, el giro frontal medial izquierdo, el giro frontal superior izquierdo, el lóbulo paracentral izquierdo, la precuña izquierda, el giro precentral derecho, el núcleo caudado izquierdo, el giro poscentral izquierdo, el lóbulo paracentral derecho, la cisura calcarina izquierda, el giro cingular posterior derecho, el giro frontal superior derecho, el cíngulo posterior izquierdo, el giro lingual izquierdo, el núcleo caudado derecho y el giro fusiforme izquierdo .

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XF	XH
Precentral L	6	60,2070*	120	116	96	0,0795	0,1008
Frontal Mid L	6	59,3026*	116	120	100	0,1285	0,1275
Frontal Sup L	6	55,6561*	112	124	100	0,1113	0,1175
Paracentral Lobule L	4	41,4183*	104	136	116	0,0980	0,0915
Precentral L	44	37,9881*	132	112	80	0,2833	0,3033
Precuneus L	5	31,6091*	100	144	136	0,3088	0,2225

Precentral R	6	31,4790*	48	112	88	0,3007	0,3039
Caudate L		30,6538*	108	96	92	0,0025	0,0029
Postcentral L	3	30,5145*	148	112	100	0,4267	0,3934
Paracentral Lobule R	4	29,9870*	80	136	116	0,1640	0,1485
Precuneus L	3	29,2650*	104	140	132	0,4551	0,3778
Frontal Mid L	8	29,1625*	120	120	76	0,3650	0,3442
Calcarine L	27	28,8782*	100	76	136	0,0703	0,0652
Frontal Mid L	44	27,6440*	140	112	68	0,2457	0,2636
Postcentral L	2	27,2088*	108	140	132	0,4949	0,4438
Postcentral L	4	26,9778*	140	112	104	0,3983	0,3603
Cingulum Post R		26,8018*	80	96	132	0,0217	0,0207
Frontal Sup R	6	26,7475*	64	144	96	0,2333	0,2486
Precuneus L	19	26,3895*	108	72	136	0,1040	0,0809
Frontal Mid L	46	26,3679*	124	112	76	0,1109	0,1090
Cingulum Post L		25,0061*	96	96	132	0,1056	0,1034
Lingual L	30	24,0822*	104	64	136	0,0757	0,0533
Caudate R		23,7399*	72	96	96	0,0032	0,0032
Fusiform L	19	23,5002*	116	56	152	0,1581	0,0968

Tabla 6.19. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado de imaginar la marcha (F) y el estado de imaginar la marcha tras ver el video (H). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.001 = *. XF: Media estado F. XH: Media condición H.

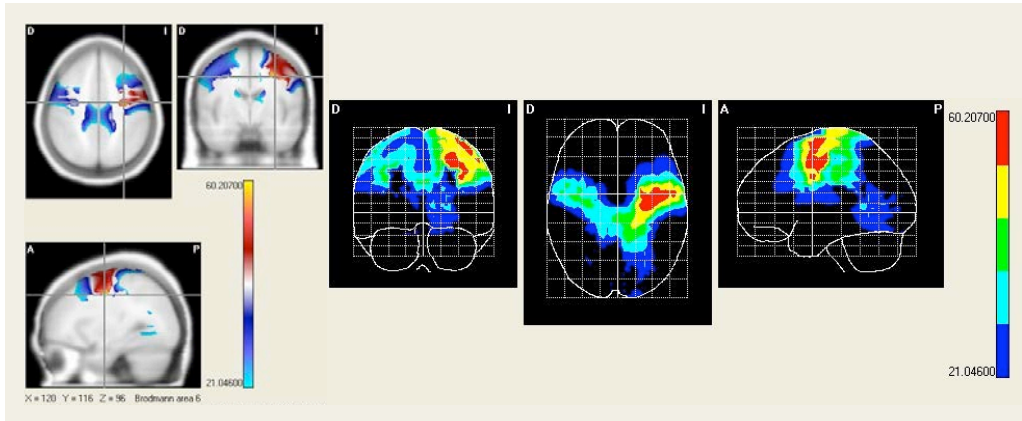


Figura 6.22. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado F y H. $0.001 = *$.

I Vs K

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre I y K se proyectan en el giro precentral izquierdo, el giro frontal superior izquierdo, el lóbulo paracentral izquierdo y derecho, el giro frontal medio izquierdo, giro cingular medial derecho e izquierdo, el núcleo caudado derecho e izquierdo, el giro poscentral derecho, el giro precentral derecho, el giro supramarginal derecho, el giro poscentral izquierdo, el giro lingual, el giro frontal inferior triangular izquierdo, el giro frontal inferior orbitario izquierdo, el giro occipital medio izquierdo, el giro temporal medio derecho, el giro supramarginal izquierdo, el giro lingual derecho, la precuña izquierda, el pálido izquierdo, el giro cingular anterior derecho, el putamen izquierdo, el núcleo pálido derecho, el tálamo derecho e izquierdo y la ínsula izquierda.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XI	XK
Precentral L	6	132,0300*	108	124	104	0,0519	0,0557
Frontal Sup L	6	129,3683*	108	124	100	0,0656	0,0713
Paracentral Lobule L	6	128,1385*	104	128	104	0,0620	0,0685
Frontal Mid L	6	122,6972*	112	120	100	0,0531	0,0542
Paracentral Lobule L	4	112,3656*	100	128	116	0,2683	0,2364
Paracentral Lobule R	4	112,0605*	80	132	117	0,2599	0,2249

Cingulum Mid L	23	104,0485*	104	112	108	0,1200	0,1148
Cingulum Mid R	23	100,4883*	72	112	112	0,0477	0,0440
Caudate L		53,6129*	104	92	88	0,0076	0,0065
Caudate R		50,2734*	72	92	88	0,0064	0,0045
Postcentral R	43	49,7960*	32	104	104	0,3779	0,5098
Precentral L	44	48,0343*	136	112	80	0,6215	0,4942
Precentral R	44	47,8213*	44	112	76	0,6779	0,3264
Supramarginal R	40	47,4909*	40	112	124	0,7613	0,6654
Postcentral R	2	46,1849*	44	120	120	1,1073	0,9704
Supramarginal R	48	33,8744*	28	104	112	0,4694	0,5812
Postcentral L	3	32,2267*	132	128	120	1,1017	0,8110
Postcentral R	3	30,9880*	52	128	124	1,0652	0,9307
Lingual L	18	28,4113*	112	56	176	0,3432	0,3340
Frontal Inf Tri L	45	27,4517*	136	76	52	0,2275	0,1837
Frontal Inf Orb L	47	27,2716*	124	56	48	0,0856	0,0844
Occipital Mid L	18	27,1056*	108	68	180	0,3932	0,4464
Postcentral L	2	26,6107*	148	120	120	0,6609	0,4837
Frontal Mid L	8	26,5957*	112	128	60	0,3660	0,3367
Temporal Mid R	21	25,0994*	40	56	92	0,6763	0,7290
Supramarginal L	40	25,6483*	136	112	124	0,6631	0,4899
Postcentral R	40	25,3490*	56	120	128	0,4677	0,4149
Lingual R	18	24,6540*	72	56	180	0,4277	0,4059
Precuneus L	7	24,6287*	96	128	152	0,3471	0,2307
Postcentral L	40	24,2763*	124	120	128	0,4507	0,3284
Pallidum L		23,5752*	112	72	92	0,0233	0,0194
Cingulum Ant L		23,4680*	96	76	44	0,2938	0,2816
Putamen R		23,1403*	60	72	92	0,0336	0,0246
Occipital Inf R	18	22,9130*	64	68	184	0,4623	0,4339
Cingulum Ant R		22,6340*	84	76	44	0,2964	0,2670
Putamen L		22,4736*	116	72	92	0,0326	0,0267
Pallidum R		22,3959*	64	72	92	0,0395	0,0279
Thalamus R		22,1318*	80	76	96	0,0397	0,0342

Insula L	47	21,9961*	120	72	64	0,0885	0,0706
Thalamus L		21,0075*	100	76	100	0,0600	0,0524

Tabla 6.20. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 1 entre el estado de imaginar hacer el pino (F) y el estado de imaginar hacer el pino tras ver el video (H). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.001 = *. XI: Media estado I. XK: Media condición K.

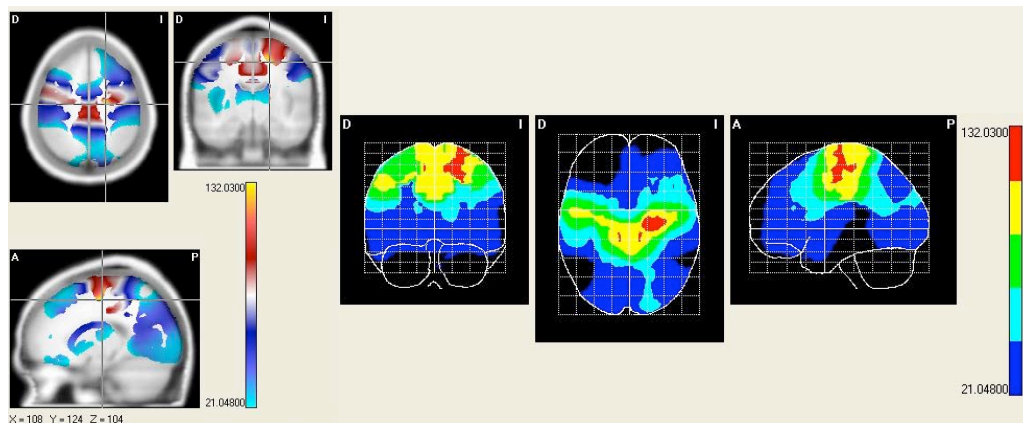


Figura 6.23. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 1, de la solución LORETA entre estado I y K. < 0.001 = *.

6.2.2.2. Alpha 2

Los análisis de la T2 Hotelling dependiente LORETA entre el estado de imaginar realizar el paso de sedestación a bipedestación y viceversa (E), la marcha (F) o hacer el equilibrio sobre las manos (hacer el pino) (I) antes y después de ver el video correspondiente (E), (H), (K). En la banda alpha 2 exhibieron grados de libertad: 3.00000-40.00000. Valores para alpha 2 de: 0.05 (Valor crítico = 9.00550), 0.01 (Valor crítico = 13.71470) y 0.001 (Valor crítico = 21.04900). Los valores máximos entre: C vs E = 41.94500, F vs H = 33.60600, I vs K = 56.05300.

C Vs E

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre C y E se proyectan en el núcleo putamen izquierdo, el giro temporal superior izquierdo, la ínsula izquierda, el giro de Heschl izquierdo, el polo temporal medial izquierdo, el opérculo rolándico izquierdo, el putamen izquierdo, el pálido izquierdo, el giro poscentral izquierdo, el giro temporal inferior izquierdo, el giro olfatorio izquierdo, el tálamo izquierdo, el hipocampo izquierdo, el giro parietal inferior izquierdo, el giro temporal medio izquierdo, el giro supramarginal izquierdo, la amígdala izquierda, el giro temporal inferior derecho, el tálamo derecho, el giro occipital inferior derecho y el giro parahipocampal izquierdo.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XC	XE
Putamen L		41,9446*	120	76	108	0,0146	0,0135
Temporal Sup L	48	40,3172*	128	76	117	0,0237	0,0257
Insula L	48	39,5904*	124	76	112	0,0481	0,0509
Heschl L	48	38,5886*	124	80	116	0,0248	0,0249
Temporal Pole Mid L	20	38,1192*	120	28	73	0,0293	0,0218
Rolandic Oper L	48	34,9933*	130	92	98	0,0933	0,0877
Rolandic Oper L	48	34,9655*	136	92	104	0,1038	0,1199
Putamen L		34,6612*	120	64	94	0,0202	0,0111
Temporal Pole Mid L	36	33,7114*	116	32	76	0,0430	0,0300
Pallidum L		33,3772*	112	68	96	0,0142	0,0074
Postcentral L	48	30,8478*	140	96	108	0,1255	0,2114
Temporal Inf L	20	30,2551*	132	36	84	0,1285	0,1202
Olfactory L	25	28,6833*	96	56	88	0,0249	0,0142
Thalamus L		28,1263*	108	76	116	0,0487	0,0316
Temporal Pole Mid L	38	28,0806*	128	36	68	0,0818	0,0656
Hippocampus L		27,7763*	120	72	124	0,0148	0,0101
Parietal Inf L	3	27,2890*	140	108	116	0,3696	0,4765
Temporal Mid L	21	26,6975*	152	48	96	0,2683	0,5461
Supramarginal L	48	26,6168*	144	92	116	0,5386	0,9324
Supramarginal L	2	26,3755*	156	100	120	0,3697	0,8136
Amygdala L		25,8260*	116	60	92	0,0754	0,0427
Temporal Mid L	22	25,8230*	144	72	108	0,8376	1,5124
Parietal Inf L	40	25,6366*	148	112	124	0,3310	0,5843

Temporal Inf R	37	25,3810*	40	72	152	0,8016	1,1492
Thalamus R		24,4586*	72	84	120	0,0217	0,0144
Occipital Inf R	19	22,4127*	44	56	160	0,5218	0,9479
Parahippocampal L	36	18,8453*	112	40	84	0,1327	0,0825

Tabla 6.21. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado imaginar el paso se sedestación a bipedestación (C) y el estado de imaginar el paso tras ver el video (E). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.001 = *. XC: Media estado C. XE: Media condición E.

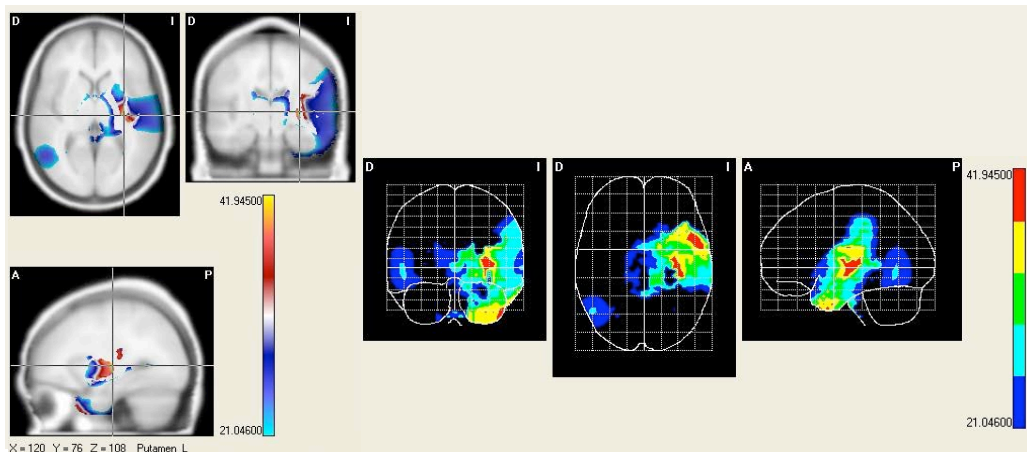


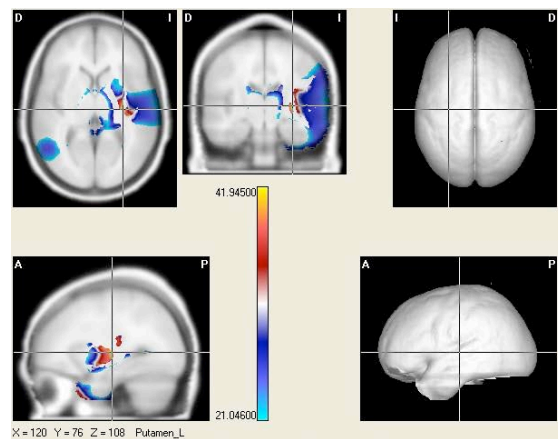
Figura 6.24. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2, de la solución LORETA entre estado C y E. < 0.001 = *.

F Vs H

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre F y H se proyectan en el tálamo derecho e izquierdo, el giro cingular medial derecho, el giro cingular posterior izquierdo, el giro parahippocampal derecho e izquierdo, el hipocampo derecho, el giro cingular posterior derecho e izquierdo, el hipocampo izquierdo, el núcleo caudado izquierdo y derecho, el giro temporal inferior derecho y el giro lingual.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XF	XH
Thalamus R		33,6060*	88	76	104	0,1768	0,1401
Thalamus L		33,0542*	92	76	104	0,1780	0,1398
Cingulum Mid R	23	29,9007*	88	104	132	0,4645	0,5211
Cingulum Post L	23	29,7069*	92	104	132	0,4644	0,5210
Parahippocampal R	36	27,3427*	68	40	100	0,2937	0,2258
Hippocampus R		25,5350*	64	48	96	0,2472	0,1837
Parahippocampal L	36	25,1019*	112	40	104	0,2855	0,2255
Cingulum Post R	26	25,0801*	88	96	132	0,2210	0,2551
Cingulum Post L	26	24,9491*	92	96	132	0,2204	0,2547
Hippocampus L		24,4812*	116	48	100	0,2757	0,2099
Caudate L		24,2740*	108	96	108	0,0042	0,0030
Temporal Inf R	20	21,8671*	36	52	140	0,4860	0,4323
Lingual L	18	21,7581*	104	72	156	0,6340	0,6722
Caudate R		23,4645*	72	96	104	0,0050	0,0042

Tabla 6.22. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado de imaginar la marcha (F) y el estado de imaginar la marcha tras ver el video (H). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.001 = *. XF: Media estado F. XH: Media condición H.



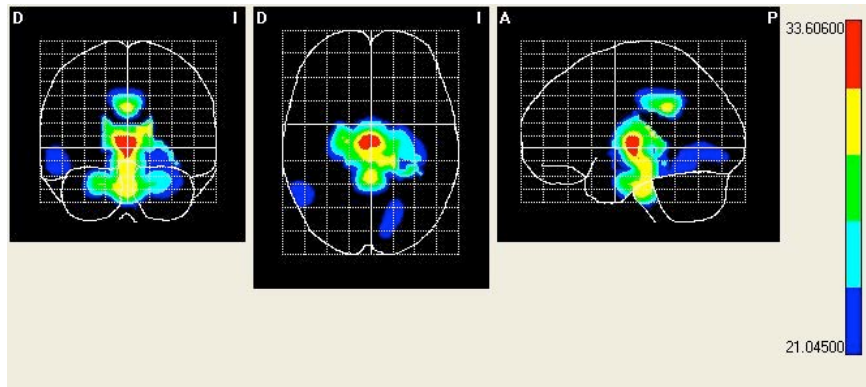


Figura 6.25. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2, de la solución LORETA entre estado F y H. $0.001 = *$.

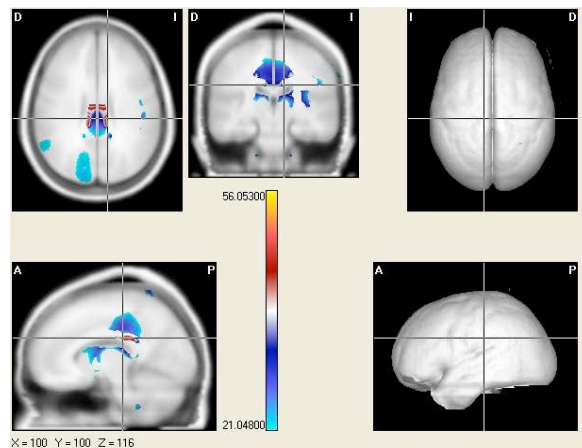
I Vs K

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre I y K se proyectan en el giro cingular medial izquierdo, el putamen izquierdo, la precuña izquierda, el giro parietal inferior izquierdo, el tálamo derecho e izquierdo, el hipocampo derecho, el núcleo caudado derecho, el giro poscentral izquierdo, el giro lingual derecho, el opérculo rolándico izquierdo, el área de Heschl izquierda, la cisura calcarina derecha, el núcleo caudado izquierdo, el giro temporal medial derecho, la cuña derecha, el giro angular derecho, el giro angular posterior izquierdo, la ínsula izquierda, la cisura calcarina izquierda, el giro cingular posterior derecho y el giro supramarginal izquierdo.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XI	XK
Cingulum Mid L		56,0530*	100	100	116	0,0149	0,0228
Cingulum Mid L		52,2593*	86	100	104	0,0092	0,0140
Putamen L		33,0431*	120	76	104	0,0046	0,0063
Precuneus L	5	30,3597*	104	148	148	0,1293	0,1638
Parietal Inf L	40	29,1317*	128	108	124	0,0607	0,1130
Thalamus R		28,7941*	72	84	120	0,0163	0,0179
Hippocampus R		27,2851*	72	80	124	0,0194	0,0222
Thalamus L		26,9746*	108	80	120	0,0246	0,0323

Caudate R		26,8450*	80	80	88	0,0092	0,0108
Postcentral L	3	26,6298*	128	108	112	0,0707	0,1199
Lingual R	18	25,9518*	80	72	160	0,5967	1,1391
Rolandic Oper L	48	25,6312*	124	88	120	0,0364	0,0336
Heschl L	48	25,2436*	124	84	116	0,0424	0,0495
Postcentral L	48	24,3699*	140	100	112	0,1239	0,1613
Calcarine R	17	23,6854*	80	72	180	0,9834	1,8313
Caudate L		23,6281*	100	80	84	0,0050	0,0080
Temporal Mid R	21	23,1702*	32	72	144	2,0782	0,9850
Cuneus R	18	23,1668*	84	92	164	0,8670	1,5163
Angular R	22	22,4244*	36	100	144	0,9192	0,7375
Cingulum Post L		21,9328*	96	100	132	0,1790	0,2965
Insula L	48	21,7686*	124	88	104	0,0608	0,0817
Calcarine L	17	21,6812*	96	84	152	0,6644	1,1081
Cingulum Post R		21,0567*	84	100	132	0,1806	0,3006
Supramarginal L	2	20,8509*	140	104	120	0,2352	0,3671

Tabla 6.23. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda alpha 2 entre el estado de imaginar hacer el pino (I) y el estado de imaginar hacer el pino tras ver el video (K). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.001 = *. XI: Media estado I. XK: Media condición K.



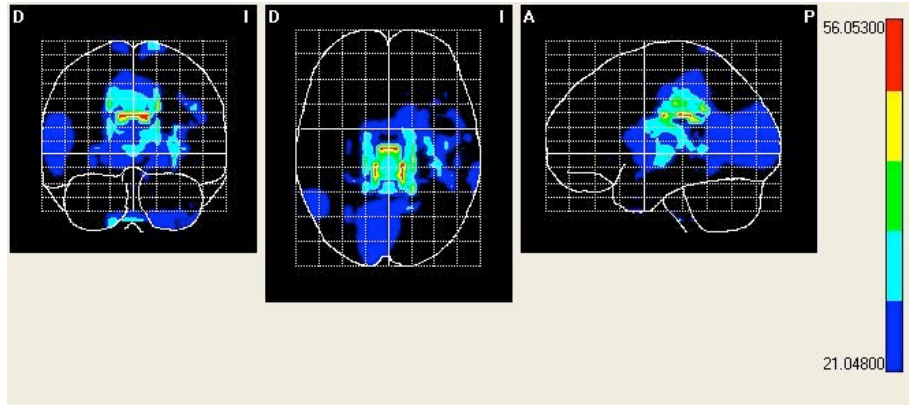


Figura 6.26. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda alpha 2, de la solución LORETA entre estado I y K. $< 0.001 = *$.

6.2.2.3. Beta

Los análisis de la T2 Hotelling dependiente LORETA entre el estado de imaginar realizar el paso de sedestación a bipedestación y viceversa (E), la marcha (F) o hacer el equilibrio sobre las manos (hacer el pino) (I) antes y después de ver el video correspondiente (E), (H), (K). En la banda beta exhibieron grados de libertad: 3.00000-40.00000. Valores para alpha 1 de: 0.05 (Valor crítico = 9.00550), 0.01 (Valor crítico = 13.71470) y 0.001 (Valor crítico = 21.04900). Los valores máximos entre: C vs E = 33.26700, F vs H = 35.92600, I vs K = 55.08400.

C Vs E

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre C y E se proyectan en el precuneus derecho e izquierdo, el giro occipital superior derecho, el cuneus derecho, el Precuneus izquierdo, la cuña derecha, el giro occipital superior derecho, el giro cingular posterior izquierdo, el giro parietal superior izquierdo, el área de Heschl izquierda, la cisura calcarina derecha, la ínsula izquierda, el putamen izquierdo y el giro temporal superior izquierdo.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XC	XE
Precuneus R	7	33,2670*	80	116	160	1,2082	1,2183
Precuneus L	7	32,6246*	88	116	160	1,2851	1,3184
Cuneus R	18	32,0236*	75	110	160	1,3484	1,1967

Precuneus L	7	31,2736*	88	116	152	1,1031	1,3057
Occipital Sup R	7	30,3239*	68	112	160	1,1106	0,9990
Cingulum Post L		27,5095*	92	105	144	0,9637	1,0441
Parietal Sup L	19	26,3366*	104	112	164	1,2970	1,2036
Cuneus R	23	25,9380*	84	92	152	1,5759	1,2387
Heschl L	48	25,5645*	124	80	116	0,0314	0,0378
Calcarine R	17	23,4470*	84	88	156	1,7161	1,2462
Insula L	48	23,3084*	124	92	116	0,0924	0,0824
Putamen L		21,5717*	116	84	92	0,0102	0,0105
Temporal Sup L	42	21,4895*	148	88	132	1,5923	1,5737

Tabla 6.24. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado de imaginar el paso se sedestación a bipedestación (C) y el estado de imaginarlo tras ver el video (E). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. $< 0.001 = *$. XC: Media estado C. XE: Media condición E.

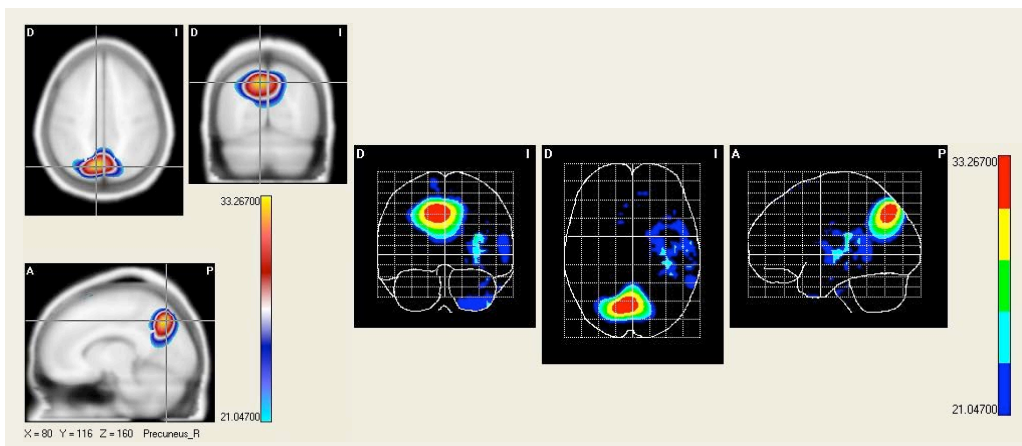


Figura 6.27. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado C y E. $< 0.001 = *$.

F Vs H

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre F y H se proyectan en el precuneus derecho e izquierdo, la cuña izquierda y derecha, la cisura calcarina derecha e izquierda, el giro occipital superior derecho, el giro frontal superior derecho, el giro frontal medio derecho e izquierdo, el giro temporal medio izquierdo, el giro temporal inferior izquierdo, el giro frontal medial orbitario derecho, el giro temporal superior izquierdo y el giro supramarginal izquierdo.

AAL	AB	T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
		Voxels MI	X	Y	Z	XF	XH
Precuneus R	7	44,2120*	84	104	156	1,6305	1,8114
Precuneus L	7	43,3245*	92	104	156	1,6975	1,9532
Cuneus L	23	43,0043*	91	97	156	1,7083	1,9136
Cuneus R	19	41,4627*	76	111	163	1,3425	1,4343
Calcarine R	18	40,5459*	96	92	160	1,5667	1,7623
Calcarine L	17	40,1779*	96	88	156	1,3915	1,5732
Occipital Sup R	7	35,8235*	68	112	164	1,0763	1,1180
Frontal Sup R	8	35,4874*	64	124	68	0,6166	0,8392
Occipital Sup L	18	34,3434*	68	104	164	1,0753	1,0670
Frontal Mid R	8	34,2640*	68	128	72	0,5279	0,6573
Frontal Mid L	9	28,4529*	108	108	60	0,0505	0,0387
Temporal Mid L	21	24,2428*	152	64	128	1,5550	0,4226
Temporal Inf L	20	22,4697*	148	56	132	1,1790	0,8355
Frontal Mid Orb R	47	22,3131*	48	64	44	0,1723	0,3183
Temporal Sup L	42	22,2408*	152	88	120	1,9084	1,1422
Supramarginal L	48	21,3979*	152	96	120	1,6475	1,0478

Tabla 6.25. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado de imaginar la marcha (F) y el estado de imaginar la marcha tras ver el video (H). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.001 = *. XF: Media estado F. XH: Media condición H.

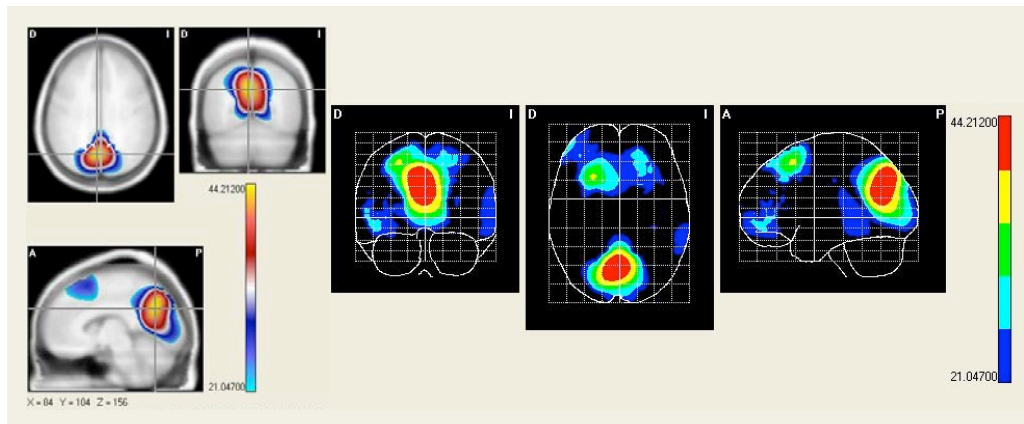


Figura 6.28. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado F y H. $< 0.001 = *$.

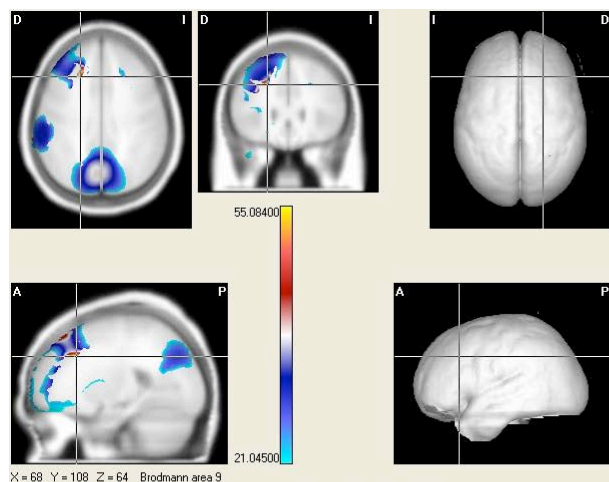
I Vs K

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre I y K se proyectan en el giro frontal medio derecho, giro frontal superior derecho, giro frontal inferior triangular derecho, cuña izquierda y derecha, cisura calcarina izquierda y derecha, precuneus derecho, el giro cingular posterior izquierdo, giro frontal superior derecho, giro frontal medio derecho, giro supramarginal derecho, giro frontal medial orbitario derecho, el giro lingual derecho, el giro temporal superior derecho, el giro temporal medio derecho, el giro precentral derecho, el giro poscentral derecho, el núcleo caudado derecho, el putamen derecho, el giro insular izquierdo y el área de Heschl izquierdo.

		T ² Hotelling	Coordenadas			Voxels MI	
AAL	AB	Voxels MI	X	Y	Z	XI	XK
Frontal Mid R	9	55,0840*	68	108	64	0,0314	0,0729
Frontal Sup R	9	53,9887*	68	108	62	0,0354	0,0843
Frontal Inf Tri R	48	43,4687*	60	100	64	0,0362	0,1039
Cuneus L	18	40,7079*	88	92	160	2,0734	2,2324
Calcarine L	18	40,5748*	88	88	160	2,0213	2,1395
Cuneus R	23	40,3758*	86	92	158	1,9439	2,0674
Calcarine R	17	39,8547*	84	80	168	1,8312	1,9504
Precuneus R	7	38,8409*	84	108	160	1,7364	1,9674
Cingulum Post L	23	32,4182*	92	104	144	1,0839	1,1942

Frontal Sup R	8	30,6593*	76	128	60	0,5409	0,7675
Frontal Mid R	46	30,3625*	56	104	64	0,1149	0,3212
Supramarginal R	48	30,1946*	32	96	128	2,3861	1,8726
Frontal Mid Orb R	47	29,5399*	48	60	40	0,2153	0,0954
Lingual R	18	28,0736*	80	60	180	0,8870	1,1182
Temporal Sup R	42	27,1033*	32	88	128	2,7333	2,2178
Frontal Mid Orb R	11	25,4037*	60	56	36	0,1366	0,0752
Temporal Mid R	22	24,8087*	32	80	132	2,3752	2,1494
Precentral R	4	24,1932*	44	120	108	0,8632	0,8272
Postcentral R	3	23,0183*	40	120	112	1,0589	0,9544
Precentral R	6	22,2406*	48	120	104	0,5834	0,6002
Caudate R		21,8445*	72	80	72	0,0152	0,0103
Putamen R		21,2364*	64	84	92	0,0233	0,0114
Insula L	48	20,8255*	124	92	116	0,1062	0,0947
Heschl L	48	20,0097*	124	84	116	0,1266	0,1145

Tabla 6.26. Media y diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones LORETA en banda beta entre el estado de imaginar hacer el pino (I) y el estado de imaginar hacer el pino tras ver el video (K). AAL: Anatomical label corresponding to probabilistic MRI atlas of Montreal (PMA). AB: Áreas de Brodmann. MI: Máxima Intensidad. T2 de Hotelling: Value of pick within significantly activated cluster of voxels. < 0.001 = *. XI: Media estado I. XK: Media condición K.



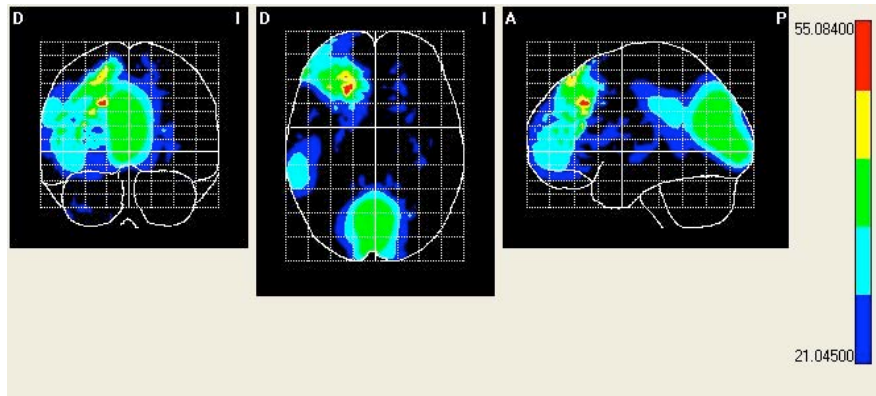


Figura 6.29. Vista horizontal coronal y medio sagital de las diferencias significativas en la banda beta, de la solución LORETA entre estado I y K. $< 0.001 = *$.

6.3. ANÁLISIS

6.3.1. Análisis de las medias.

Hemos podido observar en el análisis de los mapas estadísticos de la media de los generadores de actividad en las bandas alpha y beta, que presentan actividad eléctrica en áreas que ya presuponíamos iban a estar activas, dado que se estaban realizando tareas con los ojos abiertos, por lo que podíamos suponer que las áreas encargadas del procesamiento visual, así como de la recepción de dicha información tendrían un papel protagonista. Pero no deja de ser sorprendente que aún siendo importantes no son las únicas, dado que queda expuesta de manera manifiesta la actividad global del encéfalo en tareas como imaginar, realizar un movimiento, observar un acto motor coordinado complejo de los propuestos en nuestro estudio o simplemente estar en vigilia con los ojos abiertos o cerrados. Esto nos muestra que el cerebro se activa prácticamente en su totalidad ante cualquier estímulo que reciba, dado que se produce una integración de todos los ámbitos de la percepción, aunque si existen regiones con actividad más específica.

Ante el propósito de desenmascarar cómo nuestro cerebro puede procesar la información analizamos los datos obtenidos.

Cuando analizamos las tres bandas en una visión global vemos como la banda categorizada como alpha 1 muestra en la condición A una activación con predominio bilateral, aunque se observa un aumento de la actividad en el hemisferio derecho, aspecto este último que se mantiene en las bandas alpha 2 y beta, aunque en esta última su actividad es totalmente unilateral. Pierde en la banda beta la máxima actividad el lóbulo occipital en detrimento del lóbulo temporal.

La concentración de dicha actividad se localiza en el lóbulo occipital, cuestión importante teniendo en cuenta que los sujetos en dicha condición estaban con los ojos cerrados, pero aún así se siguen activando las áreas visuales, además de áreas como las situadas en el lóbulo parietal o frontal que colaboran en la preparación o la realización de un movimiento.

Cuando los sujetos estaban con los ojos abiertos, sin hacer otra actividad que mirar el monitor, donde no aparecía ningún estímulo de ninguna orden, se extendió la activación a la totalidad de la corteza cerebral siendo especialmente importante en la banda alpha 1, con carácter bilateral, mostrando ciertas áreas con especial activación, como hemos enumerado en el apartado b) de la página 124. Menor es la actividad en la banda alpha 2 y vuelve a ser más focalizada en el hemisferio cortical derecho, volviendo a presentar unos picos de actividad mayores en las áreas temporales.

Si empezamos a comentar las condiciones experimentales desde una perspectiva global podemos afirmar que las actividades corticales relacionadas con imaginar movimientos complejos no tienen un patrón común para todos ellos, ya que no se observa un patrón igual si imaginamos que nos levantamos de la silla, andamos o hacemos el pino, siendo cada uno de ellos un gesto motor que requiere de áreas específicas, dado que algunos actos motores poseen un control voluntario y otros tienen componentes automáticos. Por este mismo motivo podemos observar como la imaginación de la marcha en la banda alpha 1 presenta una menor activación en las regiones frontales, si lo comparamos con las condiciones C e I. En la banda alpha 2 en cambio esta falta de activación del lóbulo frontal nos la encontramos cuando imaginamos hacer el pino, movimiento que puede no estar en los recuerdos motrices de los sujetos y que no es inmediato el reclutamiento de los mismos. Esta tendencia de disminución de la actividad cortical global se acentúa en la banda beta donde observamos patrones similares en las condiciones C e I, con campos de actividad muy similares. También vemos que en esta banda beta se produce una obtención de mayor simetría entre los dos hemisferios, dado que en las bandas alpha existía mayor actividad en el hemisferio derecho.

Si seguimos con el ámbito de la imaginación y comparamos qué sucede en este proceso antes y después de la incorporación de la observación de un video, podemos ver como existen actividades muy parecidas pero con diferencias significativas, como veremos en el apartado siguiente. Es importante observar que la imaginación de cada movimiento posee un patrón de activación, ya que si

prestamos atención a las condiciones F y H en la banda alpha 1 (Fig. 6.1.), alpha 2 (Fig. 6.2.) o beta (Fig. 6.3) en líneas generales presentan mapas muy parecidos, lo que nos hace pensar que existen patrones en el procesamiento de la información y su almacenamiento en los ámbitos de la memoria motriz.

Atendiendo a las áreas de máxima actividad en las condiciones en las que se imaginan los movimientos tras ver el video aparecen coincidencias vinculadas con las áreas visuales, al verse unos niveles altos en la cisura calcarina en las condiciones H y K de las bandas alpha 2 y beta.

En cuanto a las actividades corticales proyectadas mientras se visiona un video podemos observar como los resultados son más parecidos entre las tres condiciones estudiadas (D, G y J). Podemos ver como el área temporal derecha se activa en la banda beta durante las tres condiciones, presentando un número de voxels similar en los puntos de máxima activación. Este hecho también sucede en la banda alpha 1, donde presenta una actividad similar en la cisura calcarina, aunque en esta banda se observan mayores diferencias en cuestiones de lateralidad, dado que en la condición J podemos ver como las áreas de mayor activación son del hemisferio izquierdo, mientras que en las condiciones D y G predominan las áreas del hemisferio contrario. Atendiendo a estas coincidencias observamos una en la banda alpha 1, en el opérculo rolándico, en las tres condiciones aunque sólo es el área de máxima energía en la G.

Cuando analizamos las tres bandas buscando coincidencias en las áreas de activación podemos ver que existen similitudes en la activación en prácticamente la totalidad de las condiciones en las áreas del lóbulo temporal, aunque variando los componentes de lateralidad. Si centramos nuestra atención a las áreas implicadas en el sistema de neuronas espejo podemos observar como en las regiones del giro frontal inferior presentan actividad en las condiciones EB y D, en la banda alpha 1 y en la condición A en las bandas alpha 2 y beta. Existe mayor ámbito de activación en el lóbulo parietal inferior, ya que salvo las condiciones F, H y K todas presentan valores destacados en las dos bandas alpha, del mismo modo que en el parietal superior son las condiciones A, D y J en la banda alpha 1 y en la banda beta la J.

La activación de los giros del lóbulo frontal presentan especial activación en la banda alpha 1 en las condiciones EB, D, G, I y J, en la banda alpha 2 en las condiciones A y D y en la banda beta en la A. También la activación en la corteza poscentral presenta una importante actividad en la banda alpha 1 en las condiciones EB, C, D, E, I, J y K y en las condiciones D y J, en la banda beta.

Importante función en el MNS posee el giro supramarginal, observando que los generadores de la actividad alpha 1 están presentes en las condiciones A, EB, C, I y J, en la banda alpha 2 en EB, G y J y por último en las condiciones A, C, D, E, F y J en la banda beta.

Del mismo modo en el lóbulo de la ínsula, no considerado explícitamente componente del MNS, pero que aporta el componente emocional al mismo, presenta una actividad en la banda alpha 1 en las condiciones EB, D y G, en alpha 2 en A y D y en la banda beta en la condición J.

En último lugar caben destacar similitudes en la activación en áreas especialmente importantes en el proceso de la elaboración de los componentes motores, como son el giro poscentral, el giro precentral y el opérculo rolándico, donde en los mapas de medias hemos podido ver coincidencias entre las diversas condiciones.

En primer lugar vemos que en el giro poscentral predomina la actividad alpha, viendo que existe en todas las condiciones menos en la F, G y H en la banda alpha 1, mientras que en alpha 2 aparece en D y J.

En segundo lugar en el giro precentral también predomina la actividad alpha, coincidiendo los datos de alpha 2 con el giro poscentral, pero en alpha 1 observamos mayores activaciones en EB, E, G, I y J.

Por último destacamos que en el opérculo rolándico se producen proyecciones de la energía en todas las condiciones salvo la E. En la banda alpha 1 observamos actividad cerebral en las condiciones EB, D, G, H, I y J, mientras que en alpha 2 en C y D y en la banda beta en A, C, D, F, J, I y K.

Todos estos datos, unidos a los proporcionados por las diferencias significativas nos dan información descriptiva de lo que sucede en nuestra corteza ante estímulos como los que hemos propuesto en este estudio, que completamos con el desarrollo del análisis de los datos obtenidos en dichas pruebas estadísticas en el siguiente punto de este capítulo.

6.3.2. Análisis de las diferencias significativas

Realizamos un análisis de los datos obtenidos, en primer lugar con la aplicación del test estadístico T2 de Hotteling para muestras dependientes, con el fin de determinar las áreas funcionales en los supuestos descritos en el apartado 6.2.1. del presente capítulo y así obtener la descripción de las áreas implicadas en las condiciones a estudio. En segundo lugar analizamos los valores obtenidos por el test estadístico T2 de Hotteling para muestras dependientes, buscando determinar las regiones encefálicas que experimentan un cambio de activación en el proceso de visionado de los diferentes videos propuestos.

Por último prestamos especial atención a las áreas pertenecientes al MNS, observando sus niveles de proyección de energía en las diferentes condiciones y bandas estudiadas.

6.3.2.1. Análisis T2 Hotelling dependiente LORETA

Siguiendo la misma secuencia del punto 6.2.1. analizamos en primer lugar los datos según las bandas estudiadas, en segundo lugar mostramos la tabla 6.27. donde se ven las bandas y las condiciones donde se produce la activación en el MNS y por último establecemos las relaciones existentes en las tres bandas de las condiciones experimentales.

6.3.2.1.1. Alpha 1

Cuando registramos y analizamos los valores de las condiciones **EB** y **A** pudimos cerciorarnos que las áreas que presentaban mayor activación eran aquellas que participaban en los procesos de la información visual, focalizándose en las estructuras anatómicas pertenecientes al AB 19, sirviéndonos este hallazgo para verificar y comprobar que las diferencias significativas objetivaban la presencia de las áreas encargadas de la visión, dado que estábamos comparando a los sujetos cuando tenían los ojos cerrados y cuando estaban con los ojos abiertos.

Del mismo modo la activación del AB 39, cuya función relacionada con la visión es la focalización de la atención y el procesamiento viso-espacial, concretamente en el hemisferio derecho, estaba activada con una significancia predominante en la condición EB.

En los análisis realizados entre el estado basal con ojos abiertos y las condiciones C, D, E y H no se encontraron diferencias significativas, aunque cada condición presentara una activación que hemos podido analizar en los análisis de las medias.

Entre las condiciones **EB** y **F** se hallaron unas diferencias significativas extremadamente concretas, observando como se producía una activación mayor en la condición F en el área 18, que nos indica que se produce una activación de

esta área por la detección de patrones visuales, a través de una imagen visual mental, que activa principalmente el hemisferio izquierdo.

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre **EB** y **G** muestran que el AB 9 participa en el procesamiento del visionado del video de la marcha, aspecto muy interesante, ya que esta área participa en redes corticales que rigen las funciones ejecutivas y toman partido en la recuperación de la memoria, participa en los razonamientos deductivos, para la comprensión del gesto que está observando, además de intervenir también en el reconocimiento de la intención de los demás.

También se observan diferencias significativas en el AB 11 y en el giro cingular anterior, lo cual nos muestra que se produce entre las áreas frontales una conexión y una activación bilateral.

Observamos en el análisis que aparece una proyección en las condiciones **EB e I** en el AB 19, área encargada de los procesos de información visual, pero también implicada en la detección de patrones, ya que el sujeto tiene que recurrir a la memoria motora para reclutar los movimientos que cree que debe hacer, viéndose a si mismo haciendo el gesto de hacer el pino o viendo a otros haciendo ese gesto.

Si la condición que comparamos con el **EB** es el visionado de un video (**J**) de una persona haciendo el pino, además de ser un movimiento complejo y no realizarse del modo habitual al que los sujetos lo han realizado normalmente, ya que no se emplea la ayuda de una pared o superficie para el apoyo de los pies sino que se realiza con apoyo de las dos manos y la cabeza, como se puede observar en la secuencia de movimientos presente en el Anexo II, se activan las áreas 9 y 46.

El AB 9 también participa en el control de la conducta, la recuperación de la memoria, como hemos comentado anteriormente y la memoria espacial, presente durante la observación de un movimiento coordinado de dificultad manifiesta. Además el AB 46, que participa en la integración asociativa prefrontal, también toma parte en los procedimientos de codificación y reconocimiento desde la propia memoria y se engloba dentro de las áreas con características en espejo, siendo englobadas en el MNS.

Para terminar con los análisis de alpha 1 se compararon **EB** y **K**, obteniendo diferencias significativas en áreas como AB 18 y AB 19, implicadas como hemos visto en los párrafos anteriores en la detección de patrones visuales, a través de una imagen visual mental, que activa normalmente el AB 18 del hemisferio izquierdo, aunque en este caso aparece una actividad bilateral más clara, con mayor descarga de energía en el hemisferio derecho. Además se produce una activación bilateral del cerebelo, manteniendo el aumento de descarga en el lado derecho, al igual que en el nivel cortical. Por todos es sabido la función del cerebelo en la coordinación de los movimientos y su función en la búsqueda de la precisión en los mismos, aspecto importantísimo a la hora de poder imaginar como realizar un movimiento siguiendo el patrón que ha visto antes en el video.

6.3.2.1.2. Alpha 2

Al analizar todas las bandas se obtuvieron sólo diferencias significativas en cuatro de las condiciones que analizamos con el estado basal con ojos abiertos (EB).

El análisis de las condiciones **EB** y **A** determinó una actividad en el hemisferio izquierdo, presentando mayor número de voxels en la condición **A**, mostrando que las áreas visuales presentaban diferencias significativas entre dichas condiciones, concretamente la corteza visual primaria (AB 17) y las áreas secundarias (AB 18 y AB 19).

El AB 17 participa en los procesos de información visual, como detectar patrones, junto a las otras dos áreas y la atención visual.

Cuando analizamos las condiciones **EB** y **H** se pudo comprobar como las diferencias significativas las encontramos en el lóbulo frontal del hemisferio derecho, destacando una actividad máxima en el AB 46, que participa en la integración asociativa prefrontal y que está englobada dentro de sistema de neuronas espejo, además de intervenir en el control ejecutivo de la conducta.

El AB 10, que es el área más anterior del lóbulo frontal tiene como funciones en el hemisferio derecho la planificación, que a todos nos es muy familiar y lo realizamos de manera cotidiana y con localización bilateral además del reconocimiento de la intención de los demás (muy relacionado con el MNS). Además la aparición del AB 45, integrante del sistema de neuronas espejo nos muestra como el visionado del video condiciona una respuesta en esa área, ya que cuando se valoraron las condiciones EB y F no se encontraron diferencias significativas.

El AB 38, que participa en la integración asociativa límbica, atribuye las intenciones de los demás en los actos que observa, siendo ésta también una función muy próxima al MNS.

Las diferencias significativas de las soluciones LORETA entre **EB** e **I**, presentan un valor mayor en la media del estado basal de la condición EB respecto a la condición I. De igual modo exponemos brevemente que los hallazgos en cuanto a las áreas marcadas en la tabla 6.9. nos encontramos con localizaciones frontales en su porción ventral (AB 25), que presenta una función totalmente ajena al comportamiento motor o la preparación del mismo. Este aspecto cambia radicalmente cuando observamos como áreas participantes en el MNS, como AB 44, AB 45 y AB 46 aparecen dentro de las áreas determinadas por el test estadístico. Cabe destacar de igual modo la presencia del área 6, que interviene en la secuenciación motora y su planificación, así como la coordinación entre los miembros, con un papel en el aprendizaje motor. Como aspecto importante en la condición de imaginar estar haciendo el pino, también vemos como este AB 6 participa en el inicio de un movimiento, así como la preparación del mismo, incluso imaginando dicho movimiento.

Por último dentro de la banda alpha 2 cuando valoramos las diferencias significativas entre **EB y K**, y observamos la actividad de áreas como el AB 18 y el AB 19, siendo esta última la única que presenta un mayor número de voxels en la media de la condición K, volviéndose a activar esta área por su función en la detección de los patrones.

También podemos ver que el área 18 y el cerebelo presentan actividades destacables, mostrando de nuevo que ante la imaginación de un movimiento complejo como es el imaginar hacer el pino se activan estructuras que poseen la función de coordinar los actos motores.

6.3.2.1.3. Beta

En los análisis realizados entre el estado basal con ojos abiertos y diez condiciones experimentales observamos que aparecen diferencias significativas en las condiciones A, F, G, H, I, J y K, aunque el resto de condiciones presenta una activación que hemos podido analizar en los análisis de las medias.

Comenzando con el análisis de las diferencias significativas de las condiciones **EB y A**, destacamos como en las bandas alpha el predominio de las actividades en el lóbulo occipital tiene un carácter unilateral dado que la actividad se concentra en el hemisferio derecho del AB 39, encargada del procesamiento viso-espacial, dado que comparamos la condición de ojos abiertos con la de ojos cerrados. Del mismo modo aparece una actividad mayor en voxels en el estado basal EB en el AB 11, área que participa en la integración asociativa prefrontal, en el AB 27, englobada dentro de las áreas hipocampales y que posee una activación al poseer una función ante las demandas de procesamiento visual y de discriminación, al igual que el AB 20, encargada entre otras funciones de la fijación visual.

Cuando valoramos las diferencias significativas entre **EB y F** observamos que aparece un solo área, el AB 40, región perteneciente al MNS. Vemos como esta activación se produce cuando está imaginando la marcha, dado que esta área está encargada del recuerdo consciente de los acontecimientos que ha experimentado previamente, además de transformar la información viso-motora en una planificación del movimiento.

Mayor cantidad de diferencias significativas encontramos cuando comparamos **EB y G**, donde aparece una activación bilateral, aunque destaca que todas las áreas que poseen un número mayor de voxels en la condición G están situadas en el hemisferio izquierdo.

El área con una mayor actividad vemos que es el AB 40, que como hemos desarrollado anteriormente está englobada dentro del MNS, poseyendo una participación en la orientación espacial con el fin de poder comprender el movimiento observado en el video y así poder realizar un control sobre la ejecución de la conducta observada. Esta área además está encargada de generar una respuesta tras un movimiento realizado, que en este caso está siendo hecho

por la modelo que aparece en el video, viéndose una activación como si el explorado estuviera activando esa misma área ejecutiva.

El AB 48 muestra también diferencias significativas en la condición G. Esta área, encargada de la memoria, nos muestra con su activación que al observar un video donde se está realizando un movimiento conocido recupera las imágenes presentes en la memoria, recurriendo a la memoria de reconocimiento, la memoria de recuerdo y de recuperación, observando que además se activa en ambos hemisferios, hecho que sucede cuando se retoman hechos del pasado. También esta área se encarga de rememorar aquellos episodios relacionados con la tarea que realizamos u observamos como en este caso, gracias a la función del hipocampo.

También podemos ver como se aprecian diferencias significativas en áreas temporales, concretamente en el AB 42 y AB 22, teniendo estas áreas funciones en el procesamiento de la audición (AB 42) y del lenguaje (AB 22), por lo que no tienen un protagonismo manifiesto en el ámbito en el que estamos realizando nuestro estudio; pero la actividad en este lóbulo también aparece en el AB 21, que participa en la observación del movimiento, así como en la atribución de intenciones a los demás. Estas áreas comparten aspectos con el MNS.

Clara está también la participación del AB 4, que aparece con un mayor número de voxels en el EB, pero que debemos destacar su aparición en las diferencias significativas, dado que es un área involucrada en la ejecución del movimiento. Al observar el video de la marcha se activan funciones como el aprendizaje de una secuencia motora y el control de una tarea rítmica como es la marcha, además de presentar un control sobre los movimientos en la extremidad inferior, aún sin realizarse expresamente. La actividad de las AB 1 y 3 nos confirman el papel motor de la activación ante un aprendizaje de un movimiento, como parte integrante del MNS, necesitando aportes de la propia memoria de reconocimiento y de recuperación aportados por el AB 48, con un papel especial de dos regiones anatómicas como son el opérculo rolándico, también vinculado con el área 44 y la ínsula, que en algunos estudios aparece con propiedades en espejo.

A continuación observamos las diferencias significativas entre **EB** y **H**, observando como imaginar la marcha después de haber visto un video como modelo de patrón motor activa áreas puramente motoras, con predominio en el hemisferio izquierdo, pero percibiéndose actividad cortical en ambos.

Destaca que la áreas con máxima intensidad corresponden a áreas específicas del MNS, viendo como el AB 4 tiene un papel vital en la ejecución del movimiento, así como en la imaginación motora, incluyendo las funciones descritas anteriormente en el análisis de la banda beta entre las condiciones EB y G.

Las áreas AB 3, AB 1 y AB 2, sitúan su activación en el giro poscentral, en el giro parietal superior y en el giro parietal inferior respectivamente, presentan un papel principal en el aprendizaje motor, perteneciendo al MNS como parte de sus funciones explícitas. Cabe destacar del mismo modo al AB 6, con una labor en la imaginación de los movimientos, así como la planificación y la secuenciación

de los mismos; actividad especialmente intensa tras haber podido contemplar un patrón de movimiento como la marcha, en la condición H. Estas áreas están complementadas con la función de la AB 5, que también posee propiedades en espejo y que proporcionan una imagen motora. Esta área además experimenta un aumento de su intensidad al activarse con el proceso de la atención viso-motora. No podemos tampoco olvidar la activación del AB 44, considerada por los descubridores del MNS como el homólogo del área F5 del mono, que además de tener responsabilidades funcionales en el lenguaje, participa de manera importante en el MNS, aún no siendo la única región que lo compone, como estamos comprobando en todo nuestro trabajo.

Además también tenemos como diferencias significativas áreas que presentan un valor de la media mayor en el estado basal, que engloban áreas responsables en el procesamiento de la memoria, al activarse cuando se realiza la imaginación del movimiento (AB 28, 35, 36) así como su almacenamiento en el hipocampo, al igual que en el procesamiento visual al estar con los ojos abiertos e imaginando el movimiento (AB 20). Por último aparece una activación del AB 43 y de la ínsula, esta última con propiedades en espejo.

Si pasamos a analizar las condiciones **EB e I**, observamos de nuevo que las máximas intensidades las tenemos en las áreas pertenecientes al MNS del hemisferio izquierdo, en primer lugar en el AB 40 donde están situados los recuerdos conscientes de hechos y movimientos que han sido experimentados previamente, al igual que sucede en el AB 7 que es una de las áreas encargadas de la planificación motora.

Las áreas AB 2 y AB 3, observamos que poseen un papel principal en el aprendizaje motor, además de pertenecer al MNS. También dentro de las áreas que presentan diferencias significativas vemos que está también el AB 6, con una labor en la imaginación de los movimientos, así como la planificación y la secuenciación de los mismos, viendo por tanto de nuevo su labor en una tarea de imaginación de un movimiento complejo.

Se incluye dentro de las áreas activadas el AB 4, perteneciente al MNS y que interviene en la ejecución de los movimientos y en la imaginación motora.

La única área presente en el hemisferio derecho es el AB 22, pero presenta un mayor número de voxels en el EB, estando vinculada su actividad al procesamiento del lenguaje.

Las diferencias significativas de las condiciones **EB y J** nos enseñan una actividad unilateral, en el hemisferio derecho, donde observamos como el número de voxels en la condición J es mayor en el AB 18, área perteneciente al lóbulo occipital y con una función en los procesos de la información visual y encargada también de la detección de patrones de movimiento, al observar el video de un gesto motor complejo.

El resto de áreas pertenecen a los procesos visuales (AB 19), viso-espaciales (AB 39) o la rememoración de acontecimientos previamente experimentados desde el punto de vista motor (AB 7).

En último lugar dentro de las diferencias significativas dependientes en la banda beta observamos que cuando comparamos las condiciones **EB** y **K** obtenemos todos los valores en un margen muy pequeño, con diferencias mínimas entre ambas condiciones, pero decantándose todas hacia la condición EB. De igual modo debemos destacar que las intensidades máximas vuelven a situarse en áreas pertenecientes al MNS, concretamente en las AB 2, AB 48, AB 4 y AB 3, con todas sus funciones descritas en los apartados anteriores, así como también aparece la actividad en el AB 6, vinculada con la memoria de recuerdo, de recuperación de dichos recuerdos y también vinculada con una visión del futuro, cuando se produce una activación del hemisferio derecho únicamente como es el caso que nos ocupa.

En segundo lugar, dentro del análisis de las diferencias significativas dependientes mostramos una tabla con las tres bandas en las que se muestran coloreadas las casillas que muestran las áreas vinculadas con el MNS en el análisis de las condiciones del estado basal con ojos abiertos (EB) y las condiciones que figuran en la segunda fila de dicha tabla, sólo apareciendo aquellas que mostraron diferencias significativas.

AB	Alpha 1						Alpha 2				Beta						
	A	F	G	I	J	K	A	H	I	K	A	F	G	H	I	J	K
1													Yellow	Blue			
2														Blue	Blue		Blue
3													Yellow	Blue	Blue		Blue
4													Yellow	Blue	Blue		Blue
6									Yellow					Blue	Blue		Blue
21													Blue				
38								Yellow									
40												Blue	Blue		Blue		
43													Yellow	Yellow			
44									Yellow					Blue			
45								Yellow	Yellow								
46					Blue			Blue	Yellow								
48									Yellow				Blue	Yellow			Blue

Tabla 6.27. Diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones de LORETA entre el estado basal (EB) y las condiciones experimentales en las áreas relacionadas con el sistema de neuronas espejo (MNS). AB: Áreas de Brodmann. Color amarillo: Áreas activadas con máximas intensidades en los valores medios de EB. Color azul: Áreas activadas con máximas intensidades en los valores de la media de la condición.

Podemos observar como la mayor actividad observada se produce en la banda beta y en las condiciones relacionadas con la imaginación de los movimientos de la marcha y del movimiento de hacer el pino, así como el visionado del video de la marcha, mientras ver el video de la modelo haciendo el pino produce una activación en la banda alpha 1 en las áreas del MNS.

No existen coincidencias de las mismas áreas respecto a las condiciones experimentales, además de ver que la activación del MNS es mayor en la banda beta que en la alpha.

Si nos centramos en las condiciones que activan mayor cantidad de áreas del MNS observamos que son la condición H (imaginar la marcha tras haber visto un video de una persona andando), la condición I (imaginar que está haciendo el pino) y la condición K (imaginar que está haciendo el pino tras ver el video de una persona haciendo ese movimiento).

También destacamos la actividad en la condición F (imaginar que está andando) y cómo aumenta ésta en la condición G (ver el video de una persona andando).

En tercer lugar mostramos la tabla 6.28. donde aparecen sombreadas las casillas correspondientes a las áreas que muestran diferencias significativas, para así poder tener una visión global de las similitudes y diferencias entre las tres bandas.

A primera vista podemos observar que existen más diferencias significativas en la banda beta, seguida de la banda alpha 1 y en último lugar la banda alpha 2. No existe un patrón común para todas las bandas, observando que las AB 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 presentan sólo una actividad beta, atendiendo a las diferencias significativas. Del mismo modo las AB 9, 10, 11, 17, 18 y 19 tienen un predominio en la banda alpha 1, volviendo a tener de nuevo más actividad beta las AB 20, 21 y 22.

Si continuamos esta descripción podemos observar que las AB 25, 27, 28, 34, 35 y 36 presentan una similitud en el grado de activación respecto a las bandas alpha 2 y beta, aspecto que entre las AB 37, 38 y 39 se produce entre la banda alpha 1 y beta.

Cuando hablamos de las AB 40, 42, 43 y 44 observamos una activación casi exclusiva de la banda beta, cambiando la misma en las AB 45, 46 y 47 a las bandas alpha 2 y alpha 1, terminando con una activación del AB 48 en la banda beta.

Si atendemos a las relaciones entre las condiciones y las bandas, podemos observar como no existen coincidencias en las áreas activadas, a excepción de las áreas visuales al estar en todas las bandas presentes, viendo como las condiciones que activan más regiones corticales son la I y la K, que tienen una activación en las tres bandas, aunque la condición H es la que presenta mayor cantidad de áreas activadas ante el estímulo experimental.

Sirva como resumen gráfico la siguiente tabla

AB	Alpha 1						Alpha 2				Beta						
	A	F	G	I	J	K	A	H	I	K	A	F	G	H	I	J	K
1													Y	B			
2														B	B		Y
3													Y	B	B		Y
4													Y	B	B		Y
5														B			
6									Y					B	B		Y
7															B	Y	
9			B		B												
10								B									
11			Y					Y	Y			Y					
17	Y						B										
18		B					B			Y						B	
19	B			B			B			B	B					Y	
20											Y		Y	Y			
21													B				
22															Y		
25									Y								
27										Y							
28										Y			Y				
34										Y			Y				
35										Y			Y				
36													Y	Y			
37	Y										B						
38								Y									
39	B										Y					Y	
40												B	B	B	B		
42													B				
43													Y	Y			
44										Y			B				
45									Y	Y							
46					B			B	Y								
47					B			Y									
48									Y				B	Y			Y

Tabla 6.28. Diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones de LORETA entre el estado basal (EB) y las condiciones experimentales. AB: Áreas de Brodmann. Color amarillo: Áreas activadas con máximas intensidades en los valores medios de EB. Color azul: Áreas activadas con máximas intensidades en los valores de la media de la condición.

6.3.2.2. *Análisis T2 Hotelling dependiente LORETA*

Por último analizamos los datos obtenidos del análisis de las condiciones relacionadas con la imitación, comparando qué diferencias significativas aparecen entre las condiciones de imaginarse un movimiento antes y después de ver un video donde se realiza ese movimiento imaginado. Variamos el esquema de los puntos anteriores, por lo que en primer lugar analizaremos los datos según las condiciones estudiadas en las tres bandas, en segundo lugar mostramos la tabla 6.29. donde mostramos las bandas y las condiciones donde se produce la activación en el MNS y por último insertamos la tabla 6.30. como cuadro resumen.

6.3.2.2.1. C Vs E

En primer lugar valoramos las diferencias significativas entre las condiciones C (imaginar que uno se está levantando y sentando) y E (imaginar la misma acción después de ver un video de una persona haciendo ese movimiento).

Se observa que las diferencias se proyectan de modo bilateral, aunque el mapa de activación proyecta áreas de máximas intensidades en mayor cantidad en el hemisferio izquierdo.

Observamos que existen diferencias significativas en el AB 6 (banda alpha 1), área encargada de la secuenciación y planificación motora, del aprendizaje motor, así como de la preparación al movimiento, del procesamiento del movimiento imaginado y la imaginación motora. Esta área pertenece al MNS, al igual que el AB 4, que también muestra diferencias significativas en la banda alpha 1 y que realiza labores también en la imaginación motora, en el aprendizaje de secuencias motoras y en la percepción cinestésica de los movimientos de los miembros. También en las bandas alpha vemos como las áreas 3 y 2 encargadas del aprendizaje motor y que son parte del MNS presentan una activación bilateral en el giro poscentral y en el giro supramarginal y poscentral, acompañada del área motora suplementaria izquierda (AB 23), que interviene en el aprendizaje de una habilidad motora compleja, como es el movimiento del paso de sedestación a bipedestación, aunque lo hagamos normalmente con relativa facilidad, pero es un movimiento coordinado complejo. Esta última área sólo presenta esta actividad en la banda alpha 1.

Existen también diferencias significativas en el AB 11, en la banda alpha 1, que participa en la integración asociativa prefrontal y en el AB 8, que posee como funciones la imaginación motora, el control motor y el aprendizaje y la planificación del movimiento. Dicho papel en el que interviene también el núcleo caudado, activo en la banda alpha 1, aún no siendo una estructura cortical tiene una función importante en la motricidad, formando parte de los núcleos basales, del mismo modo que el putamen, encargado entre otras funciones de coordinar los movimientos automáticos y el globo pálido, en las bandas alpha 2 y beta.

Recientes estudios de neuroimagen en humanos sugieren que el MNS sirve para la observación y la ejecución de acciones de acuerdo a las circunstancias, adaptándose al entorno (673). Los núcleos basales se han considerado durante mucho tiempo íntimamente relacionados con la facilitación e inhibición de los programas motores que conducen a la selección adecuada y ejecución de los movimientos y comportamientos (674). Además los núcleos subtalámicos están directamente relacionados con el lóbulo frontal (áreas motora y premotora) (675) y también con la proyección cortico-estrio-pálido-subtalámica. Esta actividad cortical activa el circuito en espejo del movimiento a través de la observación, lo que facilita su propagación a los núcleos basales por ambas vías.

Estructuras que son también subcorticales y que no tienen una representación en las áreas de Brodmann, son el tálamo que presenta diferencias significativas en la banda alpha 2, el hipocampo y la amígdala, y estructuras que contribuyen a la unión de las diferentes áreas de la corteza, como es el cíngulo posterior en la banda beta.

Se observan diferencias significativas en el AB 40 en las bandas alpha, área perteneciente también al MNS y que tiene una función primordial en la recuperación de la memoria de acontecimientos que se han experimentado con anterioridad, además de participar en la imitación al proporcionar una discriminación espacial gracias a su capacidad de respuesta ante los estímulos visuales, que le hacen ser capaz de llevar a cabo el procesamiento de un objetivo concreto.

También vemos como existen diferencias significativas en las bandas alpha 2 y beta en el AB 48 y sólo en la banda alpha 2 en el AB 36, áreas participantes en el proceso de la memoria, concretamente en la de reconocimiento y recuerdo, para poder producirse la recuperación de los datos almacenados en ella (AB 48) así como la consolidación de la memoria de procedimiento y aquella que procesa las imágenes (AB 36).

Aparecen diferencias significativas en la banda alpha 2 también en áreas que no intervienen en el componente motor, como el AB 22, con funciones en el lenguaje, al ser la llamada área de Wernicke o el AB 37, que está involucrada en el reconocimiento visual.

En la banda beta aparecen diferencias significativas en el AB 7, participante en la percepción del espacio personal, así como recluta imágenes espaciales en el razonamiento deductivo y contribuye al recuerdo de los acontecimientos que han sido experimentados previamente.

6.3.2.2.2. F Vs H

Observamos que existen diferencias significativas en el AB 6 de la banda alpha 1, área perteneciente al MNS y encargada de la secuenciación y planificación motora, del aprendizaje motor, así como de la preparación al

movimiento, del procesamiento del movimiento imaginado y la imaginación motora.

También en la banda alpha 1 se observan diferencias significativas en LORETA en el AB 44, área del sector del lóbulo frontal que se activa durante la observación de acciones de los demás y en el núcleo caudado con carácter bilateral (este último también en la banda alpha 2).

En la banda alpha 2 aparecen diferencias en el giro cingular medio y posterior, estructura que forma parte de la corteza límbica.

Destacamos como la comparación entre estas dos condiciones (F y H) nos enseña que donde más diferencias significativas se observan es en la banda beta, donde las AB 7 de ambos hemisferios son las que tienen máxima intensidad, siendo regiones que tienen funciones motoras como la ejecución del movimiento y funciones del MNS.

Del mismo modo existen diferencias en el AB 23, área colaboradora en el aprendizaje de una habilidad motora compleja a través del procesamiento visual, vehiculizado también por las áreas primarias y secundarias de la visión (AB 17, 18 y 19).

El AB 8, con funciones como la planificación motora, el control motor, el aprendizaje motor o su imaginación presentan diferencias significativas, al igual que el AB 47, encargada de la memoria episódica.

6.3.2.2.3. I Vs K

Observamos que en las tres bandas se observan diferencias significativas en las AB 18 y AB 48, encargadas de la detección de patrones y de la imagen visual mental que se puede adquirir de la memoria motora. Dado que el movimiento no es realizado normalmente por nosotros, en nuestra vida cotidiana tiene especial importancia el poder reclutar la información motora desde nuestra memoria.

Volvemos a observar que existen diferencias significativas en el AB 6 (bandas alpha 1 y beta), área encargada de la secuenciación y planificación motora, del aprendizaje motor, así como de la preparación al movimiento, del procesamiento del movimiento imaginado y la imaginación del mismo, además de ser un área que pertenece al MNS.

Además el AB 43, que está asociada a la representación sensorio motriz presenta diferencias significativas en la banda alpha 1 y el AB 8, en alpha 1 y beta. Esta área participa en la planificación, en el aprendizaje y el control motor, así como en la imaginación motora.

Claro está que las diferencias significativas observadas en la banda alpha 1 en el AB 21 están también vinculadas con la observación del movimiento, además de tener la capacidad de atribuir las intenciones a los demás.

Áreas visuales, como la AB 17 también posee una significancia en las bandas alpha 2 y beta.

Podemos ver que también en estas condiciones las áreas subcorticales presentan diferencias significativas, como el giro cingular y el caudado de ambos hemisferios, el hipocampo derecho y el tálamo izquierdo, que está implicado en el control de los movimientos y su actividad neuronal puede predecir el movimiento que se realizará después (672). Todas en la banda alpha 2.

En la banda alpha 2 existen diferencias significativas de manera exclusiva en estas condiciones, en el AB 5, poseedora de funciones en el MNS, además de favorecer la imagen motora y la atención viso-motora, en el AB 40, área perteneciente también la MNS, que interviene en el recuerdo consciente de los acontecimientos previamente experimentados, así como la imitación, la transformación viso-motora, la planificación motora, la respuesta al movimiento visual, que busca una respuesta ante un objetivo, que después evaluará tras el movimiento.

Otra área perteneciente al MNS presenta diferencias significativas en esta banda, y es el AB 2, con las funciones ya descritas en apartados anteriores.

Por último debemos destacar las diferencias significativas en la banda beta. Observamos que se describen en el AB 9, área vinculada a la memoria, tanto espacial como a corto plazo, así como la recuperación de aspectos archivados en la memoria, para llevar a cabo un razonamiento deductivo y una planificación, así como ser capaces del reconocimiento de la intención de los demás. En el AB 23 existe una especialización ante la discriminación de las demandas visuales, así como su procesamiento e interviene en el aprendizaje de una habilidad motora compleja. El AB 46 posee propiedades del MNS, encargándose además de la memoria de codificación y reconocimiento, que nos hace comprender mejor los actos motores que estamos observando, como es el caso de imaginar tras haber visto un video con la realización de un movimiento complejo.

En segundo lugar, dentro del análisis de las diferencias significativas dependientes, mostramos una tabla con las tres bandas en las que se muestran coloreadas las casillas que presentan las áreas que se activan y están vinculadas con el MNS en el análisis de las condiciones que figuran en la segunda fila de la tabla, sólo apareciendo aquellas que mostraron diferencias significativas.

AB	Alpha 1			Alpha 2			Beta		
	C Vs E	F Vs H	I Vs K	C Vs E	F Vs H	I Vs K	C Vs E	F Vs H	I Vs K
2	Blue	Yellow	Yellow	Blue		Blue			
3	Blue	Yellow	Yellow	Blue		Blue			Yellow
4	Blue	Yellow	Yellow						Yellow
6	Blue	Blue	Blue						Blue
21			Blue	Blue		Yellow		Yellow	
38				Yellow					
40	Blue		Yellow	Blue		Blue			
43			Blue						
44		Blue	Yellow						
45			Yellow						
46		Yellow							Blue
48			Blue	Blue		Blue	Blue	Yellow	Blue

Tabla 6.29. Diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones de LORETA entre las condiciones experimentales C Vs E, F Vs H e I Vs K en las áreas relacionadas con el sistema de neuronas espejo (MNS). AB: Áreas de Brodmann. Color amarillo: Áreas activadas con máximas intensidades en los valores medios de C, F o I. Color azul: Áreas activadas con máximas intensidades en los valores de la media de la condición E, H o K.

Para terminar el análisis insertamos el siguiente cuadro resumen:

AB	Alpha 1			Alpha 2			Beta		
	CE	FH	IK	CE	FH	IK	CE	FH	IK
2	Blue	Yellow	Yellow	Blue		Blue			
3	Blue	Yellow	Yellow	Blue		Blue			Yellow
4	Blue	Yellow	Yellow						Yellow
5		Yellow				Blue			
6	Blue	Blue	Blue						Blue
7			Yellow				Blue	Blue	Blue
8	Blue	Yellow	Blue					Blue	Blue
9								Yellow	Blue
11	Blue						Yellow		Yellow
17						Blue		Blue	Blue
18			Blue		Blue	Blue	Yellow	Blue	Blue
19	Blue	Yellow		Blue			Yellow	Blue	
20				Yellow	Yellow			Yellow	
21			Blue	Blue		Yellow		Yellow	
22				Blue		Yellow			Yellow
23	Blue		Yellow		Blue		Yellow	Blue	Blue
25				Yellow					
26				Yellow	Blue				
27		Yellow							
30		Yellow							
36					Yellow				
37				Blue					
38				Yellow					
40	Blue		Yellow	Blue		Blue			
42							Yellow	Yellow	Yellow
43			Blue						
44		Blue	Yellow						
45			Yellow						
46		Yellow							Blue
47			Yellow					Blue	Yellow
48			Blue	Blue		Blue	Blue	Yellow	Blue

Tabla 6.30. Diferencias significativas (T2 de Hotelling dependiente) de las soluciones de LORETA entre las condiciones experimentales C Vs E, F Vs H e I Vs K. AB: Áreas de Brodmann. Color amarillo: Áreas activadas con máximas intensidades en los valores medios de C, F o I. Color azul: Áreas activadas con máximas intensidades en los valores de la media de la condición E, H o K.

CAPÍTULO VII

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A lo largo de esta tesis hemos podido comprobar cuáles son las áreas de activación en las tareas de imaginación de movimientos coordinados complejos y ante el visionado de videos donde se proyectaban esos mismos movimientos, observando que existen gran cantidad de regiones que experimentan un aumento de su máxima intensidad al estar condicionadas por los estímulos mostrados. Antes de poder entrar en profundidad en la comparativa con lo publicado por otros autores hemos de sentar una premisa metodológica, que claro está puede condicionar los hallazgos propios con los conseguidos por otros grupos de trabajo.

Nosotros hemos elegido realizar el estudio con EEG, aunque somos conscientes que existen metodologías de imagen, como la tomografía por emisión de positrones (PET) o la resonancia magnética funcional (fMRI) (636-638), que permiten visualizar en tres dimensiones con una notable definición espacial las variaciones de flujo sanguíneo determinadas en las diversas regiones del cerebro por la ejecución y observación de específicos actos motores y medir así su respectivo grado de activación (1), pero existen serias dificultades para poder acceder a dichos sistemas de neuroimagen, por su alto coste y escasa disponibilidad para realizar estudios de investigación. Este hecho y dado que el EEG es un procedimiento que nos proporciona una excelente resolución de la actividad cerebral con un bajo coste y siendo actualmente el método más utilizado para la evaluación de los procesos cerebrales (578), decidimos realizar el estudio con este sistema.

Hay multitud de estudios que plantean métodos como la magnetoencefalografía (MEG) para solucionar algunos de los problemas que tiene el EEG, ya que la conductividad eléctrica diferente del cerebro, del cráneo y del cuero cabellado difuminan las distribuciones potenciales del EEG y hace que la localización de los generadores corticales subyacentes presenten algún problema. Para superar estos problemas, de alta resolución de la tecnología EEG fue presentado durante la última década y ha demostrado mejorar en gran medida la resolución espacial del EEG convencional el sistema MEG (41, 638-641), pero también comparten el principal problema para su acceso, alto coste y pocos centros que la utilicen y que faciliten el uso para la investigación.

También actualmente se realiza la combinación de TMS y EEG, para así proporcionar la información temporal necesaria para objetivar las respuestas electrofisiológicas en la corteza superficial (603), aunque el estudio de las reacciones corticales y su análisis en el tiempo y la frecuencia no era objetivo de nuestro estudio, por lo que no llevamos a cabo la búsqueda de esa metodología.

Pudimos comprobar cómo muchos son los estudios centrados en la mano (487, 512, 516, 520, 580, 602, 611, 613-615) y el miembro superior empleando como

herramienta exploratoria el EEG, pero pocos los que consideran en su ámbito de actuación y de análisis la totalidad del cuerpo humano y la coordinación de movimientos complejos.

La evaluación de tareas realizadas con la mano, como una contracción isotónica del abductor del primer dedo, la extensión del carpo o las actividades extensoras y flexoras del pulgar (616) diferían mucho de nuestros propósitos. También se han realizado estudios de coherencia entre EEG y EMG en los extensores de los dedos (617) o que valoran los movimientos de la mano previos a coger el objeto y mientras lo cogen.

Se ha observado además en este tipo de estudios que existen oscilaciones sensoriomotoras en la frecuencia 10-15-30 Hz previa al movimiento y dicha actividad motora desaparece cuando se realiza el movimiento. Recientemente se ha dicho que esto sucede porque se requiere mucha actividad para la coherencia con la actividad muscular (617, 618), pero volvemos a encontrarnos con que la metodología empleada no es exactamente la misma, dado que realizan estudios de tiempo-frecuencia, buscando las desincronizaciones de las bandas o los ritmos.

Los hallazgos obtenidos son interesantes, como en un estudio en el que encontraron que los diestros participantes mostraron mayor lateralización de la desincronización de los ritmos mu cuando realizaban movimientos de abducción y adducción con los dedos en comparación con la flexión de los dedos. Interpretaron este hallazgo como una especialización motora más alta en el hemisferio dominante (619). Mostraron que hubo una disminución significativa en alfa y beta en los electrodos ipsilaterales durante el movimiento, pero de una magnitud menor en comparación con el electrodo contralateral.

Ellos observaron las disminuciones de la actividad del EEG en las bandas alfa y beta, que fueron halladas en las áreas sensorio motoras contralaterales a lo largo de todo el surco central. Se produjo un aumento de la actividad en el área contralateral sensoriomotora correspondiente a la zona motora de la mano. Para los mapas de los cambios en el EEG durante el movimiento de la mano derecha se observó una disminución ipsilateral en las áreas sensorio motoras en espejo.

Del mismo modo existen estudios que centran su atención en la imaginación y el movimiento del pie derecho, observándose que las áreas con disminución de la actividad eran en la banda beta del EEG, coincidiendo en gran medida con aquellos que presentaban un aumento en la actividad en la parte medial de la corteza sensoriomotora primaria, al igual que ante la imaginación de los movimientos de la mano izquierda observaron una disminución dominante contralateral de la banda alfa y actividad de la beta en el área sensoriomotora (583).

Aún siendo estudios centrados en el miembro superior o en el pie vemos que coinciden en los hallazgos, sobre todo cuando se observa lo que sucede cuando en lugar de realizar un movimiento se imagina. Varios estudios realizados con neuroimagen apoyan la hipótesis que la activación de las neuronas de la corteza motora, no sólo se estimulan durante la ejecución del movimiento sino también en la ilusión del movimiento o la imaginación del mismo (620-622), como hemos visto cuando comparábamos las condiciones EB con H e I en la

banda beta u observábamos las muestras dependientes C y E o I y K en las bandas alpha 1 y alpha 2. También hay un estudio que afirma que no se produce ningún cambio significativo en la banda alfa cuando se realiza la tarea de la imaginación de movimientos hechos con los pies (583), coincidiendo con nuestros hallazgos si nos referimos a las condiciones dependientes en la comparación con el EB.

La vinculación del pie con los movimientos propuestos en nuestro estudio es mayor que con la mano, viendo como en otras investigaciones, donde también estudiaban el movimiento del pie, vieron como inducía la actividad en la banda beta sobre el área de representación del pie (553, 604), demostrando que el simple movimiento voluntario de los dedos producía no sólo oscilaciones beta en el área de la mano, sino también en menor medida, en la región central, cerca de la zona de representación del pie.

Por último, respecto a la representación del pie a nivel cortical y su activación, cabe destacar un estudio realizado en personas tetrapléjicas que analizó las interacciones funcionales entre las áreas motoras corticales, que mostraban una actividad significativa cuando intentaban ejecutar un movimiento con el pie. Estas áreas eran las áreas cinguladas bilaterales, encargadas de la detección de los errores motores (627), el área motora suplementaria, así como el área motora cingular y el área motora primaria, en los rangos de frecuencia del EEG alfa y beta, que representan los ritmos predominantes sensorio motores. Además de estos patrones comunes de la conectividad funcional, el intento de movimiento produjo las interacciones funcionales relacionadas con la corteza parietal superior izquierda, que recibía información tanto de la corteza motora cingular ipsilateral, de la corteza suplementaria como de la corteza motora primaria bilateral, en la región de representación del pie (679, 680), coincidiendo de igual modo con las condiciones H e I de la banda beta, cuando hemos realizado la descripción de las áreas de activación.

En nuestras condiciones no elaboramos en esta fase del desarrollo del estudio la ejecución del movimiento del pie ni de ninguna parte del cuerpo, dado que el propósito era observar lo que sucedía con la imaginación de ciertos movimientos, así como el visionado de videos con unas características muy concretas. Del mismo modo la elección de una muestra sin patología pretendía describir lo que sucedía en una población muy acotada, generando posteriormente estudios en poblaciones con otros perfiles de edad y con ciertas patologías.

Otro aspectos que nos sorprendió es la existencia de pocas investigaciones sobre la actividad cortical al realizar movimientos con los pies (676) y menos aún vinculando esos mapas con los movimientos globales como la marcha.

Al existir mayor representación de la mano se han hecho muchos estudios, pero del pie y de su implicación en la marcha ninguno, así como de sus movimientos rítmicos, al existir una gran dificultad, por producirse muchos artefactos en el EEG. Raethjen *et al.* (2008), en su estudio realizaron las exploraciones con los sujetos sentados y haciendo movimientos con la pierna, para estar lo mas relajado posible, estando el movimiento muy limitado al no poder desplazar el tronco. Midieron la coherencia entre el EEG y el EMG situado

en el músculo tibial anterior y observaron como se producía una activación de la corteza motora cuando se realiza una contracción isométrica en la banda 15-30 Hz (beta), viendo como había una activación de la corteza frontal mesial ante movimientos rítmicos y repetitivos de los pies, en la corteza somomotora primaria mesial ante movimientos activos y en la región frontal cuando se producía la preparación ante la activación de los movimientos.

Si que existen estudios que han utilizado neuroimagen (677, 678) y que han mostrado la actividad cortical ante la imaginación de la marcha y muestran que tiene un componente subcortical supraespinal y una participación cortical en los movimientos rítmicos del pie, al igual que sucede en la mano. Nosotros hemos podido observar que cuando se produce la imaginación de la marcha (condición F) aparece una activación en el AB 40 de la banda beta y en el AB 18 de la banda alpha 1, esta última vinculada con las funciones visuales.

Relacionado también con las estrategias de equilibrio, vehiculizadas por las aferencias que llegan desde los pies y que llaman a un control postural, se ha escrito también poco dado que tradicionalmente, las vías subcorticales, tronco del encéfalo y la médula espinal se han postulado como las estructuras básicas que intervienen en el control postural de los humanos, sin embargo, estudios sugieren que el procesamiento cortical también pueden participar en el inicio y regulación de las respuestas posturales. Varios estudios de imágenes cerebrales han aportado importantes conocimientos sobre la neurofisiología cortical relacionada con la estabilidad postural. Por ejemplo, la presencia de actividad cortical en la corteza motora precediendo a la aparición del movimiento postural (681).

Las características de los patrones de EEG y los consiguientes movimientos posturales sugieren que la modulación de la actividad cortical durante las tareas de mantenimiento de la postura está influida por la dirección del mismo, existiendo un control neural independiente para la oscilación antero-posterior y medio-lateral respectivamente (681-683).

Pudimos nosotros también observar dicha actividad en las áreas motoras en la mera imaginación de tareas que requieren un equilibrio postural como la marcha y más aún la realización del equilibrio sobre la cabeza y las manos.

Como comentábamos ahora, siempre se ha relacionado la actividad cortical con los movimientos hechos de manera voluntaria y por este motivo hay un número mayor de trabajos centrados en estos aspectos, como los que han investigado sobre la integración somatosensorial y motora, usando potenciales evocados durante movimientos voluntarios (506, 623), ante movimientos isométricos, variando los grados de precisión y empleando la retroalimentación visual, en los que obtuvieron activaciones en la corteza motora primaria y en las regiones parietales y frontocentrales (630, 631) o los que han valorado que la activación cortical es más fuerte y más rápida cuando se realiza una contracción excéntrica que cuando se hace concéntrica, indicando que existe un mecanismo específico de control de este tipo de contracción (601).

Pero no sólo se activan las áreas motoras sino un amplio abanico de áreas, como hemos observado en nuestro trabajo, ante los estímulos de la imaginación, observación o ejecución de movimientos, este último no englobado dentro de

nuestras condiciones experimentales.

El estudio de Naranjo *et al.* (2007) mostró cómo se producía una activación sostenida en el lóbulo parietal superior y el precuneus ante la preparación de un movimiento, desde el momento de la inspección visual del estímulo de presentación (531). Cuando los participantes de nuestro estudio visualizaban los videos también se producía una activación del AB 40, situada en la región parietal inferior, mientras que la actividad en el precuneus se producía con la imaginación de movimientos como el equilibrio sobre las manos.

También ante el estímulo del video se activaban áreas frontales o prefrontales (AB 9, AB 46 y AB 47), áreas temporales (AB 21, 22, 42 y 48), coincidiendo con estudios que valoran los mecanismos de la atención espacial y que observaron que se activaban la corteza prefrontal, parietal posterior, motora suplementaria y lóbulo temporal (624).

Concretamente el lóbulo frontal, con las áreas premotoras y prefrontales nos centran la atención en los procesos que hemos observado respecto al MNS. En los seres humanos, la corteza premotora y prefrontal se ha demostrado que juegan un papel importante en el control de los movimientos y las asociaciones viso motoras respectivamente, observándose que existe una activación mayor cuando se realiza una labor de preparación. La corteza prefrontal se activa en el proceso de la selección de un objetivo y la premotora en la planificación del movimiento (627).

Existe un patrón de activación donde la corteza premotora y la prefrontal se activan de manera simultánea con el lóbulo parietal superior y precuneus, la cara medial del giro frontal superior, el área motora suplementaria, el giro supramarginal, el giro occipital medial y el lóbulo occipital superior, lo que sugiere el surgimiento de una red prefrontal-premotora-parieto-occipital, que sostiene el intercambio de información sobre la ubicación del objetivo a realizar y los parámetros del movimiento (531, 628).

Se describe del mismo modo que la actividad en el área premotora y la corteza primaria sensoriomotora suele tener una frecuencia entre 12-20 Hz (bandas alpha 2 y beta) y ésta disminuye cuando hay una actividad motora (629), no coincidiendo con nuestros hallazgos, aunque hay que tener en cuenta que no podemos comparar los resultados con fiabilidad, dado que las metodologías difieren.

Las observaciones realizadas por los autores descritos fue ante estímulos visuales vinculados al miembro superior, no siendo ante un movimiento global de todo el cuerpo. También se empieza a publicar sobre movimientos preparatorios, que si atendemos a la mano y a las maniobras de alcance son abundantes, e incluso ya se está escribiendo artículos que se centran en la masticación y los movimientos preparatorios para realizar este movimiento (625, 626), pero son escasos los que abordan los movimientos coordinados complejos.

Por último para terminar con las referencias a las áreas activadas ante el estímulo visual del video, observamos como las áreas visuales se activaban durante la preparación de un movimiento. Se ha encontrado la activación occipital, donde estas regiones están principalmente relacionados con las entradas

visuales, activándose en la última fase de la preparación del movimiento (531). Suele haber una actividad alpha muy grande en el lóbulo occipital que puede contaminar el resto del registro (629), pero que en nuestro estudio ha permanecido activo en prácticamente todas las condiciones que presentaban diferencias significativas en la banda alpha, siendo menor en la banda beta, sin producir ninguna contaminación al emplear LORETA y los filtros del propio EEG.

Si nuestro objetivo era determinar las áreas corticales en un procedimiento descriptivo empleando el EEG y prestando especial atención al sistema de neuronas espejo pudimos comprobar como una buena parte de los trabajos publicados en este campo de investigación se han centrado en el papel del MNS durante la observación de una acción realizada por otras personas, estando influida la respuesta por la experiencia motora que posea el observador, ya que existe una diferente activación si los movimientos observados son conocidos o no (18-24). En líneas generales se ha comprobado que el MNS está más activo cuando la observación de las acciones que el participante contempla están dentro de su experiencia motora, lo cual nos induce a pensar que dicha activación está vehiculizada por el aprendizaje sensorio motor (25, 26), aunque algunos autores afirman que las neuronas espejo no se activan al ver acciones que no forman parte del repertorio motor (1).

Debemos tener en cuenta que si el observador tiene poca o ninguna experiencia no podrá recuperar una representación motriz al observar dicho movimiento. Un pequeño número de estudios, como el de Buccino (27) han examinado como las neuronas espejo podían estar implicadas en los intentos iniciales de aprendizaje de nuevos movimientos o acciones, presentando una actividad cortical más amplia, implicando procesos cognitivos en la corteza prefrontal, áreas implicadas en la atención y áreas responsables de las labores ejecutivas de una tarea específica (28, 29). También se puede observar en otros estudios como una vez adquirida dicha experiencia respecto a un movimiento no producía de modo inmediato un cambio o redistribución de la actividad en la corteza prefrontal, derivándose a otras áreas como podríamos presuponer (corteza sensorial o motora) (30-32), sino que sigue teniendo la responsabilidad del procesamiento la corteza premotora, hasta que el gesto motor se automatiza como propio, en el que si tomaría el protagonismo prácticamente total la corteza motora (21, 28).

Sin embargo no está del todo claro si los cambios en la activación del sistema prefrontal al sistema motor de la observación de una acción desconocida puede ser inducida después de una exposición muy breve a dicho gesto motor. Por ello planteamos nuestro estudio, con características parecidas al planteado por Marshall (33), que estudiaron unas experiencias breves en la imitación de acciones nuevas y la observación de la desincronización de los ritmos del EEG en las regiones frontal y central, prestando especial atención al ritmo alfa durante la observación de dichas acciones.

Atendiendo a los argumentos expuestos nos planteamos como tarea una serie de ensayos en los que se expuso a los participantes a unos movimientos

familiares y cotidianos, que no tuvieran ninguna dificultad en recordar, teniendo que imaginarse haciendo dichos movimientos y a continuación vieron un video con ese movimiento repetido. Por último volvieron a imaginarse esa misma tarea.

En cuanto al uso del video consideramos y valoramos lo publicado por Jarvelainen *et al.* (2001) que publicaron estudios hechos con la MEG, basados en estudios anteriores realizados con TMS que mostraban que la corteza motora primaria se activaba durante la observación de las acciones de otra persona realizado en vivo y a través de video. Los movimientos observados en vivo tienen aparentemente mayor validez imitativa que los movimientos grabados en video, lo que podría explicar la mayor actividad motora en la corteza cerebral. Además, la pantalla de video en 2D tiene propiedades visuales, probablemente menos interesantes que los movimientos en vivo que capturan la atención de los sujetos, aunque la imprevisibilidad inherente a los movimientos vivos podría afectar la objetividad de contar siempre con los mismos estímulos. Demostraron que los movimientos tanto en vivo como grabados en video son útiles cuando se estudia el MNS en humanos, dependiendo de los objetivos particulares del estudio (670).

Es más frecuente encontrar trabajos en los que realizan la observación de videos en movimientos de la mano (669, 671), aunque también hemos podido encontrar dos estudios realizados por Calvo-Merino que realizaba la observación del movimientos de baile visionando todo el cuerpo (18, 506), sirviéndonos estos últimos de modelo metodológico.

Del mismo modo en el apartado del análisis empleamos la tomografía electromagnética de baja resolución (LORETA), continuando la metodología propuesta por el equipo del Dr. Ortiz y apoyado por un gran número de estudios que la emplean (590, 645-669).

Multitud de estudios han centrado su atención en el ritmo mu (8-13 Hz) y su desincronización sobre los electrodos situados en las regiones centrales, empleando este ritmo como indicador o índice de la activación del sistema de neuronas espejo (34-40). A través de estos estudios la desincronización del ritmo mu se ha encontrado como acompañante de la observación de una acción, de imágenes de un movimiento y la ejecución de una acción, lo que nos sugiere que este ritmo tiene importantes propiedades en espejo.

Nosotros con los medios de los que disponíamos no pudimos realizar el cálculo de la desincronización de eventos relacionados, concretamente en estudios llevados a cabo en las bandas alpha, observando el ritmo mu y su desincronización (554, 586, 605, 633). De acuerdo con el enfoque que plantean calculaban la desincronización del ritmo mu durante la observación de la acción (33), pero siempre focalizada a movimientos del miembro superior y no de la totalidad del cuerpo, dada la imposibilidad de hacer cualquier movimiento global del cuerpo, al ser imposible evitar los artefactos generados por los movimientos musculares.

Hay estudios realizados con magnetoencefalografía (MEG) que localizan las fuentes corticales de las ondas alfa de todo el surco parieto-occipital y los ritmos mu a lo largo de la corteza somato-sensorial (642) y aunque varios estudios

proporcionan evidencia de la vinculación provisional de la modulación de los ritmos mu con los fenómenos MNS (35, 37, 562, 643) las características de modulación y las relaciones entre esta manifestación electrofisiológica y los MNS no están suficientemente elaborados hasta la fecha (633).

La supresión del ritmo mu registrado en las regiones corticales rolándicas fue menor en respuesta a los movimientos repetitivos que en respuesta a movimientos con gestos de agarre, siendo modificado también por el objeto que se agarraba (633), incluso si el objeto era un cigarrillo en personas fumadoras (644).

Son muchas las investigaciones elaboradas vinculadas con el ritmo mu donde se exponen las diferencias en la respuesta del sistema motor responsable de la preparación para la realización de un movimiento, expresándose en una mayor desincronización del ritmo mu (671). También se observó como la supresión de este ritmo sucedía en el hemisferio contralateral de la mano en movimiento, siendo mayor esta actividad que la registrada en el hemisferio ipsilateral (633, 634), aunque hay otros estudios que describen una actividad bilateral (35, 516, 635). Podemos ver como en los seres humanos, la actividad cortical controla los gestos motores, pero existe una asimetría hemisférica desde el punto de vista funcional durante la observación de los movimientos realizados por otros (17).

De cualquier modo debemos destacar que aunque hay mucha bibliografía que sugiere la vinculación del ritmo mu con el MNS, no se puede obviar la existencia de propiedades espejo también en la banda beta. Podemos comprobar como las órdenes motoras producen fluctuaciones características en los registros de EEG, sobre todo en la corteza somatomotora en la banda alfa (8-13 Hz) y en las bandas de frecuencia beta (602, 603).

Durante la preparación y ejecución de movimientos voluntarios las oscilaciones de la banda beta están desincronizadas (disminución de la banda beta), seguido por un repunte de resincronización (aumento de potencia) (555, 586). El evento relacionado con la desincronización se postula para representar la correlación en la activación de las redes motoras en el cerebro, mientras la resincronización se cree que representa la inhibición de estas redes (554, 604). Debido a su asociación con los comandos de movimiento, ambas son indicadores potencialmente útiles de la presencia de funciones corticales sensoriales y motrices.

Nosotros con los medios de los que disponíamos no pudimos realizar el cálculo de la desincronización de eventos relacionados, concretamente estudiados en el ritmo mu y su desincronización (554, 586, 605). De acuerdo con el enfoque que plantean calculaban la desincronización del ritmo mu durante la observación de la acción (33), pero siempre focalizada a movimientos del miembro superior y no de la totalidad del cuerpo, dada la imposibilidad de hacer cualquier movimiento global del cuerpo, al ser imposible evitar los artefactos generados por los movimientos musculares.

El aumento de las señales en la banda beta se producen durante los períodos de inactividad motora (554), durante la contracción muscular constante

(606) y después del movimiento de desplazamiento (607, 608), si bien en este último estudio vieron que la resincronización en la banda beta estuvo presente durante la extensión voluntaria y pasiva del dedo índice, que fue abolida cuando el movimiento pasivo se llevó a cabo después de la anestesia inducida. Se sugirió que la sincronización adecuada de las bandas beta requería una aportación adecuada sensorial de la periferia. Sin embargo la resincronización no es un componente necesario de la ejecución real de un movimiento, ya que Pfurtscheller *et al.* (2005) demostraron que la activación en beta puede ocurrir durante el movimiento imaginado en sujetos neurológicamente intactos (609), lo que indica que la resincronización de la banda beta se produce con el cese de actividad de la corteza motora, independientemente de si se sigue la ejecución real o simplemente la imaginación de los movimientos. La retroalimentación sensorial, es decir la coincidencia entre la intención y la postura conseguidas, y si se trata de un movimiento imaginado puede ser el "imaginado final" del movimiento. Esto plantea la interesante posibilidad de que el movimiento imaginado sea un intento real para que el movimiento pueda generar un patrón más normal en las personas (610-612). Estos hallazgos, aún empleando técnicas de análisis diferentes muestran los mismos resultados que obtuvimos con la aplicación del método de LORETA, donde hemos objetivado también que existe una mayor activación en la banda beta y que participan las áreas vinculadas con la información sensorial y motora, así como existe una activación en las áreas pertenecientes a la MNS.

Con este trabajo se han propuesto metodologías de exploración del encéfalo que facilita el acceso a la objetivación de las actividades corticales, ante estímulos que hasta el día de hoy no se han prologado en los ámbitos de la investigación. Este puede ser un medio de clarificar lo que sucede en el cerebro ante los estímulos que podemos proporcionar, dado que en muchas ocasiones no tenemos el conocimiento real de lo que suponen aquellos estímulos que proponemos a los otros, que pueden ser personas con patología.

Los resultados obtenidos respecto a los niveles de activación de las áreas participantes en el sistema de neuronas espejo, arroja un método de exploración viable y posible para su estudio. También es un método idóneo para realizar un mapeo funcional de las áreas corticales activadas, siendo especialmente útil con las tareas que cursan con los procesos de imaginación y observación, convirtiéndose en útil el uso de estímulos visuales a través del video para valorar las respuestas motoras de los sujetos.

Queriendo haber proporcionado una metodología de trabajo, que abra nuevas vías de comprensión del maravilloso mundo del cerebro y de las neurociencias y buscando una contribución futura a la neuro-rehabilitación y a la mejora de nuestros tratamientos como profesionales de la salud y concretamente de la fisioterapia, hemos elaborado esta tesis con el deseo claro de hacer más atrayente aún la neuroanatomía funcional.

CONCLUSIONES

- I. El uso del electroencefalograma, empleando la tomografía electromagnética de baja resolución es útil para detectar las áreas de máxima actividad en la corteza cerebral ante los procedimientos de imaginación y observación de dos de los tres movimientos coordinados complejos propuestos.
- II. La banda más activa en la descripción de las áreas que presentan máximas intensidades en las condiciones estudiadas es la beta
- III. El uso del electroencefalograma, empleando la tomografía electromagnética de baja resolución es útil para detectar la actividad en las áreas vinculadas con el sistema de neuronas espejo, en los tres movimientos coordinados complejos propuestos.
- IV. El uso del video es útil para la activación del sistema de neuronas espejo, con actividad principal en las áreas motoras de las bandas alpha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rizzolatti G. Las neuronas espejo. Barcelona: Paidós; 2006.
2. Rizzolatti G, Fadiga L, Matelli M, Bettinardi V, Paulesu E, Perani D, et al. Localization of grasp representations in humans by PET: 1. observation versus execution. *Exp Brain Res*. 1996 Sep;111(2):246-52.
3. Grafton ST, Hazeltine E, Ivry RB. Abstract and effector-specific representations of motor sequences identified with PET. *J Neurosci*. 1998 Nov 15;18(22):9420-8.
4. Grafton ST, Salidis J, Willingham DB. Motor learning of compatible and incompatible visuomotor maps. *J Cogn Neurosci*. 2001 Feb 15;13(2):217-31.
5. Decety J, Michalska KJ, Akitsuki Y. Who caused the pain? an fMRI investigation of empathy and intentionality in children. *Neuropsychologia*. 2008 Sep;46(11):2607-14.
6. Iacoboni M, Molnar-Szakacs I, Gallese V, Buccino G, Mazziotta JC, Rizzolatti G. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biol*. 2005 Mar;3(3):e79.
7. Nishitani N, Hari R. Temporal dynamics of cortical representation for action. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2000 Jan 18;97(2):913-8.
8. Fadiga L, Craighero L, Olivier E. Human motor cortex excitability during the perception of others' action. *Curr Opin Neurobiol*. 2005 Apr;15(2):213-8.
9. Gallese V, Eagle MN, Migone P. Intentional attunement: Mirror neurons and the neural underpinnings of interpersonal relations. *J Am Psychoanal Assoc*. 2007;55(1):131-76.
10. Rizzolatti GC, L. Mirror neuron: A neurological approach to empathy. In: Changeux V, editor. *Neurobiology of human values*. 1ª edición ed. Berlín: Springer-Verlag; 2005. p. 107-23.
11. Rizzolatti G. The mirror neuron system and its function in humans. *Anat Embryol (Berl)*. 2005 Dec;210(5-6):419-21.
12. Decety J, Grezes J, Costes N, Perani D, Jeannerod M, Procyk E, et al. Brain activity during observation of actions. influence of action content and subject's strategy. *Brain*. 1997 Oct;120 (Pt 10):1763-77.

13. Decety J, Grezes J. Neural mechanisms subserving the perception of human actions. *Trends Cogn Sci*. 1999 May;3(5):172-8.
14. Meltzoff AN, Moore MK. Newborn infants imitate adult facial gestures. *Child Dev*. 1983 Jun;54(3):702-9.
15. Meltzoff AN. Origins of theory of mind, cognition and communication. *J Commun Disord*. 1999 Jul-Aug;32(4):251-69.
16. Annett M. Laterality and types of dyslexia. *Neurosci Biobehav Rev*. 1996 Winter;20(4):631-6.
17. Babiloni C, Ferretti A, Del Gratta C, Carducci F, Vecchio F, Romani GL, et al. Human cortical responses during one-bit delayed-response tasks: An fMRI study. *Brain Res Bull*. 2005 May 15;65(5):383-90.
18. Calvo-Merino B, Glaser DE, Grezes J, Passingham RE, Haggard P. Action observation and acquired motor skills: An FMRI study with expert dancers. *Cereb Cortex*. 2005 Aug;15(8):1243-9.
19. Calvo-Merino B, Grezes J, Glaser DE, Passingham RE, Haggard P. Seeing or doing? influence of visual and motor familiarity in action observation. *Curr Biol*. 2006 Oct 10;16(19):1905-10.
20. Grezes J, Pichon S, de Gelder B. Perceiving fear in dynamic body expressions. *Neuroimage*. 2007 Apr 1;35(2):959-67.
21. Grezes J, Armony JL, Rowe J, Passingham RE. Activations related to "mirror" and "canonical" neurones in the human brain: An fMRI study. *Neuroimage*. 2003 Apr;18(4):928-37.
22. Kim THC,A. Differences in brain activation during motor imagery and action observation of golf putting. *Sci Reserch Essays*. 2011 11 Agosto 2011;6(15):3132-8.
23. Jarvelainen J, Schurmann M, Avikainen S, Hari R. Stronger reactivity of the human primary motor cortex during observation of live rather than video motor acts. *Neuroreport*. 2001 Nov 16;12(16):3493-5.
24. Hari R. Action-perception connection and the cortical mu rhythm. *Prog Brain Res*. 2006;159:253-60.
25. Catmur C, Gillmeister H, Bird G, Liepelt R, Brass M, Heyes C. Through the looking glass: Counter-mirror activation following incompatible sensorimotor learning. *Eur J Neurosci*. 2008 Sep;28(6):1208-15.

26. Heyes C. Where do mirror neurons come from? *Neurosci Biobehav Rev.* 2010 Mar;34(4):575-83.
27. Buccino G, Vogt S, Ritzl A, Fink GR, Zilles K, Freund HJ, et al. Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: An event-related fMRI study. *Neuron.* 2004 Apr 22;42(2):323-34.
28. Vogt S, Buccino G, Wohlschlager AM, Canessa N, Shah NJ, Zilles K, et al. Prefrontal involvement in imitation learning of hand actions: Effects of practice and expertise. *Neuroimage.* 2007 Oct 1;37(4):1371-83.
29. Petersen SE, van Mier H, Fiez JA, Raichle ME. The effects of practice on the functional anatomy of task performance. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1998 Feb 3;95(3):853-60.
30. Chein JM, Schneider W. Neuroimaging studies of practice-related change: fMRI and meta-analytic evidence of a domain-general control network for learning. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2005 Dec;25(3):607-23.
31. Kelly AM, Garavan H. Human functional neuroimaging of brain changes associated with practice. *Cereb Cortex.* 2005 Aug;15(8):1089-102.
32. Shadmehr R, Holcomb HH. Neural correlates of motor memory consolidation. *Science.* 1997 Aug 8;277(5327):821-5.
33. Marshall PJ, Bouquet CA, Shipley TF, Young T. Effects of brief imitative experience on EEG desynchronization during action observation. *Neuropsychologia.* 2009 Aug;47(10):2100-6.
34. Bernier R, Dawson G, Webb S, Murias M. EEG mu rhythm and imitation impairments in individuals with autism spectrum disorder. *Brain Cogn.* 2007 Aug;64(3):228-37.
35. Muthukumaraswamy SD, Johnson BW. Changes in rolandic mu rhythm during observation of a precision grip. *Psychophysiology.* 2004 Jan;41(1):152-6.
36. Muthukumaraswamy SD, Johnson BW, McNair NA. Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2004 Apr;19(2):195-201.
37. Oberman LM, Hubbard EM, McCleery JP, Altschuler EL, Ramachandran VS, Pineda JA. EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2005 Jul;24(2):190-8.

38. Pineda JA. The functional significance of mu rhythms: Translating "seeing" and "hearing" into "doing". *Brain Res Brain Res Rev.* 2005 Dec 1;50(1):57-68.
39. Arroyo S, Lesser RP, Gordon B, Uematsu S, Jackson D, Webber R. Functional significance of the mu rhythm of human cortex: An electrophysiologic study with subdural electrodes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1993 Sep;87(3):76-87.
40. Lepage JF, Theoret H. EEG evidence for the presence of an action observation-execution matching system in children. *Eur J Neurosci.* 2006 May;23(9):2505-10.
41. Babiloni F, Mattia D, Babiloni C, Astolfi L, Salinari S, Basilisco A, et al. Multimodal integration of EEG, MEG and fMRI data for the solution of the neuroimage puzzle. *Magn Reson Imaging.* 2004 Dec;22(10):1471-6.
42. Iacoboni M. *Las neuronas espejo.* Madrid: Katz editores; 2009.
43. Kandel ER. *En busca de la memoria.* 1ª edición ed. Buenos Aires: Katz editores; 2007.
44. Kandel, E.R. Schwartz, J.H. Jesse, T.M. *Principios de neurociencia.* 1ª edición ed. Madrid: Mc Graw Hill; 2001.
45. *Diccionario de la lengua española.* real academia española [Internet]. Madrid: Espasa Calpe; 2012 [updated 1 abril 2012; cited 1 abril 2012]. Available from: <http://www.rae.es>.
46. Brodman's interactive atlas [Internet]. Miami: Department of Radiology. Brain institute; 2008 [updated Agosto 2008; cited 1 abril 2012]. Available from: <http://www.fmriconsulting.com/brodmann/index.html>.
47. Ramachandran VS. *Los laberintos del cerebro.* 1ª edición ed. Barcelona: La liebre de marzo; 2008.
48. Bartleby. henry gray. *anatomy of the human body.* [Internet]. Columbia; 2012 [updated Junio 2009; cited 31 marzo 2012]. Available from: <http://www.bartleby.com/107/indexillus.html>.
49. Blakemore SJF, U. *Cómo aprende el cerebro.* 1ª edición ed. Barcelona: Ariel; 2007.
50. *Neuroradiologie grenoble* [Internet]. Grenoble; 2012 [updated 2011; cited 31 marzo 2012]. Available from: <http://www.radioanatomie.com>.

51. Thomas R, Press C, Haggard P. Shared representations in body perception. *Acta Psychol (Amst)*. 2006 Mar;121(3):317-30.
52. Levitin DJ. *Tu cerebro y la música*. 1ª edición ed. Barcelona: RBA; 2008.
53. Molnar-Szakacs I, Overy K. Music and mirror neurons: From motion to 'e'motion. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2006 Dec;1(3):235-41.
54. Iacoboni M, Dapretto M. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci*. 2006 Dec;7(12):942-51.
55. Izquierdo I, Cammarota M, Da Silva WC, Bevilaqua LR, Rossato JI, Bonini JS, et al. The evidence for hippocampal long-term potentiation as a basis of memory for simple tasks. *An Acad Bras Cienc*. 2008 Mar;80(1):115-27.
56. Izquierdo I, Bevilaqua LR, Rossato JI, Bonini JS, Medina JH, Cammarota M. Different molecular cascades in different sites of the brain control memory consolidation. *Trends Neurosci*. 2006 Sep;29(9):496-505.
57. Bekinschtein P, Katche C, Slipczuk L, Gonzalez C, Dorman G, Cammarota M, et al. Persistence of long-term memory storage: New insights into its molecular signatures in the hippocampus and related structures. *Neurotox Res*. 2010 Nov;18(3-4):377-85.
58. Medina JH, Bekinschtein P, Cammarota M, Izquierdo I. Do memories consolidate to persist or do they persist to consolidate? *Behav Brain Res*. 2008 Sep 1;192(1):61-9.
59. Quevedo J, Sant'Anna MK, Madruga M, Lovato I, de-Paris F, Kapczinski F, et al. Differential effects of emotional arousal in short- and long-term memory in healthy adults. *Neurobiol Learn Mem*. 2003 Mar;79(2):132-5.
60. Vianna MR, Coitinho AS, Izquierdo I. Role of the hippocampus and amygdala in the extinction of fear-motivated learning. *Curr Neurovasc Res*. 2004 Jan;1(1):55-60.
61. Ortiz T. *Neurociencia y educación*. 1ª edición ed. Madrid: Alianza editorial; 2009.
62. Taylor JB. *Un ataque de lucidez*. 1ª edición ed. Barcelona: Debate; 2009.
63. Aamodt SW,S. *Entra en tu cerebro*. 1ª edición ed. Barcelona: Zeta; 2009.

64. Whalley L. Cuando el cerebro envejece. 1ª edición ed. Barcelona: Entretres; 2006.
65. Mora F. Cómo funciona el cerebro. Madrid: Alianza editorial; 2007.
66. Rubia FJ. El cerebro nos engaña. Madrid: Temas de hoy; 2007.
67. Brizendine L. El cerebro masculino. 1ª edición ed. Barcelona: RBA; 2010.
68. Brizendine L. El cerebro femenino. Barcelona: RBA libros; 2008.
69. Damasio AR. El error de descartes. 2ª edición ed. Barcelona: Crítica; 2003.
70. Roberts, A.C., Robbins, T.W., Weiskrantz, L. The prefrontal cortex. 1ª edición ed. New York: Oxford; 2005.
71. Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U. Prometheus. cabeza y neuroanatomía. Madrid: Editorial médica panamericana; 2008.
72. Puelles-López, L., Martínez-Pérez, S., Martínez-de-la-Torre, M. Corteza cerebral: Isocórtex y alocórtex. tipos y áreas isocorticales. In: Neuroanatomía. 1ª edición ed. Madrid: Editorial médica panamericana; 2008. p. 202-10.
73. Nolte JA, J.B. El encéfalo humano en fotografías y esquemas. 3ª edición ed. Elsevier Mosby; 2009.
74. López-Moratalla N. Cerebro de mujer y cerebro de varón. 1ª edición ed. Madrid: Rialp; 2007.
75. Fuster JM. The prefrontal cortex. 1ª edición ed. San Diego: Academic Press; 2009.
76. Afifi AKB, R.A. Corteza cerebral. In: Neuroanatomía funcional. 2ª edición ed. México: Mc Graw Hill; 2006. p. 228-57.
77. Sylvius neuroanatomical reference [Internet]. Duke; 2012 [updated Febrero 2012; cited 1 abril 2012]. Available from: <http://www.sylvius.com>.
78. Overduin SA, Servos P. Distributed digit somatotopy in primary somatosensory cortex. Neuroimage. 2004 Oct;23(2):462-7.
79. Krause T, Kurth R, Ruben J, Schwiemann J, Villringer K, Deuchert M, et al. Representational overlap of adjacent fingers in multiple areas of human primary

somatosensory cortex depends on electrical stimulus intensity: An fMRI study. *Brain Res.* 2001 Apr 27;899(1-2):36-4.

80. Kurth R, Villringer K, Curio G, Wolf KJ, Krause T, Repenthin J, et al. fMRI shows multiple somatotopic digit representations in human primary somatosensory cortex. *Neuroreport.* 2000 May 15;11(7):1487-91.

81. Kurth R, Villringer K, Mackert BM, Schwiemann J, Braun J, Curio G, et al. fMRI assessment of somatotopy in human brodmann area 3b by electrical finger stimulation. *Neuroreport.* 1998 Jan 26;9(2):207-12.

82. Casey KL, Minoshima S, Morrow TJ, Koeppe RA. Comparison of human cerebral activation pattern during cutaneous warmth, heat pain, and deep cold pain. *J Neurophysiol.* 1996 Jul;76(1):571-8.

83. Maihofner C, Handwerker HO. Differential coding of hyperalgesia in the human brain: A functional MRI study. *Neuroimage.* 2005 Dec;28(4):996-1006.

84. Guest S, Grabenhorst F, Essick G, Chen Y, Young M, McGlone F, et al. Human cortical representation of oral temperature. *Physiol Behav.* 2007 Dec 5;92(5):975-84.

85. Gelnar PA, Krauss BR, Sheehe PR, Szeverenyi NM, Apkarian AV. A comparative fMRI study of cortical representations for thermal painful, vibrotactile, and motor performance tasks. *Neuroimage.* 1999 Oct;10(4):460-82.

86. Li Hegner Y, Saur R, Veit R, Butts R, Leiberg S, Grodd W, et al. BOLD adaptation in vibrotactile stimulation: Neuronal networks involved in frequency discrimination. *J Neurophysiol.* 2007 Jan;97(1):264-71.

87. Nangini C, Ross B, Tam F, Graham SJ. Magnetoencephalographic study of vibrotactile evoked transient and steady-state responses in human somatosensory cortex. *Neuroimage.* 2006 Oct 15;33(1):252-6.

88. Nelson AJ, Staines WR, Graham SJ, McIlroy WE. Activation in SI and SII: The influence of vibrotactile amplitude during passive and task-relevant stimulation. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2004 Apr;19(2):174-8.

89. Francis ST, Kelly EF, Bowtell R, Dunseath WJ, Folger SE, McGlone F. fMRI of the responses to vibratory stimulation of digit tips. *Neuroimage.* 2000 Mar;11(3):188-202.

90. Gu X, Han S. Neural substrates underlying evaluation of pain in actions depicted in words. *Behav Brain Res.* 2007 Aug 6;181(2):218-23.

91. Bingel U, Lorenz J, Glauche V, Knab R, Glascher J, Weiller C, et al. Somatotopic organization of human somatosensory cortices for pain: A single trial fMRI study. *Neuroimage*. 2004 Sep;23(1):224-32.
92. Carey LM, Abbott DF, Egan GF, Donnan GA. Reproducible activation in BA2, 1 and 3b associated with texture discrimination in healthy volunteers over time. *Neuroimage*. 2008 Jan 1;39(1):40-51.
93. Dupont P, Orban GA, De Bruyn B, Verbruggen A, Mortelmans L. Many areas in the human brain respond to visual motion. *J Neurophysiol*. 1994 Sep;72(3):1420-4.
94. Ruben J, Schwiemann J, Deuchert M, Meyer R, Krause T, Curio G, et al. Somatotopic organization of human secondary somatosensory cortex. *Cereb Cortex*. 2001 May;11(5):463-7.
95. Mima T, Terada K, Maekawa M, Nagamine T, Ikeda A, Shibasaki H. Somatosensory evoked potentials following proprioceptive stimulation of finger in man. *Exp Brain Res*. 1996 Sep;111(2):233-45.
96. Bernard RA, Goran DA, Sakai ST, Carr TH, McFarlane D, Nordell B, et al. Cortical activation during rhythmic hand movements performed under three types of control: An fMRI study. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2002 Sep;2(3):271-8.
97. Hamdy S, Rothwell JC, Brooks DJ, Bailey D, Aziz Q, Thompson DG. Identification of the cerebral loci processing human swallowing with H2(15)O PET activation. *J Neurophysiol*. 1999 Apr;81(4):1917-26.
98. Hartnick CJ, Rudolph C, Willging JP, Holland SK. Functional magnetic resonance imaging of the pediatric swallow: Imaging the cortex and the brainstem. *Laryngoscope*. 2001 Jul;111(7):1183-91.
99. Mosier K, Patel R, Liu WC, Kalnin A, Maldjian J, Baredes S. Cortical representation of swallowing in normal adults: Functional implications. *Laryngoscope*. 1999 Sep;109(9):1417-23.
100. Pardo JV, Wood TD, Costello PA, Pardo PJ, Lee JT. PET study of the localization and laterality of lingual somatosensory processing in humans. *Neurosci Lett*. 1997 Sep 26;234(1):23-6.
101. Dresel C, Castrop F, Haslinger B, Wohlschlaeger AM, Hennenlotter A, Ceballos-Baumann AO. The functional neuroanatomy of coordinated orofacial movements: Sparse sampling fMRI of whistling. *Neuroimage*. 2005 Nov 15;28(3):588-97.

102. Ebisch SJ, Perrucci MG, Ferretti A, Del Gratta C, Romani GL, Gallese V. The sense of touch: Embodied simulation in a visuotactile mirroring mechanism for observed animate or inanimate touch. *J Cogn Neurosci*. 2008 Sep;20(9):1611-23.
103. Cheng Y, Yang CY, Lin CP, Lee PL, Decety J. The perception of pain in others suppresses somatosensory oscillations: A magnetoencephalography study. *Neuroimage*. 2008 May 1;40(4):1833-40.
104. Chen Y, Liu HC, Jin Z, Liu G, Zhang QS. Functional activity mapping during anticipation of dental pain. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2006 Apr;24(2):121-4.
105. Carlsson K, Petrovic P, Skare S, Petersson KM, Ingvar M. Tickling expectations: Neural processing in anticipation of a sensory stimulus. *J Cogn Neurosci*. 2000 Jul;12(4):691-703.
106. Ramnani N, Toni I, Josephs O, Ashburner J, Passingham RE. Learning- and expectation-related changes in the human brain during motor learning. *J Neurophysiol*. 2000 Dec;84(6):3026-35.
107. van der Kallen BF, Rijpkema G, van Erning LJ, Merx JL, Horstink MW, Thijssen HO. Functional MRI: Imaging of motor cortex function. *Ned Tijdschr Geneeskd*. 1996 Feb 3;140(5):248-54.
108. Cao Y, Towle VL, Levin DN, Balter JM. Functional mapping of human motor cortical activation with conventional MR imaging at 1.5 T. *J Magn Reson Imaging*. 1993 Nov-Dec;3(6):869-75.
109. Nakayama K. Localization of the cortical motor area by functional magnetic resonance imaging with gradient echo and echo-planar methods, using clinical 1.5 tesla MR imaging systems. *Osaka City Med J*. 1997 Jun;43(1):29-48.
110. Grefkes C, Eickhoff SB, Nowak DA, Dafotakis M, Fink GR. Dynamic intra- and interhemispheric interactions during unilateral and bilateral hand movements assessed with fMRI and DCM. *Neuroimage*. 2008 Jul 15;41(4):1382-94.
111. Blickenstorfer A, Kleiser R, Keller T, Keisker B, Meyer M, Riener R, et al. Cortical and subcortical correlates of functional electrical stimulation of wrist extensor and flexor muscles revealed by fMRI. *Hum Brain Mapp*. 2009 Mar;30(3):963-75.
112. Hesselmann V, Sorger B, Lasek K, Guntinas-Lichius O, Krug B, Sturm V, et al. Discriminating the cortical representation sites of tongue and up movement by functional MRI. *Brain Topogr*. 2004 Spring;16(3):159-67.

113. Skipper JI, Nusbaum HC, Small SL. Listening to talking faces: Motor cortical activation during speech perception. *Neuroimage*. 2005 Mar;25(1):76-89.
114. He AG, Tan LH, Tang Y, James GA, Wright P, Eckert MA, et al. Modulation of neural connectivity during tongue movement and reading. *Hum Brain Mapp*. 2003 Mar;18(3):222-3.
115. Fox PT, Ingham RJ, Ingham JC, Zamarripa F, Xiong JH, Lancaster JL. Brain correlates of stuttering and syllable production. A PET performance-correlation analysis. *Brain*. 2000 Oct;123 (Pt 10)(Pt 10):1985-2004.
116. Foki T, Geissler A, Gartus A, Pahs G, Deecke L, Beisteiner R. Cortical lateralization of bilateral symmetric chin movements and clinical relevance in tumor patients--a high field BOLD-fMRI study. *Neuroimage*. 2007 Aug 1;37(1):26-39.
117. Brown S, Ngan E, Liotti M. A larynx area in the human motor cortex. *Cereb Cortex*. 2008 Apr;18(4):837-45.
118. Hotz-Boendermaker S, Funk M, Summers P, Brugger P, Hepp-Reymond MC, Curt A, et al. Preservation of motor programs in paraplegics as demonstrated by attempted and imagined foot movements. *Neuroimage*. 2008 Jan 1;39(1):383-94.
119. Kapreli E, Athanasopoulos S, Papathanasiou M, Van Hecke P, Strimpakos N, Gouliamos A, et al. Lateralization of brain activity during lower limb joints movement. an fMRI study. *Neuroimage*. 2006 Oct 1;32(4):1709-21.
120. Ciccarelli O, Toosy AT, Marsden JF, Wheeler-Kingshott CM, Sahyoun C, Matthews PM, et al. Identifying brain regions for integrative sensorimotor processing with ankle movements. *Exp Brain Res*. 2005 Sep;166(1):31-42.
121. Porro CA, Francescato MP, Cettolo V, Diamond ME, Baraldi P, Zuiani C, et al. Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: A functional magnetic resonance imaging study. *J Neurosci*. 1996 Dec 1;16(23):7688-9.
122. Munzert J, Zentgraf K, Stark R, Vaitl D. Neural activation in cognitive motor processes: Comparing motor imagery and observation of gymnastic movements. *Exp Brain Res*. 2008 Jul;188(3):437-44.
123. Sharma N, Jones PS, Carpenter TA, Baron JC. Mapping the involvement of BA 4a and 4p during motor imagery. *Neuroimage*. 2008 May 15;41(1):92-9.

124. Tomasino B, Werner CJ, Weiss PH, Fink GR. Stimulus properties matter more than perspective: An fMRI study of mental imagery and silent reading of action phrases. *Neuroimage*. 2007;36 Suppl 2:T128-41.
125. Penhune VB, Doyon J. Cerebellum and M1 interaction during early learning of timed motor sequences. *Neuroimage*. 2005 Jul 1;26(3):801-12.
126. van Mier HI, Perlmutter JS, Petersen SE. Functional changes in brain activity during acquisition and practice of movement sequences. *Motor Control*. 2004 Oct;8(4):500-2.
127. Smejkal V, Druga R, Tintera J. Control of breathing and brain activation in human subjects seen by functional magnetic resonance imaging. *Physiol Res*. 1999;48(1):21-5.
128. Ramsay SC, Adams L, Murphy K, Corfield DR, Grootoenk S, Bailey DL, et al. Regional cerebral blood flow during volitional expiration in man: A comparison with volitional inspiration. *J Physiol*. 1993 Feb;461:85-101.
129. Nakayama T, Fujii Y, Suzuki K, Kanazawa I, Nakada T. The primary motor area for voluntary diaphragmatic motion identified by high field fMRI. *J Neurol*. 2004 Jun;251(6):730-5.
130. Christensen LO, Johannsen P, Sinkjaer T, Petersen N, Pyndt HS, Nielsen JB. Cerebral activation during bicycle movements in man. *Exp Brain Res*. 2000 Nov;135(1):66-72.
131. Yoon HW, Chung JY, Song MS, Park H. Neural correlates of eye blinking; improved by simultaneous fMRI and EOG measurement. *Neurosci Lett*. 2005 Jun 10-17;381(1-2):26-30.
132. Kato M, Miyauchi S. Functional MRI of brain activation evoked by intentional eye blinking. *Neuroimage*. 2003 Mar;18(3):749-5.
133. Dejardin S, Dubois S, Bodart JM, Schiltz C, Delinte A, Michel C, et al. PET study of human voluntary saccadic eye movements in darkness: Effect of task repetition on the activation pattern. *Eur J Neurosci*. 1998 Jul;10(7):2328-36.
134. Petit L, Orssaud C, Tzourio N, Salamon G, Mazoyer B, Berthoz A. PET study of voluntary saccadic eye movements in humans: Basal ganglia-thalamocortical system and cingulate cortex involvement. *J Neurophysiol*. 1993 Apr;69(4):1009-17.
135. Darby DG, Nobre AC, Thangaraj V, Edelman R, Mesulam MM, Warach S. Cortical activation in the human brain during lateral saccades using EPISTAR functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage*. 1996 Feb;3(1):53-62.

136. Naito E. Sensing limb movements in the motor cortex: How humans sense limb movement. *Neuroscientist*. 2004 Feb;10(1):73-82.
137. Naito E, Roland PE, Ehrsson HH. I feel my hand moving: A new role of the primary motor cortex in somatic perception of limb movement. *Neuron*. 2002 Dec 5;36(5):979-88.
138. Bodegard A, Geyer S, Herath P, Grefkes C, Zilles K, Roland PE. Somatosensory areas engaged during discrimination of steady pressure, spring strength, and kinesthesia. *Hum Brain Mapp*. 2003 Oct;20(2):103-15.
139. Dupont P, Orban GA, De Bruyn B, Verbruggen A, Mortelmans L. Many areas in the human brain respond to visual motion. *J Neurophysiol*. 1994 Sep;72(3):1420-4.
140. Matsumoto E, Misaki M, Miyauchi S. Neural mechanisms of spatial stimulus-response compatibility: The effect of crossed-hand position. *Exp Brain Res*. 2004 Sep;158(1):9-17.
141. Baker JT, Sanders AL, Maccotta L, Buckner RL. Neural correlates of verbal memory encoding during semantic and structural processing tasks. *Neuroreport*. 2001 May 8;12(6):1251-6.
142. Binkofski F, Fink GR, Geyer S, Buccino G, Gruber O, Shah NJ, et al. Neural activity in human primary motor cortex areas 4a and 4p is modulated differentially by attention to action. *J Neurophysiol*. 2002 Jul;88(1):514-9.
143. Berthoz A. Parietal and hippocampal contribution to topokinetic and topographic memory. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 1997 Oct 29;352(1360):1437-48.
144. Hugdahl K, Thomsen T, Ersland L. Sex differences in visuo-spatial processing: An fMRI study of mental rotation. *Neuropsychologia*. 2006;44(9):1575-83.
145. Harris IM, Egan GF, Sonkkila C, Tochon-Danguy HJ, Paxinos G, Watson JD. Selective right parietal lobe activation during mental rotation: A parametric PET study. *Brain*. 2000 Jan;123 (Pt 1)(Pt 1):65-73.
146. Nishida Y, Hayashi O, Iwami T, Kimura M, Kani K, Ito R, et al. Stereopsis-processing regions in the human parieto-occipital cortex. *Neuroreport*. 2001 Jul 20;12(10):2259-63.
147. Fortin A, Ptito A, Faubert J, Ptito M. Cortical areas mediating stereopsis in the human brain: A PET study. *Neuroreport*. 2002 May 7;13(6):895-8.

148. Lloyd D, Morrison I, Roberts N. Role for human posterior parietal cortex in visual processing of aversive objects in peripersonal space. *J Neurophysiol.* 2006 Jan;95(1):205-14.
149. Lloyd DM, Morrison CI. 'Eavesdropping' on social interactions biases threat perception in visuospatial pathways. *Neuropsychologia.* 2008 Jan 15;46(1):95-101.
150. Waberski TD, Gobbele R, Lamberty K, Buchner H, Marshall JC, Fink GR. Timing of visuo-spatial information processing: Electrical source imaging related to line bisection judgements. *Neuropsychologia.* 2008 Apr;46(5):1201-10.
151. Fokin VA, Shelepin I, Kharauzov AK, Trufanov GE, Sevost'ianov AV, Pronin SV, et al. Localization of human brain areas activated for chaotic and ordered pattern perception. *Russ Fiziol Zh Im I M Sechenova.* 2007 Oct;93(10):1089-100.
152. Knauff M, Mulack T, Kassubek J, Salih HR, Greenlee MW. Spatial imagery in deductive reasoning: A functional MRI study. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2002 Apr;13(2):203-12.
153. Stephan KM, Fink GR, Passingham RE, Silbersweig D, Ceballos-Baumann AO, Frith CD, et al. Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *J Neurophysiol.* 1995 Jan;73(1):373-86.
154. Solodkin A, Hlustik P, Chen EE, Small SL. Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex.* 2004 Nov;14(11):1246-55.
155. Johnson SH, Rotte M, Grafton ST, Hinrichs H, Gazzaniga MS, Heinze HJ. Selective activation of a parietofrontal circuit during implicitly imagined prehension. *Neuroimage.* 2002 Dec;17(4):1693-704.
156. Ohgami Y, Matsuo K, Uchida N, Nakai T. An fMRI study of tool-use gestures: Body part as object and pantomime. *Neuroreport.* 2004 Aug 26;15(12):1903-6.
157. Choi SH, Na DL, Kang E, Lee KM, Lee SW, Na DG. Functional magnetic resonance imaging during pantomiming tool-use gestures. *Exp Brain Res.* 2001 Aug;139(3):311-7.
158. Naito E, Scheperjans F, Eickhoff SB, Amunts K, Roland PE, Zilles K, et al. Human superior parietal lobule is involved in somatic perception of bimanual interaction with an external object. *J Neurophysiol.* 2008 Feb;99(2):695-703.

159. Heide W, Binkofski F, Seitz RJ, Posse S, Nitschke MF, Freund HJ, et al. Activation of frontoparietal cortices during memorized triple-step sequences of saccadic eye movements: An fMRI study. *Eur J Neurosci*. 2001 Mar;13(6):1177-89.
160. Mort DJ, Perry RJ, Mannan SK, Hodgson TL, Anderson E, Quest R, et al. Differential cortical activation during voluntary and reflexive saccades in man. *Neuroimage*. 2003 Feb;18(2):231-46.
161. Catalan MJ, Honda M, Weeks RA, Cohen LG, Hallett M. The functional neuroanatomy of simple and complex sequential finger movements: A PET study. *Brain*. 1998 Feb;121 (Pt 2)(Pt 2):253-64.
162. Yoo SS, Paralkar G, Panych LP. Neural substrates associated with the concurrent performance of dual working memory tasks. *Int J Neurosci*. 2004 Jun;114(6):613-31.
163. Rama P, Martinkauppi S, Linnankoski I, Koivisto J, Aronen HJ, Carlson S. Working memory of identification of emotional vocal expressions: An fMRI study. *Neuroimage*. 2001 Jun;13(6 Pt 1):1090-101.
164. Tsukiura T, Fujii T, Takahashi T, Xiao R, Inase M, Iijima T, et al. Neuroanatomical discrimination between manipulating and maintaining processes involved in verbal working memory; a functional MRI study. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2001 Mar;11(1):13-21.
165. Zarahn E, Aguirre G, D'Esposito M. Replication and further studies of neural mechanisms of spatial mnemonic processing in humans. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2000 Jan;9(1):1-17.
166. Reed CL, Klatzky RL, Halgren E. What vs. where in touch: An fMRI study. *Neuroimage*. 2005 Apr 15;25(3):718-26.
167. Apkarian AV, Darbar A, Krauss BR, Gelnar PA, Szeverenyi NM. Differentiating cortical areas related to pain perception from stimulus identification: Temporal analysis of fMRI activity. *J Neurophysiol*. 1999 Jun;81(6):2956-63.
168. Caplan JB, Luks TL, Simpson GV, Glaholt M, McIntosh AR. Parallel networks operating across attentional deployment and motion processing: A multi-seed partial least squares fMRI study. *Neuroimage*. 2006 Feb 15;29(4):1192-20.
169. Jovicich J, Peters RJ, Koch C, Braun J, Chang L, Ernst T. Brain areas specific for attentional load in a motion-tracking task. *J Cogn Neurosci*. 2001 Nov 15;13(8):1048-5.

170. Seghier ML, Lazeyras F, Pegna AJ, Annoni JM, Zimine I, Mayer E, et al. Variability of fMRI activation during a phonological and semantic language task in healthy subjects. *Hum Brain Mapp.* 2004 Nov;23(3):140-55.
171. Bedny M, Thompson-Schill SL. Neuroanatomically separable effects of imageability and grammatical class during single-word comprehension. *Brain Lang.* 2006 Aug;98(2):127-39.
172. Bischoff-Grethe A, Goedert KM, Willingham DT, Grafton ST. Neural substrates of response-based sequence learning using fMRI. *J Cogn Neurosci.* 2004 Jan-Feb;16(1):127-38.
173. Schubotz RI, von Cramon DY. A blueprint for target motion: fMRI reveals perceived sequential complexity to modulate premotor cortex. *Neuroimage.* 2002 Aug;16(4):920-35.
174. Menon V, Anagnoson RT, Glover GH, Pfefferbaum A. Basal ganglia involvement in memory-guided movement sequencing. *Neuroreport.* 2000 Nov 9;11(16):3641-5.
175. Schubotz RI, von Cramon DY. Functional organization of the lateral premotor cortex: fMRI reveals different regions activated by anticipation of object properties, location and speed. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2001 Mar;11(1):97-112.
176. Dagher A, Owen AM, Boecker H, Brooks DJ. Mapping the network for planning: A correlational PET activation study with the tower of london task. *Brain.* 1999 Oct;122 (Pt 10)(Pt 10):1973-87.
177. Matsumura M, Sadato N, Kochiyama T, Nakamura S, Naito E, Matsunami K, et al. Role of the cerebellum in implicit motor skill learning: A PET study. *Brain Res Bull.* 2004 Jul 15;63(6):471-83.
178. Inoue K, Kawashima R, Satoh K, Kinomura S, Sugiura M, Goto R, et al. A PET study of visuomotor learning under optical rotation. *Neuroimage.* 2000 May;11(5 Pt 1):505-16.
179. Brunia CH, de Jong BM, van den Berg-Lenssen MM, Paans AM. Visual feedback about time estimation is related to a right hemisphere activation measured by PET. *Exp Brain Res.* 2000 Feb;130(3):328-37.
180. Honda M, Deiber MP, Ibanez V, Pascual-Leone A, Zhuang P, Hallett M. Dynamic cortical involvement in implicit and explicit motor sequence learning. A PET study. *Brain.* 1998 Nov;121 (Pt 11)(Pt 11):2159-73.

181. Jenkins IH, Jahanshahi M, Jueptner M, Passingham RE, Brooks DJ. Self-initiated versus externally triggered movements. II. the effect of movement predictability on regional cerebral blood flow. *Brain*. 2000 Jun;123 (Pt 6)(Pt 6):1216-28.
182. Freund HJ. Premotor area and preparation of movement. *Rev Neurol (Paris)*. 1990;146(10):543-7.
183. Malouin F, Richards CL, Jackson PL, Dumas F, Doyon J. Brain activations during motor imagery of locomotor-related tasks: A PET study. *Hum Brain Mapp*. 2003 May;19(1):47-62.
184. Boecker H, Ceballos-Baumann AO, Bartenstein P, Dagher A, Forster K, Haslinger B, et al. A H(2)(15)O positron emission tomography study on mental imagery of movement sequences--the effect of modulating sequence length and direction. *Neuroimage*. 2002 Oct;17(2):999-1009.
185. Halpern AR, Zatorre RJ. When that tune runs through your head: A PET investigation of auditory imagery for familiar melodies. *Cereb Cortex*. 1999 Oct-Nov;9(7):697-704.
186. Evans KC, Shea SA, Saykin AJ. Functional MRI localisation of central nervous system regions associated with volitional inspiration in humans. *J Physiol*. 1999 Oct 15;520 Pt 2:383-92.
187. Fink GR, Corfield DR, Murphy K, Kobayashi I, Dettmers C, Adams L, et al. Human cerebral activity with increasing inspiratory force: A study using positron emission tomography. *J Appl Physiol*. 1996 Sep;81(3):1295-30.
188. Petit L, Orssaud C, Tzourio N, Crivello F, Berthoz A, Mazoyer B. Functional anatomy of a prelearned sequence of horizontal saccades in humans. *J Neurosci*. 1996 Jun 1;16(11):3714-26.
189. O'Sullivan EP, Jenkins IH, Henderson L, Kennard C, Brooks DJ. The functional anatomy of remembered saccades: A PET study. *Neuroreport*. 1995 Nov 13;6(16):2141-4.
190. Iwase M, Ouchi Y, Okada H, Yokoyama C, Nobezawa S, Yoshikawa E, et al. Neural substrates of human facial expression of pleasant emotion induced by comic films: A PET study. *Neuroimage*. 2002 Oct;17(2):758-6.
191. Ehrsson HH, Naito E, Geyer S, Amunts K, Zilles K, Forssberg H, et al. Simultaneous movements of upper and lower limbs are coordinated by motor representations that are shared by both limbs: A PET study. *Eur J Neurosci*. 2000 Sep;12(9):3385-98.

192. Shuster LI, Lemieux SK. An fMRI investigation of covertly and overtly produced mono- and multisyllabic words. *Brain Lang.* 2005 Apr;93(1):20-31.
193. De Carli D, Garreffa G, Colonnese C, Giuliotti G, Labruna L, Briselli E, et al. Identification of activated regions during a language task. *Magn Reson Imaging.* 2007 Jul;25(6):933-8.
194. Basho S, Palmer ED, Rubio MA, Wulfeck B, Muller RA. Effects of generation mode in fMRI adaptations of semantic fluency: Paced production and overt speech. *Neuropsychologia.* 2007 Apr 9;45(8):1697-706.
195. Price CJ, Green DW, von Studnitz R. A functional imaging study of translation and language switching. *Brain.* 1999 Dec;122 (Pt 12)(Pt 12):2221-35.
196. Dietz NA, Jones KM, Gareau L, Zeffiro TA, Eden GF. Phonological decoding involves left posterior fusiform gyrus. *Hum Brain Mapp.* 2005 Oct;26(2):81-93.
197. Tanaka S, Honda M, Sadato N. Modality-specific cognitive function of medial and lateral human brodmann area 6. *J Neurosci.* 2005 Jan 12;25(2):496-501.
198. McDermott KB, Petersen SE, Watson JM, Ojemann JG. A procedure for identifying regions preferentially activated by attention to semantic and phonological relations using functional magnetic resonance imaging. *Neuropsychologia.* 2003;41(3):293-30.
199. Hirsch J, Moreno DR, Kim KH. Interconnected large-scale systems for three fundamental cognitive tasks revealed by functional MRI. *J Cogn Neurosci.* 2001 Apr 1;13(3):389-405.
200. Baciú MV, Rubin C, Decors MA, Segebarth CM. fMRI assessment of hemispheric language dominance using a simple inner speech paradigm. *NMR Biomed.* 1999 Aug;12(5):293-8.
201. Paulesu E, Perani D, Blasi V, Silani G, Borghese NA, De Giovanni U, et al. A functional-anatomical model for lipreading. *J Neurophysiol.* 2003 Sep;90(3):2005-13.
202. Warburton E, Wise RJ, Price CJ, Weiller C, Hadar U, Ramsay S, et al. Noun and verb retrieval by normal subjects. studies with PET. *Brain.* 1996 Feb;119 (Pt 1)(Pt 1):159-7.
203. Price CJ, Wise RJ, Watson JD, Patterson K, Howard D, Frackowiak RS. Brain activity during reading. the effects of exposure duration and task. *Brain.* 1994 Dec;117 (Pt 6)(Pt 6):1255-69.

204. Inui T, Otsu Y, Tanaka S, Okada T, Nishizawa S, Konishi J. A functional MRI analysis of comprehension processes of Japanese sentences. *Neuroreport*. 1998 Oct 5;9(14):3325-8.
205. Ranganath C, Johnson MK, D'Esposito M. Prefrontal activity associated with working memory and episodic long-term memory. *Neuropsychologia*. 2003;41(3):378-89.
206. Okuda J, Fujii T, Yamadori A, Kawashima R, Tsukiura T, Ohtake H, et al. Retention of words in long-term memory: A functional neuroanatomical study with PET. *Neuroreport*. 2000 Feb 7;11(2):323-8.
207. Tulving E, Kapur S, Markowitsch HJ, Craik FI, Habib R, Houle S. Neuroanatomical correlates of retrieval in episodic memory: Auditory sentence recognition. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1994 Mar 15;91(6):2012-5.
208. Kapur S, Tulving E, Cabeza R, McIntosh AR, Houle S, Craik FI. The neural correlates of intentional learning of verbal materials: A PET study in humans. *Brain Res Cogn Brain Res*. 1996 Nov;4(4):243-9.
209. Goldberg TE, Berman KF, Randolph C, Gold JM, Weinberger DR. Isolating the mnemonic component in spatial delayed response: A controlled PET 15O-labeled water regional cerebral blood flow study in normal humans. *Neuroimage*. 1996 Feb;3(1):69-78.
210. Nobre AC, Sebestyen GN, Gitelman DR, Mesulam MM, Frackowiak RS, Frith CD. Functional localization of the system for visuospatial attention using positron emission tomography. *Brain*. 1997 Mar;120 (Pt 3)(Pt 3):515-33.
211. Cheng K, Fujita H, Kanno I, Miura S, Tanaka K. Human cortical regions activated by wide-field visual motion: An H₂(¹⁵O) PET study. *J Neurophysiol*. 1995 Jul;74(1):413-27.
212. Lamm C, Windischberger C, Leodolter U, Moser E, Bauer H. Evidence for premotor cortex activity during dynamic visuospatial imagery from single-trial functional magnetic resonance imaging and event-related slow cortical potentials. *Neuroimage*. 2001 Aug;14(2):268-83.
213. Longcamp M, Anton JL, Roth M, Velay JL. Premotor activations in response to visually presented single letters depend on the hand used to write: A study on left-handers. *Neuropsychologia*. 2005;43(12):1801-9.
214. Longcamp M, Anton JL, Roth M, Velay JL. Visual presentation of single letters activates a premotor area involved in writing. *Neuroimage*. 2003 Aug;19(4):1492-500.

215. Petit L, Clark VP, Ingeholm J, Haxby JV. Dissociation of saccade-related and pursuit-related activation in human frontal eye fields as revealed by fMRI. *J Neurophysiol*. 1997 Jun;77(6):3386-90.
216. Platel H, Price C, Baron JC, Wise R, Lambert J, Frackowiak RS, et al. The structural components of music perception. A functional anatomical study. *Brain*. 1997 Feb;120 (Pt 2)(Pt 2):229-43.
217. Manthey S, Schubotz RI, von Cramon DY. Premotor cortex in observing erroneous action: An fMRI study. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2003 Feb;15(3):296-307.
218. Iseki K, Hanakawa T, Shinozaki J, Nankaku M, Fukuyama H. Neural mechanisms involved in mental imagery and observation of gait. *Neuroimage*. 2008 Jul 1;41(3):1021-3.
219. Rumiati RI, Weiss PH, Tessari A, Assmus A, Zilles K, Herzog H, et al. Common and differential neural mechanisms supporting imitation of meaningful and meaningless actions. *J Cogn Neurosci*. 2005 Sep;17(9):1420-31.
220. Morin O, Grezes J. What is "mirror" in the premotor cortex? A review. *Neurophysiol Clin*. 2008 Jun;38(3):189-95.
221. Crozier S, Sirigu A, Lehericy S, van de Moortele PF, Pillon B, Grafman J, et al. Distinct prefrontal activations in processing sequence at the sentence and script level: An fMRI study. *Neuropsychologia*. 1999 Dec;37(13):1469-76.
222. Fincham JM, Carter CS, van Veen V, Stenger VA, Anderson JR. Neural mechanisms of planning: A computational analysis using event-related fMRI. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2002 Mar 5;99(5):3346-51.
223. Burton MW, Noll DC, Small SL. The anatomy of auditory word processing: Individual variability. *Brain Lang*. 2001 Apr;77(1):119-31.
224. Emri M, Weisz J, Fent J, Horvath G, Repa I, Marian T, et al. Right prefrontal cerebral hemispheric activation by symmetrical carotid sinus baroreceptor stimulation. *Orv Hetil*. 2002 May 26;143(21 Suppl 3):1333-6.
225. Weisz J, Emri M, Fent J, Lengyel Z, Marian T, Horvath G, et al. Right prefrontal activation produced by arterial baroreceptor stimulation: A PET study. *Neuroreport*. 2001 Oct 29;12(15):3233-8.
226. Brown S, Martinez MJ, Parsons LM. Music and language side by side in the brain: A PET study of the generation of melodies and sentences. *Eur J Neurosci*. 2006 May;23(10):2791-803.

227. Reverberi C, Cherubini P, Rapisarda A, Rigamonti E, Caltagirone C, Frackowiak RS, et al. Neural basis of generation of conclusions in elementary deduction. *Neuroimage*. 2007 Dec;38(4):752-6.
228. Miyanari A, Kaneoke Y, Noguchi Y, Honda M, Sadato N, Sagara Y, et al. Human brain activation in response to olfactory stimulation by intravenous administration of odorants. *Neurosci Lett*. 2007 Aug 9;423(1):6-11.
229. Lawrence EJ, Shaw P, Giampietro VP, Surguladze S, Brammer MJ, David AS. The role of 'shared representations' in social perception and empathy: An fMRI study. *Neuroimage*. 2006 Feb 15;29(4):1173-84.
230. Deppe M, Schwindt W, Kugel H, Plassmann H, Kenning P. Nonlinear responses within the medial prefrontal cortex reveal when specific implicit information influences economic decision making. *J Neuroimaging*. 2005 Apr;15(2):171-82.
231. de Jong BM, van Zomeren AH, Willemsen AT, Paans AM. Brain activity related to serial cognitive performance resembles circuitry of higher order motor control. *Exp Brain Res*. 1996 Apr;109(1):136-40.
232. Zorrilla LT, Aguirre GK, Zarahn E, Cannon TD, D'Esposito M. Activation of the prefrontal cortex during judgments of recency: A functional MRI study. *Neuroreport*. 1996 Nov 4;7(15-17):2803-6.
233. Tzourio N, Massioui FE, Crivello F, Joliot M, Renault B, Mazoyer B. Functional anatomy of human auditory attention studied with PET. *Neuroimage*. 1997 Jan;5(1):63-77.
234. Shibata M, Abe J, Terao A, Miyamoto T. Neural mechanisms involved in the comprehension of metaphoric and literal sentences: An fMRI study. *Brain Res*. 2007 Aug 29;1166:92-102.
235. Perry DW, Zatorre RJ, Petrides M, Alivisatos B, Meyer E, Evans AC. Localization of cerebral activity during simple singing. *Neuroreport*. 1999 Dec 16;10(18):3979-84.
236. Perry DW, Zatorre RJ, Petrides M, Alivisatos B, Meyer E, Evans AC. Localization of cerebral activity during simple singing. *Neuroreport*. 1999 Nov 8;10(16):3453-8.
237. Miki A, Nakajima T, Miyauchi S, Takagi M, Abe H. Functional magnetic resonance imaging of the frontal eye fields during saccadic eye movements. *Nihon Ganka Gakkai Zasshi*. 1996 Jul;100(7):541-5.

238. Anderson TJ, Jenkins IH, Brooks DJ, Hawken MB, Frackowiak RS, Kennard C. Cortical control of saccades and fixation in man. A PET study. *Brain*. 1994 Oct;117 (Pt 5)(Pt 5):1073-84.
239. Kubler A, Dixon V, Garavan H. Automaticity and reestablishment of executive control-an fMRI study. *J Cogn Neurosci*. 2006 Aug;18(8):1331-42.
240. Sarazin M, Pillon B, Giannakopoulos P, Rancurel G, Samson Y, Dubois B. Clinicometabolic dissociation of cognitive functions and social behavior in frontal lobe lesions. *Neurology*. 1998 Jul;51(1):142-8.
241. de Waele C, Baudonniere PM, Lepecq JC, Tran Ba Huy P, Vidal PP. Vestibular projections in the human cortex. *Exp Brain Res*. 2001 Dec;141(4):541-5.
242. Bunzeck N, Schutze H, Duzel E. Category-specific organization of prefrontal response-facilitation during priming. *Neuropsychologia*. 2006;44(10):1765-76.
243. Rugg MD, Fletcher PC, Frith CD, Frackowiak RS, Dolan RJ. Differential activation of the prefrontal cortex in successful and unsuccessful memory retrieval. *Brain*. 1996 Dec;119 (Pt 6)(Pt 6):2073-8.
244. Fiez JA, Raife EA, Balota DA, Schwarz JP, Raichle ME, Petersen SE. A positron emission tomography study of the short-term maintenance of verbal information. *J Neurosci*. 1996 Jan 15;16(2):808-22.
245. Mentis MJ, Dhawan V, Nakamura T, Ghilardi MF, Feigin A, Edwards C, et al. Enhancement of brain activation during trial-and-error sequence learning in early PD. *Neurology*. 2003 Feb 25;60(4):612-9.
246. Radovanovic S, Korotkov A, Ljubisavljevic M, Lyskov E, Thunberg J, Kataeva G, et al. Comparison of brain activity during different types of proprioceptive inputs: A positron emission tomography study. *Exp Brain Res*. 2002 Apr;143(3):276-85.
247. Volz KG, Schubotz RI, von Cramon DY. Why am I unsure? internal and external attributions of uncertainty dissociated by fMRI. *Neuroimage*. 2004 Mar;21(3):848-57.
248. Goel V, Gold B, Kapur S, Houle S. The seats of reason? an imaging study of deductive and inductive reasoning. *Neuroreport*. 1997 Mar 24;8(5):1305-10.
249. Dehaene S, Tzourio N, Frak V, Raynaud L, Cohen L, Mehler J, et al. Cerebral activations during number multiplication and comparison: A PET study. *Neuropsychologia*. 1996 Nov;34(11):1097-106.

250. Halpern AR. Cerebral substrates of musical imagery. *Ann N Y Acad Sci.* 2001 Jun;930:179-92.
251. Zhang JX, Leung HC, Johnson MK. Frontal activations associated with accessing and evaluating information in working memory: An fMRI study. *Neuroimage.* 2003 Nov;20(3):1531-9.
252. Pochon JB, Levy R, Fossati P, Lehericy S, Poline JB, Pillon B, et al. The neural system that bridges reward and cognition in humans: An fMRI study. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2002 Apr 16;99(8):5669-74.
253. Raye CL, Johnson MK, Mitchell KJ, Reeder JA, Greene EJ. Neuroimaging a single thought: Dorsolateral PFC activity associated with refreshing just-activated information. *Neuroimage.* 2002 Feb;15(2):447-53.
254. Slotnick SD, Moo LR. Prefrontal cortex hemispheric specialization for categorical and coordinate visual spatial memory. *Neuropsychologia.* 2006;44(9):1560-8.
255. Leung HC, Gore JC, Goldman-Rakic PS. Sustained mnemonic response in the human middle frontal gyrus during on-line storage of spatial memoranda. *J Cogn Neurosci.* 2002 May 15;14(4):659-71.
256. Tulving E, Habib R, Nyberg L, Lepage M, McIntosh AR. Positron emission tomography correlations in and beyond medial temporal lobes. *Hippocampus.* 1999;9(1):71-82.
257. Duzel E, Picton TW, Cabeza R, Yonelinas AP, Scheich H, Heinze HJ, et al. Comparative electrophysiological and hemodynamic measures of neural activation during memory-retrieval. *Hum Brain Mapp.* 2001 Jun;13(2):104-23.
258. Wang S, Zhu Z, Zhang JX, Wang Z, Xiao Z, Xiang H, et al. Broca's area plays a role in syntactic processing during chinese reading comprehension. *Neuropsychologia.* 2008 Apr;46(5):1371-8.
259. Abrahams S, Goldstein LH, Simmons A, Brammer MJ, Williams SC, Giampietro VP, et al. Functional magnetic resonance imaging of verbal fluency and confrontation naming using compressed image acquisition to permit overt responses. *Hum Brain Mapp.* 2003 Sep;20(1):29-40.
260. Hugdahl K, Lundervold A, Ersland L, Smievoll AI, Sundberg H, Barndon R, et al. Left frontal activation during a semantic categorization task: An fMRI-study. *Int J Neurosci.* 1999 Aug;99(1-4):49-58.

261. Desmond JE, Gabrieli JD, Glover GH. Dissociation of frontal and cerebellar activity in a cognitive task: Evidence for a distinction between selection and search. *Neuroimage*. 1998 May;7(4 Pt 1):368-76.
262. Chevrier AD, Noseworthy MD, Schachar R. Dissociation of response inhibition and performance monitoring in the stop signal task using event-related fMRI. *Hum Brain Mapp*. 2007 Dec;28(12):1347-58.
263. BERPFOHL F, Pascual-Leone A, Amedi A, Merabet LB, Fregni F, Gaab N, et al. Attentional modulation of emotional stimulus processing: An fMRI study using emotional expectancy. *Hum Brain Mapp*. 2006 Aug;27(8):662-77.
264. Goel V, Grafman J, Sadato N, Hallett M. Modeling other minds. *Neuroreport*. 1995 Sep 11;6(13):1741-6.
265. Xie S, Xiao J, Jiang X. The fMRI study of the calculation tasks in normal aged volunteers. *Beijing Da Xue Xue Bao*. 2003 Jun 18;35(3):311-3.
266. Rickard TC, Romero SG, Basso G, Wharton C, Flitman S, Grafman J. The calculating brain: An fMRI study. *Neuropsychologia*. 2000;38(3):325-3.
267. Brunet E, Sarfati Y, Hardy-Bayle MC, Decety J. A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *Neuroimage*. 2000 Feb;11(2):157-66.
268. Fink GR, Marshall JC, Halligan PW, Frith CD, Driver J, Frackowiak RS, et al. The neural consequences of conflict between intention and the senses. *Brain*. 1999 Mar;122 (Pt 3)(Pt 3):497-512.
269. Royet JP, Koenig O, Gregoire MC, Cinotti L, Lavenne F, Le Bars D, et al. Functional anatomy of perceptual and semantic processing for odors. *J Cogn Neurosci*. 1999 Jan;11(1):94-109.
270. Lane RD, Reiman EM, Bradley MM, Lang PJ, Ahern GL, Davidson RJ, et al. Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychologia*. 1997 Nov;35(11):1437-44.
271. Wong D, Pisoni DB, Learn J, Gandour JT, Miyamoto RT, Hutchins GD. PET imaging of differential cortical activation by monaural speech and nonspeech stimuli. *Hear Res*. 2002 Apr;166(1-2):9-23.
272. Ernst M, Nelson EE, McClure EB, Monk CS, Munson S, Eshel N, et al. Choice selection and reward anticipation: An fMRI study. *Neuropsychologia*. 2004;42(12):1585-97.

273. Rogers RD, Owen AM, Middleton HC, Williams EJ, Pickard JD, Sahakian BJ, et al. Choosing between small, likely rewards and large, unlikely rewards activates inferior and orbital prefrontal cortex. *J Neurosci*. 1999 Oct 15;19(20):9029-38.
274. Herholz K, Ehlen P, Kessler J, Strotmann T, Kalbe E, Markowitsch HJ. Learning face-name associations and the effect of age and performance: A PET activation study. *Neuropsychologia*. 2001;39(6):643-50.
275. Moradi F, Liu LC, Cheng K, Waggoner RA, Tanaka K, Ioannides AA. Consistent and precise localization of brain activity in human primary visual cortex by MEG and fMRI. *Neuroimage*. 2003 Mar;18(3):595-609.
276. Morita T, Kochiyama T, Yamada H, Konishi Y, Yonekura Y, Matsumura M, et al. Difference in the metabolic response to photic stimulation of the lateral geniculate nucleus and the primary visual cortex of infants: A fMRI study. *Neurosci Res*. 2000 Sep;38(1):63-70.
277. Goodyear BG, Menon RS. Effect of luminance contrast on BOLD fMRI response in human primary visual areas. *J Neurophysiol*. 1998 Apr;79(4):2204-7.
278. Chen W, Zhu XH, Kato T, Andersen P, Ugurbil K. Spatial and temporal differentiation of fMRI BOLD response in primary visual cortex of human brain during sustained visual stimulation. *Magn Reson Med*. 1998 Apr;39(4):520-7.
279. Mentis MJ, Alexander GE, Grady CL, Horwitz B, Krasuski J, Pietrini P, et al. Frequency variation of a pattern-flash visual stimulus during PET differentially activates brain from striate through frontal cortex. *Neuroimage*. 1997 Feb;5(2):116-28.
280. Larsson J, Amunts K, Gulyas B, Malikovic A, Zilles K, Roland PE. Neuronal correlates of real and illusory contour perception: Functional anatomy with PET. *Eur J Neurosci*. 1999 Nov;11(11):4024-36.
281. Maertens M, Pollmann S. fMRI reveals a common neural substrate of illusory and real contours in V1 after perceptual learning. *J Cogn Neurosci*. 2005 Oct;17(10):1553-64.
282. Seghier M, Dojat M, Delon-Martin C, Rubin C, Warnking J, Segebarth C, et al. Moving illusory contours activate primary visual cortex: An fMRI study. *Cereb Cortex*. 2000 Jul;10(7):663-70.
283. Claeys KG, Dupont P, Cornette L, Sunaert S, Van Hecke P, De Schutter E, et al. Color discrimination involves ventral and dorsal stream visual areas. *Cereb Cortex*. 2004 Jul;14(7):803-22.

284. Schluppeck D, Engel SA. Color opponent neurons in V1: A review and model reconciling results from imaging and single-unit recording. *J Vis.* 2002;2(6):480-92.
285. Beauchamp MS, Haxby JV, Jennings JE, DeYoe EA. An fMRI version of the farnsworth-munsell 100-hue test reveals multiple color-selective areas in human ventral occipitotemporal cortex. *Cereb Cortex.* 1999 Apr-May;9(3):257-63.
286. Smith AT, Cotillon-Williams NM, Williams AL. Attentional modulation in the human visual cortex: The time-course of the BOLD response and its implications. *Neuroimage.* 2006 Jan 1;29(1):328-34.
287. Hopf JM, Noesselt T, Tempelmann C, Braun J, Schoenfeld MA, Heinze HJ. Popout modulates focal attention in the primary visual cortex. *Neuroimage.* 2004 Jun;22(2):574-82.
288. Ciaramitaro VM, Buracas GT, Boynton GM. Spatial and cross-modal attention alter responses to unattended sensory information in early visual and auditory human cortex. *J Neurophysiol.* 2007 Oct;98(4):2399-413.
289. Silver MA, Ress D, Heeger DJ. Neural correlates of sustained spatial attention in human early visual cortex. *J Neurophysiol.* 2007 Jan;97(1):229-37.
290. Jack AI, Shulman GL, Snyder AZ, McAvoy M, Corbetta M. Separate modulations of human V1 associated with spatial attention and task structure. *Neuron.* 2006 Jul 6;51(1):135-47.
291. Wilkinson F, James TW, Wilson HR, Gati JS, Menon RS, Goodale MA. An fMRI study of the selective activation of human extrastriate form vision areas by radial and concentric gratings. *Curr Biol.* 2000 Nov 16;10(22):1455-8.
292. Liu T, Larsson J, Carrasco M. Feature-based attention modulates orientation-selective responses in human visual cortex. *Neuron.* 2007 Jul 19;55(2):313-2.
293. Larsson J, Landy MS, Heeger DJ. Orientation-selective adaptation to first- and second-order patterns in human visual cortex. *J Neurophysiol.* 2006 Feb;95(2):862-81.
294. Dieterich M, Bauermann T, Best C, Stoeter P, Schlindwein P. Evidence for cortical visual substitution of chronic bilateral vestibular failure (an fMRI study). *Brain.* 2007 Aug;130(Pt 8):2108-16.
295. Slotnick SD, Schacter DL. The nature of memory related activity in early visual areas. *Neuropsychologia.* 2006;44(14):2874-86.

296. Slotnick SD, Schacter DL. A sensory signature that distinguishes true from false memories. *Nat Neurosci*. 2004 Jun;7(6):664-72.
297. Leube DT, Erb M, Grodd W, Bartels M, Kircher TT. Differential activation in parahippocampal and prefrontal cortex during word and face encoding tasks. *Neuroreport*. 2001 Aug 28;12(12):2773-7.
298. Richards TL, Kozak L, Johnson LC, Standish LJ. Replicable functional magnetic resonance imaging evidence of correlated brain signals between physically and sensory isolated subjects. *J Altern Complement Med*. 2005 Dec;11(6):955-63.
299. Marcar VL, Loenneker T, Straessle A, Jaggy S, Kucian K, Martin E. An fMRI study of the cerebral macro network involved in 'cue invariant' form perception and how it is influenced by stimulus complexity. *Neuroimage*. 2004 Nov;23(3):947-55.
300. Hermsdorfer J, Goldenberg G, Wachsmuth C, Conrad B, Ceballos-Baumann AO, Bartenstein P, et al. Cortical correlates of gesture processing: Clues to the cerebral mechanisms underlying apraxia during the imitation of meaningless gestures. *Neuroimage*. 2001 Jul;14(1 Pt 1):149-61.
301. Le TH, Pardo JV, Hu X. 4 T-fMRI study of nonspatial shifting of selective attention: Cerebellar and parietal contributions. *J Neurophysiol*. 1998 Mar;79(3):1535-48.
302. Vorobyev VA, Alho K, Medvedev SV, Pakhomov SV, Roudas MS, Rutkovskaya JM, et al. Linguistic processing in visual and modality-nonspecific brain areas: PET recordings during selective attention. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2004 Jul;20(2):309-22.
303. Lane RD, Chua PM, Dolan RJ. Common effects of emotional valence, arousal and attention on neural activation during visual processing of pictures. *Neuropsychologia*. 1999 Aug;37(9):989-97.
304. Ushida T, Ikemoto T, Tanaka S, Shinozaki J, Taniguchi S, Murata Y, et al. Virtual needle pain stimuli activates cortical representation of emotions in normal volunteers. *Neurosci Lett*. 2008 Jul 4;439(1):7-12.
305. Rossion B, Schiltz C, Crommelinck M. The functionally defined right occipital and fusiform "face areas" discriminate novel from visually familiar faces. *Neuroimage*. 2003 Jul;19(3):877-83.

306. Deutschlander A, Bense S, Stephan T, Schwaiger M, Brandt T, Dieterich M. Sensory system interactions during simultaneous vestibular and visual stimulation in PET. *Hum Brain Mapp.* 2002 Jun;16(2):92-103.
307. Kamitani Y, Tong F. Decoding seen and attended motion directions from activity in the human visual cortex. *Curr Biol.* 2006 Jun 6;16(11):1096-102.
308. Postle BR, D'Esposito M. "What"-then-where" in visual working memory: An event-related fMRI study. *J Cogn Neurosci.* 1999 Nov;11(6):585-97.
309. Soderfeldt B, Ingvar M, Ronnberg J, Eriksson L, Serrander M, Stone-Elander S. Signed and spoken language perception studied by positron emission tomography. *Neurology.* 1997 Jul;49(1):82-7.
310. Ischebeck A, Indefrey P, Usui N, Nose I, Hellwig F, Taira M. Reading in a regular orthography: An FMRI study investigating the role of visual familiarity. *J Cogn Neurosci.* 2004 Jun;16(5):727-41.
311. Heun R, Jessen F, Klose U, Erb M, Granath DO, Grodd W. Response-related fMRI of veridical and false recognition of words. *Eur Psychiatry.* 2004 Feb;19(1):42-5.
312. Rapp AM, Leube DT, Erb M, Grodd W, Kircher TT. Neural correlates of metaphor processing. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2004 Aug;20(3):395-402.
313. Zempleni MZ, Renken R, Hoeks JC, Hoogduin JM, Stowe LA. Semantic ambiguity processing in sentence context: Evidence from event-related fMRI. *Neuroimage.* 2007 Feb 1;34(3):1270-9.
314. Papathanassiou D, Etard O, Mellet E, Zago L, Mazoyer B, Tzourio-Mazoyer N. A common language network for comprehension and production: A contribution to the definition of language epicenters with PET. *Neuroimage.* 2000 Apr;11(4):347-5.
315. Richter HO, Costello P, Sponheim SR, Lee JT, Pardo JV. Functional neuroanatomy of the human near/far response to blur cues: Eye-lens accommodation/vergence to point targets varying in depth. *Eur J Neurosci.* 2004 Nov;20(10):2722-3.
316. Gerlach C, Aaside CT, Humphreys GW, Gade A, Paulson OB, Law I. Brain activity related to integrative processes in visual object recognition: Bottom-up integration and the modulatory influence of stored knowledge. *Neuropsychologia.* 2002;40(8):1254-67.

317. Giraud AL, Kell C, Thierfelder C, Sterzer P, Russ MO, Preibisch C, et al. Contributions of sensory input, auditory search and verbal comprehension to cortical activity during speech processing. *Cereb Cortex*. 2004 Mar;14(3):247-55.
318. Chou TL, Booth JR, Bitan T, Burman DD, Bigio JD, Cone NE, et al. Developmental and skill effects on the neural correlates of semantic processing to visually presented words. *Hum Brain Mapp*. 2006 Nov;27(11):915-24.
319. Hesling I, Clement S, Bordessoules M, Allard M. Cerebral mechanisms of prosodic integration: Evidence from connected speech. *Neuroimage*. 2005 Feb 15;24(4):937-4.
320. Ethofer T, Anders S, Erb M, Herbert C, Wiethoff S, Kissler J, et al. Cerebral pathways in processing of affective prosody: A dynamic causal modeling study. *Neuroimage*. 2006 Apr 1;30(2):580-7.
321. Friedman L, Kenny JT, Wise AL, Wu D, Stuve TA, Miller DA, et al. Brain activation during silent word generation evaluated with functional MRI. *Brain Lang*. 1998 Sep;64(2):231-56.
322. Mirz F, Ovesen T, Ishizu K, Johannsen P, Madsen S, Gjedde A, et al. Stimulus-dependent central processing of auditory stimuli: A PET study. *Scand Audiol*. 1999;28(3):161-9.
323. Goel V, Gold B, Kapur S, Houle S. Neuroanatomical correlates of human reasoning. *J Cogn Neurosci*. 1998 May;10(3):293-302.
324. Jessen F, Erb M, Klose U, Lotze M, Grodd W, Heun R. Activation of human language processing brain regions after the presentation of random letter strings demonstrated with event-related functional magnetic resonance imaging. *Neurosci Lett*. 1999 Jul 23;270(1):13-6.
325. Kuchinke L, Jacobs AM, Grubich C, Vo ML, Conrad M, Herrmann M. Incidental effects of emotional valence in single word processing: An fMRI study. *Neuroimage*. 2005 Dec;28(4):1022-3.
326. Maddock RJ, Buonocore MH. Activation of left posterior cingulate gyrus by the auditory presentation of threat-related words: An fMRI study. *Psychiatry Res*. 1997 Aug 8;75(1):1-14.
327. Fujii T, Suzuki M, Okuda J, Ohtake H, Tanji K, Yamaguchi K, et al. Neural correlates of context memory with real-world events. *Neuroimage*. 2004 Apr;21(4):1596-603.

328. Kondo Y, Suzuki M, Mugikura S, Abe N, Takahashi S, Iijima T, et al. Changes in brain activation associated with use of a memory strategy: A functional MRI study. *Neuroimage*. 2005 Feb 15;24(4):1154-63.
329. Krause BJ, Horwitz B, Taylor JG, Schmidt D, Mottaghy FM, Herzog H, et al. Network analysis in episodic encoding and retrieval of word-pair associates: A PET study. *Eur J Neurosci*. 1999 Sep;11(9):3293-301.
330. Hall NM, Gjedde A, Kupers R. Neural mechanisms of voluntary and involuntary recall: A PET study. *Behav Brain Res*. 2008 Jan 25;186(2):261-72.
331. Kensinger EA, Schacter DL. Neural processes underlying memory attribution on a reality-monitoring task. *Cereb Cortex*. 2006 Aug;16(8):1126-33.
332. Tracy J, Flanders A, Madi S, Laskas J, Stoddard E, Pyrros A, et al. Regional brain activation associated with different performance patterns during learning of a complex motor skill. *Cereb Cortex*. 2003 Sep;13(9):904-10.
333. Schubert T, von Cramon DY, Niendorf T, Pollmann S, Bublak P. Cortical areas and the control of self-determined finger movements: An fMRI study. *Neuroreport*. 1998 Oct 5;9(14):3171-6.
334. Becerra LR, Breiter HC, Stojanovic M, Fishman S, Edwards A, Comite AR, et al. Human brain activation under controlled thermal stimulation and habituation to noxious heat: An fMRI study. *Magn Reson Med*. 1999 May;41(5):1044-57.
335. Deary IJ, Simonotto E, Meyer M, Marshall A, Marshall I, Goddard N, et al. The functional anatomy of inspection time: An event-related fMRI study. *Neuroimage*. 2004 Aug;22(4):1466-79.
336. Zysset S, Huber O, Ferstl E, von Cramon DY. The anterior frontomedian cortex and evaluative judgment: An fMRI study. *Neuroimage*. 2002 Apr;15(4):983-91.
337. Doronbekov TK, Tokunaga H, Ikejiri Y, Kazui H, Hatta N, Masaki Y, et al. Neural basis of fear conditioning induced by video clip: Positron emission tomography study. *Psychiatry Clin Neurosci*. 2005 Apr;59(2):155-62.
338. Ruby P, Decety J. How would you feel versus how do you think she would feel? A neuroimaging study of perspective-taking with social emotions. *J Cogn Neurosci*. 2004 Jul-Aug;16(6):988-99.
339. Fredrikson M, Wik G, Fischer H, Andersson J. Affective and attentive neural networks in humans: A PET study of pavlovian conditioning. *Neuroreport*. 1995 Dec 29;7(1):97-101.

340. Maddock RJ, Garrett AS, Buonocore MH. Posterior cingulate cortex activation by emotional words: fMRI evidence from a valence decision task. *Hum Brain Mapp.* 2003 Jan;18(1):30-41.
341. Elliott R, Rubinsztein JS, Sahakian BJ, Dolan RJ. Selective attention to emotional stimuli in a verbal go/no-go task: An fMRI study. *Neuroreport.* 2000 Jun 5;11(8):1739-44.
342. Luo Q, Nakic M, Wheatley T, Richell R, Martin A, Blair RJ. The neural basis of implicit moral attitude--an IAT study using event-related fMRI. *Neuroimage.* 2006 May 1;30(4):1449-57.
343. Kupers RC, Svensson P, Jensen TS. Central representation of muscle pain and mechanical hyperesthesia in the orofacial region: A positron emission tomography study. *Pain.* 2004 Apr;108(3):284-93.
344. Sederberg PB, Schulze-Bonhage A, Madsen JR, Bromfield EB, McCarthy DC, Brandt A, et al. Hippocampal and neocortical gamma oscillations predict memory formation in humans. *Cereb Cortex.* 2007 May;17(5):1190-6.
345. Parsons MW, Haut MW, Lemieux SK, Moran MT, Leach SG. Anterior medial temporal lobe activation during encoding of words: FMRI methods to optimize sensitivity. *Brain Cogn.* 2006 Apr;60(3):253-61.
346. Brassens S, Weber-Fahr W, Sommer T, Lehmbeck JT, Braus DF. Hippocampal-prefrontal encoding activation predicts whether words can be successfully recalled or only recognized. *Behav Brain Res.* 2006 Aug 10;171(2):271-8.
347. Chua EF, Schacter DL, Rand-Giovannetti E, Sperling RA. Evidence for a specific role of the anterior hippocampal region in successful associative encoding. *Hippocampus.* 2007;17(11):1071-80.
348. Powell HW, Koeppe MJ, Symms MR, Boulby PA, Salek-Haddadi A, Thompson PJ, et al. Material-specific lateralization of memory encoding in the medial temporal lobe: Blocked versus event-related design. *Neuroimage.* 2005 Aug 1;27(1):231-9.
349. Ishai A, Haxby JV, Ungerleider LG. Visual imagery of famous faces: Effects of memory and attention revealed by fMRI. *Neuroimage.* 2002 Dec;17(4):1729-41.
350. Machielsen WC, Rombouts SA, Barkhof F, Scheltens P, Witter MP. FMRI of visual encoding: Reproducibility of activation. *Hum Brain Mapp.* 2000 Mar;9(3):156-64.

351. Pollmann S, Lepsien J, Hugdahl K, von Cramon DY. Auditory target detection in dichotic listening involves the orbitofrontal and hippocampal paralimbic belts. *Cereb Cortex*. 2004 Aug;14(8):903-1.
352. Richardson MP, Strange BA, Dolan RJ. Encoding of emotional memories depends on amygdala and hippocampus and their interactions. *Nat Neurosci*. 2004 Mar;7(3):278-85.
353. Bedwell JS, Horner MD, Yamanaka K, Li X, Myrick H, Nahas Z, et al. Functional neuroanatomy of subcomponent cognitive processes involved in verbal working memory. *Int J Neurosci*. 2005 Jul;115(7):1017-32.
354. Hoenig K, Scheef L. Mediotemporal contributions to semantic processing: fMRI evidence from ambiguity processing during semantic context verification. *Hippocampus*. 2005;15(5):597-609.
355. Rudner M, Fransson P, Ingvar M, Nyberg L, Ronnberg J. Neural representation of binding lexical signs and words in the episodic buffer of working memory. *Neuropsychologia*. 2007 Jun 11;45(10):2258-76.
356. Lee AC, Bandelow S, Schwarzbauer C, Henson RN, Graham KS. Perirhinal cortex activity during visual object discrimination: An event-related fMRI study. *Neuroimage*. 2006 Oct 15;33(1):362-73.
357. Daselaar SM, Rice HJ, Greenberg DL, Cabeza R, LaBar KS, Rubin DC. The spatiotemporal dynamics of autobiographical memory: Neural correlates of recall, emotional intensity, and reliving. *Cereb Cortex*. 2008 Jan;18(1):217-29.
358. Viard A, Piolino P, Desgranges B, Chetelat G, Lebreton K, Landeau B, et al. Hippocampal activation for autobiographical memories over the entire lifetime in healthy aged subjects: An fMRI study. *Cereb Cortex*. 2007 Oct;17(10):2453-67.
359. Vandekerckhove MM, Markowitsch HJ, Mertens M, Woermann FG. Bi-hemispheric engagement in the retrieval of autobiographical episodes. *Behav Neurol*. 2005;16(4):203-10.
360. Cerf-Ducastel B, Murphy C. Neural substrates of cross-modal olfactory recognition memory: An fMRI study. *Neuroimage*. 2006 May 15;31(1):386-9.
361. Marciani L, Pfeiffer JC, Hort J, Head K, Bush D, Taylor AJ, et al. Improved methods for fMRI studies of combined taste and aroma stimuli. *J Neurosci Methods*. 2006 Dec 15;158(2):186-94.

362. Ciumas C, Lindstrom P, Aoun B, Savic I. Imaging of odor perception delineates functional disintegration of the limbic circuits in mesial temporal lobe epilepsy. *Neuroimage*. 2008 Jan 15;39(2):578-92.
363. Danckert SL, Gati JS, Menon RS, Kohler S. Perirhinal and hippocampal contributions to visual recognition memory can be distinguished from those of occipito-temporal structures based on conscious awareness of prior occurrence. *Hippocampus*. 2007;17(11):1081-92.
364. Sterpenich V, Albouy G, Boly M, Vandewalle G, Darsaud A, Balteau E, et al. Sleep-related hippocampo-cortical interplay during emotional memory recollection. *PLoS Biol*. 2007 Oct 23;5(11):e282.
365. Dougal S, Phelps EA, Davachi L. The role of medial temporal lobe in item recognition and source recollection of emotional stimuli. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2007 Sep;7(3):233-42.
366. Albouy G, Sterpenich V, Balteau E, Vandewalle G, Desseilles M, Dang-Vu T, et al. Both the hippocampus and striatum are involved in consolidation of motor sequence memory. *Neuron*. 2008 Apr 24;58(2):261-72.
367. Remy F, Wenderoth N, Lipkens K, Swinnen SP. Acquisition of a new bimanual coordination pattern modulates the cerebral activations elicited by an intrinsic pattern: An fMRI study. *Cortex*. 2008 May;44(5):482-93.
368. Van Opstal F, Verguts T, Orban GA, Fias W. A hippocampal-parietal network for learning an ordered sequence. *Neuroimage*. 2008 Mar 1;40(1):333-41.
369. Strange BA, Dolan RJ. Anterior medial temporal lobe in human cognition: Memory for fear and the unexpected. *Cogn Neuropsychiatry*. 2006 May;11(3):198-21.
370. Leung KK, Lee TM, Xiao Z, Wang Z, Zhang JX, Yip PS, et al. Neural activities for negative priming with affective stimuli: An fMRI study. *Neurosci Lett*. 2008 Mar 15;433(3):194-8.
371. Mitterschiffthaler MT, Fu CH, Dalton JA, Andrew CM, Williams SC. A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classical music. *Hum Brain Mapp*. 2007 Nov;28(11):1150-62.
372. Reinders AA, Glascher J, de Jong JR, Willemsen AT, den Boer JA, Buchel C. Detecting fearful and neutral faces: BOLD latency differences in amygdala-hippocampal junction. *Neuroimage*. 2006 Nov 1;33(2):805-14.

373. Iidaka T, Okada T, Murata T, Omori M, Kosaka H, Sadato N, et al. Age-related differences in the medial temporal lobe responses to emotional faces as revealed by fMRI. *Hippocampus*. 2002;12(3):352-6.
374. Gur RC, Schroeder L, Turner T, McGrath C, Chan RM, Turetsky BI, et al. Brain activation during facial emotion processing. *Neuroimage*. 2002 Jul;16(3 Pt 1):651-62.
375. Wright CI, Martis B, Shin LM, Fischer H, Rauch SL. Enhanced amygdala responses to emotional versus neutral schematic facial expressions. *Neuroreport*. 2002 May 7;13(6):785-90.
376. Stark R, Schienle A, Girod C, Walter B, Kirsch P, Blecker C, et al. Erotic and disgust-inducing pictures--differences in the hemodynamic responses of the brain. *Biol Psychol*. 2005 Sep;70(1):19-2.
377. Fitzgerald DA, Posse S, Moore GJ, Tancer ME, Nathan PJ, Phan KL. Neural correlates of internally-generated disgust via autobiographical recall: A functional magnetic resonance imaging investigation. *Neurosci Lett*. 2004 Nov 11;370(2-3):91-6.
378. Sinha R, Lacadie C, Skudlarski P, Wexler BE. Neural circuits underlying emotional distress in humans. *Ann N Y Acad Sci*. 2004 Dec;1032:254-7.
379. Wild B, Erb M, Eyb M, Bartels M, Grodd W. Why are smiles contagious? an fMRI study of the interaction between perception of facial affect and facial movements. *Psychiatry Res*. 2003 May 1;123(1):17-36.
380. Pelchat ML, Johnson A, Chan R, Valdez J, Ragland JD. Images of desire: Food-craving activation during fMRI. *Neuroimage*. 2004 Dec;23(4):1486-93.
381. Del Parigi A, Gautier JF, Chen K, Salbe AD, Ravussin E, Reiman E, et al. Neuroimaging and obesity: Mapping the brain responses to hunger and satiation in humans using positron emission tomography. *Ann N Y Acad Sci*. 2002 Jun;967:389-97.
382. Takahashi H, Yahata N, Koeda M, Matsuda T, Asai K, Okubo Y. Brain activation associated with evaluative processes of guilt and embarrassment: An fMRI study. *Neuroimage*. 2004 Nov;23(3):967-74.
383. Rauchs G, Orban P, Balteau E, Schmidt C, Degueldre C, Luxen A, et al. Partially segregated neural networks for spatial and contextual memory in virtual navigation. *Hippocampus*. 2008;18(5):503-18.

384. Janzen G, Jansen C, van Turennout M. Memory consolidation of landmarks in good navigators. *Hippocampus*. 2008;18(1):40-7.
385. Ekstrom AD, Bookheimer SY. Spatial and temporal episodic memory retrieval recruit dissociable functional networks in the human brain. *Learn Mem*. 2007 Sep 24;14(10):645-54.
386. Hayes SM, Ryan L, Schnyer DM, Nadel L. An fMRI study of episodic memory: Retrieval of object, spatial, and temporal information. *Behav Neurosci*. 2004 Oct;118(5):885-96.
387. Habib R, McIntosh AR, Wheeler MA, Tulving E. Memory encoding and hippocampally-based novelty/familiarity discrimination networks. *Neuropsychologia*. 2003;41(3):271-9.
388. Addis DR, Wong AT, Schacter DL. Remembering the past and imagining the future: Common and distinct neural substrates during event construction and elaboration. *Neuropsychologia*. 2007 Apr 8;45(7):1363-77.
389. Addis DR, Schacter DL. Constructive episodic simulation: Temporal distance and detail of past and future events modulate hippocampal engagement. *Hippocampus*. 2008;18(2):227-3.
390. Coricelli G, Critchley HD, Joffily M, O'Doherty JP, Sirigu A, Dolan RJ. Regret and its avoidance: A neuroimaging study of choice behavior. *Nat Neurosci*. 2005 Sep;8(9):1255-62.
391. Luo J, Niki K. Function of hippocampus in "insight" of problem solving. *Hippocampus*. 2003;13(3):316-23.
392. Ernst M, Bolla K, Mouratidis M, Contoreggi C, Matochik JA, Kurian V, et al. Decision-making in a risk-taking task: A PET study. *Neuropsychopharmacology*. 2002 May;26(5):682-91.
393. Kirwan CB, Stark CE. Overcoming interference: An fMRI investigation of pattern separation in the medial temporal lobe. *Learn Mem*. 2007 Sep 6;14(9):625-33.
394. Crottaz-Herbette S, Lau KM, Glover GH, Menon V. Hippocampal involvement in detection of deviant auditory and visual stimuli. *Hippocampus*. 2005;15(1):132-9.
395. Thioux M, Pesenti M, Costes N, De Volder A, Seron X. Task-independent semantic activation for numbers and animals. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2005 Jul;24(2):284-90.

396. Gerlach C, Law I, Gade A, Paulson OB. Categorization and category effects in normal object recognition: A PET study. *Neuropsychologia*. 2000;38(13):1693-70.
397. Flowers DL, Jones K, Noble K, VanMeter J, Zeffiro TA, Wood FB, et al. Attention to single letters activates left extrastriate cortex. *Neuroimage*. 2004 Mar;21(3):829-3.
398. Hashimoto R, Sakai KL. Learning letters in adulthood: Direct visualization of cortical plasticity for forming a new link between orthography and phonology. *Neuron*. 2004 Apr 22;42(2):311-22.
399. Blonder LX, Smith CD, Davis CE, Kesler-West ML, Garrity TF, Avison MJ, et al. Regional brain response to faces of humans and dogs. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2004 Aug;20(3):384-9.
400. Grady CL, Maisog JM, Horwitz B, Ungerleider LG, Mentis MJ, Salerno JA, et al. Age-related changes in cortical blood flow activation during visual processing of faces and location. *J Neurosci*. 1994 Mar;14(3 Pt 2):1450-62.
401. Beer J, Blakemore C, Previc FH, Liotti M. Areas of the human brain activated by ambient visual motion, indicating three kinds of self-movement. *Exp Brain Res*. 2002 Mar;143(1):78-8.
402. Kellenbach ML, Hovius M, Patterson K. A pet study of visual and semantic knowledge about objects. *Cortex*. 2005 Apr;41(2):121-32.
403. Harrington GS, Farias D, Davis CH, Buonocore MH. Comparison of the neural basis for imagined writing and drawing. *Hum Brain Mapp*. 2007 May;28(5):450-9.
404. Taylor JG, Schmitz N, Ziemons K, Grosse-Ruyken ML, Gruber O, Mueller-Gaertner HW, et al. The network of brain areas involved in the motion aftereffect. *Neuroimage*. 2000 Apr;11(4):257-70.
405. Spiers HJ, Maguire EA. Spontaneous mentalizing during an interactive real world task: An fMRI study. *Neuropsychologia*. 2006;44(10):1674-82.
406. Vollm BA, Taylor AN, Richardson P, Corcoran R, Stirling J, McKie S, et al. Neuronal correlates of theory of mind and empathy: A functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *Neuroimage*. 2006 Jan 1;29(1):90-8.
407. Sugiura M, Sassa Y, Watanabe J, Akitsuki Y, Maeda Y, Matsue Y, et al. Cortical mechanisms of person representation: Recognition of famous and personally familiar names. *Neuroimage*. 2006 Jun;31(2):853-60.

408. D'Argembeau A, Collette F, Van der Linden M, Laureys S, Del Fiore G, Degueldre C, et al. Self-referential reflective activity and its relationship with rest: A PET study. *Neuroimage*. 2005 Apr 1;25(2):616-24.
409. Schaich Borg J, Hynes C, Van Horn J, Grafton S, Sinnott-Armstrong W. Consequences, action, and intention as factors in moral judgments: An fMRI investigation. *J Cogn Neurosci*. 2006 May;18(5):803-17.
410. Moll J, de Oliveira-Souza R, Bramati IE, Grafman J. Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments. *Neuroimage*. 2002 Jul;16(3 Pt 1):696-703.
411. Pelletier M, Bouthillier A, Levesque J, Carrier S, Breault C, Paquette V, et al. Separate neural circuits for primary emotions? brain activity during self-induced sadness and happiness in professional actors. *Neuroreport*. 2003 Jun 11;14(8):1111-6.
412. Eugene F, Levesque J, Mensour B, Leroux JM, Beaudoin G, Bourgouin P, et al. The impact of individual differences on the neural circuitry underlying sadness. *Neuroimage*. 2003 Jun;19(2 Pt 1):354-6.
413. Kimbrell TA, George MS, Parekh PI, Ketter TA, Podell DM, Danielson AL, et al. Regional brain activity during transient self-induced anxiety and anger in healthy adults. *Biol Psychiatry*. 1999 Aug 15;46(4):454-65.
414. Tsukiura T, Namiki M, Fujii T, Iijima T. Time-dependent neural activations related to recognition of people's names in emotional and neutral face-name associative learning: An fMRI study. *Neuroimage*. 2003 Oct;20(2):784-9.
415. Blair RJ, Morris JS, Frith CD, Perrett DI, Dolan RJ. Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. *Brain*. 1999 May;122 (Pt 5)(Pt 5):883-9.
416. Schunck T, Erb G, Mathis A, Jacob N, Gilles C, Namer IJ, et al. Test-retest reliability of a functional MRI anticipatory anxiety paradigm in healthy volunteers. *J Magn Reson Imaging*. 2008 Mar;27(3):459-68.
417. Gillath O, Bunge SA, Shaver PR, Wendelken C, Mikulincer M. Attachment-style differences in the ability to suppress negative thoughts: Exploring the neural correlates. *Neuroimage*. 2005 Dec;28(4):835-47.
418. Ranote S, Elliott R, Abel KM, Mitchell R, Deakin JF, Appleby L. The neural basis of maternal responsiveness to infants: An fMRI study. *Neuroreport*. 2004 Aug 6;15(11):1825-9.

419. Takashima A, Nieuwenhuis IL, Rijpkema M, Petersson KM, Jensen O, Fernandez G. Memory trace stabilization leads to large-scale changes in the retrieval network: A functional MRI study on associative memory. *Learn Mem.* 2007 Jul 10;14(7):472-9.
420. Dolan RJ, Lane R, Chua P, Fletcher P. Dissociable temporal lobe activations during emotional episodic memory retrieval. *Neuroimage.* 2000 Mar;11(3):203-9.
421. Maguire EA, Mummery CJ, Buchel C. Patterns of hippocampal-cortical interaction dissociate temporal lobe memory subsystems. *Hippocampus.* 2000;10(4):475-82.
422. Noppeney U, Price CJ. A PET study of stimulus- and task-induced semantic processing. *Neuroimage.* 2002 Apr;15(4):927-35.
423. Noppeney U, Price CJ. Retrieval of visual, auditory, and abstract semantics. *Neuroimage.* 2002 Apr;15(4):917-26.
424. Vandenberghe R, Nobre AC, Price CJ. The response of left temporal cortex to sentences. *J Cogn Neurosci.* 2002 May 15;14(4):550-6.
425. Bottini G, Corcoran R, Sterzi R, Paulesu E, Schenone P, Scarpa P, et al. The role of the right hemisphere in the interpretation of figurative aspects of language. A positron emission tomography activation study. *Brain.* 1994 Dec;117 (Pt 6)(Pt 6):1241-53.
426. Ellis AW, Burani C, Izura C, Bromiley A, Venneri A. Traces of vocabulary acquisition in the brain: Evidence from covert object naming. *Neuroimage.* 2006 Nov 15;33(3):958-6.
427. Grabowski TJ, Damasio H, Tranel D, Ponto LL, Hichwa RD, Damasio AR. A role for left temporal pole in the retrieval of words for unique entities. *Hum Brain Mapp.* 2001 Aug;13(4):199-212.
428. Maguire EA, Frith CD, Morris RG. The functional neuroanatomy of comprehension and memory: The importance of prior knowledge. *Brain.* 1999 Oct;122 (Pt 10)(Pt 10):1839-50.
429. Tzourio N, Nkanga-Ngila B, Mazoyer B. Left planum temporale surface correlates with functional dominance during story listening. *Neuroreport.* 1998 Mar 30;9(5):829-33.
430. Holeckova I, Fischer C, Morlet D, Delpuech C, Costes N, Mauguiere F. Subject's own name as a novel in a MMN design: A combined ERP and PET study. *Brain Res.* 2008 Jan 16;1189:152-65.

431. Jancke L, Wustenberg T, Schulze K, Heinze HJ. Asymmetric hemodynamic responses of the human auditory cortex to monaural and binaural stimulation. *Hear Res.* 2002 Aug;170(1-2):166-78.
432. Zald DH, Pardo JV. The neural correlates of aversive auditory stimulation. *Neuroimage.* 2002 Jul;16(3 Pt 1):746-53.
433. Nakamura K, Kawashima R, Sugiura M, Kato T, Nakamura A, Hatano K, et al. Neural substrates for recognition of familiar voices: A PET study. *Neuropsychologia.* 2001;39(10):1047-54.
434. Bartolo A, Benuzzi F, Nocetti L, Baraldi P, Nichelli P. Humor comprehension and appreciation: An fMRI study. *J Cogn Neurosci.* 2006 Nov;18(11):1789-98.
435. Azim E, Mobbs D, Jo B, Menon V, Reiss AL. Sex differences in brain activation elicited by humor. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2005 Nov 8;102(45):16496-501.
436. Wakusawa K, Sugiura M, Sassa Y, Jeong H, Horie K, Sato S, et al. Comprehension of implicit meanings in social situations involving irony: A functional MRI study. *Neuroimage.* 2007 Oct 1;37(4):1417-26.
437. Flores-Gutierrez EO, Diaz JL, Barrios FA, Favila-Humara R, Guevara MA, del Rio-Portilla Y, et al. Metabolic and electric brain patterns during pleasant and unpleasant emotions induced by music masterpieces. *Int J Psychophysiol.* 2007 Jul;65(1):69-84.
438. Bernal B, Ardila A, Altman NR. Acalculia: An fMRI study with implications with respect to brain plasticity. *Int J Neurosci.* 2003 Nov;113(11):1505-23.
439. Grabner RH, Ansari D, Reishofer G, Stern E, Ebner F, Neuper C. Individual differences in mathematical competence predict parietal brain activation during mental calculation. *Neuroimage.* 2007 Nov 1;38(2):346-5.
440. Delazer M, Domahs F, Bartha L, Brenneis C, Lochy A, Trieb T, et al. Learning complex arithmetic--an fMRI study. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2003 Dec;18(1):76-88.
441. Piazza M, Pinel P, Le Bihan D, Dehaene S. A magnitude code common to numerosities and number symbols in human intraparietal cortex. *Neuron.* 2007 Jan 18;53(2):293-305.
442. Buchsbaum MS, Buchsbaum BR, Chokron S, Tang C, Wei TC, Byne W. Thalamocortical circuits: fMRI assessment of the pulvinar and medial dorsal nucleus in normal volunteers. *Neurosci Lett.* 2006 Sep 1;404(3):282-7.

443. Kohler S, Kapur S, Moscovitch M, Winocur G, Houle S. Dissociation of pathways for object and spatial vision: A PET study in humans. *Neuroreport*. 1995 Oct 2;6(14):1865-8.
444. Bechtereva NP, Korotkov AD, Pakhomov SV, Roudas MS, Starchenko MG, Medvedev SV. PET study of brain maintenance of verbal creative activity. *Int J Psychophysiol*. 2004 Jun;53(1):11-20.
445. Schon D, Anton JL, Roth M, Besson M. An fMRI study of music sight-reading. *Neuroreport*. 2002 Dec 3;13(17):2285-9.
446. Rektor I, Rektorova I, Mikl M, Brazdil M, Krupa P. An event-related fMRI study of self-paced alphabetically ordered writing of single letters. *Exp Brain Res*. 2006 Aug;173(1):79-85.
447. Frey SH, Vinton D, Norlund R, Grafton ST. Cortical topography of human anterior intraparietal cortex active during visually guided grasping. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2005 May;23(2-3):397-405.
448. Muhlau M, Hermsdorfer J, Goldenberg G, Wohlschlagel AM, Castrop F, Stahl R, et al. Left inferior parietal dominance in gesture imitation: An fMRI study. *Neuropsychologia*. 2005;43(7):1086-98.
449. Meister IG, Krings T, Foltys H, Boroojerdi B, Muller M, Topper R, et al. Playing piano in the mind--an fMRI study on music imagery and performance in pianists. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2004 May;19(3):219-28.
450. Carel C, Loubinoux I, Boulanouar K, Manelfe C, Rascol O, Celsis P, et al. Neural substrate for the effects of passive training on sensorimotor cortical representation: A study with functional magnetic resonance imaging in healthy subjects. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2000 Mar;20(3):478-84.
451. Akatsuka K, Noguchi Y, Harada T, Sadato N, Kakigi R. Neural codes for somatosensory two-point discrimination in inferior parietal lobule: An fMRI study. *Neuroimage*. 2008 Apr 1;40(2):852-8.
452. Milner TE, Franklin DW, Imamizu H, Kawato M. Central control of grasp: Manipulation of objects with complex and simple dynamics. *Neuroimage*. 2007 Jun;36(2):388-95.
453. Upadhyay J, Silver A, Knaus TA, Lindgren KA, Ducros M, Kim DS, et al. Effective and structural connectivity in the human auditory cortex. *J Neurosci*. 2008 Mar 26;28(13):3341-9.

454. Stefanatos GA, Joe WQ, Aguirre GK, Detre JA, Wetmore G. Activation of human auditory cortex during speech perception: Effects of monaural, binaural, and dichotic presentation. *Neuropsychologia*. 2008 Jan 15;46(1):301-15.
455. Menendez-Colino LM, Falcon C, Traserra J, Berenguer J, Pujol T, Domenech J, et al. Activation patterns of the primary auditory cortex in normal-hearing subjects: A functional magnetic resonance imaging study. *Acta Otolaryngol*. 2007 Dec;127(12):1283-91.
456. Yoo SS, O'leary HM, Dickey CC, Wei XC, Guttmann CR, Park HW, et al. Functional asymmetry in human primary auditory cortex: Identified from longitudinal fMRI study. *Neurosci Lett*. 2005 Jul 22-29;383(1-2):1-6.
457. Liebenthal E, Ellingson ML, Spanaki MV, Prieto TE, Ropella KM, Binder JR. Simultaneous ERP and fMRI of the auditory cortex in a passive oddball paradigm. *Neuroimage*. 2003 Aug;19(4):1395-404.
458. Hall DA, Johnsrude IS, Haggard MP, Palmer AR, Akeroyd MA, Summerfield AQ. Spectral and temporal processing in human auditory cortex. *Cereb Cortex*. 2002 Feb;12(2):140-9.
459. Hart HC, Hall DA, Palmer AR. The sound-level-dependent growth in the extent of fMRI activation in heschl's gyrus is different for low- and high-frequency tones. *Hear Res*. 2003 May;179(1-2):104-12.
460. Lasota KJ, Ulmer JL, Firszt JB, Biswal BB, Daniels DL, Prost RW. Intensity-dependent activation of the primary auditory cortex in functional magnetic resonance imaging. *J Comput Assist Tomogr*. 2003 Mar-Apr;27(2):213-8.
461. Bailey L, Abolmaesumi P, Tam J, Morosan P, Cusack R, Amunts K, et al. Customised cytoarchitectonic probability maps using deformable registration: Primary auditory cortex. *Med Image Comput Comput Assist Interv*. 2007;10(Pt 2):760-8.
462. Patterson RD, Uppenkamp S, Johnsrude IS, Griffiths TD. The processing of temporal pitch and melody information in auditory cortex. *Neuron*. 2002 Nov 14;36(4):767-76.
463. Lehmann C, Herdener M, Schneider P, Federspiel A, Bach DR, Esposito F, et al. Dissociated lateralization of transient and sustained blood oxygen level-dependent signal components in human primary auditory cortex. *Neuroimage*. 2007 Feb 15;34(4):1637-42.

464. Alain C, Reinke K, McDonald KL, Chau W, Tam F, Pacurar A, et al. Left thalamo-cortical network implicated in successful speech separation and identification. *Neuroimage*. 2005 Jun;26(2):592-9.
465. Haist F, Song AW, Wild K, Faber TL, Popp CA, Morris RD. Linking sight and sound: fMRI evidence of primary auditory cortex activation during visual word recognition. *Brain Lang*. 2001 Mar;76(3):340-5.
466. Zhang DR, Li ZH, Chen XC, Wang ZX, Zhang XC, Meng XM, et al. Functional comparison of primacy, middle and recency retrieval in human auditory short-term memory: An event-related fMRI study. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2003 Mar;16(1):91-8.
467. Calvert GA, Campbell R. Reading speech from still and moving faces: The neural substrates of visible speech. *J Cogn Neurosci*. 2003 Jan 1;15(1):57-70.
468. Pekkola J, Ojanen V, Autti T, Jaaskelainen IP, Mottonen R, Tarkiainen A, et al. Primary auditory cortex activation by visual speech: An fMRI study at 3 T. *Neuroreport*. 2005 Feb 8;16(2):125-8.
469. Gold BT, Balota DA, Kirchoff BA, Buckner RL. Common and dissociable activation patterns associated with controlled semantic and phonological processing: Evidence from FMRI adaptation. *Cereb Cortex*. 2005 Sep;15(9):1438-50.
470. Amunts K, Weiss PH, Mohlberg H, Pieperhoff P, Eickhoff S, Gurd JM, et al. Analysis of neural mechanisms underlying verbal fluency in cytoarchitectonically defined stereotaxic space--the roles of brodmann areas 44 and 45. *Neuroimage*. 2004 May;22(1):42-56.
471. Kang AM, Constable RT, Gore JC, Avrutin S. An event-related fMRI study of implicit phrase-level syntactic and semantic processing. *Neuroimage*. 1999 Nov;10(5):555-61.
472. Tremblay P, Gracco VL. Contribution of the frontal lobe to externally and internally specified verbal responses: fMRI evidence. *Neuroimage*. 2006 Nov 15;33(3):947-5.
473. Heneen WK. Ultrastructure of the prophase kinetochore in cultured cells of rat-kangaroo (*potorous tridactylis*). *Ann Cardiol Angeiol (Paris)*. 1975 Jan-Feb;24(1 SUPPL):209-20.
474. Binkofski F, Buccino G, Posse S, Seitz RJ, Rizzolatti G, Freund H. A fronto-parietal circuit for object manipulation in man: Evidence from an fMRI-study. *Eur J Neurosci*. 1999 Sep;11(9):3276-8.

475. Hyder F, Phelps EA, Wiggins CJ, Labar KS, Blamire AM, Shulman RG. "Willed action": A functional MRI study of the human prefrontal cortex during a sensorimotor task. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1997 Jun 24;94(13):6989-94.
476. Heim S, Alter K, Ischebeck AK, Amunts K, Eickhoff SB, Mohlberg H, et al. The role of the left brodmann's areas 44 and 45 in reading words and pseudowords. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2005 Dec;25(3):982-93.
477. Fiebach CJ, Friederici AD, Muller K, von Cramon DY. fMRI evidence for dual routes to the mental lexicon in visual word recognition. *J Cogn Neurosci*. 2002 Jan 1;14(1):11-23.
478. Heim S, Opitz B, Muller K, Friederici AD. Phonological processing during language production: fMRI evidence for a shared production-comprehension network. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2003 Apr;16(2):285-96.
479. Brannen JH, Badie B, Moritz CH, Quigley M, Meyerand ME, Haughton VM. Reliability of functional MR imaging with word-generation tasks for mapping broca's area. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2001 Oct;22(9):1711-8.
480. Sahin NT, Pinker S, Halgren E. Abstract grammatical processing of nouns and verbs in broca's area: Evidence from fMRI. *Cortex*. 2006 May;42(4):540-62.
481. Rugg MD, Fletcher PC, Chua PM, Dolan RJ. The role of the prefrontal cortex in recognition memory and memory for source: An fMRI study. *Neuroimage*. 1999 Nov;10(5):520-9.
482. Horwitz B, Amunts K, Bhattacharyya R, Patkin D, Jeffries K, Zilles K, et al. Activation of broca's area during the production of spoken and signed language: A combined cytoarchitectonic mapping and PET analysis. *Neuropsychologia*. 2003;41(14):1868-76.
483. Wildgruber D, Riecker A, Hertrich I, Erb M, Grodd W, Ethofer T, et al. Identification of emotional intonation evaluated by fMRI. *Neuroimage*. 2005 Feb 15;24(4):1233-41.
484. Rama P, Courtney SM. Functional topography of working memory for face or voice identity. *Neuroimage*. 2005 Jan 1;24(1):224-3.
485. Fernandez G, Brewer JB, Zhao Z, Glover GH, Gabrieli JD. Level of sustained entorhinal activity at study correlates with subsequent cued-recall performance: A functional magnetic resonance imaging study with high acquisition rate. *Hippocampus*. 1999;9(1):35-44.

486. Sun X, Zhang X, Chen X, Zhang P, Bao M, Zhang D, et al. Age-dependent brain activation during forward and backward digit recall revealed by fMRI. *Neuroimage*. 2005 May 15;26(1):36-47.
487. Lotze M, Heymans U, Birbaumer N, Veit R, Erb M, Flor H, et al. Differential cerebral activation during observation of expressive gestures and motor acts. *Neuropsychologia*. 2006;44(10):1787-95.
488. Marsh R, Zhu H, Schultz RT, Quackenbush G, Royal J, Skudlarski P, et al. A developmental fMRI study of self-regulatory control. *Hum Brain Mapp*. 2006 Nov;27(11):848-63.
489. Collette F, Van der Linden M, Delfiore G, Degueldre C, Luxen A, Salmon E. The functional anatomy of inhibition processes investigated with the hayling task. *Neuroimage*. 2001 Aug;14(2):258-67.
490. Menon V, Adleman NE, White CD, Glover GH, Reiss AL. Error-related brain activation during a go/NoGo response inhibition task. *Hum Brain Mapp*. 2001 Mar;12(3):131-43.
491. Ellison K. *El cerebro de mamá*. 1ª edición ed. Barcelona: Destino; 2007.
492. Jacobsen T, Schubotz RI, Hofel L, Cramon DY. Brain correlates of aesthetic judgment of beauty. *Neuroimage*. 2006 Jan 1;29(1):276-85.
493. Koelsch S, Fritz T, V Cramon DY, Muller K, Friederici AD. Investigating emotion with music: An fMRI study. *Hum Brain Mapp*. 2006 Mar;27(3):239-50.
494. Olejarczyk E. Application of fractal dimension method of functional MRI time-series to limbic dysregulation in anxiety study. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2007;2007:3408-10.
495. Savic I, Berglund H. Passive perception of odors and semantic circuits. *Hum Brain Mapp*. 2004 Apr;21(4):271-8.
496. Kapur S, Craik FI, Tulving E, Wilson AA, Houle S, Brown GM. Neuroanatomical correlates of encoding in episodic memory: Levels of processing effect. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1994 Mar 15;91(6):2008-11.
497. Demb JB, Desmond JE, Wagner AD, Vaidya CJ, Glover GH, Gabrieli JD. Semantic encoding and retrieval in the left inferior prefrontal cortex: A functional MRI study of task difficulty and process specificity. *J Neurosci*. 1995 Sep;15(9):5870-8.

498. Buckner RL, Raichle ME, Petersen SE. Dissociation of human prefrontal cortical areas across different speech production tasks and gender groups. *J Neurophysiol.* 1995 Nov;74(5):2163-7.
499. Hirano Y, Obata T, Kashikura K, Nonaka H, Tachibana A, Ikehira H, et al. Effects of chewing in working memory processing. *Neurosci Lett.* 2008 May 9;436(2):189-92.
500. Buccino G, Vogt S, Ritzl A, Fink GR, Zilles K, Freund HJ, et al. Neural circuits underlying imitation learning of hand actions: An event-related fMRI study. *Neuron.* 2004 Apr 22;42(2):323-34.
501. Burbaud P, Degreze P, Lafon P, Franconi JM, Bouligand B, Bioulac B, et al. Lateralization of prefrontal activation during internal mental calculation: A functional magnetic resonance imaging study. *J Neurophysiol.* 1995 Nov;74(5):2194-200.
502. Frith CD, Friston K, Liddle PF, Frackowiak RS. Willed action and the prefrontal cortex in man: A study with PET. *Proc Biol Sci.* 1991 Jun 22;244(1311):241-6.
503. Huettel SA, McCarthy G. What is odd in the oddball task? prefrontal cortex is activated by dynamic changes in response strategy. *Neuropsychologia.* 2004;42(3):379-86.
504. Rubia FJ. *El sexo del cerebro.* 1ª edición ed. Madrid: Temas de hoy; 2007.
505. Borroni P, Montagna M, Cerri G, Baldissera F. Cyclic time course of motor excitability modulation during the observation of a cyclic hand movement. *Brain Res.* 2005 Dec 14;1065(1-2):115-24.
506. Brass M, Heyes C. Imitation: Is cognitive neuroscience solving the correspondence problem? *Trends Cogn Sci.* 2005 Oct;9(10):489-95.
507. Umiltà MA, Kohler E, Gallese V, Fogassi L, Fadiga L, Keysers C, et al. I know what you are doing. a neurophysiological study. *Neuron.* 2001 Jul 19;31(1):155-6.
508. Lyons DE, Santos LR, Keil FC. Reflections of other minds: How primate social cognition can inform the function of mirror neurons. *Curr Opin Neurobiol.* 2006 Apr;16(2):230-4.
509. Hadjikhani N, Joseph RM, Snyder J, Tager-Flusberg H. Anatomical differences in the mirror neuron system and social cognition network in autism. *Cereb Cortex.* 2006 Sep;16(9):1276-82.

510. Thornton IM. Out of time: A possible link between mirror neurons, autism and electromagnetic radiation. *Med Hypotheses*. 2006;67(2):378-82.
511. Buxbaum LJ, Kyle KM, Menon R. On beyond mirror neurons: Internal representations subserving imitation and recognition of skilled object-related actions in humans. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2005 Sep;25(1):226-39.
512. Goldenberg G, Karnath HO. The neural basis of imitation is body part specific. *J Neurosci*. 2006 Jun 7;26(23):6282-7.
513. Schurmann M, Jarvelainen J, Avikainen S, Cannon TD, Lonnqvist J, Huttunen M, et al. Manifest disease and motor cortex reactivity in twins discordant for schizophrenia. *Br J Psychiatry*. 2007 Aug;191:178-9.
514. Stefan K, Cohen LG, Duque J, Mazzocchio R, Celnik P, Sawaki L, et al. Formation of a motor memory by action observation. *J Neurosci*. 2005 Oct 12;25(41):9339-46.
515. Lamm C, Fischer MH, Decety J. Predicting the actions of others taps into one's own somatosensory representations--a functional MRI study. *Neuropsychologia*. 2007 Jun 18;45(11):2480-91.
516. Molnar-Szakacs I, Kaplan J, Greenfield PM, Iacoboni M. Observing complex action sequences: The role of the fronto-parietal mirror neuron system. *Neuroimage*. 2006 Nov 15;33(3):923-35.
517. Fabbri-Destro M, Rizzolatti G. Mirror neurons and mirror systems in monkeys and humans. *Physiology (Bethesda)*. 2008 Jun;23:171-9.
518. Urgesi C, Moro V, Candidi M, Aglioti SM. Mapping implied body actions in the human motor system. *J Neurosci*. 2006 Jul 26;26(30):7942-9.
519. Uddin LQ, Kaplan JT, Molnar-Szakacs I, Zaidel E, Iacoboni M. Self-face recognition activates a frontoparietal "mirror" network in the right hemisphere: An event-related fMRI study. *Neuroimage*. 2005 Apr 15;25(3):926-35.
520. Kessler K, Biermann-Ruben K, Jonas M, Siebner HR, Baumer T, Munchau A, et al. Investigating the human mirror neuron system by means of cortical synchronization during the imitation of biological movements. *Neuroimage*. 2006 Oct 15;33(1):227-38.
521. Alegre M, Rodriguez-Oroz MC, Valencia M, Perez-Alcazar M, Guridi J, Iriarte J, et al. Changes in subthalamic activity during movement observation in parkinson's disease: Is the mirror system mirrored in the basal ganglia? *Clin Neurophysiol*. 2010 Mar;121(3):414-25.

522. Koski L, Iacoboni M, Dubeau MC, Woods RP, Mazziotta JC. Modulation of cortical activity during different imitative behaviors. *J Neurophysiol.* 2003 Jan;89(1):460-71.
523. Hamzei F, Rijntjes M, Dettmers C, Glauche V, Weiller C, Buchel C. The human action recognition system and its relationship to broca's area: An fMRI study. *Neuroimage.* 2003 Jul;19(3):637-44.
524. Pulvermuller F, Hauk O. Category-specific conceptual processing of color and form in left fronto-temporal cortex. *Cereb Cortex.* 2006 Aug;16(8):1193-201.
525. Lahav A, Saltzman E, Schlaug G. Action representation of sound: Audiomotor recognition network while listening to newly acquired actions. *J Neurosci.* 2007 Jan 10;27(2):308-14.
526. Astolfi L, Cincotti F, Mattia D, Babiloni C, Carducci F, Basilisco A, et al. Assessing cortical functional connectivity by linear inverse estimation and directed transfer function: Simulations and application to real data. *Clin Neurophysiol.* 2005 Apr;116(4):920-32.
527. Engels L, De Tieghe X, Op de Beeck M, Warzee N. Factors influencing the spatial precision of electromagnetic tracking systems used for MEG/EEG source imaging. *Neurophysiol Clin.* 2010 Mar;40(1):19-25.
528. Horwitz B. The elusive concept of brain connectivity. *Neuroimage.* 2003 Jun;19(2 Pt 1):466-70.
529. Lee L, Harrison LM, Mechelli A. The functional brain connectivity workshop: Report and commentary. *Network.* 2003 May;14(2):R1-15.
530. Darvas F, Ojemann JG, Sorensen LB. Bi-phase locking - a tool for probing non-linear interaction in the human brain. *Neuroimage.* 2009 May 15;46(1):123-32.
531. Naranjo JR, Brovelli A, Longo R, Budai R, Kristeva R, Battaglini PP. EEG dynamics of the frontoparietal network during reaching preparation in humans. *Neuroimage.* 2007 Feb 15;34(4):1673-82.
532. Delamónica EA. *Electroencefalografía.* 2ª Edición ed. Buenos Aires: El Ateneo; 1987.
533. Grave-de Peralta R, Gonzalez-Andino S, Gomez-Gonzalez CM. The biophysical foundations of the localisation of encephalogram generators in the brain. the application of a distribution-type model to the localisation of epileptic foci. *Rev Neurol.* 2004 Oct 16-31;39(8):748-56.

534. Portas CM, Krakow K, Allen P, Josephs O, Armony JL, Frith CD. Auditory processing across the sleep-wake cycle: Simultaneous EEG and fMRI monitoring in humans. *Neuron*. 2000 Dec;28(3):991-9.
535. De Gennaro L, Ferrara M, Curcio G, Cristiani R, Bertini M. Cortical EEG topography of REM onset: The posterior dominance of middle and high frequencies. *Clin Neurophysiol*. 2002 Apr;113(4):561-70.
536. Campbell IG, Higgins LM, Darchia N, Feinberg I. Homeostatic behavior of fast fourier transform power in very low frequency non-rapid eye movement human electroencephalogram. *Neuroscience*. 2006 Jul 21;140(4):1395-9.
537. Cantero JL, Atienza M, Salas RM. Human alpha oscillations in wakefulness, drowsiness period, and REM sleep: Different electroencephalographic phenomena within the alpha band. *Neurophysiol Clin*. 2002 Jan;32(1):54-71.
538. Gottselig JM, Hofer-Tinguely G, Borbely AA, Regel SJ, Landolt HP, Retey JV, et al. Sleep and rest facilitate auditory learning. *Neuroscience*. 2004;127(3):557-61.
539. Feinberg I, Campbell IG. Sleep EEG changes during adolescence: An index of a fundamental brain reorganization. *Brain Cogn*. 2010 Feb;72(1):56-65.
540. Peirano P, Algarin C, Uauy R. Sleep-wake states and their regulatory mechanisms throughout early human development. *J Pediatr*. 2003 Oct;143(4 Suppl):S70-9.
541. Marshall L, Molle M, Born J. Spindle and slow wave rhythms at slow wave sleep transitions are linked to strong shifts in the cortical direct current potential. *Neuroscience*. 2003;121(4):1047-53.
542. Cantero JL, Atienza M, Salas RM. State-modulation of cortico-cortical connections underlying normal EEG alpha variants. *Physiol Behav*. 2000 Oct 1-15;71(1-2):107-15.
543. Zampi C, Fagioli I, Salzarulo P. Time course of EEG background activity level before spontaneous awakening in the second semester of human life. *Neurosci Lett*. 2003 Oct 2;349(2):83-6.
544. Buckelmuller J, Landolt HP, Stassen HH, Achermann P. Trait-like individual differences in the human sleep electroencephalogram. *Neuroscience*. 2006;138(1):351-6.
545. Shannahoff-Khalsa DS, Gillin JC, Yates FE, Schlosser A, Zawadzki EM. Ultradian rhythms of alternating cerebral hemispheric EEG dominance are

coupled to rapid eye movement and non-rapid eye movement stage 4 sleep in humans. *Sleep Med.* 2001 Jul;2(4):333-46.

546. Nagasawa T, Rothermel R, Juhasz C, Nishida M, Sood S, Asano E. Cortical gamma-oscillations modulated by visuomotor tasks: Intracranial recording in patients with epilepsy. *Epilepsy Behav.* 2010 Jul;18(3):254-61.

547. Best C, Stefan H, Hopfengaertner R, Dieterich M. Effects of electrical stimulation in vestibular cortex areas in humans. *J Neurol Sci.* 2010 Mar 15;290(1-2):157-62.

548. Cantero JL, Atienza M, Madsen JR, Stickgold R. Gamma EEG dynamics in neocortex and hippocampus during human wakefulness and sleep. *Neuroimage.* 2004 Jul;22(3):1271-80.

549. Ball T, Demandt E, Mutschler I, Neitzel E, Mehring C, Vogt K, et al. Movement related activity in the high gamma range of the human EEG. *Neuroimage.* 2008 Jun;41(2):302-10.

550. Lee JM, Kim DJ, Kim IY, Suk Park K, Kim SI. Nonlinear-analysis of human sleep EEG using detrended fluctuation analysis. *Med Eng Phys.* 2004 Nov;26(9):773-6.

551. Ball T, Kern M, Mutschler I, Aertsen A, Schulze-Bonhage A. Signal quality of simultaneously recorded invasive and non-invasive EEG. *Neuroimage.* 2009 Jul 1;46(3):708-16.

552. Kropotov J. Quantitative EEG, event-related potentials and neurotherapy. 1^a edición ed. London: Academic Press; 2009.

553. Neuper C, Pfurtscheller G. Evidence for distinct beta resonance frequencies in human EEG related to specific sensorimotor cortical areas. *Clin Neurophysiol.* 2001 Nov;112(11):2084-97.

554. Pfurtscheller G, Lopes da Silva FH. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: Basic principles. *Clin Neurophysiol.* 1999 Nov;110(11):1842-57.

555. Gourab K, Schmit BD. Changes in movement-related beta-band EEG signals in human spinal cord injury. *Clin Neurophysiol.* 2010 Dec;121(12):2017-23.

556. Cajochen C, Zeitzer JM, Czeisler CA, Dijk DJ. Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. *Behav Brain Res.* 2000 Oct;115(1):75-83.

557. Yordanova J, Falkenstein M, Hohnsbein J, Kolev V. Parallel systems of error processing in the brain. *Neuroimage*. 2004 Jun;22(2):590-602.
558. Pfurtscheller G, Neuper C. Motor imagery activates primary sensorimotor area in humans. *Neurosci Lett*. 1997 Dec 19;239(2-3):65-8.
559. Hari R, Salmelin R, Makela JP, Salenius S, Helle M. Magnetoencephalographic cortical rhythms. *Int J Psychophysiol*. 1997 Jun;26(1-3):51-62.
560. Oberman LM, Ramachandran VS, Pineda JA. Modulation of mu suppression in children with autism spectrum disorders in response to familiar or unfamiliar stimuli: The mirror neuron hypothesis. *Neuropsychologia*. 2008 Apr;46(5):1558-65.
561. Koelewijn T, van Schie HT, Bekkering H, Oostenveld R, Jensen O. Motor-cortical beta oscillations are modulated by correctness of observed action. *Neuroimage*. 2008 Apr 1;40(2):767-75.
562. Muthukumaraswamy SD, Johnson BW. Primary motor cortex activation during action observation revealed by wavelet analysis of the EEG. *Clin Neurophysiol*. 2004 Aug;115(8):1760-6.
563. Honaga E, Ishii R, Kurimoto R, Canuet L, Ikezawa K, Takahashi H, et al. Post-movement beta rebound abnormality as indicator of mirror neuron system dysfunction in autistic spectrum disorder: An MEG study. *Neurosci Lett*. 2010 Jul 12;478(3):141-5.
564. Villanueva,P.Gallego,J.A.Pérez,P. Asimetría y bloqueo del ritmo "mu" en el EEG en un caso de afasia primaria progresiva. [Internet]. 2012 mayo/agosto 2001 [cited marzo 2012](20):marzo 2012,17-19. Available from: <http://www.revistaalzheimer.com>.
565. Klem GH, Luders HO, Jasper HH, Elger C. The ten-twenty electrode system of the international federation. the international federation of clinical neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1999;52:3-6.
566. Ebner A, Sciarretta G, Epstein CM, Nuwer M. EEG instrumentation. the international federation of clinical neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1999;52:7-10.
567. EEG instrumentation standards: Report of the committee on EEG instrumentation standards of the international federation of societies for electroencephalography and clinical neurophysiology. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1974 Nov;37(5):549-53.

568. Muller V, Lutzenberger W, Preissl H, Pulvermuller F, Birbaumer N. Complexity of visual stimuli and non-linear EEG dynamics in humans. *Brain Res Cogn Brain Res*. 2003 Mar;16(1):104-10.
569. Praamstra P. Prior information of stimulus location: Effects on ERP measures of visual selection and response selection. *Brain Res*. 2006 Feb 9;1072(1):153-60.
570. Pivik RT, Broughton RJ, Coppola R, Davidson RJ, Fox N, Nuwer MR. Guidelines for the recording and quantitative analysis of electroencephalographic activity in research contexts. *Psychophysiology*. 1993 Nov;30(6):547-58.
571. Carretie L, Iglesias J. An ERP study on the specificity of facial expression processing. *Int J Psychophysiol*. 1995 Apr;19(3):183-92.
572. Czisch M, Wetter TC, Kaufmann C, Pollmacher T, Holsboer F, Auer DP. Altered processing of acoustic stimuli during sleep: Reduced auditory activation and visual deactivation detected by a combined fMRI/EEG study. *Neuroimage*. 2002 May;16(1):251-8.
573. Raux M, Tremoureaux L, Couturier A, Hug F, Similowski T. Simplified recording technique for the identification of inspiratory premotor potentials in humans. *Respir Physiol Neurobiol*. 2010 Apr 15;171(1):67-70.
574. Sheikh H, McFarland DJ, Sarnacki WA, Wolpaw JR. Electroencephalographic(EEG)-based communication: EEG control versus system performance in humans. *Neurosci Lett*. 2003 Jul 17;345(2):89-92.
575. Toma K, Matsuoka T, Immisch I, Mima T, Waldvogel D, Koshy B, et al. Generators of movement-related cortical potentials: fMRI-constrained EEG dipole source analysis. *Neuroimage*. 2002 Sep;17(1):161-73.
576. Brumberg JS, Nieto-Castanon A, Kennedy PR, Guenther FH. Brain-computer interfaces for speech communication. *Speech Commun*. 2010 Apr 1;52(4):367-79.
577. Anagnostou E, Skrandies W. Effects of temporal gaps between successive fixation targets on discrimination performance and evoked brain activity. *Neurosci Res*. 2001 Aug;40(4):367-74.
578. Costa EJ, Cabral EF, Jr. EEG-based discrimination between imagination of left and right hand movements using adaptive gaussian representation. *Med Eng Phys*. 2000 Jun;22(5):345-8.
579. Liu T, Yao D. Removal of the ocular artifacts from EEG data using a cascaded spatio-temporal processing. *Comput Methods Programs Biomed*. 2006 Aug;83(2):95-103.

580. Babiloni F, Carducci F, Cerutti S, Liberati D, Rossini PM, Urbano A, et al. Comparison between human and artificial neural network detection of laplacian-derived electroencephalographic activity related to unilateral voluntary movements. *Comput Biomed Res.* 2000 Feb;33(1):59-74.
581. Moretti DV, Babiloni F, Carducci F, Cincotti F, Remondini E, Rossini PM, et al. Computerized processing of EEG-EOG-EMG artifacts for multi-centric studies in EEG oscillations and event-related potentials. *Int J Psychophysiol.* 2003 Mar;47(3):199-216.
582. Neuronica SA. Neuronica EEG. 2008 Marzo 2008;6.0:1-125.
583. Yuan H, Liu T, Szarkowski R, Rios C, Ashe J, He B. Negative covariation between task-related responses in alpha/beta-band activity and BOLD in human sensorimotor cortex: An EEG and fMRI study of motor imagery and movements. *Neuroimage.* 2010 Feb 1;49(3):2596-60.
584. Keinrath C, Wriessneger S, Muller-Putz GR, Pfurtscheller G. Post-movement beta synchronization after kinesthetic illusion, active and passive movements. *Int J Psychophysiol.* 2006 Nov;62(2):321-7.
585. Neuronica SA. Neuronica EEG cuantitativo tomográfico (QEEGT). 2009 Abril 2009;6.1.1:1-71.
586. Pfurtscheller G, Neuper C, Krausz G. Functional dissociation of lower and upper frequency mu rhythms in relation to voluntary limb movement. *Clin Neurophysiol.* 2000 Oct;111(10):1873-9.
587. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis. *Brain Res Brain Res Rev.* 1999 Apr;29(2-3):169-95.
588. Gerloff C, Hummel F. Inhibitory control of acquired motor programs in the human brain. *Suppl Clin Neurophysiol.* 2003;56:170-4.
589. Neuronica SA. Neuronica localizador de fuentes. 2009 octubre 2009;1.0.0.2:1-56.
590. Pascual-Marqui RD, Michel CM, Lehmann D. Low resolution electromagnetic tomography: A new method for localizing electrical activity in the brain. *Int J Psychophysiol.* 1994 Oct;18(1):49-65.
591. Collins DL, Neelin P, Peters TM, Evans AC. Automatic 3D intersubject registration of MR volumetric data in standardized talairach space. *J Comput Assist Tomogr.* 1994 Mar-Apr;18(2):192-205.

592. Mazziotta J, Toga A, Evans A, Fox P, Lancaster J, Zilles K, et al. A probabilistic atlas and reference system for the human brain: International consortium for brain mapping (ICBM). *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2001 Aug 29;356(1412):1293-322.
593. Riera JJ, Fuentes ME. Electric lead field for a piecewise homogeneous volume conductor model of the head. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1998 Jun;45(6):746-53.
594. Baillet S, Riera JJ, Marin G, Mangin JF, Aubert J, Garnero L. Evaluation of inverse methods and head models for EEG source localization using a human skull phantom. *Phys Med Biol.* 2001 Jan;46(1):77-96.
595. Riera JJ, Valdes PA, Tanabe K, Kawashima R. A theoretical formulation of the electrophysiological inverse problem on the sphere. *Phys Med Biol.* 2006 Apr 7;51(7):1737-58.
596. Stephan KE, Riera JJ, Deco G, Horwitz B. The brain connectivity workshops: Moving the frontiers of computational systems neuroscience. *Neuroimage.* 2008 Aug 1;42(1):1-9.
597. Riera JJ, Schousboe A, Waagepetersen HS, Howarth C, Hyder F. The micro-architecture of the cerebral cortex: Functional neuroimaging models and metabolism. *Neuroimage.* 2008 May 1;40(4):1436-59.
598. Neuronica SA. Neuronica visualizador tomográfico. 2008 Octubre 2008;2.0:1-74.
599. Tzourio-Mazoyer N, Landeau B, Papathanassiou D, Crivello F, Etard O, Delcroix N, et al. Automated anatomical labeling of activations in SPM using a macroscopic anatomical parcellation of the MNI MRI single-subject brain. *Neuroimage.* 2002 Jan;15(1):273-89.
600. Neuronica SA. Neuronica estadística. 2008 marzo 2008;3.0:1-22.
601. Fang Y, Siemionow V, Sahgal V, Xiong F, Yue GH. Distinct brain activation patterns for human maximal voluntary eccentric and concentric muscle actions. *Brain Res.* 2004 Oct 15;1023(2):200-12.
602. Newman-Norlund RD, van Schie HT, van Zuijlen AM, Bekkering H. The mirror neuron system is more active during complementary compared with imitative action. *Nat Neurosci.* 2007 Jul;10(7):817-8.
603. Nambu A. Seven problems on the basal ganglia. *Curr Opin Neurobiol.* 2008 Dec;18(6):595-604.

604. Nambu A. A new dynamic model of the cortico-basal ganglia loop. *Prog Brain Res.* 2004;143:461-6.
605. Nikulin VV, Marzinzik F, Wahl M, Schneider GH, Kupsch A, Curio G, et al. Anticipatory activity in the human thalamus is predictive of reaction times. *Neuroscience.* 2008 Sep 9;155(4):1275-83.
606. Inuggi A, Filippi M, Chieffo R, Agosta F, Rocca MA, Gonzalez-Rosa JJ, et al. Motor area localization using fMRI-constrained cortical current density reconstruction of movement-related cortical potentials, a comparison with fMRI and TMS mapping. *Brain Res.* 2010 Jan 13;1308:68-7.
607. Laufs H, Daunizeau J, Carmichael DW, Kleinschmidt A. Recent advances in recording electrophysiological data simultaneously with magnetic resonance imaging. *Neuroimage.* 2008 Apr 1;40(2):515-28.
608. Babiloni F, Babiloni C, Carducci F, Romani GL, Rossini PM, Basilisco A, et al. Solving the neuroimaging puzzle: The multimodal integration of neuroelectromagnetic and functional magnetic resonance recordings. *Suppl Clin Neurophysiol.* 2004;57:450-7.
609. Lanting CP, de Kleine E, van Dijk P. Neural activity underlying tinnitus generation: Results from PET and fMRI. *Hear Res.* 2009 Sep;255(1-2):1-13.
610. Cheyne D, Bells S, Ferrari P, Gaetz W, Bostan AC. Self-paced movements induce high-frequency gamma oscillations in primary motor cortex. *Neuroimage.* 2008 Aug 1;42(1):332-4.
611. Kakigi R, Hoshiyama M, Shimojo M, Naka D, Yamasaki H, Watanabe S, et al. The somatosensory evoked magnetic fields. *Prog Neurobiol.* 2000 Aug;61(5):495-523.
612. Fuggetta G, Fiaschi A, Manganotti P. Modulation of cortical oscillatory activities induced by varying single-pulse transcranial magnetic stimulation intensity over the left primary motor area: A combined EEG and TMS study. *Neuroimage.* 2005 Oct 1;27(4):896-908.
613. Muller-Gerking J, Pfurtscheller G, Flyvbjerg H. Classification of movement-related EEG in a memorized delay task experiment. *Clin Neurophysiol.* 2000 Aug;111(8):1353-65.
614. Wang T, Deng J, He B. Classifying EEG-based motor imagery tasks by means of time-frequency synthesized spatial patterns. *Clin Neurophysiol.* 2004 Dec;115(12):2744-53.

615. Leistner S, Sander T, Burghoff M, Curio G, Trahms L, Mackert BM. Combined MEG and EEG methodology for non-invasive recording of infraslow activity in the human cortex. *Clin Neurophysiol*. 2007 Dec;118(12):2774-80.
616. Gonzalez SL, Grave de Peralta R, Thut G, Millan Jdel R, Morier P, Landis T. Very high frequency oscillations (VHFO) as a predictor of movement intentions. *Neuroimage*. 2006 Aug 1;32(1):170-9.
617. Gawryszewski LG, Silva-dos-Santos CF, Santos-Silva JC, Lameira AP, Pereira A, Jr. Mental rotation of anthropoid hands: A chronometric study. *Braz J Med Biol Res*. 2007 Mar;40(3):377-81.
618. Yue GH, Liu JZ, Siemionow V, Ranganathan VK, Ng TC, Sahgal V. Brain activation during human finger extension and flexion movements. *Brain Res*. 2000 Feb 21;856(1-2):291-300.
619. Riddle CN, Baker SN. Digit displacement, not object compliance, underlies task dependent modulations in human corticomuscular coherence. *Neuroimage*. 2006 Nov 1;33(2):618-27.
620. Fischer MH, Prinz J, Lotz K. Grasp cueing shows obligatory attention to action goals. *Q J Exp Psychol (Hove)*. 2008 Jun;61(6):860-8.
621. Pfurtscheller G, Stancak A, Jr, Neuper C. Event-related synchronization (ERS) in the alpha band--an electrophysiological correlate of cortical idling: A review. *Int J Psychophysiol*. 1996 Nov;24(1-2):39-46.
622. Naito E, Ehrsson HH, Geyer S, Zilles K, Roland PE. Illusory arm movements activate cortical motor areas: A positron emission tomography study. *J Neurosci*. 1999 Jul 15;19(14):6134-4.
623. Naito E, Ehrsson HH. Kinesthetic illusion of wrist movement activates motor-related areas. *Neuroreport*. 2001 Dec 4;12(17):3805-9.
624. Lotze M, Erb M, Flor H, Huelsmann E, Godde B, Grodd W. fMRI evaluation of somatotopic representation in human primary motor cortex. *Neuroimage*. 2000 May;11(5 Pt 1):473-81.
625. Neuper C, Wortz M, Pfurtscheller G. ERD/ERS patterns reflecting sensorimotor activation and deactivation. *Prog Brain Res*. 2006;159:211-22.
626. Halsband U, Lange RK. Motor learning in man: A review of functional and clinical studies. *J Physiol Paris*. 2006 Jun;99(4-6):414-2.

627. Mattia D, Cincotti F, Astolfi L, de Vico Fallani F, Scivoletto G, Marciani MG, et al. Motor cortical responsiveness to attempted movements in tetraplegia: Evidence from neuroelectrical imaging. *Clin Neurophysiol.* 2009 Jan;120(1):181-9.
628. Yom-Tov E, Inbar GF. Movement-related potentials in the human spinal cord preceding toe movement. *Clin Neurophysiol.* 2000 Feb;111(2):350-61.
629. Raethjen J, Govindan RB, Binder S, Zeuner KE, Deuschl G, Stolze H. Cortical representation of rhythmic foot movements. *Brain Res.* 2008 Oct 21;1236:79-84.
630. Bakker M, Verstappen CC, Bloem BR, Toni I. Recent advances in functional neuroimaging of gait. *J Neural Transm.* 2007;114(10):1323-31.
631. Bakker M, De Lange FP, Helmich RC, Scheeringa R, Bloem BR, Toni I. Cerebral correlates of motor imagery of normal and precision gait. *Neuroimage.* 2008 Jul 1;41(3):998-1010.
632. Slobounov S, Hallett M, Stanhope S, Shibasaki H. Role of cerebral cortex in human postural control: An EEG study. *Clin Neurophysiol.* 2005 Feb;116(2):315-23.
633. Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol.* 1996 Jun;75(6):2334-43.
634. Slobounov S, Hallett M, Cao C, Newell K. Modulation of cortical activity as a result of voluntary postural sway direction: An EEG study. *Neurosci Lett.* 2008 Sep 19;442(3):309-13.
635. Nakata H, Sakamoto K, Honda Y, Mochizuki H, Hoshiyama M, Kakigi R. Centrifugal modulation of human LEP components to a task-relevant noxious stimulation triggering voluntary movement. *Neuroimage.* 2009 Mar 1;45(1):129-42.
636. Rearick MP, Johnston JA, Slobounov SM. Feedback-dependent modulation of isometric force control: An EEG study in visuomotor integration. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2001 Aug;12(1):117-30.
637. Vrana J, Polacek H, Stancak A. Somatosensory-evoked potentials are influenced differently by isometric muscle contraction of stimulated and non-stimulated hand in humans. *Neurosci Lett.* 2005 Oct 7;386(3):170-5.
638. Babiloni C, Miniussi C, Babiloni F, Carducci F, Cincotti F, Del Percio C, et al. Sub-second "temporal attention" modulates alpha rhythms. A high-resolution EEG study. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2004 May;19(3):259-68.

639. Rizzolatti G, Luppino G. The cortical motor system. *Neuron*. 2001 Sep 27;31(6):889-901.
640. Mima T, Matsuoka T, Hallett M. Functional coupling of human right and left cortical motor areas demonstrated with partial coherence analysis. *Neurosci Lett*. 2000 Jun 23;287(2):93-6.
641. Sakamoto K, Nakata H, Honda Y, Kakigi R. The effect of mastication on human motor preparation processing: A study with CNV and MRCP. *Neurosci Res*. 2009 Jul;64(3):259-66.
642. Muthukumaraswamy SD, Johnson BW, Gaetz WC, Cheyne DO. Neural processing of observed oro-facial movements reflects multiple action encoding strategies in the human brain. *Brain Res*. 2006 Feb 3;1071(1):105-12.
643. Jarvelainen J, Schurmann M, Avikainen S, Hari R. Stronger reactivity of the human primary motor cortex during observation of live rather than video motor acts. *Neuroreport*. 2001 Nov 16;12(16):3493-5.
644. Silas J, Levy JP, Nielsen MK, Slade L, Holmes A. Sex and individual differences in induced and evoked EEG measures of action observation. *Neuropsychologia*. 2010 Jul;48(9):2417-26.
645. Bellebaum C, Daum I. Time course of cross-hemispheric spatial updating in the human parietal cortex. *Behav Brain Res*. 2006 Apr 25;169(1):150-61.
646. Pascual-Marqui RD, Lehmann D, Koenig T, Kochi K, Merlo MC, Hell D, et al. Low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA) functional imaging in acute, neuroleptic-naive, first-episode, productive schizophrenia. *Psychiatry Res*. 1999 Jun 30;90(3):169-7.
647. Pascual-Marqui RD, Esslen M, Kochi K, Lehmann D. Functional imaging with low-resolution brain electromagnetic tomography (LORETA): A review. *Methods Find Exp Clin Pharmacol*. 2002;24 Suppl C:91-5.
648. Saletu B, Anderer P, Saletu-Zyhlarz GM, Pascual-Marqui RD. EEG mapping and low-resolution brain electromagnetic tomography (LORETA) in diagnosis and therapy of psychiatric disorders: Evidence for a key-lock principle. *Clin EEG Neurosci*. 2005 Apr;36(2):108-15.
649. Saletu B, Anderer P, Saletu-Zyhlarz GM, Arnold O, Pascual-Marqui RD. Classification and evaluation of the pharmacodynamics of psychotropic drugs by single-lead pharmaco-EEG, EEG mapping and tomography (LORETA). *Methods Find Exp Clin Pharmacol*. 2002;24 Suppl C:97-120.

650. Mientus S, Gallinat J, Wuebben Y, Pascual-Marqui RD, Mulert C, Frick K, et al. Cortical hypoactivation during resting EEG in schizophrenics but not in depressives and schizotypal subjects as revealed by low resolution electromagnetic tomography (LORETA). *Psychiatry Res.* 2002 Nov 30;116(1-2):95-111.
651. Lehmann D, Faber PL, Gianotti LR, Kochi K, Pascual-Marqui RD. Coherence and phase locking in the scalp EEG and between LORETA model sources, and microstates as putative mechanisms of brain temporo-spatial functional organization. *J Physiol Paris.* 2006 Jan;99(1):29-36.
652. Lantz G, Michel CM, Pascual-Marqui RD, Spinelli L, Seeck M, Seri S, et al. Extracranial localization of intracranial interictal epileptiform activity using LORETA (low resolution electromagnetic tomography). *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1997 May;102(5):414-22.
653. Gianotti LR, Kunig G, Lehmann D, Faber PL, Pascual-Marqui RD, Kochi K, et al. Correlation between disease severity and brain electric LORETA tomography in alzheimer's disease. *Clin Neurophysiol.* 2007 Jan;118(1):186-9.
654. Gianotti LR, Kunig G, Faber PL, Lehmann D, Pascual-Marqui RD, Kochi K, et al. Rivastigmine effects on EEG spectra and three-dimensional LORETA functional imaging in alzheimer's disease. *Psychopharmacology (Berl).* 2008 Jun;198(3):323-32.
655. Gamma A, Lehmann D, Frei E, Iwata K, Pascual-Marqui RD, Vollenweider FX. Comparison of simultaneously recorded [H₂(15)O]-PET and LORETA during cognitive and pharmacological activation. *Hum Brain Mapp.* 2004 Jun;22(2):83-96.
656. Frei E, Gamma A, Pascual-Marqui R, Lehmann D, Hell D, Vollenweider FX. Localization of MDMA-induced brain activity in healthy volunteers using low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA). *Hum Brain Mapp.* 2001 Nov;14(3):152-65.
657. Esslen M, Pascual-Marqui RD, Hell D, Kochi K, Lehmann D. Brain areas and time course of emotional processing. *Neuroimage.* 2004 Apr;21(4):1189-203.
658. Anderer P, Saletu B, Semlitsch HV, Pascual-Marqui RD. Structural and energetic processes related to P300: LORETA findings in depression and effects of antidepressant drugs. *Methods Find Exp Clin Pharmacol.* 2002;24 Suppl D:85-91.
659. Anderer P, Saletu B, Pascual-Marqui RD. Effect of the 5-HT(1A) partial agonist buspirone on regional brain electrical activity in man: A functional neuroimaging study using low-resolution electromagnetic tomography (LORETA). *Psychiatry Res.* 2000 Dec 4;100(2):81-96.

660. Anderer P, Pascual-Marqui RD, Semlitsch HV, Saletu B. Differential effects of normal aging on sources of standard N1, target N1 and target P300 auditory event-related brain potentials revealed by low resolution electromagnetic tomography (LORETA). *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1998 Mar;108(2):160-74.
661. Anderer P, Saletu B, Semlitsch HV, Pascual-Marqui RD. Electrical sources of P300 event-related brain potentials revealed by low resolution electromagnetic tomography. 2. effects of nootropic therapy in age-associated memory impairment. *Neuropsychobiology*. 1998;37(1):28-35.
662. Anderer P, Pascual-Marqui RD, Semlitsch HV, Saletu B. Electrical sources of P300 event-related brain potentials revealed by low resolution electromagnetic tomography. 1. effects of normal aging. *Neuropsychobiology*. 1998;37(1):20-7.
663. de-Quesada MER,M. Localización de la actividad paroxística en pacientes con hipertensión arterial con el uso de la tomografía electromagnética de baja resolución (LORETA). *VITAE* [Internet]. 2012 02/08/2011 [cited 29/03/2012](Octubre-Diciembre 2010. n°44):29/03/2012. Available from: http://vitae.ucv.ve/index_pdf.php?module=articulo_pdf&n=4264&rv=97.
664. Fontenelle LF, Mendlowicz MV, Ribeiro P, Piedade RA, Versiani M. Low-resolution electromagnetic tomography and treatment response in obsessive-compulsive disorder. *Int J Neuropsychopharmacol*. 2006 Feb;9(1):89-94.
665. Lee SH, Wynn JK, Green MF, Kim H, Lee KJ, Nam M, et al. Quantitative EEG and low resolution electromagnetic tomography (LORETA) imaging of patients with persistent auditory hallucinations. *Schizophr Res*. 2006 Apr;83(2-3):111-9.
666. Lubar JF, Congedo M, Askew JH. Low-resolution electromagnetic tomography (LORETA) of cerebral activity in chronic depressive disorder. *Int J Psychophysiol*. 2003 Sep;49(3):175-8.
667. Sherlin L, Budzynski T, Kogan Budzynski H, Congedo M, Fischer ME, Buchwald D. Low-resolution electromagnetic brain tomography (LORETA) of monozygotic twins discordant for chronic fatigue syndrome. *Neuroimage*. 2007 Feb 15;34(4):1438-42.
668. Thatcher RW, North D, Biver C. Parametric vs. non-parametric statistics of low resolution electromagnetic tomography (LORETA). *Clin EEG Neurosci*. 2005 Jan;36(1):1-8.
669. Babiloni C, Pistoia F, Sara M, Vecchio F, Buffo P, Conson M, et al. Resting state eyes-closed cortical rhythms in patients with locked-in-syndrome: An EEG study. *Clin Neurophysiol*. 2010 Nov;121(11):1816-24.

670. Pfurtscheller G. Induced oscillations in the alpha band: Functional meaning. *Epilepsia*. 2003;44 Suppl 12:2-8.
671. Perry A, Bentin S. Mirror activity in the human brain while observing hand movements: A comparison between EEG desynchronization in the mu-range and previous fMRI results. *Brain Res*. 2009 Jul 28;1282:126-32.
672. Hari R, Levanen S, Raij T. Timing of human cortical functions during cognition: Role of MEG. *Trends Cogn Sci*. 2000 Dec 1;4(12):455-62.
673. Yang CY, Decety J, Lee S, Chen C, Cheng Y. Gender differences in the mu rhythm during empathy for pain: An electroencephalographic study. *Brain Res*. 2009 Jan 28;1251:176-84.
674. Pineda JO, Oberman LM. What goads cigarette smokers to smoke? neural adaptation and the mirror neuron system. *Brain Res*. 2006 Nov 22;1121(1):128-35.
675. Salenius S, Hari R. Synchronous cortical oscillatory activity during motor action. *Curr Opin Neurobiol*. 2003 Dec;13(6):678-84.
676. Aziz-Zadeh L, Koski L, Zaidel E, Mazziotta J, Iacoboni M. Lateralization of the human mirror neuron system. *J Neurosci*. 2006 Mar 15;26(11):2964-70.
677. Salmelin R, Hari R. Spatiotemporal characteristics of sensorimotor neuromagnetic rhythms related to thumb movement. *Neuroscience*. 1994 May;60(2):537-50.
678. Cassim F, Monaca C, Szurhaj W, Bourriez JL, Defebvre L, Derambure P, et al. Does post-movement beta synchronization reflect an idling motor cortex? *Neuroreport*. 2001 Dec 4;12(17):3859-63.
679. Tamas G, Palvolgyi L, Takats A, Szirmai I, Kamondi A. Delayed beta synchronization after movement of the more affected hand in essential tremor. *Neurosci Lett*. 2006 Sep 25;405(3):246-51.
680. Pfurtscheller G, Neuper C, Brunner C, da Silva FL. Beta rebound after different types of motor imagery in man. *Neurosci Lett*. 2005 Apr 22;378(3):156-9.
681. Pfurtscheller G, Solis-Escalante T. Could the beta rebound in the EEG be suitable to realize a "brain switch"? *Clin Neurophysiol*. 2009 Jan;120(1):24-9.
682. Klopp J, Marinkovic K, Clarke J, Chauvel P, Nenov V, Halgren E. Timing and localization of movement-related spectral changes in the human peri-rolandic cortex: Intracranial recordings. *Neuroimage*. 2001 Aug;14(2):391-405.

ANEXO I



UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO
UCAM

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, con DNI:.....:

DECLARO:

Haber sido informado/a del cometido del estudio realizado con electroencefalograma (EEG) englobado dentro del proyecto de tesis doctoral titulada **“El sistema de neuronas espejo y su activación en movimientos coordinados complejos”**.

Se me ha explicado la naturaleza y el objetivo de lo que se me propone. Estoy satisfecho con esas explicaciones y las he comprendido.

Asimismo, me presto de forma voluntaria a la participación en dicha exploración y en cualquier momento puedo abandonarlo sin que me suponga perjuicio de ningún tipo.

CONSIENTO:

1.-) Libremente en someterme a lo siguiente:

- Exploración neurofisiológica a través del electroencefalograma (EEG) mientras se realiza la observación de movimientos complejos (paso de sedestación a bipedestación, marcha) a través de un vídeo y de la imaginación de dichos gestos motores, empleando el sistema presente en la Unidad de Rehabilitación de la Universidad Católica San Antonio de Murcia.
- Otras:.....

En a de de 2011



Fdo:.....



UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO
UCAM

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Identificación y descripción del procedimiento

El electroencefalograma (EEG), es una prueba diagnóstica que se utiliza para registrar la actividad eléctrica del cerebro. Se realiza colocando unos electrodos que estarán en contacto con el cuero cabelludo, a través de los cuales se aplica un gel que facilita la conducción de la señal. La exploración dura unos 30 minutos aproximadamente y durante ella se le pedirá al explorado que se ponga de pie, que se siente, que vea un video con ciertos movimientos y que se imagine esos mismos movimientos.

Para realizar esta prueba es necesario que acuda con el cabello lavado sin llevar fijador, laca o cualquier otro producto cosmético. No debe venir en ayunas, puede desayunar o comer si lo desea. Debe haber dormido normalmente. Es importante que indique al personal responsable si usted padece alguna enfermedad (de pulmón, corazón, etc.) o crisis epilépticas, así como qué medicaciones está consumiendo. La prueba se hará con mayor rapidez y facilidad cuando más tranquilo esté usted.

Objetivo del procedimiento y beneficios que se esperan alcanzar

Proporcionar información sobre la función del cerebro realizando un movimiento, imaginándolo y observándolo en otros.

Alternativas razonables a dicho procedimiento

El electroencefalograma no puede ser sustituido por otra prueba que aporte la misma información, y es la forma más sencilla, cómoda y fiable de obtener información sobre cómo funciona el cerebro.

Consecuencias previsibles de su realización

No produce ninguna consecuencia negativa previsible.

Riesgos frecuentes

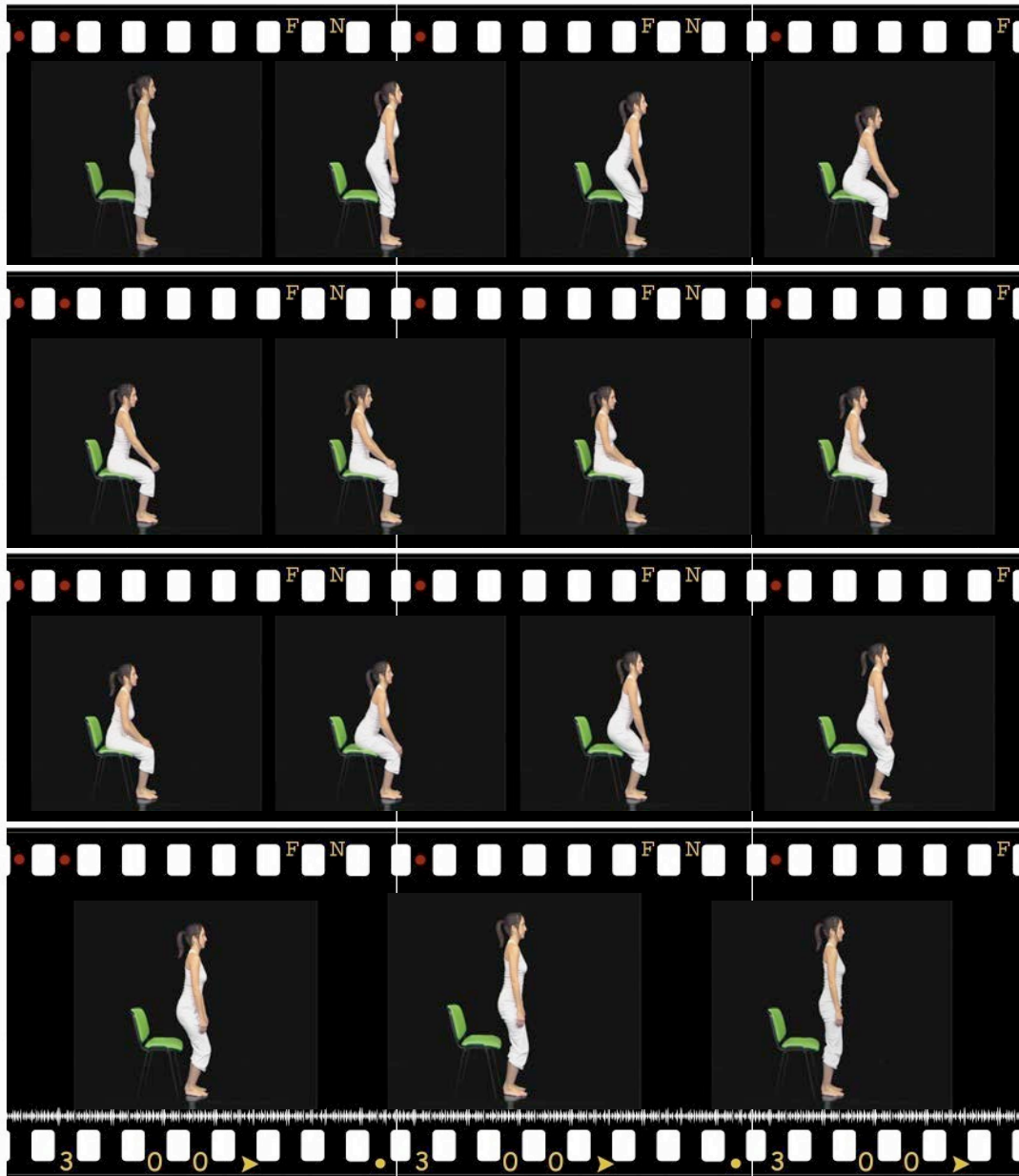
Esta prueba es totalmente indolora y no entraña riesgo alguno por sí misma.

Riesgos en función de la situación clínica personal del paciente

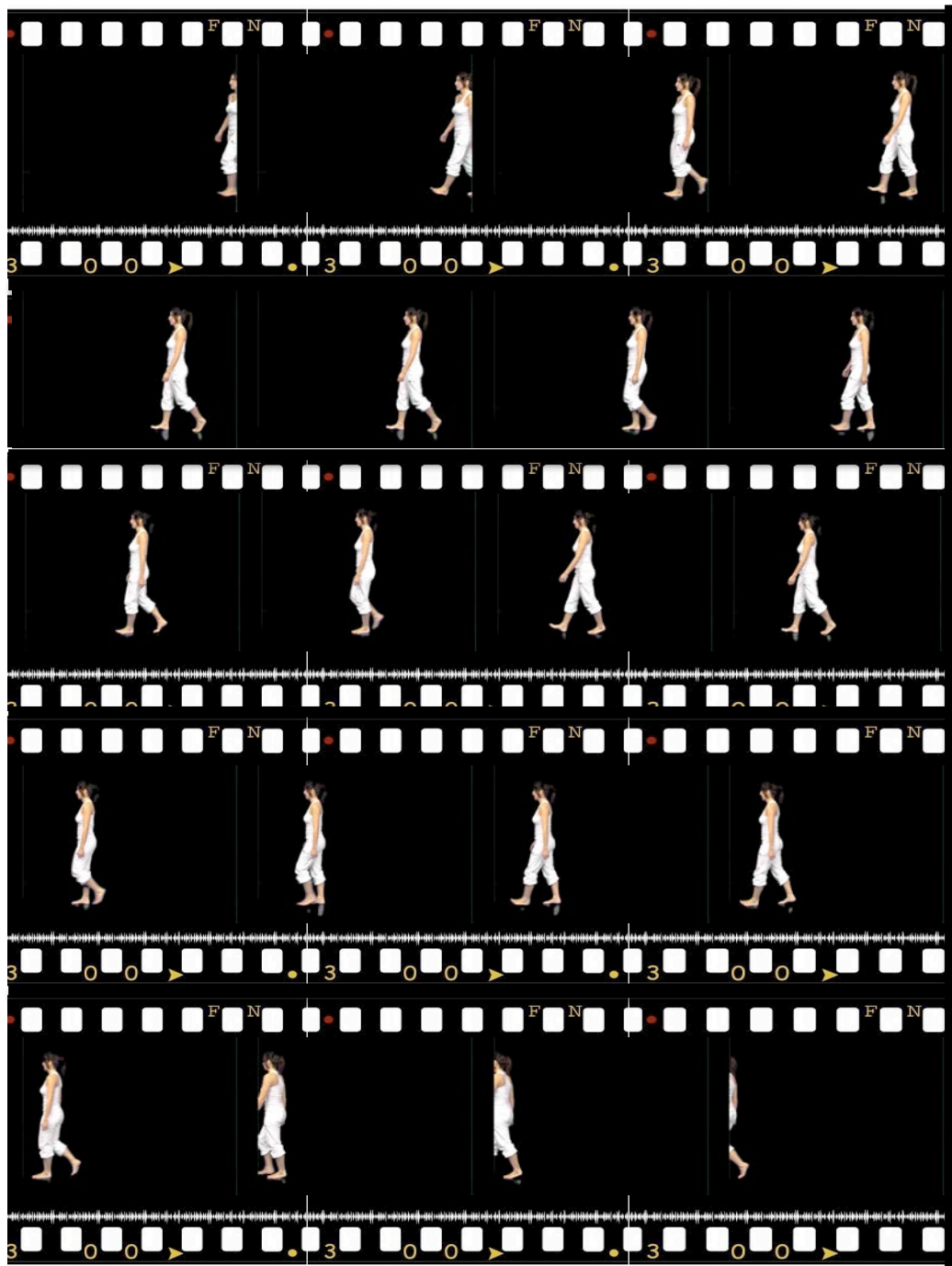
Otros riesgos o complicaciones que podrían aparecer, dada su situación clínica y sus circunstancias personales, son:

ANEXO II

Secuencia del paso de sedestación a bipedestación.



Secuencia de la marcha.



Secuencia de hacer el pino.

