



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
Programa de Doctorado en traumatología del deporte

**Cambios ecográficos y termográficos en relación al
trabajo de fuerza de miembros superiores durante una
temporada (2015-2016) en jugadores de waterpolo y
nadadores tecnificados de la Comunidad de Madrid**

Autora:

M^a Paz Lillo Jiménez

Directores:

Dr. D. Francisco Esparza Ros

Dr. D. José Fernando Jiménez Díaz

Dr. D. Manuel Sillero Quintero

Murcia, mayo de 2017



ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
Programa de Doctorado en traumatología del deporte

**Cambios ecográficos y termográficos en relación al
trabajo de fuerza de miembros superiores durante una
temporada (2015-2016) en jugadores de waterpolo y
nadadores tecnificados de la Comunidad de Madrid**

Autora:

M^a Paz Lillo Jiménez

Directores:

Dr. D. Francisco Esparza Ros

Dr. D. José Fernando Jiménez Díaz

Dr. D. Manuel Sillero Quintero

Murcia, mayo de 2017



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. José Fernando Jiménez Díaz, el Dr. D. Manuel Sillero Quintana y el Dr. D. Francisco Esparza Ros como Directores de la Tesis Doctoral titulada “Cambios ecográficos y termográficos en relación al trabajo de fuerza de miembros superiores durante una temporada (2015-2016) en jugadores de waterpolo y nadadores tecnificados de la Comunidad de Madrid” realizada por Dña. M^a Paz Lillo Jiménez en el Departamento de Ciencias de la Salud, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmamos, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 99/2011, 1393/2007, 56/2005 y 778/98, en Murcia a 25 de Mayo de 2017.

José Fernando Jiménez Díaz

Manuel Sillero Quintana

Francisco Esparza Ros

RESUMEN TESIS DOCTORAL

Introducción: Actualmente el entrenamiento de los adolescentes tecnificados de cualquier deporte es duro e intenso. Dedican gran cantidad de horas a realizar ejercicio físico global y específico destinado al perfeccionamiento de un deporte con el objetivo de prepararles para la alta competición. Se les llama grupo de tecnificados porque están adscritos a un programa público que adecúa horarios, fundamentalmente para compaginar sus estudios de educación secundaria con el entrenamiento.

La distribución del entrenamiento depende de la edad y de la especialidad practicada, dedicando un 30% a la actividad física global y un 70% a la específica.

El trabajo de investigación ha consistido en relacionar la progresión de la tonificación de miembros superiores a través del estudio de valoración isocinética del hombro con la termografía y la ecografía musculoesquelética, de un grupo de deportistas pertenecientes al centro especializado en tecnificación deportiva de natación, a lo largo de una temporada.

Material y método: Las pruebas se realizaron en el Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid. En el estudio participaron 72 deportistas tecnificados entre 13 y 17 años de edad, de los cuales 35 eran nadadores y 37 jugadores de waterpolo, 31 eran mujeres y 41 hombres. Los deportistas no presentaron lesiones o patologías que impidieran realizar el trabajo de fuerza o técnico pautado por su entrenador.

Cada sujeto acudió, cumpliendo el protocolo de condiciones previas al registro de la imagen infrarroja, evitando así los falsos positivos.

Por otro lado, se les clasificó por su estado madurativo de caracteres secundarios según la escala de Tanner.

Las capturas termográficas se llevaron a cabo por una cámara de infrarrojos de alta resolución y se trataron posteriormente con un sistema software. Se estudiaron cuatro regiones de interés en la cara frontal del tronco y cuatro en la cara dorsal del tronco.

Para el estudio ecográfico se midió la inserción esternal del músculo pectoral mayor, el tendón supraespinoso en su corte transversal, el espacio subacromial con la distancia acromion humeral y acromion tuberosidad mayor, el cuerpo muscular del supraespinoso y el grosor del músculo infraespinoso.

Y para el estudio del pico del momento máximo de fuerza en rotación externa e interna de ambos hombros, se usó un dinamómetro isocinético con un adaptador especial para el hombro.

Se analizaron todas las variables adquiridas durante los tres trimestres mediante el paquete estadístico IBM(R) SPSS(R) Statistics Versión 22.

Para homogenizar la muestra, en el trabajo se optó por dividir el colectivo según su modalidad deportiva, objetivándose que la población se distribuyó por igual desde el punto de vista estadístico con respecto al sexo entre las dos modalidades.

Resultados y conclusiones: El grupo de jugadores de waterpolo que entrena en el Centro de Especialización de Tecnificación Deportiva de natación de la Comunidad de Madrid es de mayor edad y peso corporal que el grupo de natación. Ambos colectivos llevan practicando su modalidad los mismos años con la misma carga de entrenamiento. Al tratarse de deportistas jóvenes en edad de crecimiento, se encontraron cambios en los caracteres sexuales secundarios de algunos individuos a lo largo de la temporada, de manera que se produjo un incremento del 14,1% en el número de sujetos incluidos en los estadios 4 y 5 para vello púbico según la clasificación de Tanner. La temperatura media de la captación infrarroja en las regiones anterior y postero-lateral de ambos hombros varían a lo largo de la temporada, mientras que no hay modificaciones ni en la región de la inserción esternal del pectoral mayor, ni en la región posterior medial del hombro. La heterogeneidad de los resultados de la termografía en relación a los datos obtenidos en la ecografía indica la escasa correlación de ambas técnicas en los casos de sujetos sanos, sin lesiones ni alteraciones vasculares cutáneas superficiales. El grosor del músculo pectoral mayor en su inserción esternal, el tendón supraespinoso izquierdo y su cuerpo muscular variaron a lo largo de la temporada, aumentando en el segundo trimestre y disminuyendo en el tercero. Sin embargo, tanto el grosor del tendón supraespinoso derecho, como su vientre muscular, no cambiaron su tamaño ecográfico durante el estudio. El espacio subacromial tampoco se modificó a lo largo de la temporada. Tanto las mediciones termográficas, como las ecográficas y las variables de fuerza isocinética aumentaron durante el segundo trimestre con respecto al primero y descendieron al final del estudio, lo que puede reflejar la mayor intensidad de los entrenamientos en esa segunda etapa de la temporada.

Palabras Clave: Termografía. Ecografía musculoesquelética. Valoración Isocinética. Natación. Waterpolo. Deportistas jóvenes

ABSTRACT

Introduction: Nowadays training of teenage who practice any kind of sport mid high level is tough and intense. In order to prepare them for high-level competition, they spend an enormous amount of time doing global and specific exercise intended to improve their skills. These athletes joined a public programme that adequates schedules to combine their high school education with training.

Training distribution depends of age and sport speciality. These athletes spend 30% in global physical activity and 70% to specific physical activity.

This research work tries to correlate upper limb strengthening progression using shoulder isokinetic assessment, thermography and musculoskeletal ultrasound in a group of athletes belonging to the swimming sport technification centre over the course of a season.

Materials and methodology: The tests were conducted in the Centre for Sports Medicine of the Madrid Community. The study involved 72 mid-high level athletes between 13 and 17 years of age, 31 women and 41 men. 35 were swimmers and 37 were waterpolo players. All participants did not have injuries, which prevented to carry out technical and strengthening programme determined by their coach.

To avoid false positive, each subject complied prerequisites protocol before infrared imaging. On the other hand, they were classified in different levels of development process based on Tanner scale.

Thermographic captures were performed with a high-resolution infrared camera and processed with a software system. The studied areas were: four frontal trunk areas and four back trunk areas.

The ultrasound assessment consisted in measurement of pectoralis mayor, transversal section of supraspinatus tendon, subacromial space using acromio humeral distance and acromion greater tuberosity distance, supraspinatus and infraspinatus muscles thickness

To study peak torque of external and internal rotation of both shoulder complex were measured through isokinetic dynamometry with a special shoulder attachment. The whole analysis was carried out using the statistical package IBM(R) SPSS(R) Statistics Version 22.

For homogenisation of the sample, each group was divided according to sport modality. The participants were gender distributed statistically in both sport modalities.

Results and conclusions: Waterpolo players who train in swimming sport technification centre of the Madrid Community are older and with more body weight than the swimming group. Both groups are training during similar period of time and training load.

Since these athletes are still growing, there were different levels of development process during the season. There is a 14,1% increase in stage 4 and 5 of pubic hair development in the sample. The mean temperature with infrared imaging in the anterior and postero and lateral view of both shoulders vary throughout the season. No variation was observed in sternal insertion of pectoralis mayor or in medial and back areas. Heterogeneity in thermographic in relation to ultrasound results shows the limited correlation of both techniques in healthy subjects without injuries or superficial vascular skin disorders.

Pectoralis mayor thickness, supraspinatus tendon and muscular body varied throughout the season, increasing in the second trimester and decreasing in the third. Nevertheless, the thickness of supraspinatus muscle and tendon measured by ultrasound did not change in our study. There was no modification over the season, of the subacromial space. Thermographic, ultrasound measurements and strength isokinetic values increased during the second trimester and decreased in the third trimester. This may reflect greater load of training during the second stage of the season.

Key Word: Thermography, **Musculoskeletal Ultrasound**, Isokinetic assessment, Swimming. Waterpolo. Young Athletes.

AGRADECIMIENTOS

Para evitar dejarme a nadie en el tintero, escribo sólo estas palabras:

“Tengo un montón de cajitas en la estantería de mi corazón dedicadas a las personas que más quiero y a las que estuvieron en todo momento en el proceso de elaboración de esta tesis doctoral. Ellas lo saben, su corazón lo sabe y yo lo sé”.

“Por aquí no se pasa sin dar un besito”
Gonzalo Lillo Guillamón (1939-1995)

ÍNDICE GENERAL

SIGLAS Y ABREVIATURAS	21
ÍNDICE DE FIGURAS	25
ÍNDICE DE TABLAS	31
1. INTRODUCCIÓN	35
1.1 ¿QUÉ ES EL CENTRO DE MEDICINA DEL DEPORTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID?	36
1.2 ¿QUÉ ES EL CENTRO DE TECNIFICACIÓN DE NATACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID? ...	36
1.3 ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DEL COMPLEJO ARTICULAR DEL HOMBRO	39
1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ECOGRAFÍA Y SU USO EN MEDICINA DEL DEPORTE	42
1.5 ANATOMÍA Y EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA DEL COMPLEJO ARTICULAR DEL HOMBRO	44
1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA TERMOGRAFÍA Y SU USO EN MEDICINA DEL DEPORTE	48
1.6.1 <i>Termografía clínica</i>	52
1.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS ISOCINÉTICOS Y SU USO EN MEDICINA DEL DEPORTE.....	55
1.8 CARACTERÍSTICAS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN DEPORTISTAS JÓVENES.....	57
1.9 CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO MADURATIVO Y SU RELACIÓN CON EL INCREMENTO DE FUERZA	60
2. OBJETIVOS	67
3. MATERIAL Y MÉTODO	71
3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO	71
3.2 POBLACIÓN DEL ESTUDIO.....	72
3.2.1 <i>Criterios de inclusión:</i>	72
3.2.2 <i>Criterios de exclusión:</i>	72
3.3 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL DEL ESTUDIO.....	73
3.3.1 <i>Material destinado a la obtención de datos antropométricos y termográficos</i> 73	
3.3.2 <i>Material destinado a la obtención de datos ecográficos</i>	75
3.4 ORGANIZACIÓN. ESQUEMA DE TRABAJO.....	78
3.5 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y TOMA DE MUESTRAS	79
3.5.1 <i>Metodología de medición de termografía</i>	80
3.5.2 <i>Metodología del análisis termográfico</i>	81
3.5.3 <i>Metodología de medición de ecografía</i>	84

3.5.4 *Metodología de la valoración de fuerza mediante dinamometría isocinética*
89

3.6 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....91

4. ANÁLISIS DE LOS DATOS 95

4.1 VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y DEMOGRÁFICAS INMODIFICABLES EN EL TIEMPO95

4.1.1 *Sexo*..... 95

4.1.2 *Raza* 96

4.1.3 *Deporte*..... 96

4.1.3.1 *Deporte vs Sexo* 97

4.1.3.2 *Deporte vs Raza* 97

4.1.3.3 *Deporte vs Miembro dominante*..... 98

4.1.4 *Años de entrenamiento diario*..... 98

4.1.5 *Horas de entrenamiento semanales global*..... 99

4.1.6 *Horas de entrenamiento específico de fuerza (tonificación) semanal* 99

4.1.7 *Talla de progenitores*..... 99

4.2 VARIABLES MODIFICABLES EN EL TIEMPO 100

4.2.1 *Variables antropométricas y demográficas:* 101

4.2.2 *Variables de factores externos o internos:*..... 109

4.2.3 *Análisis de los resultados de termografía*..... 115

4.2.3.1 *Evolución de la media de la temperatura a lo largo del tiempo*115

4.2.3.2 *Análisis estadístico de las medias de la temperatura por regiones anatómicas* 117

4.2.3.3 *Análisis estadístico de las variables termográficas en relación a la lateralidad*.118

4.2.4 *Análisis de los resultados ecográficos*..... 121

4.2.4.1 *Evolución de la media de las medidas ecográficas a lo largo del tiempo*.....122

4.2.4.2 *Análisis estadístico de las medias ecográficas a lo largo del tiempo*125

4.2.4.3 *Estudio de la relación entre las medidas ecográficas y termográficas*127

4.2.5 *Análisis de los resultados de la valoración isocinética*..... 128

4.2.5.1 *Evolución de la media y análisis estadístico de las variables isocinéticas*128

4.2.5.2 *Análisis estadístico de las variables isocinéticas en relación a las variables antropométricas y demográficas* 129

4.2.5.3 *Análisis estadístico de las variables isocinéticas en relación a las variables de entrenamiento* 134

4.2.5.4 *Estudio de la relación entre las variables isocinética y las variables ecográficas*

4.2.5.5 Estudio de la relación entre las variables isocinéticas y las variables termográficas 137

5. DISCUSIÓN	141
5.1 ESTUDIO SOBRE LA MUESTRA POBLACIONAL.....	141
5.1.1 <i>Características epidemiológicas de la población</i>	141
5.2 ESTUDIO DE LOS RESULTADOS DE TERMOGRAFÍA.	147
5.3 ESTUDIO DE LOS RESULTADOS ECOGRÁFICOS.....	153
5.4 ESTUDIO DE LOS RESULTADOS DE ISOCINÉTICOS.....	158
6. CONCLUSIONES	165
7. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	169
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	173
9. ANEXOS.....	187
ANEXO 1. ESTADIOS DE DESARROLLO Y MADURACIÓN SEXUAL EN NIÑOS (TANNER)	187
ANEXO 2. ESTADIOS DE DESARROLLO Y MADURACIÓN SEXUAL EN NIÑOS (TANNER)	188
ANEXO 3. ACEPTACIÓN DEL PROYECTO POR EL COMITÉ DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD SAN ANTONIO DE MURCIA.....	189
ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN AL ESTUDIO	191
ANEXO 5. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL USO DE LOS DATOS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO DE DOCTORADO INTERNACIONAL DE LA UCAM	194
ANEXO 6. RECOGIDA DE DATOS DEL PACIENTE PREVIA A LA ADQUISICIÓN DE IMAGEN TERMOGRÁFICA.....	196
ANEXO 7. PLANTILLA DEL SOFTWARE DE TERMOGRAFÍA.....	198
ANEXO 8. PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE TECNIFICACIÓN DE LAS MODALIDADES DE NATACIÓN Y WATERPOLO DURANTE LA TEMPORADA 2015 – 2016	199

SIGLAS Y ABREVIATURAS

%	Porcentaje
°/s	Grados Segundo
°C	Grados Celsius
1 RM	Una Repetición Máxima
ANOVA	Análisis de la varianza
CAR	Centro de Alto Rendimiento
CE	Centro de Especialización
CEAR	Centro de Especialización de Alto Rendimiento
CETD	Centro de Especialización de Tecnificación Deportiva
cm	Centímetros
CTD	Centro de Tecnificación Deportiva
CTN	Centro de Tecnificación de Natación
CW	Doppler Continua
DAH	Distancia Acromion Humeral
DAT	Distancia Acromion Tuberosidad mayor
Distancia AH Drch	Distancia Acromion Humeral Derecha
Distancia AH Izq	Distancia Acromion Humeral Izquierda
Distancia AT Drch	Distancia Acromion Tuberosidad mayor Derecha
Distancia AT izq	Distancia Acromion Tuberosidad mayor Izquierda
DP	Doppler Pulsado
DPC	Doppler de Potencia en Color
DS	Desviación estándar
DTI	Imagen Doppler Tisular
ε	Emisión

G3	Estadio 3 del desarrollo genital según Tanner
G4	Estadio 4 del desarrollo genital según Tanner
G5	Estadio 5 del desarrollo genital según Tanner
Grosor (transv) SupraE Drch	Grosor transversal de Supraespinoso derecho
Grosor (transv) SupraE izq	Grosor transversal de Supraespinoso izquierda
Grosor InfraE Izq	Grosor de Infraespinoso izquierdo
Grosor InfraE Drch	Grosor de Infraespinoso derecho
HD	Hombro Dominante
HND	Hombro No Dominante
Hombro D-ANT	Región anterior del hombro derecho
Hombro D-POST	Región posterior del hombro derecho
Hombro I- POST	Región posterior del hombro izquierdo
Hombro I-ANT	Región anterior del hombro izquierdo
Humedad 1T	Humedad en la primera toma
Humedad 2T	Humedad en la segunda toma
Humedad 3T	Humedad en la tercera toma
Hz	Hercios
IMC 1T	Índice de Masa Corporal en la primera toma
IMC 2T	Índice de Masa Corporal en la segunda toma
IMC 3T	Índice de Masa Corporal en la tercera toma
IMC	Índice de Masa Corporal
IR	Irradiación infrarroja
J	Julios
K	Grados Kelvin
km	Kilómetros
Long SupraE Drch	Grosor longitudinal de Supraespinoso derecho
Long SupraE Izq	Grosor longitudinal de Supraespinoso izquierdo
M2	Estadio 2 del desarrollo mamario según Tanner
M3	Estadio 3 del desarrollo mamario según Tanner

M4	Estadio 4 del desarrollo mamario según Tanner
M5	Estadio 5 del desarrollo mamario según Tanner
Media 1T	Media en la primera toma
Media 2T	Media en la segunda toma
Media 3T	Media en la tercera toma
MIR	Médico Interno Residente
Mm	Milímetros
MMF	Momento Máximo de Fuerza
MMSS	Miembros Superiores
N	Total de la muestra
N.m	Newton Metro
P2	Estadio 2 del desarrollo del vello púbico según Tanner
P3	Estadio 3 del desarrollo del vello púbico según Tanner
P4	Estadio 4 del desarrollo del vello púbico según Tanner
P5	Estadio 5 del desarrollo del vello púbico según Tanner
Pectoral Mayor Drch	Pectoral Mayor Derecho
Pectoral Mayor Izq	Pectoral Mayor Izquierdo
Peso 1T	Peso en la primera toma
Peso 2 T	Peso en la segunda toma
Peso 3T	Peso en la tercera toma
pm	Picómetros
Q	Calor
RE	Rotación Externa
RI	Rotación Interna
T Supraespinoso Drch	Tendón Supraespinoso Derecho
T Supraespinoso Izq	Tendón Supraespinoso izquierdo
Talla 1T	Talla en la primera toma
Talla 2T	Talla en la segunda toma
Talla 3T	Talla en la tercera toma

Temp 1T	Temperatura en la primera toma
Temp 2T	Temperatura en la segunda toma
Temp 3T	Temperatura en la tercera toma
THI	Imagen Armonica Tisular
UMT	Unión miotendinosa
US	Ultrasonido
UVA	Ultra Violeta A
WI-FI	Wireless Fidelity (Fidelidad inalámbrica)
ηm	Nanómetros
μm	Micrómetros
ρ	Reflexión

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen ultrasonográfica del tendón del músculo supraespinoso. Imagen obtenida del banco de imágenes del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid. (drch: derecho).....	43
Figura 2. Unidades del espectro visible y de infrarrojo, incluyendo la franja de termografía convencional.	50
Figura 3. Escala del espectro electromagnético. Ambas imágenes obtenidas del curso-manual “Introducción a la termografía. Manejo de cámaras” impartido por Álava Ingenieros el 15 de abril del 2015	50
Figura 4. Relación emisión-reflexión ⁵¹ . Conceptos de emisividad de un cuerpo y reflexión de la luz al chocan contra él. (ϵ : emisión; ρ : reflexión de la luz; T: temperatura)	51
Figura 5. Imagen termográfica de tronco anterior y miembros superiores (obtenida del banco de imágenes del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid).....	52
Figura 6. Imagen del espectro de radiación electromagnética en relación a las pruebas de diagnóstico por imagen (extraída de Hildrebandt et al: “Anoverview of recentapplication of medial infraredthermography in sports medicine in Austria”)	54
Figura 7. A: báscula Seca [®] ; B: trípode (ManfrottoBefrez, MKBfra4-BH [®]) y estación meteorológica portátil (Extech SD500 [®])	73
Figura 8. Cámara de infrarrojos (modelo T620/ Serial 55905781 (FLIR [®] Systems, Sweden)	74
Figura 9. Ecógrafo portátil Sonosite M Turbo [®]	75
Figura 10. Bicicleta estática Ergomedic AB 818E. Monark [®]	76
Figura 11. Dinamómetro BiodexSystem 3 PRO. (a:panel de control del aparato; b: cabezal del dinamómetro; c: sillón con sistema de correas)	76
Figura 12. Esquema de la metodología de trabajo	78
Figura 13. Posición del sujeto para una captura de imagen infrarroja. Visión anterior.....	80

Figura 14. Posición del sujeto para una captura de imagen infrarroja. Visión posterior.....	80
Figura 15. Imagen de radiación infrarroja captada por termografía en uno de los deportistas. Visión anterior de tronco y miembros superiores. En el margen superior izquierdo aparece la temperatura media de la imagen capturada. En el borde derecho de la imagen aparece el rango de temperatura de la imagen.....	81
Figura 16. Imagen IR de la región anterior del tronco	82
Figura 17. Imagen IR de la región posterior del tronco	82
Figura 18. Imagen de la medida del pectoral mayor derecho en nivel esternal (obtenida del banco de imágenes del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid; a: tejido subcutáneo; b: fibra longitudinal del músculo pectoral mayor; c: borde óseo esternal; d: cuarto arco costal)	85
Figura 19. Imagen de la adquisición de medida del tendón del músculo supraespinoso derecho. Transductor en el eje corto del tendón.	85
Figura 20. Imagen ecográfica de la distancia acromion – tuberosidad mayor del húmero (DAT).....	86
Figura 21. Imagen de la adquisición de la medida DAT	86
Figura 22. Imagen ecográfica del músculo supraespinoso con el transductor transversal a las fibrasmusculares	87
Figura 23. Imagen de la demarcación dermográfica para la colocación de la sonda para el músculo supraespinoso	87
Figura 24. Imagen ecográfica del músculo infraespinoso, con el transductor longitudinal, paralelo a las fibras.....	88
Figura 25. Imagen de la demarcación dermográfica para la colocación de la sonda para el músculo infraespinoso.....	88
Figura 26. Posición del dinamómetro y del paciente en la valoración isocinética del hombro.....	89
Figura 27. Gráfico por sector. Variable sexo.....	95
Figura 28. Gráfico por sector. Variable raza	96
Figura 29. Gráfico por sector. Variable deporte.....	96
Figura 30. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo genital de los hombres de nuestra muestra durante el primer trimestre. Según la	

- clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. G3 corresponde a estadio 3 genital; G4 estadio 4 genital; G5 estadio 5 genital. 103
- Figura 31. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo mamario de las mujeres de nuestra muestra durante el primer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. M2 corresponde a estadio 2 mamario; M3 estadio 3 mamario; M4 estadio 4 mamario; M5 estadio mamario. 104
- Figura 32. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo del vello púbico de los hombres y mujeres de nuestra muestra durante el primer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. P2 corresponde a estadio 2 vello púbico; P3 estadio 3 de vello púbico; P4 estadio 4 de vello púbico; P5 de vello púbico. 105
- Figura 33. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo genital de los hombres de nuestra muestra durante el segundo trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. G3 corresponde a estadio 3 genital; G4 estadio 4 genital; G5 estadio 5 genital. 106
- Figura 34. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo mamario de las mujeres de nuestra muestra durante el segundo trimestre. Según la clasificación del Tanner para el desarrollo madurativo de caracteres secundarios. M2 corresponde al estadio 2 mamario; M3 al estadio 3 mamario; M4 al estadio 4 mamario; M5 al estadio 5 mamario. 106
- Figura 35. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo del vello púbico de los hombres y mujeres de nuestra muestra durante el segundo trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. P2 corresponde a estadio 2 vello púbico; P3 estadio 3 de vello púbico; P4 estadio 4 de vello púbico; P5 de vello púbico. 107
- Figura 36. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo genital de los hombres de nuestra muestra durante el tercer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. G3 corresponde a estadio 3 genital; G4 estadio 4 genital; G5 estadio 5 genital. 108

- Figura 37. Gráfico de barras. Distribución de frecuencias del desarrollo mamario de las mujeres de nuestra muestra durante el tercer trimestre. Según la clasificación de Tanner para el desarrollo madurativo de los caracteres secundarios. M2 corresponde a estadio 2 mamario; M3 estadio 3 mamario; M4 estadio 4 mamario; M5 estadio 5 mamario..... 108
- Figura 38. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo del vello púbico de los hombres y mujeres de nuestra muestra durante el tercer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. P2 corresponde a estadio 2 vello púbico; P3 estadio 3 de vello púbico; P4 estadio 4 de vello púbico ; P5 de vello púbico 109
- Figura 39. Gráfico barras. Distribución de la temperatura media ambiental de la sala, durante las sesiones de recogida de muestras por trimestre. (1T: primer trimestre; 2T: segundo trimestre; 3 T: tercer trimestre; ° C: grados centígrados; p: significación estadística) 113
- Figura 40. Gráfico barras. Distribución de la humedad media ambiental de la sala, durante las sesiones de recogida de muestras por trimestre. (1T: primer trimestre; 2T: segundo trimestre; 3 T: tercer trimestre ; % humedad: porcentaje de humedad; p: significación estadística)..... 113
- Figura 41. Gráfico de tendencias de la media de temperatura con la desviación estándar en la región anterior. (°C: grados centígrados; 1T: primer trimestre; 2T: segundo trimestre; 3T: tercer trimestre; A1 anterior: región pectoral esternal derecha; A2 anterior: región pectoral esternal izquierda; A3 anterior: región anterior hombro derecho; A4 anterior: región anterior de hombro izquierdo). 116
- Figura 42. Gráfico de tendencias de la media de temperatura con la desviación estándar en la región posterior. (°C: grados centígrados; 1T: primer trimestre; 2T segundo trimestre; 3T: tercer trimestre ; A1 posterior: región medial hombro derecho; A2 posterior: región medial hombro izquierdo; A3 posterior: región lateral hombro derecho; A4 posterior: región lateral de hombro izquierdo). 117
- Figura 43. Comportamiento de la temperatura en la región anterior de los hombros (A3 anterior) y en la región posterior lateral de los hombros (A3 posterior) en relación a la dominancia. (1: toma del primer trimestre; 2: toma del segundo

- trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: miembro superior dominante derecho; verde: miembro superior dominante izquierdo; gris: dominancia bilateral de miembros superiores) 120
- Figura 44. Gráfico de tendencias de las medidas de grosor pectoral mayor..... 122
- Figura 45. Gráfico de tendencias de las medidas de grosor de tendón supraespinoso 122
- Figura 46. Gráfico de tendencias de la distancia acromion humeral bilateral 123
- Figura 47. Gráfico de tendencias de la distancia acromion tuberosidad mayor bilateral 123
- Figura 48. Gráfico de tendencias de grosor en corte transversal del músculo supraespinoso 124
- Figura 49. Gráfico de tendencias de grosor en corte longitudinal del músculo supraespinoso 124
- Figura 50. Gráfico de tendencias de grosor del músculo infraespinoso bilateral.... 125
- Figura 51. Gráfico de tendencias del peak torque del movimiento de rotación externa del hombro a la velocidad angular de $60^\circ/s$ (Nm: newton metro; IT: primer trimestre; 2T: segundo trimestre y 3T: tercer trimestre)..... 128
- Figura 52. Gráfico de tendencias del peak torque en el movimiento de rotación interna del hombro a la velocidad angular de $60^\circ/s$ (Nm: newton metro; IT: primer trimestre; 2T: segundo trimestre y 3T: tercer trimestre)..... 129
- Figura 53. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación al deporte, en rotación interna y externa. (1: toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: natación; verde: waterpolo; $^\circ/s$: grados/segundo)..... 130
- Figura 54. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación al desarrollo madurativo del vello púbico (incluye a hombres y mujeres), en rotación interna y externa. (1: Toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: estado madurativo de vello púbico estadio 2 de Tanner (P2); línea verde: estado madurativo de vello púbico estadio 3 de Tanner (P3); línea gris: estado madurativo de vello púbico estadio 4 de Tanner (P4); línea morada: estado madurativo de vello púbico estadio 5 de Tanner (P5); $^\circ/s$: grados/segundo) 131

- Figura 55. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación sexo, en rotación interna y externa. (1: Toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: mujeres; línea verde: hombres; °/s: grados/segundo) 133
- Figura 56. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación a las horas de entrenamiento específico de fuerza a la semana, en rotación interna y externa. (1: Toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: 4 horas de entrenamiento de tonificación a la semana; línea verde: 5 horas de entrenamiento de tonificación a la semana; °/s: grados/segundo; RI: rotación interna; RE: rotación externa).. 134
- Figura 57. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación a las horas de entrenamiento global semanal, en rotación interna y externa. (1: Toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul:19 horas a la semana; línea verde: 20 horas a la semana; línea gris: 21 horas a la semana; línea morada: 22 horas a la semana; línea amarilla: 24 horas a la semana; línea roja: 26 horas a la semana; línea azul celeste: 27 horas a la semana; °/s: grados/segundo) 135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación escalas de temperatura	49
Tabla 2. Ejemplo de datos obtenidos con Software FlirReporter	83
Tabla 3. Relación entre sexo y modalidad deportiva.	97
Tabla 4. Relación entre raza y modalidad deportiva.	97
Tabla 5. Relación entre la lateralidad y la modalidad deportiva.	98
Tabla 6. Relación entre los años de entrenamiento y la modalidad deportiva.	98
Tabla 7. Relación entre las horas de entrenamiento y la modalidad deportiva.	99
Tabla 8. Descripción de edad, talla, peso e IMC	101
Tabla 9. Relación entre la edad y la modalidad deportiva. [p=0,001; Prueba t Student].....	101
Tabla 10. Comportamiento de la talla en ambas modalidades deportivas.....	102
Tabla 11. Comportamiento del peso en ambas modalidades deportivas	102
Tabla 12. Comportamiento del IMC en ambas modalidades a lo largo de la temporada	103
Tabla 13. Resultados del cuestionario de las horas de entrenamiento e intensidad de trabajo de fuerza de miembros superiores durante el primer trimestre	110
Tabla 14. Resultados del cuestionario de los factores externos en el primer trimestre.	110
Tabla 15. Resultados del cuestionario de las horas de entrenamiento e intensidad de trabajo de fuerza de miembros superiores durante el segundo trimestre.....	111
Tabla 16. Resultados del cuestionario de los factores externos en el segundo trimestre.....	111
Tabla 17. Resultados del cuestionario de las horas de entrenamiento e intensidad de trabajo de fuerza de miembros superiores durante el segundo trimestre	112
Tabla 18. Resultados del cuestionario de los factores externos en el tercer trimestre.	112
Tabla 19. Resultados el cuestionario sobre el dolor de hombro durante el primer trimestre.....	114

Tabla 20. Resultados el cuestionario sobre el dolor de hombro durante el segundo trimestre.....	114
Tabla 21. Resultados el cuestionario sobre el dolor de hombro durante el tercer trimestre.....	114
Tabla 22. Resultados de los datos de medición ecográfica.....	121

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el entrenamiento de los adolescentes tecnificados de cualquier deporte es duro e intenso. Dedicar gran cantidad de horas a realizar ejercicio físico global y específico destinado al perfeccionamiento de un deporte con el objetivo de prepararse para la alta competición. Se denomina grupo de tecnificados a un grupo de deportistas adscritos a un programa público que adecúa horarios, fundamentalmente para compaginar sus estudios de educación secundaria con el entrenamiento.

La distribución del entrenamiento dependerá de la edad del deportista y de la especialidad practicada, pero generalmente suelen dedicar un 30% a la actividad física global y un 70% a la específica, que incluiría la táctica tanto en deporte individual como de equipo.

En cualquier actividad deportiva es importante preparar tanto el aparato cardiovascular como el aparato locomotor. Para ello, una parte del ejercicio es destinado a la mejora de la tonificación de los grupos musculares que participan en los gestos deportivos concretos.

Dentro de la planificación de los deportistas que practican natación y waterpolo, que son objeto de nuestro estudio, se encuentra el entrenamiento de la fuerza muscular en miembros superiores, que irá variando en función del momento de la temporada deportiva.

La monitorización de la correcta adaptación al entrenamiento de fuerza en estos sujetos jóvenes puede realizarse con diversos métodos. En este estudio, y confiándonos a la cintura escapular y hombro, vamos a utilizar un método objetivo de medición de fuerza como son los ejercicios isocinéticos, intentando correlacionar los datos obtenidos con técnicas de imagen como la termografía y la ecografía

musculoesquelética, técnicas, que hasta el momento se han utilizado más frecuentemente para valoración de patologías y no para el estudio de sujeto sano^{1,2}.

1.1 ¿QUÉ ES EL CENTRO DE MEDICINA DEL DEPORTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID?

El Centro de Medicina del Deporte de la Comunidad de Madrid³ está adscrito a la Subdirección General de Instalaciones Deportivas dentro de la Dirección General de Juventud y Deporte.

Es un centro médico cuya función principal es la de estudiar las aptitudes y realizar los reconocimientos y el seguimiento médico-deportivo para la práctica de la actividad física y de competición, colaborando con las diferentes federaciones deportivas en el control médico de los deportistas tecnificados y becados por la Comunidad de Madrid.

También participa en la formación de especialistas en Medicina de la Educación Física y Deporte como centro de referencia para la rotación de médicos internos residentes (MIR) y además colabora y fomenta la participación en programas de investigación en el campo de la medicina deportiva.

1.2 ¿QUÉ ES EL CENTRO DE TECNIFICACIÓN DE NATACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID?

El Consejo Superior de Deportes, en base al artículo 51 de la Ley del Deporte 10/1990 del 15 de Octubre⁴ desempeña el ejercicio de la tutela y control del deporte de Alto Nivel. Para ello se construyeron los Centros de Alto Rendimiento (CAR) y los Centros de Tecnificación Deportiva (CTD) y, como complemento a éstos, los Centros Especializados (CE)⁵. Estos últimos tienen como función acoger a deportes o modalidades deportivas que, por su particularidad, medio en el que se realizan, no pueden ser atendidos en los CAR, ni en los CTD, como es el caso, por ejemplo, de los deportes acuáticos o de invierno⁵.

La Administración General del Estado financia las instalaciones deportivas y controla los intereses generales del deporte en el ámbito territorial de más de una

Comunidad Autónoma, pero para atender al deporte autonómico, el perfeccionamiento y la tecnificación, se encargan las Federaciones Autonómicas.

Las características de cada centro son similares en cuanto al concepto pero tienen particularidades. Los CAR son instalaciones deportivas de titularidad estatal y/o autonómica cuya finalidad es la mejora del rendimiento deportivo proporcionando a los deportistas de alto nivel las mejores condiciones de entrenamiento y atendiendo prioritariamente a las necesidades del entrenamiento. Los CTD son instalaciones de titularidad autonómica y/o local y/o de Federaciones Deportivas que tienen por finalidad atender el perfeccionamiento de los deportistas y cuya actividad se desarrolla fundamentalmente en el ámbito autonómico.

Los Centros Especializados son instalaciones de titularidad estatal y/o autonómica y/o local y/o de Federaciones Deportivas cuyo objetivo es proporcionar instalaciones y condiciones adecuadas para el entrenamiento de modalidades deportivas específicas, que no pueden ser atendidas en los centros señalados en los apartados anteriores. Estos centros se subdividen en Centro Especializado en Alto Rendimiento (CEAR) y Centro Especializado en Tecnificación Deportiva (CETD). Los CEAR desarrollan su actividad, favoreciendo el entrenamiento de una modalidad deportiva en deportistas de alto nivel y los CETD se encargan de facilitar el entrenamiento de una modalidad deportiva concreta en el ámbito autonómico.

Los programas deportivos pueden ser de tres tipos: los programas autonómicos se encargan de la tecnificación deportiva y están tutelados por sus respectivas federaciones autonómicas y su objetivo es el perfeccionamiento de los deportistas dentro del ámbito autonómico; los programas deportivos estatales, son proyectos de tecnificación tutelados por sus respectivas federaciones españolas, dirigidos a deportistas de categorías inferiores y cuya actividad se desarrolla en el ámbito nacional e incluso internacional; y finalmente los programas de alto rendimiento, son aquellos organizados también por federaciones nacionales pero dirigidos fundamentalmente a deportistas de categoría absoluta y equipos nacionales.

Por tanto, los Centros de Tecnificación Deportiva atienden la especialización técnica de los deportistas desde sus inicios, a temprana edad, y durante las diversas etapas de su perfeccionamiento deportivo en su ámbito territorial, hasta su consolidación como deportistas de alto nivel, ayudando a compatibilizar la práctica deportiva con la formación académica, con el claro objetivo de conseguir una formación integral en estos jóvenes. De esta manera, se consigue un proyecto técnico único, que puede ser aplicado, inicialmente, en las fases de tecnificación autonómica, y posteriormente, en la alta competición nacional, en el que colaboran las federaciones autonómicas y nacionales.

La Comunidad de Madrid en su Ley del Deporte (Ley 15/1994, de 28 de diciembre)⁶ dentro de la política de utilización y aprovechamiento de las instalaciones deportivas, tiene convenios con Federaciones Madrileñas para ejecutar programas de deporte y enseñanza. En Madrid se encuentra el Parque Deportivo Puerta Hierro dónde hay instalaciones para siete federaciones (rugby, salvamento y socorrismo, piragüismo, pelota, tiro con arco, pádel y golf) de las cuales, tres incluyen centros de tecnificación, en Somontes está el CETD de hockey que alberga y las instalaciones de la piscina del Mundial 86, que desde 1998, se utilizan como Centro Especializado de Tecnificación Deportiva para las modalidades de natación, saltos, waterpolo, natación sincronizada, triatlón y aguas abiertas, siendo actualmente un centro de referencia de actividad acuática de la Comunidad de Madrid.

Este centro tiene como objetivo general efectuar un impulso constante de la natación madrileña, facilitando a los deportistas con talento la preparación adecuada para pasar al alto rendimiento deportivo, sin perjuicio de su formación escolar y académica, ya que el programa está diseñado para que acudan al Instituto de Educación Secundaria adyacente a las instalaciones deportivas, puesto que los alumnos inscritos están entre los 13 y los 18 años de edad. De esta manera a los deportistas se les facilita el entrenamiento y la formación⁷.

1.3 ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DEL COMPLEJO ARTICULAR DEL HOMBRO

El especial diseño del complejo articular del hombro, su anatomía y funcionalidad, está directamente relacionado con todo el movimiento del miembro superior. De hecho, permite realizar una gran cantidad de actividades destinadas a poner en posición la mano, manteniendo su control, enfrente del cuerpo en un espacio de trabajo accesible a la vista⁷⁻¹⁰. En conjunto forma la articulación más móvil en el organismo, incluso tiene más movilidad de la necesaria para la mayoría de las actividades de la vida diaria que realizamos.

Cuando existe patología o restricción en la movilidad, las regiones adyacentes como la columna cervical, el codo, la muñeca o los dedos, actuarán desarrollando movimientos compensatorios⁷⁻¹⁰.

No podemos hablar de “articulación” sino de un compendio heterogéneo de uniones osteo-músculo-ligamentosas que conforman un verdadero “complejo articular del hombro”. Encontramos 3 articulaciones verdaderas (diartrodias o sinoviales) y 2 falsas articulaciones, ya que no disponen de unas superficies articulares reales. Las articulaciones verdaderas son la esternoclavicular (tipo silla de montar o encaje recíproco), acromioclavicular (artrodia, plana) y escapulohumeral o glenohumeral (esferoidea). Las falsas articulaciones son la escapulotorácica (sinartrosis puesto que son músculos y sus fascias los que ejercen de superficies articulares) y la subdeltoidea con sus bolsas sinoviales^{7, 8, 11}.

Para explicar este complejo articular y su biomecánica, es necesario describir brevemente los componentes estructurándolo en varios niveles: óseo, capsuloligamentoso y muscular⁷.

A nivel óseo y capsuloligamentoso encontramos la clavícula, la escápula y el húmero en su porción proximal, con sus respectivas articulaciones: esternoclavicular, acromioclavicular y escapulohumeral. La clavícula es un hueso largo y situado en la parte anterior y superior del tórax. Podemos considerarla como pilar del hombro y relevo muscular cervico-péctoro-braquial a través de sus inserciones musculares⁷. Se articula con el esternón por su extremo medial (articulación esternoclavicular) y con el acromion por su extremo lateral

(articulación acromioclavicular)⁸. Este hueso, por sus inserciones ligamentosas, condiciona la movilidad de la escápula y, a su vez, de todo el miembro superior.

La articulación esternoclavicular precisa de un disco articular que adapta las superficies articulares y añade un tercer grado de libertad (rotación de la clavícula) a los movimientos de elevación y descenso, antepulsión y retropulsión propios de esta articulación.

La articulación acromioclavicular, que puede presentar un menisco intra-articular, permite pequeños movimientos de deslizamiento y se encuentra estabilizada a distancia por dos potentes ligamentos que unen la clavícula con la escápula a través de la apófisis coracoides: ligamentos coracoclaviculares, trapecioideo o anteroexterno y conoideo o posterointerno^{8,11}.

La escápula es un hueso plano y triangular situado en la cara posterior, superior y lateral del tórax, lo que hace que el miembro superior en humanos se sitúe en el lateral del tórax, y le permite una amplia libertad de movimientos. Posee dos caras, tres bordes y tres ángulos. Se va a articular con la clavícula a través del acromion (articulación acromioclavicular ya descrita), y con la epífisis proximal del húmero (articulación escapulohumeral o glenohumeral) a través de la cavidad glenoidea, situada en su ángulo externo. Superior e inferior, respectivamente, a esta cavidad encontraremos dos tubérculos, supraglenoideo para la inserción del bíceps braquial y el infraglenoideo para el tríceps braquial. En este ángulo externo también nos encontramos con la apófisis coracoides donde se insertan los ligamentos coracoclaviculares, esenciales para la estabilidad del complejo articular, así como del ligamento coracoacromial, que ejerce de “techo osteoligamentoso” en la articulación subdeltoidea. Toda la escápula servirá de inserción para importantes músculos que ayudarán en la estabilidad y el movimiento de todo el complejo⁸.

A través de estas articulaciones y de la escapulotorácica los movimientos de la escápula podrán ser de basculación (con un “campaneo” del ángulo inferior), elevación y descenso, proyección anterolateral y proyección posteromedial, que no sólo movilizarán este hueso, sino que a través de la articulación escapulohumeral harán que todo el miembro superior se desplace^{8,12}.

En el extremo proximal del húmero destaca la presencia de la cabeza, un tercio de esfera que se articula con la escápula (articulación escapulohumeral o glenohumeral). Lateral a la cabeza se encuentran la tuberosidad mayor, con la inserción de los músculos supraespinoso, infraespinoso y redondo menor, y la tuberosidad menor, medial y anterior a la precedente, donde se inserta el subescapular. Los cuatro músculos forman un conjunto denominado el “manguito de los rotadores”. Entre las dos tuberosidades se forma el surco intertubercular (o bicipital) para el tendón de la porción larga del músculo bíceps braquial, protegido por el ligamento transversal de la escápula⁸.

La articulación escapulohumeral, la más móvil del organismo, necesita de un rodete fibrocartilaginoso alrededor de la cavidad glenoidea de la escápula para adaptar su forma y tamaño a la cabeza humeral. Este rodete o labrumglenohumeral ejerce un papel amortiguador y contribuye a la coaptación articular al estar presionado por los tendones de las porciones largas de los músculos tríceps y bíceps braquial^{7, 11}. Por su parte superior, la articulación se encuentra reforzada por el ligamento coracohumeral y por la parte anterior por los ligamentos glenohumerales (superior, medio e inferior). Además de estos ligamentos, serán los músculos del “manguito de los rotadores” a modo de ligamentos activos, los que ayuden a la estabilización de esta articulación^{13, 14}. La articulación escapulohumeral podrá tener movimientos de flexión o anteversión, extensión o retroversión, abducción, adducción y rotaciones externa e interna⁸.

Es importante tener en cuenta el papel fundamental que ejercen todos los músculos que participan en los movimientos de este complejo articular. Si tenemos en cuenta la localización⁷, encontramos unos músculos toracoescapulares, unos escapulohumerales y los músculos tríceps braquial y bíceps braquial que a pesar de que su principal acción la ejercen sobre el antebrazo, también juegan un papel activo y estabilizador en la articulación del hombro. En los músculos toracoescapulares o troncoapendiculares se incluyen el omohioideo, angular del omóplato, trapecio y pectoral mayor, que tienen una “continuidad funcional” hasta el húmero a través del deltoides, mientras que el romboides mayor y menor y el serrato anterior, se insertan en el borde medial de la escápula, manteniéndola en su posición torácica a pesar de los vectores de fuerza que provienen del miembro

superior⁹. Los músculos escapulo-humerales son principalmente estabilizadores^{7, 13}. Entre ellos encontramos los músculos del manguito rotador (supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular), el dorsal ancho, redondo mayor y pectoral mayor. Todos ellos jugarán un papel fundamental en los movimientos de la articulación glenohumeral. Por último destacar el músculo deltoides, único músculo lateral del hombro, que garantiza la sustentación del húmero, cuyas fibras en forma de abanico le otorgan un papel fundamental en la abducción del brazo (por sus fibras medias) aunque también hace que participe en la flexión y rotación interna (por sus fibras anteriores) y en la extensión y rotación externa (por sus fibras posteriores). Este músculo hace reflexión sobre la tuberosidad mayor del húmero y necesita de una gran bolsa sinovial (subdeltoidea o subacromiodeltoidea) para disminuir el roce entre fibras musculares, tendones y estructuras óseas.

También es primordial reseñar las estructuras vásculo-nerviosas que existen en esta región¹¹. La irrigación de la zona proviene de la arteria axilar (rama de la arteria subclavia) y de su continuación, la arteria humeral. Cada arteria contará con una vena homónima. En cuanto al componente nervioso, hay que destacar que es zona de paso para grandes ramas colaterales y terminales del plexo braquial que proporcionaran, a su paso, inervación motora a todos los músculos descritos previamente, así como inervación sensitiva y propiocepción de toda la región del hombro^{13, 15}.

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA ECOGRAFÍA Y SU USO EN MEDICINA DEL DEPORTE

El diagnóstico por imagen a través de la ecografía es cada vez más usado¹⁶ en el mundo de la medicina del deporte. Ello es debido a la gran accesibilidad de la técnica, a su reducido coste económico, y a su grado de inocuidad para el paciente^{17, 18}.

Los equipos actuales muestran imágenes de gran definición anatómica que permiten valorar con precisión estructuras anatómicas como tendones, ligamentos, músculos, bolsas sinoviales, nervios, cartílago articular e incluso la cortical ósea. Así mismo permiten una valoración dinámica, lo que facilita las maniobras diagnóstico-terapéuticas¹⁹ y la comparación con el miembro contralateral^{17, 20, 21}.

En el estudio de la patología del aparato locomotor, el objetivo es alcanzar un diagnóstico exacto en el menor tiempo posible, para poder instaurar un tratamiento inmediato, que permita acortar la recuperación²¹. Por ello la técnica ecográfica constituye un pilar básico en el estudio de la mayoría de las lesiones de partes blandas, que además permite efectuar un control evolutivo, riguroso y detallado de las mismas, valorando la evolución diaria de la lesión^{16, 22}. Así, los ultrasonidos se están convirtiendo, para el mundo de la medicina en general y de la traumatología del deporte en particular, en una herramienta básica para el diagnóstico y evolución de las lesiones deportivas, de manera rápida y fiable²³, aunque no es la técnica de elección en todas las patologías^{16, 18, 24}.

El inconveniente principal de la técnica ecográfica es la importancia del "operador dependiente"²⁵, es decir, depende de la experiencia del observador para interpretar las imágenes y las características ecográficas de los diferentes tejidos ya que pueden, a veces, confundirse con imágenes erróneas debido a la aparición de artefactos^{19, 22}.

En el campo de la medicina deportiva tenemos que introducir un patrón específico, puesto que los deportistas presentan características especiales como mayor vascularización, hipertrofia de fibras musculares, menor grasa y por tanto mayor visibilidad en las imágenes de ultrasonidos^{21, 22}.

En este trabajo, el ultrasonido se va a utilizar como herramienta de imagen para estudiar las estructuras anatómicas del hombro (figura 1).

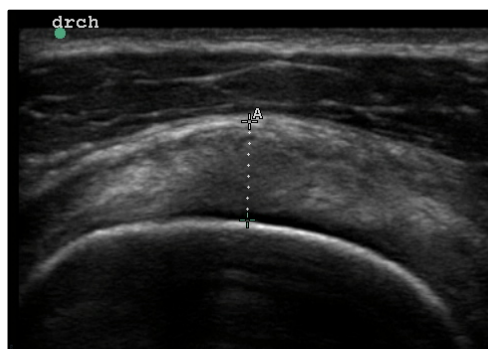


Figura 1. Imagen ultrasonográfica del tendón del músculo supraespinoso. Imagen obtenida del banco de imágenes del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid. (drch: derecho)

1.5 ANATOMÍA Y EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA DEL COMPLEJO ARTICULAR DEL HOMBRO

Para desarrollar una completa exploración ecográfica del aparato locomotor es necesario seguir un protocolo de actuación donde se realiza un estudio con dos cortes, transversal o eje corto y longitudinal o eje largo, con abundante gel entre la piel y el transductor para evitar la interposición del aire^{16, 21, 26}.

A nivel ecográfico en el hombro se puede valorar la forma del tendón supraespinoso^{19, 27, 28}, del infraespinoso^{16, 19, 29}, del subescapular, la porción larga del bíceps braquial¹⁹, el músculo deltoides y el pectoral mayor^{16, 30, 31}, la bursa subdeltoidea³² y subescapular, los recesos sinoviales, y la articulación acromioclavicular y glenohumeral, así como el cartílago articular, el periostio de estructuras óseas y el tejido subcutáneo. También se pueden valorar estructuras nerviosas como el nervio supraescapular^{27, 30} o como el espacio subacromial²⁹. Tiene como desventaja, la difícil visualización de la cara posterior de los tendones del supraespinoso e infraespinoso y una visión limitada de la articulación glenohumeral y del labrum³⁰.

En la exploración del hombro, el paciente/deportista debe estar sentado en una silla giratoria que permita al explorador estudiar con mayor comodidad la cara anterior, lateral y posterior de la articulación^{16, 23, 33}.

A través de una sonda de alta frecuencia se localizan las estructuras anatómicas del hombro. Se han realizado numerosos estudios, que exponen el protocolo más adecuado y la sistemática a realizar para abordar mejor la anatomía y e identificar las imágenes que muestran los ultrasonidos.

A continuación se expone el protocolo más frecuente que se utiliza en los estudios ecográficos de la unidad escapulohumeral para la observación de los puntos anatómicos más importantes, incluyendo la musculatura del pectoral mayor^{16, 19, 23, 26}.

• Estudio de la porción larga del bíceps: Se origina en el tubérculo y labio supraglenoideo y desciende por la corredera que hace surco sobre la cabeza del húmero. Se observa el tendón mediante el corte transversal y permite valorar la cortical y las prominencias óseas de la tuberosidad menor y la mayor del húmero. Se visualiza con aspecto hipoecoico y ovalado, limitado superficialmente por el ligamento humeral transverso, superiormente por el deltoides y en la cara interna por el tendón subescapular. Localizada esa posición se coloca la sonda cranealmente y se visualiza también el supraespinoso a nivel lateral. Con el corte longitudinal se observa el aspecto fibrilar del tendón paralelo a la cabeza humeral y el trazado se hace más oblicuo a partir de la unión miotendinosa (UMT).

• Estudio del tendón subescapular: La situación del miembro superior es la misma que para la exploración del tendón del bíceps, con el codo en flexión 90°, el brazo en ligera rotación interna y la palma de la mano en supinación. Se coloca la sonda en transversal por encima de la corredera y se realiza una rotación externa de brazo, así se va visualizando el tendón hasta que aparece la apófisis coracoides, dichas fibras tendinosas están colocadas de manera longitudinal hasta su inserción en la tuberosidad menor. El tendón en el corte transversal tiene forma convexa con una línea superficial hipoecoica que pertenece a la grasa del músculo pectoral y una línea inferior que pertenece al cartílago hialino. En su interior se pueden ver imágenes ovoides hiperecogénicas que corresponden a inserciones tendinosas que se mezclan con fibras musculares. Girando el transductor se observan las fibras en su eje largo, el tendón en este corte, se ve con aspecto hiperecogénico y con un trazado en forma de pico curvo hasta alcanzar el troquín. Desde la coracoides desplazando hacia el acromion, podemos visualizar la bursacoracoidea y el ligamento coracoacromial que suele tener un grosor de 1,5 mm.

• Estudio del tendón supraespinoso: El deportista coloca la mano en la región lumbar con el dorso tocando la espalda, es decir, el brazo en rotación interna y adducción. El examen completo requiere de dos posiciones, una con la mano entre las escápulas y otra más distal a la altura del cinturón.

En todos los casos, se expone el tendón en el corte longitudinal con el patrón fibrilar paralelo y mostrando el borde convexo en forma de pico de loro, cuyo vértice alcanza la inserción de la tuberosidad mayor, dónde en ocasiones se puede

encontrar anisotropía, consecuencia de la dirección oblicua de algunas fibras. Dirigiendo la sonda a posterior, se pueden visualizar zonas hipoeoicas también, debido a la interrelación con las fibras del infraespinoso. Girando el transductor 90°, éste queda paralelo a la articulación coracoacromial, observándose el tendón en forma de rueda o neumático, cuyo límite inferior es el cartílago (2mm) y el periostio de la cabeza humeral y el límite superior es la bursa subacromial o subdeltoidea y el músculo deltoides. El tendón presenta un grosor uniforme de aproximadamente 5mm. Alejándose hacia posterior se adelgaza y se mezcla con el infraespinoso.

La tuberosidad mayor tiene tres carillas que en dirección anterior a posterior son, la superior para la inserción del supraespinoso, la media para el infraespinoso y la inferior para el redondo menor.

- Distancia acromion humeral (DAH): es la distancia más corta entre el acromion y la cabeza humeral. El paciente en posición de sedestación, con los brazos caídos, colgando con el codo pegado al tronco y el antebrazo en supinación, según autores como Pijls³⁴. Sin embargo, hay otros investigadores que prefieren realizar la medición en rotación interna y sin flexión del codo³⁵. Esto se debe a que buscan diferentes posiciones de la cabeza humeral para estudiar patología³⁶. En todos los casos, el transductor se coloca en la superficie lateral, en el eje longitudinal al húmero, visualizándose el acromion hiperecogénico, las fibras longitudinales del supraespinoso y profundo a ellas, la cabeza humeral^{37,38}.

- Distancia acromion tuberosidad mayor (DAT): es una medida menos habitual en los estudios estándar del hombro. La posición del individuo a estudiar, es la misma que la utilizada para cuantificar la DAH. En esta ocasión, la medición va del acromion, que se identifica por una imagen hiperecoica con sombra acústica hasta el margen más cercano y superior de la tuberosidad mayor, donde se inserta el tendón supraespinoso (delgada banda hiperecogénica)^{36,39,40}.

- Estudio del tendón infraespinoso y labrum glenoideo: Lo más habitual es que el deportista se sitúe de espaldas al operador con la mano del brazo estudiado tocando la cara anterior del hombro contralateral. Colocada la sonda en eje corto hacia posterior de la articulación glenohumeral se observan las fibras que se movilizan, si movemos el brazo del paciente pasivamente en rotación externa y

son la continuidad de las fibras del supraespinoso. Al desplazar la sonda a posterior e inferior, aparece la cabeza humeral y la glenoides escapular y entre ambas y con forma triangular e hiperecogénica el labrum posterior. Finalmente, al desplazar la sonda hacia medial siguiendo la escápula aparece una depresión que corresponde a la escotadura supraescapular con su nervio^{23, 41}.

- Estudio de la bursa subacromiosubdeltoidea: Estructura situada entre el deltoides y la parte superior de la articulación glenohumeral. En condiciones normales no se visualiza si no tiene líquido, pero para examinarla se coloca al deportista con la mano detrás en la cintura (igual que para estudiar el tendón supraespinoso) y con la sonda en transversal entre los tendones supra e infraespinoso, se intuye por debajo del deltoides y entre una región grasa e hiperecogénica.

- Estudio de la articulación acromioclavicular: Con el brazo en posición neutra y la sonda en longitudinal al eje de la clavícula encima de la articulación, se observan los bordes de ambas estructuras óseas y en medio una zona hipoecoica de unos 3 mm que corresponde a la cápsula.

- Estudio del músculo pectoral mayor: El músculo pectoral mayor se caracteriza por estar formado por tres porciones, una clavicular, otra esternocostal cuyo origen está en el esternón y en los cartílagos situados entre la 2ª y 7ª costilla y la abdominal que nace de la fascia del recto abdominal. Las fibras musculares se cruzan entre sí formando un pliegue axilar para insertarse en el húmero. La inserción lateral del pectoral mayor es la zona anatómica dónde más frecuentemente aparecen las lesiones en los deportistas por el sobreuso del mismo en determinados deportes, así como alteraciones de sus fibras en pacientes neumológicos con disfunciones respiratorias⁴².

En la ecografía se localiza a través de un corte transversal desde la corredera bicipital, deslizando la sonda hacia inferior, hasta la aparición de una línea hiperecogénica que es el tendón de pectoral mayor⁴³⁻⁴⁷. Por otro lado, para la medición del pectoral mayor a nivel esternal, el deportista se sienta erguido y se coloca el transductor transversal y perpendicular en el punto medio del esternón⁴⁸.

• Estudio del grosor de los vientres musculares del supraespinoso y del infraespinoso (no suelen evaluarse en práctica clínica habitual). La medición del músculo supraespinoso, se realiza con el paciente sentado y de espaldas al observador. Una vez localizado el borde lateral del acromion y el borde medial de la escápula, se unen ambas referencias anatómicas con una línea imaginaria y se realiza una demarcación paralela con lápiz dermográfico que servirá para la colocación de la sonda. Se busca el plano longitudinal al tendón central con la sonda perpendicular a la línea marcada y se localiza la fosita del nervio subescapular para la mensuración del corte longitudinal y transversal del vientre muscular²⁷. El grosor del cuerpo muscular del infraespinoso se mide con el paciente en la misma posición pero colocando éste la mano sobre la cara anterior de su hombro contralateral. Se busca como referencia el borde medial de la escápula y se localizan las fibras longitudinales con forma triangular, de esa manera se traza un línea perpendicular entre la fascia hasta la línea perióstica profunda.

1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA TERMOGRAFÍA Y SU USO EN MEDICINA DEL DEPORTE

Mediante termografía infrarroja se puede realizar un proceso de adquisición y análisis de información térmica de la temperatura de la piel sin contacto. Se transfieren imágenes de irradiación infrarroja (IR) a imágenes radiométricas que se evalúan de manera cualitativa y cuantitativa a tiempo real.

Para entender cómo funciona la captación de radiación IR de una cámara termográfica, es preciso conocer conceptos básicos de termodinámica.

Las moléculas de una sustancia siempre están en movimiento, en mayor o menor medida. Las moléculas más calientes se mueven más rápidas que las moléculas más frías.

El calor es la energía asociada al movimiento aleatorio de las moléculas que componen la materia, siendo las unidades de medida los Julios (calorías, Newtonmetro). La cantidad de energía calorífica de un objeto está asociada a la energía

cinética total de las moléculas que lo componen, por ejemplo, cuando un objeto cae al suelo se transforma la energía cinética en calor (no visible) y en ruido.

La temperatura no es una forma de energía sino una medida de la velocidad media de las moléculas que componen la materia, y se mide en grados Celsius o Kelvin (tabla1). La temperatura aumenta o disminuye cuando la energía de un cuerpo se incrementa o se reduce. Por ejemplo, un litro de agua a 70°C sumados a otro litro de agua a 70°C, resultan 2 litros de agua a 70°C, mientras que si unimos una fuente de calor a 70J (Q) con otra a otros 70J, la resultante es una energía de 140J.

Tabla 1. Comparación escalas de temperatura^{49,50}

CELSIUS	KELVIN	
100 °C	375 K	El agua hierve
0°C	273 K	El agua se congela
-273°C	0 K	Cero absoluto (teoría: no hay movimiento de moléculas)

El calor (energía) fluye de los cuerpos más calientes (mayor energía) a los más fríos (menor energía) y la diferencia de temperatura determina el sentido del flujo de calor. Mientras que la diferencia de temperatura se mantenga, existirá flujo de calor. En condiciones de equilibrio térmico, no hay flujo de calor y por tanto, no detectaremos ninguna diferencia de color en la cámara térmica.

Todos los cuerpos por estar calientes emiten una radiación electromagnética. Los IR no son visibles para el ojo humano porque lo que vemos es reflejo de la luz del espectro visible, como se muestra en las figuras 2 y 3.

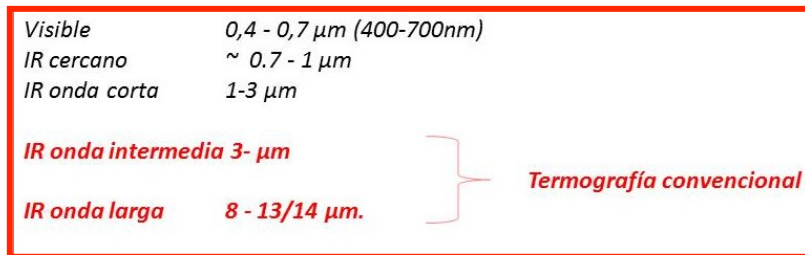


Figura 2. Unidades del espectro visible y de infrarrojo, incluyendo la franja de termografía convencional.

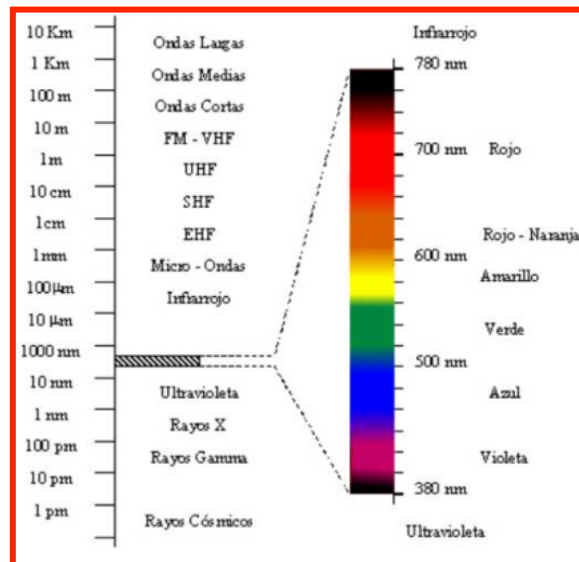


Figura 3. Escala del espectro electromagnético. Ambas imágenes obtenidas del curso-manual "Introducción a la termografía. Manejo de cámaras" impartido por Álava Ingenieros el 15 de abril del 2015⁵⁰

Sin embargo, la cámara infrarroja capta las radiaciones de los cuerpos en un amplio rango de frecuencias, fundamentalmente entre las ondas intermedias y largas, transformándolas en imágenes cromáticas con una equivalencia térmica (en grados Celsius o Fahrenheit)⁵¹.

Una imagen infrarroja corresponde tanto a radiación reflejada como emitida. Existen materiales opacos a la radiación infrarroja como es cristal que no es captado por las cámaras infrarrojas. Para entender la termografía, también hay que entender el concepto de emisividad, reflexión de los objetos y los factores que alteran las mediciones⁵².

Cada elemento de la naturaleza tiene una emisividad característica, que es la capacidad que tiene ese cuerpo para radiar energía infrarroja y se define como el ratio entre la energía emitida realmente y la teórica, en relación a su propia longitud de onda. Por otro lado, hay que tener en cuenta la proporción de la radiación que es reflejada en la superficie. A esto se le llama reflexión y se define como el ratio entre la energía reflejada y la energía incidente (figura 4).

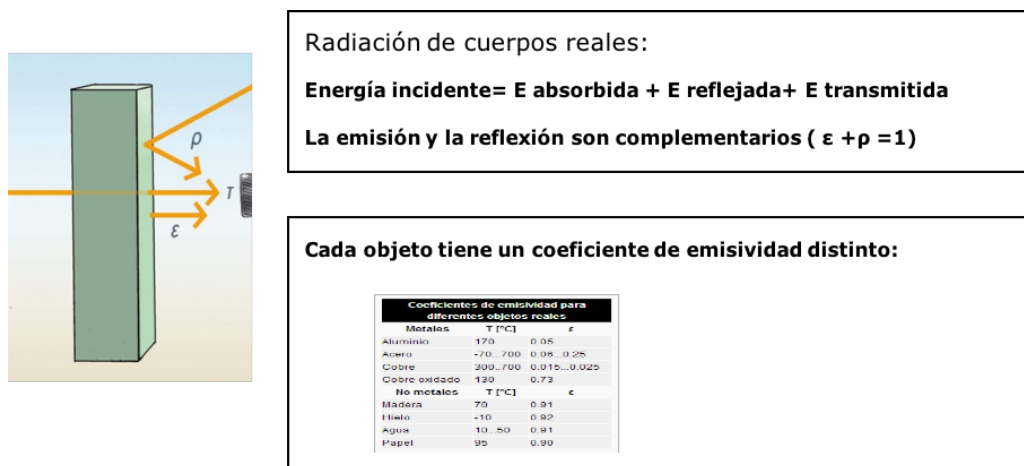


Figura 4. Relación emisión-reflexión⁵¹. Conceptos de emisividad de un cuerpo y reflexión de la luz al chocan contra él. (ϵ : emisión; ρ : reflexión de la luz; T: temperatura)

La emisividad depende del material, de la rugosidad superficial, la geometría, el ángulo de visión, la temperatura exterior, la longitud de onda^{53, 54}.

Para la adquisición de unas correctas imágenes termográficas, los equipos deben estar calibrados y configurados adecuadamente dependiendo del objeto a estudiar. A la hora de analizar los termograma, se debe ajustar el rango de temperatura (-40-150°C), el enfoque (una imagen desenfocada puede producir

medidas de temperatura erróneas), realizar una correcta composición de la imagen y obtener una buena resolución (elevado número de píxeles).

1.6.1 Termografía clínica

La técnica termográfica se basa en la medición y cuantificación de la temperatura de la superficie de la piel que depende directamente de la vascularización cutánea.

Mediante el uso de una cámara de infrarrojos se puede monitorizar, de una manera cuantitativa, y a través de distintos patrones de calor llamados termogramas (figura 5), las diferentes gradaciones térmicas corporales que se produzcan^{50, 55}.

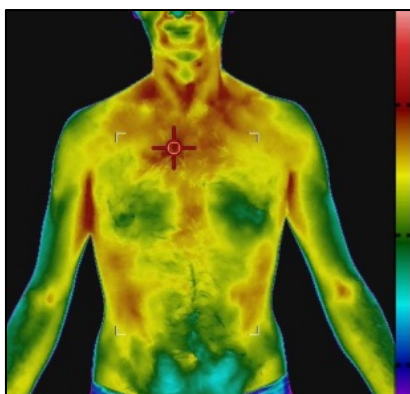


Figura 5. Imagen termográfica de tronco anterior y miembros superiores (obtenida del banco de imágenes del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid)

La asociación de la temperatura con la enfermedad existe desde los primeros tiempos de la medicina⁵⁶. En el siglo XIX se empezó a investigar con la termografía, pero la introducción de la termografía infrarroja en el sector médico comenzó en Alemania en los años 50 del siglo pasado y hasta la década de los 80 no se incrementó su uso⁵⁷.

Gracias a los avances físicos, el manejo de esta tecnología es cada vez más habitual en la práctica médica^{53, 58}, proporcionando información clínica coadyuvante

a otras técnicas diagnósticas complementarias, sin contacto directo con el paciente y sin efectos secundarios^{49, 52, 59, 60}.

Existen muchos ejemplos en la literatura sobre la aplicación de esta técnica, tanto en medicina clínica como veterinaria⁶¹. Se puede emplear para seguimiento de lesiones traumáticas agudas⁵⁵ o signos inflamatorios crónicos^{62, 63} de tipo reumático⁶⁴, lesiones de la piel por edema⁶⁵, dolor o hipervascularización tumoral⁶⁶, en enfermedades vasculares⁶⁵, incluso hay estudios que relacionan alteraciones del sistema autónomo a nivel plantar con patología lumbar^{67, 68} y otros que permiten localizar con precisión un bloqueo anestésico⁶⁹.

Y en todos estos estudios se concluye, que la investigación con termografía es una línea de trabajo novedosa, por las ventajas que presenta como la inmediatez de los resultados, la no invasividad, la portabilidad, la posibilidad de comparar imágenes entre sí y el dinamismo de las capturas térmicas^{52, 54}.

Por ese motivo, este recurso técnico, combinado con el uso de ecografía, electromiografía u otras pruebas de radiodiagnóstico (figura 6), está ayudando al diagnóstico de la patología muscular, articular u ósea, muy frecuentes en el campo de la medicina del deporte^{51, 54, 70}. Así como, la valoración del tratamiento y recuperación⁷¹.

Por otro lado, actualmente, se investiga la tecnología más adecuada para el uso de material y vestimenta de los deportistas⁷² y para la prevención de riesgos laborales y ergonomía⁷³.

En general se puede afirmar que la técnica de termografía en medicina (figura 6) es útil para monitorizar y estudiar la evolución de procesos de curación, recuperación y regeneración⁵⁴. Los avances tecnológicos hacen que incluso un Smartphone facilite los resultados a pie de campo dando más efectividad y eficacia en el mundo del deporte⁵².

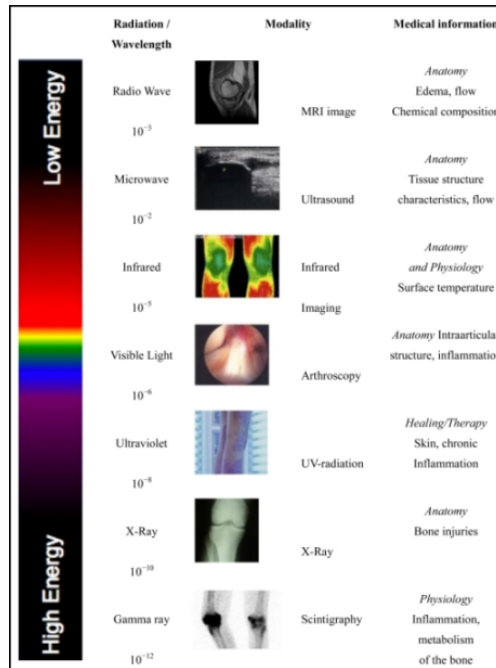


Figura 6. Imagen del espectro de radiación electromagnética en relación a las pruebas de diagnóstico por imagen (extraída de Hildrebandt et al: "Anoverview of recentapplication of medial infraredthermography in sports medicine in Austria"⁷⁴)

Previo a la realización de este trabajo de investigación, se ha consultado las referencias en la literatura científica sobre la utilización de la termografía en deportistas jóvenes y en concreto, en nadadores y jugadores de waterpolo, para ayudar a la prevención de lesiones por sobrecarga y evaluación de la adecuada readaptación física en el caso de patologías en vías de recuperación^{51, 74, 75}. También se hallaron estudios que han combinado la ultrasonografía y la termografía, aportando información sobre patologías como la neoplasia de mama⁷⁶, úlceras por presión⁷⁷, dermatopatías en la enfermedad de Graves², localización de infiltraciones¹, patologías reumáticas⁶⁴ y en el campo de la medicina deportiva también se han empezado a utilizar ambas técnicas para valorar lesiones⁷⁸, así como la

cuantificación de la masa muscular en relación a la tonificación mediante irradiación infrarroja¹⁵.

1.7 CARACTERÍSTICAS DE LOS ISOCINÉTICOS Y SU USO EN MEDICINA DEL DEPORTE

El aparato locomotor, y dentro de este el sistema muscular con su capacidad para generar fuerza, potencia o trabajo, ha sido estudiado a lo largo de la historia de la medicina, tanto desde un punto de vista morfológico como fisiológico. En la década de 1960 Hislop y Perrine⁷⁹ introdujeron el concepto de ejercicio isocinético, como medio de estudio de la fuerza máxima de un sujeto.

En el ejercicio isocinético se realiza una contracción dinámica a una velocidad angular constante y con una resistencia acomodable o ajustable a la fuerza que sea ejercida por el músculo implicado, de modo que se puede generar una tensión muscular máxima en todo el arco del movimiento⁸⁰. En esta modalidad de ejercicio podremos encontrar contracciones concéntricas o excéntricas, dependiendo del acortamiento o elongación de los segmentos articulares implicados en el movimiento.

Se pueden utilizar los sistemas isocinéticos, compuestos por dinamómetros hidráulicos o electromagnéticos, para efectuar una valoración dinámica de la fuerza muscular y cuantificar, de manera objetiva, la cantidad de fuerza que un músculo o grupo muscular puede generar en un determinado arco de movimiento⁸¹⁻⁸⁴.

Estas características hacen que sean muchas las aplicaciones que podemos obtener de los sistemas isocinéticos. Pueden ser de gran ayuda para el diagnóstico y tratamiento de patologías musculares, así como en la valoración de su evolución y de la efectividad de los programas de rehabilitación⁸³⁻⁸⁶.

Al realizar valoraciones cualitativas y cuantitativas del tipo o grado de lesiones osteoarticulares, también se pueden utilizar en las unidades de Medicina Legal, para poder determinar objetivamente el grado de discapacidad que presenta un paciente.

En el campo del deporte puede ser utilizado como método complementario en el entrenamiento deportivo de la fuerza, y estos sistemas son interesantes en medicina deportiva para la prevención de lesiones y para la planificación y evaluación de los entrenamientos y de la evolución del deportista durante la temporada.

Son múltiples los parámetros que podemos medir con los sistemas isocinéticos^{82-84, 87}, los más relevantes son los siguientes:

- **Momento máximo de fuerza (MMF) y pico del momento máximo de fuerza (Peak torque):** El MMF es la variable más importante del registro y se toma como punto de referencia estándar de todas las medidas isocinéticas y se mide en Newton x metro (Nm). Es la fuerza desarrollada por el grupo muscular multiplicada por la distancia existente desde el centro de rotación al eje de aplicación de la fuerza. El Peak torque es el punto más alto del MMF. Para poder establecer comparaciones entre sujetos con diferencias en el tamaño corporal, utilizaremos el pico del momento máximo / peso corporal que es el porcentaje (%) de la máxima fuerza realizada por el sujeto en relación a su peso corporal.
- **Trabajo máximo y potencia media:** El trabajo es el producto del momento de fuerza por el desplazamiento angular. Es el mejor indicador de la capacidad funcional de una articulación y se expresa en julios (J). La potencia representa la capacidad del sujeto para producir un esfuerzo sobre la amplitud total de una articulación.
- **Relación agonista – antagonista:** porcentaje que expresa el cociente entre los MMF de grupos musculares agonista (el grupo más débil del par de fuerzas estudiado) y antagonista. Este parámetro nos ofrece una visión sobre el equilibrio de grupos musculares antagonistas que actúan sobre una articulación o complejo articular, ya que una desviación de los valores estándar nos hace suponer un desequilibrio muscular latente.

La participación deportiva de los niños y adolescentes en niveles de alta competición puede derivar en un incremento en la frecuencia de lesiones, en algunas ocasiones debido a un incompleto desarrollo del sistema

musculoesquelético que, o bien puede ser el origen o el producto de un desequilibrio de los grupos musculares.

Además, en la natación y en el waterpolo, por ser dos modalidades deportivas, cuyo gesto deportivo conlleva el movimiento del hombro por encima de la cabeza, con frecuencia, pueden producirse lesiones por sobreuso en esta articulación. La estabilidad del complejo del hombro tiene una profunda relación con el equilibrio muscular.

En nuestro trabajo hemos estudiado los pares de fuerza de la rotación externa e interna del hombro pues se trata del principal movimiento del complejo articular del hombro en estos deportistas, usando en este caso las variables del pico del momento máximo de fuerza o *peak torque* de la literatura anglosajona, término que por su amplia utilización vamos a emplear en el resto de nuestro trabajo.

1.8 CARACTERÍSTICAS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA EN DEPORTISTAS JÓVENES

La fuerza como concepto físico podríamos definirla como “la capacidad para producir una aceleración o deformación de un cuerpo, mantenerlo inmóvil o producir un desplazamiento”, pero en el ámbito deportivo se conoce como “la capacidad de producir tensión en el músculo tras activarse por estímulo neuromuscular voluntario o involuntario”⁸⁸.

Existen conceptos que son interesantes comentar como el de la fuerza isométrica máxima que es la contracción máxima voluntaria que se necesita para luchar contra una resistencia máxima, también llamada fuerza estática máxima y va unida a la información de la posición o ángulo a la cual se consiguió, siendo fuerza máxima explosiva cuando se hace a la mayor velocidad posible. Por otra parte, la fuerza excéntrica máxima es la que se opone a la máxima capacidad de contracción muscular ante una resistencia que se desplaza en sentido opuesto al deseado por el individuo y depende de la velocidad a la que se produce el estiramiento o contracción excéntrica. La fuerza dinámica máxima es aquella que aparece cuando la resistencia o sólo puede moverse una vez y/o se mueve a muy baja velocidad en una fase de movimiento. Y la fuerza implicada en el deporte que es la llamada fuerza aplicada y es el resultado de la interacción de dos tipos de fuerzas: las

internas, producidas por los músculos esqueléticos, y las fuerzas externas, producidas por la resistencia de los cuerpos a modificar su estado de reposo o movimiento^{89,90}.

En el ejercicio físico lo que interesa es conocer en qué medida la fuerza interna de un individuo producida por sus músculos se traduce en fuerza aplicada sobre las resistencias externas.

El rendimiento en la mayoría de los deportes está relacionado con la potencia al realizar un determinado gesto deportivo (salto, lanzamiento, zancada, brazada, etc.) que significa realizar dicho movimiento con la mayor fuerza en el menor tiempo posible⁸⁹. Ello depende de la estructura muscular celular de cada individuo (porcentaje de fibras rápidas), la composición proteica (proteína contráctil) y la neurotransmisión o la capacidad para reclutamiento de fibras rápidas⁸⁹.

Dentro de la preparación general del deportista se realiza un entrenamiento específico de fuerza, en el que se tendrán en cuenta aspectos como el tiempo de adaptación (relacionado con la edad), el tiempo y frecuencia dedicada al entrenamiento, la progresión de las cargas y el nivel de fuerza alcanzado. En general, este tipo de entrenamiento en jóvenes no conlleva riesgo de lesión siempre que se sigan ciertas directrices, como adaptar las cargas de manera individual, progresar de manera suave el aumento de las cargas, evitar esfuerzos de carácter máximo y realizar los entrenamientos supervisados y con una técnica apropiada⁹¹.

La dosificación del trabajo de entrenamiento de fuerza se manejaba con los porcentajes de 1RM, pero en sujetos jóvenes tiene muchos inconvenientes. Por ese motivo, se empezó a usar el carácter de esfuerzo que es un sistema que permite precisar el objetivo de ajustar el esfuerzo, expresado por la relación entre repeticiones realizadas y repeticiones realizables (que se pueden realizar con un peso concreto) en una serie. Con este sistema el joven realiza el entrenamiento previsto, porque diariamente selecciona la resistencia a través de la cual, se ajusta en mayor medida el esfuerzo programado, incluso en el momento.

La iniciación al trabajo de fuerza en el desarrollo de los niños es algo que se ha estudiado mucho en los últimos años. Parece que el momento más aconsejable para iniciar un entrenamiento de calidad es cuando alcanzan la fase sensible para el desarrollo de la fuerza e incluso un poco antes. En jóvenes nórdicos se estudió que los hombres aumentaron proporcionalmente la fuerza entre los 12 y los 17 años y la mujeres entre los 10 y los 13⁹².

Hoy en día se asume que el trabajo de fuerza en jóvenes deportistas no produce riesgo, o en todo caso, de manera similar a cualquier otro entrenamiento, aparte de que previene lesiones y se ha comprobado que mejora el sistema motor y neuromuscular. Sin embargo, es importante que se sigan las siguientes normas básicas:

- Adaptar cargas individuales.
- Entrenar grandes cadenas musculares con flexores y extensores, en toda la amplitud de movimiento.
- Evitar entrenar más de tres días por semana y evitar que sean seguidos.
- Progresar de manera suave el aumento de cargas.
- Evitar esfuerzos de carácter máximo, los test de 1RM y el trabajo de excéntricos con cargas altas.
- Dar preferencia a los pesos libres y dar variedad a las sesiones.
- Enseñar la técnica adecuadamente.

En el entrenamiento de fuerza en menores se debe tener en cuenta, la edad de los deportistas, el tiempo destinado a entrenar, la asimilación individual a la progresión de cargas, que debería de ser permanente, variada y no excesiva⁹³.

Una vez alcanzada la adolescencia, los deportistas precisan entrenar la potencia muscular, pueden trabajar altas cargas (>80% RM), que ejecutan a bajas velocidades o trabajar de manera explosiva, con cargas medias (<60-80% RM) a altas velocidades. El primero se ha comprobado que es más beneficioso para entrenar aquellas acciones en las que se requiera mucha fuerza (chut en waterpolo) y es eficaz para la mejora en deportes con acciones explosivas como la carrera de velocidad, salto, etc.

En las modalidades de natación y waterpolo se ha comprobado que se producen desbalances en la fuerza de los músculos de los miembros superiores, entre otros, los pertenecientes al manguito de rotadores y que ello contribuye a la aparición de lesiones por sobrecarga en estos deportes⁹⁴.

Los entrenadores de nuestra población acoplan a las sesiones específicas diarias de natación y waterpolo, días de gimnasio, dónde introducen ejercicios de tonificación, que van variando a lo largo de la temporada, para evitar lesiones y mejorar el rendimiento⁹⁵⁻⁹⁷ (anexo 8).

1.9 CARACTERÍSTICAS DEL DESARROLLO MADURATIVO Y SU RELACIÓN CON EL INCREMENTO DE FUERZA

La pubertad es una época de cambios físicos y psíquicos que condicionan el paso de la niñez a la madurez. A pesar de ser un periodo continuo, se suele dividir en tres fases: adolescencia temprana (11-13 años), media (14-17 años) y tardía (17-21 años). Es un momento muy activo de cambios endocrinológicos que activan el desarrollo físico-funcional e indirectamente participa en los cambios psicológicos y sociales⁹⁸.

El desarrollo natural entre las personas sanas en el planeta es heterogéneo y existe un rango amplio de inicio de la pubertad, condicionado a los patrones sexuales, familiares y étnicos. La escala ideada por el británico Tanner en 1962⁹⁹ es aceptada a nivel internacional y divide las transformaciones puberales en cinco etapas sucesivas que van de niño a adulto. En ellas define características sexuales externas primarias y secundarias, como es el tamaño de las mamas, genitales, volumen testicular y el desarrollo del vello púbico y axilar^{100, 101} (anexo 1 y 2). Esta escala se utilizó en este trabajo para conocer el grado madurativo de nuestra muestra.

El desarrollo femenino según la escala de Tanner para mamas es el siguiente:

- Tanner I o prepuberal: Alrededor de los 10 años de edad, no existe tejido glandular y la areola sigue los contornos de la piel del tórax.

- Tanner II: Entre los 10 y 11 años y medio, el botón mamario aparece con una pequeña zona de tejido circundante glandular y la areola comienza a ensancharse.
- Tanner III: Entre los 11 años y medio y los 13 años, la mama comienza a elevarse extendiéndose más allá de los límites de la areola que continúa aumentando, pero permanece dentro del contorno mamario.
- Tanner IV: En el rango de edad entre los 13 y 15 años, los senos se elevan y aumentan de tamaño, la areola y el pezón empiezan a formar un montículo secundario que sobresale del reborde de la mama.
- Tanner V: A partir de los 15 años de edad, la mama alcanza su tamaño final, la areola vuelve al nivel de la superficie mamaria pero el pezón mantiene su prominencia.

El desarrollo masculino según la escala de Tanner para genitales es el siguiente:

- Tanner I o prepuberal: Alrededor de los 9 años, el volumen de los testículos es menor de 1,5 ml, el pene es pequeño (menos a 3cm).
- Tanner II: Entre los 9 y 11 años, el volumen testicular aumenta entre 1,6 y 6 ml, la piel del escroto se adelgaza, se agranda y se enrojece y el tamaño del pene se mantiene.
- Tanner III: Entre los 11 y 12 años y medio de edad, el volumen testicular se encuentra entre 6 y 12 ml, el escroto crece y el pene se alarga hasta unos 6cm..
- Tanner IV: A partir de los 12 años y medio y hasta los 14 años de edad, el volumen testicular está entre 12 y 20 ml, el escroto se agranda más y se oscurece, el pene crece hasta los 10cm, diferenciándose del glande.
- Tanner V: Alrededor de los 14 años y de ahí en adelante, el volumen de los testículos supera los 20ml, el escroto y el pene es de adulto y suele tener una longitud de 15 cm.

El desarrollo masculino y femenino según la escala de Tanner para el vello púbico es el siguiente:

- Tanner I o prepuberal: Los niños tienen 10 años o menos, no presentan vello púbico.
- Tanner II: Entre 10 y 11 años y medio, aparece una cantidad pequeña de vello largo aterciopelado con ligera pigmentación en la base del pene y del escroto o en los labios mayores.
- Tanner III: Entre la edad 11 años y medio y 13, el vello se vuelve más grueso y rizado y comienza a extenderse lateralmente.
- Tanner IV: Entre de 13 y 15 años, las características del vello son similares a las del adulto, pero se expande por todo el pubis sin alcanzar los muslos.
- Tanner V: A partir de los 15 años, el vello púbico se extiende por la superficie medial de los muslos.

Según Tanner y Marshall el desarrollo del vello y el pecho en las niñas es casi simultáneo en sus estudios y es el primer signo de la pubertad morfológica y aparece en el 95% de los casos entre los 8 años y medio y los 13 años. El pecho madura entre los 11, 8 y los 18,9 años. Desde el inicio de la formación de los senos hasta la menarquia suelen pasar de media 2, 4 años y el pico de crecimiento en altura suele estar entre los 12 y 13 años. Como es sabido y corroborado en sus estudios es un proceso muy individual, de hecho la maduración completa puede durar entre un año y medio y seis años¹⁰¹.

También según Tanner y Marshall el desarrollo genital de los varones suele estar en el 95% de los casos entre 9,5 años y 13,5 años y suele terminar a los 3 años del inicio y se activa antes que la salida de vello. El pico de crecimiento de la talla en un alto porcentajes suele darse alrededor de los 14 años, un 5% de los niños dan el "estirón" antes del estadio IV y el 20 % ya de adulto, en cualquier caso la media suele ser 2 años más tarde que las mujeres¹⁰⁰.

Lógicamente durante la adolescencia se produce el desarrollo madurativo del aparato locomotor y es, en ese momento, cuando hay que tener mayor control y precaución a la hora de realizar actividad física excesiva y sin control^{102, 103}.

Durante años se ha intentado evitar el trabajo de fuerza específico en prepúberes y púberes por si pudiese alterar la normalidad en el desarrollo, pero desde hace décadas se evidencia lo contrario y parece que la ejecución adecuada de trabajos de fuerza en adolescentes es beneficiosa¹⁰⁴. Hay en la literatura estudios que incluso han relacionado las fases evolutivas de Tanner con test neuromusculares, mostrando que no existen diferencias significativas entre las variables somatotipo y fuerza ni entre la madurez y somatotipo, aunque sí existen diferencias entre la fuerza y la madurez^{105, 106}, específicamente en nadadores jóvenes donde se ha encontrado relación entre el aumento de fuerza y la composición corporal y ambas en relación con el género^{97, 107-109}.

Para evitar posibles controversias, un grupo de expertos del Comité Olímpico Internacional ha realizado una guía con recomendaciones para garantizar la mayor seguridad a nuestros deportistas jóvenes y formar a los entrenadores para que trabajen con responsabilidad¹¹⁰, adaptando las cargas a la edad del deportista¹¹¹ y estudiando la madurez biológica de los deportistas de manera individual^{112, 113}.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

El objetivo principal es relacionar los cambios ecográficos, termográficos y de fuerza que se producen en los principales grupos musculares del complejo articular del hombro en una población de tecnificados de natación y waterpolo de edades comprendidas entre los 14 y 17 años.

Objetivos secundarios:

- Describir los cambios producidos en las imágenes ecográficas de los grupos musculares estudiados a lo largo de la temporada deportiva.
- Describir los cambios en las imágenes de termografía obtenidas a lo largo de la temporada deportiva.
- Describir los datos de fuerza de rotadores de hombro en la población de deportistas tecnificados incluidos en el estudio a lo largo de la temporada deportiva.
- Relacionar cambios de fuerza con la evolución madurativa en adolescentes durante 9 meses que se corresponden a una temporada entera de entrenamiento.
- Estudiar las diferencias entre las modalidades de waterpolo y natación en relación a la extremidad dominante con respecto a la no dominante.

MATERIAL Y MÉTODO

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación ha consistido en realizar pruebas antropométricas, de imagen y fuerza a deportistas adolescentes que pertenecen al Centro de Tecnificación de Natación de Madrid, de las modalidades de waterpolo y de natación a lo largo de la temporada 2015-2016¹⁴.

Se han estudiado los posibles cambios en relación a la progresión del trabajo de fuerza de miembros superiores a lo largo de una temporada, para ello se dividió el periodo de septiembre a junio en tres trimestres y se realizó una medida en cada uno de estos periodos establecidos. Teniendo en cuenta que la población estudiada estaba compuesta por deportistas adolescentes, se solicitó la cumplimentación de un cuestionario sobre estado de madurez sexual basado en las escalas de Tanner^{100, 101}. Posteriormente se efectuó una captura de imagen de la irradiación infrarroja de miembros superiores que desprende el deportista, una serie de mediciones ultrasonográficas algunas estructuras musculares y tendinosas englobadas en el complejo articular del hombro y una valoración de la fuerza de ambos hombros mediante estudio isocinético por dinamometría.

Las pruebas se realizaron en el Centro de Medicina del Deporte de la Comunidad de Madrid situado en el mismo edificio que la instalación acuático-deportiva de la Comunidad de Madrid llamada "Mundial 86", donde habitualmente entrenaban los deportistas tecnificados en deportes acuáticos en Madrid³ entre septiembre del 2015 y julio del 2016. Desde el inicio del estudio, se desarrollaron las pruebas, de manera continuada durante toda la temporada, siguiendo un orden establecido de manera que el periodo inter-prueba fuera similar en todos los sujetos.

3.2 POBLACIÓN DEL ESTUDIO

Deportistas incluidos en el Centro de Tecnificación Deportiva de la Federación Madrileña de Natación en la temporada 2015-2016¹¹⁵ de las modalidades de waterpolo y natación que cumplieron los criterios de inclusión del trabajo:

3.2.1 Criterios de inclusión:

- Pertenecer al grupo de tecnificados de la Federación Madrileña de Natación en las especialidades deportivas de natación y waterpolo, tanto de sexo femenino como de masculino.
- Haber nacido entre los años 1998 y 2001.
- Realizar entrenamiento de fuerza con la planificación pautada para grupos de su especialidad.
- No presentar ninguna lesión que les impida realizar el bloque de trabajo pautado por su entrenador.
- No presentar dolor ni limitación funcional en miembros superiores durante el desarrollo de la prueba de fuerza.

3.2.2 Criterios de exclusión:

- Haber nacido antes de 1998 o después del 2001.
- Pertenecer a un grupo de tecnificación de la Federación Madrileña de Natación diferente a las especialidades de natación y waterpolo, como son la natación sincronizada, saltos y triatlón.
- Presentar a lo largo del periodo de estudio alguna lesión músculo-esquelética aguda o en fase de recuperación que impidiera el normal desarrollo del entrenamiento, tanto de fuerza como global.
- No cumplir las normas de protocolo de termografía.
- Padecer enfermedad limitante para el desarrollo de las pruebas o entrenamientos.

Participaron en el estudio 72 deportistas técnicos, de los cuales 35 eran nadadores (16 mujeres y 19 hombres) y 37 jugadores de waterpolo (15 mujeres y 22 hombres).

3.3 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL DEL ESTUDIO

Para la toma de datos se utilizó una sala del centro médico del deporte de la Comunidad de Madrid con todo el mobiliario y material de oficina necesario. Esto incluyó ordenador con paquete informático Office® 2010, mesas de trabajo, sillas, biombo y taburetes.

3.3.1 Material destinado a la obtención de datos antropométricos y termográficos

- Un tallímetro y báscula (Seca®) (figura 7A)
- Un roll up de 2m x 2m con tela negra mate.
- Una alfombrilla de fitness para el suelo de 51cm x 123cm
- Un trípode (ManfrottoBefrez, MKBfra4-BH®) (figura 7B)
- Una estación meteorológica portátil (Extech SD500®) (figura 7B)

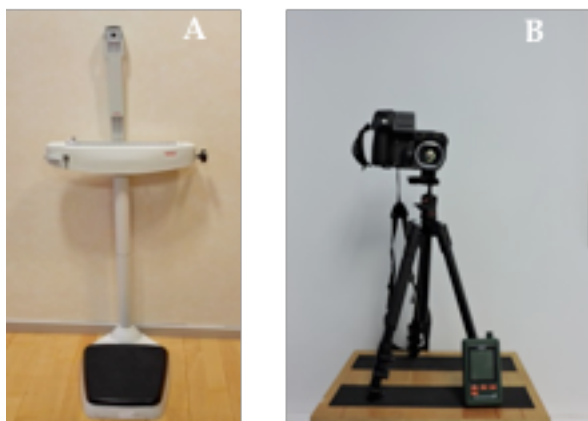


Figura 7. A: báscula Seca®; B: trípode (ManfrottoBefrez, MKBfra4-BH®) y estación meteorológica portátil (Extech SD500®)

- Una cámara de infrarrojos (modelo T620/ Serial 55905781 (FLIR®Systems, Sweden) (figura 8), cuyas características son:
 - ✓ Dimensiones y peso: 143 x 195 x 95 mm / 1300g
 - ✓ Sensibilidad térmica entre <math><0,005^{\circ}\text{C}</math> a - ✓ Cámara visual de 5 MP. Alta resolución
 - ✓ Lámparas de LED que permiten el uso de la cámara visual con poca iluminación.
 - ✓ Frecuencia de imagen a 30Hz
 - ✓ Rango de temperatura entre - ✓ Zoom de hasta 4X con enfoque manual y automático
 - ✓ Óptica articulable con bloque rotador de hasta - ✓ Controles de selección de modo, paletas de color, unidades de medida, lenguaje, isothermas, corrección de medidas de temperatura reflejada y emisividad.
 - ✓ Resolución con imágenes térmicas nítidas con 307,200 pixeles (640x480) para detectar imágenes y medida de temperatura a larga distancia.
 - ✓ Galería de imágenes de rápida visualización.
 - ✓ Marcador láser en pantalla.
 - ✓ Batería recargable de ión de Litio.
 - ✓ Conectividad WIFI
 - ✓ Software específico Flir (<http://support.flir.com/reporter>)



Figura 8. Cámara de infrarrojos (modelo T620/ Serial 55905781 (FLIR®Systems, Sweden)

3.3.2 Material destinado a la obtención de datos ecográficos

- Gel Acquasonic 100 de US (Parker®)
- Lápices demográficos.
- Una cinta métrica (Holta in LTD HarpendenAnthropometric Tape).
- Un ecógrafo portátil (Sonosite M Turbo®) (figura 9): y un transductor cuyas especificaciones técnicas son
 - ✓ Tamaño del sistema: Longitud 29,97 cm X Anchura 27,43 X Altura 7, 87
Peso 3,9 Kg con batería incluida. Tamaño de la pantalla: Longitud 21,34 X
Altura 16cm X Diagonal 26,4 cm.
 - ✓ Modos de imagen: 2D (256 tonalidades de gris), Doppler de potencia en
color (DPC) (256 colores), Doppler color (256 colores), modo M, Doppler
pulsado (DP), Doppler continua (CW), Imagen Doppler tisular (DTI),
Imagen armónica tisular (THI).
 - ✓ Almacenamiento interno de imágenes y clips.
 - ✓ Transductor HFL38x/ 13-6 MHz (1,7m).



Figura 9. Ecógrafo portátil Sonosite M Turbo®

Material para la valoración isocinética

- Una bicicleta estática Ergomedic AB 818E. Monark[®](figura 10).



Figura 10. Bicicleta estática Ergomedic AB 818E. Monark[®]

- ✓ Tipo: bicicleta vertical
 - ✓ Modelo: AB 818E. MPN:818E
 - ✓ Dispositivo electrónico digital para mostrar velocidad de pedaleo, potencia, etc.
- Un dinamómetro isocinético de BiodexSystem 3 PRO (Biodex Medica[®], Inc., Shirley, NY) (figura 11), con un adaptador especial para el hombro.

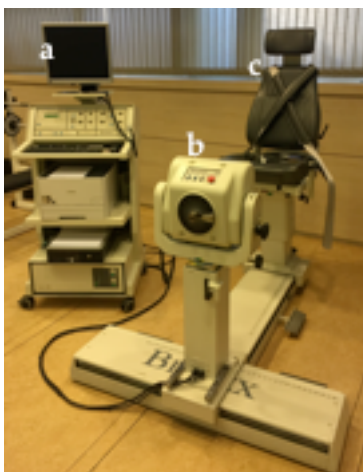


Figura 11. Dinamómetro BiodexSystem 3 PRO. (a:panel de control del aparato; b: cabezal del dinamómetro; c: sillón con sistema de correas)

- ✓ Sillón regulable en diferentes posiciones y angulaciones con soporte cervical, con el fin de colocar al sujeto en una postura óptima para la realización del ejercicio de fuerza.
- ✓ Sistema de correas almohadilladas de estabilización de hombros y pelvis, que fijan al sujeto de manera que se evitan compensaciones sinérgicas de grupos musculares que no se corresponden con las articulaciones estudiadas.
- ✓ Adaptador rígido para rotaciones de hombro (Shoulder/elbowAttachment) acoplable al dinamómetro, con sujeción para mantenimiento de flexión de codo y apoyo para el antebrazo y una empuñadura regulable en longitud para agarre con la mano.
- ✓ Manejo informático del dinamómetro: Ordenador HP con procesador Windows XP Professional (Microsoft®) y Software específico BiodexSystems · (Sistemas Médicos Biodex;Rev3.40 07/18/2006)

Finalmente, para el tratamiento de las imágenes se ha usado el software Flirreporter para cámaras termográficas de Flir T6xx series.

Y tras la recogida de datos, se ha utilizado el paquete estadístico IBM(R) SPSS(R) Statistics Versión 22 para su análisis.

3.4 ORGANIZACIÓN. ESQUEMA DE TRABAJO

Una vez aceptada la ejecución del estudio de investigación por parte del Comité Ético de la Universidad Católica de San Antonio de Murcia (anexo 3), se recogieron los dos consentimientos informados entregados a los padres/tutores de los adolescentes que formaron parte de la evaluación médica (anexos 4 y 5).

En los consentimientos informados se explicaba a los tutores de los menores en qué consisten las pruebas médicas y la participación en el estudio de investigación.

Una vez aceptada la participación de los deportistas y la colaboración de los entrenadores de natación y waterpolo del CTN, se inició el trabajo de investigación con la siguiente secuencia de trabajo (figura 12).

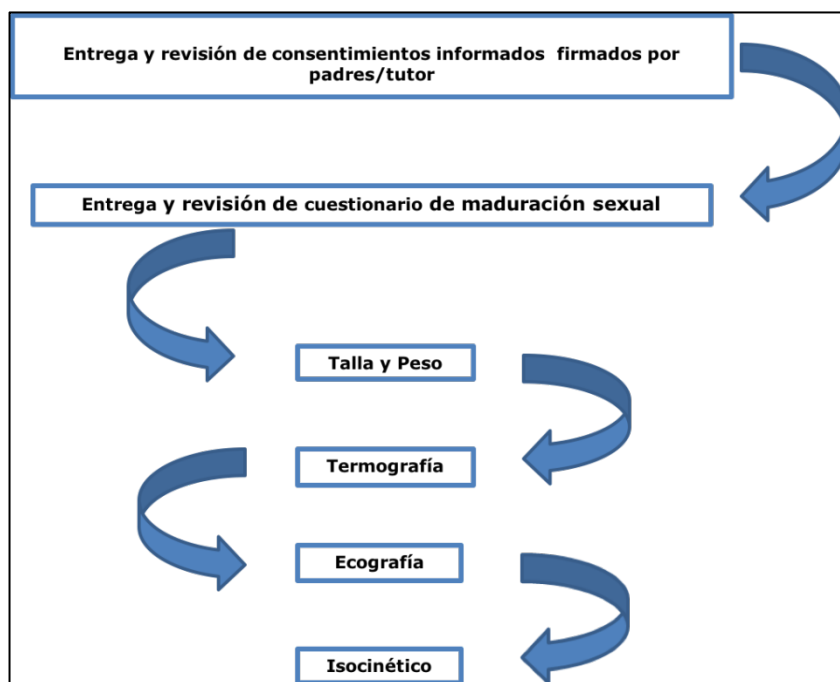


Figura 12. Esquema de la metodología de trabajo

3.5 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y TOMA DE MUESTRAS

La jornada de los deportistas tecnificados es la siguiente: de 7:45h a 10:30h efectúan el primer entrenamiento del día, posteriormente acuden al Instituto de Educación Secundaria Ortega y Gasset, sito en las mismas instalaciones e inaugurado en septiembre del 2014, para continuar con su formación académica reglada, finalizando a las 16:00h aproximadamente, tras lo cual, acudían a la sala médica, en grupos de 4 individuos según género, para el registro de los datos del estudio.

El individuo debía presentarse al estudio con bañador o pantalón corto en el caso de los niños y con bikini, en el caso de las niñas. Durante el periodo de aclimatación de los sujetos, necesario para la obtención de imágenes infrarrojas (10 – 14 minutos), se midió el peso y talla y se les interrogó sobre si cumplían los requisitos mínimos necesarios para proceder a la captación termográfica (anexo 6)^{56, 115, 116}, con el fin de evitar falsos positivos que pudieran acaecer por una mala técnica de preparación. Todos los deportistas habían haber terminado su última sesión de entrenamiento, como mínimo 4 horas antes, para evitar la influencia de la vascularización cutánea postejercicio, no presentar fiebre ni febrícula, no haber usado hielo o cremas de calor en tronco y/o en extremidades superiores, no haber acudido al fisioterapeuta¹¹⁶, no haber tomado excitantes ni fármacos^{53, 117, 118} durante esa jornada. Variables, que parecen, influyen en el flujo sanguíneo periférico y por tanto en la emisividad del individuo⁷⁰.

El deportista aportó el cuestionario cumplimentado, indicando autopercepción de su desarrollo madurativo en el momento de la prueba (anexos 1 y 2).

3.5.1 Metodología de medición de termografía

Previo al registro de datos se ajustó la cámara con los rangos de temperatura más adecuados para la toma de imágenes de seres humanos (26,5-37°C). Además se apuntó en la ficha de cada deportista la temperatura y la humedad ambiental de la sala de trabajo en ese momento.

Para la captación de la imagen termográfica se situó al deportista a 2 metros de la cámara FLIR T620, sobre una alfombrilla y delante de una pantalla (tipo Roll up) negra mate. Tras recogerse el pelo, en el caso de tenerlo largo, mantuvo una postura de bipedestación con los brazos entre 45-60° de abducción, los antebrazos en supinación y cuatro últimos dedos flexionados. Primero se realizó una captura de la visión anterior del tronco y miembros superiores del sujeto y posteriormente, tras un giro sobre sí mismo de 180° y mirando hacia el panel negro, se captó la imagen de la visión posterior del tronco y miembros superiores (figuras 13 y 14).



Figura 13. Posición del sujeto para una captura de imagen infrarroja. Visión anterior.



Figura 14. Posición del sujeto para una captura de imagen infrarroja. Visión posterior.

3.5.2 Metodología del análisis termográfico

La captación de imágenes e irradiación infrarroja de la parte anterior y posterior del miembro superior y tronco, generan una imagen (figura 15), que se guardó en la tarjeta de memoria de la cámara. Una vez archivadas las imágenes, se trataron con un sistema software ThermaCamReporterFlir (<http://support.flir.com/reporter>) que extrae de manera automática los valores máximos, medios, mínimos y desviaciones típicas de las temperaturas de la piel registradas por la cámara en cada una de las regiones de interés, en este caso, del hombro y pectoral.

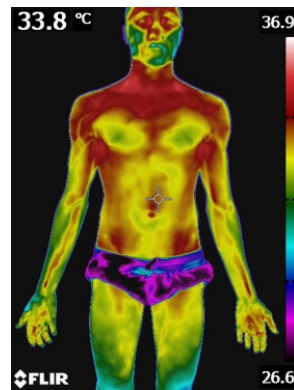


Figura 15. Imagen de radiación infrarroja captada por termografía en uno de los deportistas. Visión anterior de tronco y miembros superiores. En el margen superior izquierdo aparece la temperatura media de la imagen capturada. En el borde derecho de la imagen aparece el rango de temperatura de la imagen.

En el estudio, en cada una de las imágenes adquiridas, se marcaron manualmente las regiones a valorar.

En el tronco anterior, se marcó con un rectángulo la región de origen del pectoral a nivel esternal en línea media perpendicular al centro del esternón, con unas proporciones aproximadas de 2 – 4 cm de ancho y 5 y 7 de alto dependiendo de las características del individuo, ambos lados del borde esternal (áreas A1anterior-derecha y A2anterior-izquierda).

En los hombros, se señalaron las áreas de la zona anterior de dicha articulación, marcándolas con un polígono irregular que se adaptó al contorno del muñón (áreas A3anterior-derecha y A4anterior-izquierda) y recorriendo la cara anterior del músculo deltoides e inserción lateral del pectoral en la profundidad y región acromio-clavicular (figura 16).

En el tronco posterior, se señaló con un rectángulo, la región medial del hombro, la unión de la articulación glenohumeral con el tronco (áreas A1posterior-derecha y A2posterior-izquierda) en relación a las fibras superiores del trapecio y la musculatura lateral del infraespinoso y las áreas posterior-lateral de la articulación del hombro con un polígono irregular (áreas A3posterior-derecha y A4posterior-izquierda) en relación al cuerpo muscular del supraespinoso y el músculo deltoides (figura 17).

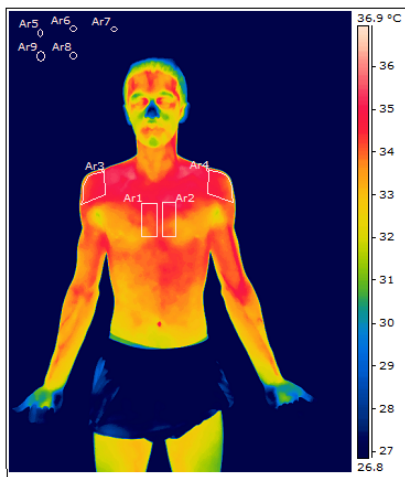


Figura 16. Imagen IR de la región anterior del tronco

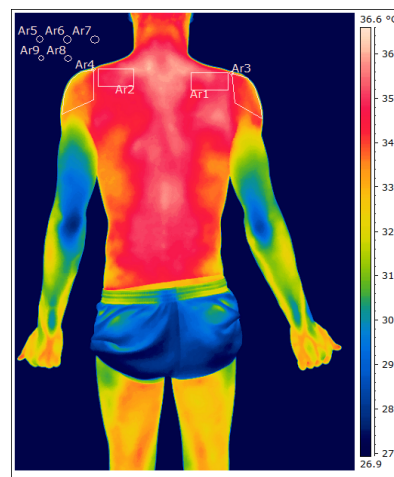


Figura 17. Imagen IR de la región posterior del tronco

El software identificó cada área seleccionada y marcada con un rectángulo o con un polígono irregular, identificando su temperatura, y posteriormente mostrando tras un análisis, la temperatura máxima, la mínima y la media (tabla 2). En el anexo 7 se pueden ver todos los datos térmicos registrados.

De los datos obtenidos, se ha utilizado la temperatura media para comparar dichas regiones con su anatomía ecográfica y con su fuerza objetiva, mediante un tratamiento estadístico en SPSS.

Tabla 2. Ejemplo de datos obtenidos con Software FlirReporter

Date	18/09/2015
Imagen Hora	16:26:21
Filename	FLIR1057.jpg
Imagen Temperatura mínima	23.8 °C
Imagen Temperatura máxima	36.0 °C
Emisividad	0.98
Humedad relativa	50.0 %
Temperatura atmosférica	20.0 °C
Temperatura aparente reflejada	20.0 °C
Ar1 Área Temperatura máxima	34.6 °C
Ar2 Área Temperatura máxima	34.9 °C
Ar3 Área Temperatura máxima	34.8 °C
Ar4 Área Temperatura máxima	34.7 °C
Ar5 Área Temperatura máxima	24.7 °C
Ar6 Área Temperatura máxima	24.3 °C
Ar7 Área Temperatura máxima	24.3 °C
Ar8 Área Temperatura máxima	24.4 °C
Ar9 Área Temperatura máxima	24.6 °C
Ar1 Área Temperatura mínima	33.5 °C
Ar2 Área Temperatura mínima	33.3 °C
Ar3 Área Temperatura mínima	33.4 °C
Ar4 Área Temperatura mínima	32.4 °C
Ar5 Área Temperatura mínima	24.4 °C
Ar6 Área Temperatura mínima	24.1 °C
Ar7 Área Temperatura mínima	24.2 °C
Ar8 Área Temperatura mínima	24.2 °C
Ar9 Área Temperatura mínima	24.4 °C
Ar1 Área Temperatura media	34.1 °C
Ar2 Área Temperatura media	34.1 °C
Ar3 Área Temperatura media	34.2 °C
Ar4 Área Temperatura media	34.2 °C
Ar5 Área Temperatura media	24.5 °C
Ar6 Área Temperatura media	24.2 °C
Ar7 Área Temperatura media	24.3 °C
Ar8 Área Temperatura media	24.3 °C
Ar9 Área Temperatura media	24.5 °C

Posteriormente se realizó la valoración isocinética de hombros o la ecografía, dependiendo del orden y de la organización.

3.5.3 Metodología de medición de ecografía

Para realizar las mensuraciones ultrasonográficas se solicitó a los pacientes que permanecieran en sedestación en un taburete giratorio, sin respaldo y regulable en altura, situado frente al operador a una distancia y posición óptimas para las mediciones. En el caso de los hombres se solicitó que estuvieran con el torso descubierto y las mujeres portaban una prenda que cubriese las mamas. Con una cinta métrica y lápiz dermógrafo fueron realizadas las demarcaciones previas para el adecuado posicionamiento del transductor ecográfico en las distintas estructuras estudiadas, interponiendo, en todas las ocasiones, el gel Acquasonic entre la piel del deportista y la sonda del ultrasonido para una correcta adquisición de las imágenes.

La secuencia de exploración ecográfica^{25, 30} seguida fue siempre la misma en cada uno de los sujetos pertenecientes al estudio. Con el paciente frente al operador se examinaron las siguientes estructuras: músculo pectoral mayor en su inserción esternal, primero el derecho y posteriormente el izquierdo, tendón del músculo supraespinoso derecho, distancia acromion – tuberosidad mayor (DAT) derecha, distancia acromio – humeral (DAH) derecha, tendón del músculo supraespinoso izquierdo, distancia acromion – tuberosidad mayor (DAT) izquierda, distancia acromio – humeral (DAH) izquierda. Con un giro de 180° y el paciente de espaldas al operador se tomaron las medidas del vientre muscular del supraespinoso derecho, vientre muscular del infraespinoso derecho, vientre muscular del supraespinoso izquierdo y, para finalizar, vientre muscular del infraespinoso izquierdo. Cada una de las estructuras fue medida en tres ocasiones consecutivas.

Medición del pectoral mayor^{44, 119}: El tecnificado se colocó mirando al operador, con los brazos paralelos al tronco. Primero se empezó, midiendo con una cinta métrica la longitud del esternón, desde la escotadura esternal superior hasta el apéndice xifoides y se marcó con un lápiz demográfico, el punto medio, trazándose

una línea indicativa a ambos lados de los bordes del esternón hacia derecha e izquierda. En esta localización, donde se inserta el pectoral a nivel condroesternal, se situó el transductor perpendicular al cuerpo óseo del esternón y paralelo al cuarto arco costal. Se congeló la imagen, a una distancia de un centímetro, tomando como punto de referencia el borde óseo esternal, se realizó la medición transversal y en profundidad del músculo. La imagen ofrecida (figura 18) muestra desde la parte superior la capa de tejido subcutáneo (a), el músculo pectoral con sus fibras longitudinales (b), borde lateral del esternón (c) y la costilla (d).



Figura 18. Imagen de la medida del pectoral mayor derecho en nivel esternal (obtenida del banco de imágenes del Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid; a: tejido subcutáneo; b: fibra longitudinal del músculo pectoral mayor; c: borde óseo esternal; d: cuarto arco costal)

En primer lugar se testó el músculo derecho y posteriormente el izquierdo.

Medición del tendón supraespinoso^{19, 25, 27} derecho: La segunda medición es del tendón del músculo supraespinoso derecho en corte transversal. Para ello el deportista colocó su brazo en rotación interna y adducción con el codo flexionado y el dorso de la mano tocando la región lumbar a la altura de la cintura. Se midió transversalmente en el punto medio de la aparente “rueda neumático” hasta el periostio. Se obvió el cartílago, siendo conscientes que estamos ante adolescentes y existe gran variabilidad entre ellos.



Figura 19. Imagen de la adquisición de medida del tendón del músculo supraespinoso derecho. Transductor en el eje corto del tendón.

Medición de la distancia acromio humeral (DAH)^{35, 47} y acromion – tuberosidad mayor humeral (DAT)^{35, 37} derechas: Se han tomado las medidas sugeridas por Cholewisky⁴⁰ para ver el espacio subacromial.

La DAH se define como la distancia más corta entre el acromio y el punto más elevado del húmero, midiéndose así el espacio subacromial por dónde transcurre el tendón supraespinoso. Para ello, se posó la sonda longitudinal en el punto del acromion en el muñón del hombro derecho con el brazo del sujeto pegado al cuerpo y en rotación interna y pronación de muñeca.

La DAT (figura 20) la medimos en la misma imagen congelada con la misma posición de la sonda y el paciente (figura 21), y se marca el espacio entre el borde superior de la tuberosidad mayor del húmero y el acromion.



Figura 20. Imagen ecográfica de la distancia acromion – tuberosidad mayor del húmero (DAT)



Figura 21. Imagen de la adquisición de la medida DAT

Medición del tendón supraespinoso²⁷ izquierdo: De igual manera, en el miembro superior izquierdo, se midió el tendón en el plano transversal del músculo supraespinoso. Para ello, el deportista colocó su brazo en rotación interna y adducción con el codo flexionado y el dorso de la mano tocando la región lumbar a la altura de la cintura. Se midió transversalmente en el punto medio hasta el hueso.

Medición de la distancia acromio humeral y acromio tuberosidad mayor humeral izquierdas: Se colocó la sonda longitudinal en el punto anatómico del

acromion del hombro izquierdo, con el brazo del sujeto pegado al cuerpo y en rotación interna y pronación de muñeca y tras bloquear la imagen se midió el espacio entre la línea acromial y el periostio del húmero (DAH). La DAT la medimos en la misma imagen congelada, con la misma posición de la sonda y el paciente, marcando el espacio entre el borde superior de la tuberosidad mayor del húmero y el acromion.

Medición del músculo supraespinoso derecho: Se posicionó la cinta métrica para marcar los puntos dónde se situó el transductor.

La primera medición se hizo desde el borde interno de la espina de la escápula, en el resalte óseo, hasta el borde lateral del acromion, siguiendo la línea de la espina y por encima de ésta. Se señalaron con el dermógrafo dos puntos, el primero en el punto medio de la línea espinal y el segundo a 2 cm lateral, trazando una línea perpendicular, que indicará la posición de colocación del transductor²⁷.

A continuación, la mano derecha se situó en la región lumbar para el estudio del músculo supraespinoso derecho, buscando la sección transversa de mayor diámetro. Una vez observada la imagen redondeada del músculo en transversal, delimitado por las fibras de la aponeurosis del trapecio en superior y por la fosita del nervio supraespinoso y profundo al tendón central, se congeló la imagen y se tomaron las dos medidas, la transversal (ya explicada) y la longitudinal (de fascia a fascia)(figura 22 y 23).

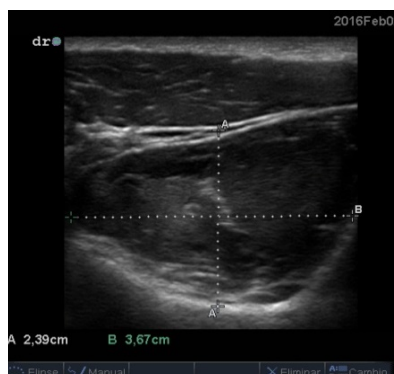


Figura 22. Imagen ecográfica del músculo supraespinoso con el transductor transversal a las fibras musculares



Figura 23. Imagen de la demarcación dermográfica para la colocación de la sonda para el músculo supraespinoso

Músculo infraespinoso⁴¹ derecho: Primero el deportista apoyó su mano derecha sobre el hombro izquierdo, para la mejor localización de este rotador. Posteriormente la sonda se colocó en la zona superomedial de la espina de la escápula buscando las fibras musculares paralelas (figura 24 y 25).

Se congeló la imagen y se marcó lateralmente un punto a 2 cm y desde ahí, se trazó una línea perpendicular, anotando así la distancia hasta la línea hiperecogénica. Esta medida es el grosor de las fibras del infraespinoso derecho.

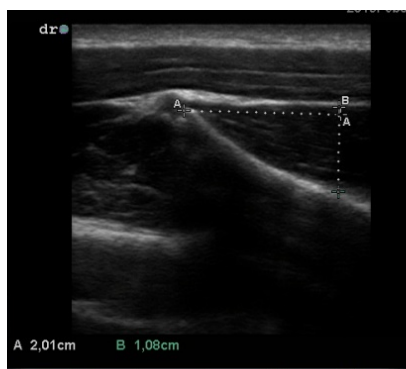


Figura 24. Imagen ecográfica del músculo infraespinoso, con el transductor longitudinal, paralelo a las fibras



Figura 25. Imagen de la demarcación dermográfica para la colocación de la sonda para el músculo infraespinoso

Medición del músculo supraespinoso izquierdo: De la misma manera, se usó la cinta métrica para marcar los puntos y colocar el transductor. Se tomaron las medidas en el lado contralateral del deportista que seguía dando la espalda al evaluador. En este caso, la mano izquierda se situó en la región lumbar.

Músculo infraespinoso izquierdo: Con la mano izquierda sobre el hombro derecho para la mejor localización de este rotador, se anotó el grosor de las fibras del infraespinoso izquierdo.

3.5.4 Metodología de la valoración de fuerza mediante dinamometría isocinética

Una vez finalizado el estudio de medición ultrasonográfica, el realizo un calentamiento cardiovascular de 5-10 minutos en un cicloergómetro, con una cadencia de 60-70 revoluciones por minuto y posteriormente un calentamiento específico con ejercicios de movilidad articular de hombro en todos los ejes, seguido de estiramientos suaves de los músculos rotadores implicados en la valoración isocinética.

Se explicó a los tecnificados los pasos a seguir durante el desarrollo de la prueba y se les indicó que podían detener en cualquier momento el ejercicio si notaban dolor o molestia en los grupos musculares testados.

Para la realización de la valoración isocinética de los grupos musculares que se encargan de la rotación interna y externa del hombro se realizaron los siguientes pasos:

- Colocación de la silla y sujeto: silla a 90°, respaldo a 90°; sujeto sentado y estabilizado mediante correas almohadilladas en tórax y pelvis. Orientación del eje del dinamómetro: en rotación de 30° e inclinación de 50° respecto al plano horizontal.



- Colocación del adaptador de hombro, alineación del miembro superior al eje del dinamómetro: el hombro del paciente se sitúa en flexión de 30° y abducción de 45°, el codo en flexión de 90° y el antebrazo se adapta al accesorio del hombro con un correcto agarre de la mano a la empuñadura, haciendo coincidir el eje del dinamómetro con el longitudinal del brazo (figura 26).

Figura 26. Posición del dinamómetro y del paciente en la valoración isocinética del hombro.

- Establecimiento de rango de movimiento y límites: el rango completo de movimiento se estableció en 90°, con 45° de rotación interna y 45° de rotación externa tomando como referencia la posición anatómica (0°).

Para que el sujeto se familiarice con esta posición para la ejecución de la prueba y con el fin de realizar un calentamiento específico de los músculos rotadores del hombro, se efectuó un protocolo que llamamos “Protocolo calentamiento hombro” con las siguientes características:

- 2 series de rotación interna – rotación externa de hombro en modalidad isocinética concéntrica, la primera de ellas a velocidad de 120°/s con 5 repeticiones y la segunda a velocidad de 90°/s con 5 repeticiones.
- Descanso de 10 segundos entre las series.

Durante este “protocolo calentamiento” se solicitó a los pacientes que realizasen el movimiento completo, llegando correctamente hasta los límites definidos en el rango de movimiento y se les instó a que, partiendo de esfuerzos submáximos, aumentasen progresivamente la fuerza con la que realizaban el movimiento de manera que al final de la segunda serie lo efectuaran con su fuerza máxima.

El protocolo isocinético del hombro utilizado para el estudio fue el siguiente:

- Corrección del efecto de la gravedad mediante el peso del miembro superior.
- El movimiento isocinético, de rotación externa y rotación interna de hombro, se realiza en modalidad concéntrica; velocidad angular de 60°/s con 5 repeticiones.
- Primero se valoró el hombro del miembro superior dominante y en segundo lugar el hombro no dominante.

Durante toda la prueba se animó para que realizase un esfuerzo máximo, llegando a los límites de movimiento establecidos. No hubo retroalimentación visual.

Este protocolo se repitió con todas las pruebas expuestas anteriormente, una vez al trimestre dentro de la temporada de entrenamiento 2015/2016. En cada periodo, los entrenadores de natación y waterpolo de los deportistas estudiados, aportaron la planificación de entrenamiento de fuerza (anexo 8), con el fin de comprobar que realmente se trabajaba esa cualidad dentro del entrenamiento a lo largo del año lectivo.

3.6 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa IBM® SPSS® Statistics Version 22. Las variables cualitativas o categóricas se expresaron mediante recuentos o porcentajes de las distintas categorías. La relación entre estas variables cualitativas se estudió mediante tablas de contingencia que se analizaron por medio de la prueba exacta de Fisher para tablas 2x2, con la prueba de corrección de continuidad de Yates en el caso de que algún valor esperado fuera menor de 5. Para el resto de tablas de contingencia se empleó la prueba de la χ^2 de Pearson.

Las variables cuantitativas se expresaron como la media o la mediana como medidas de tendencia central y la desviación típica o el máximo y el mínimo como medidas de dispersión. La normalidad de estas variables se analizó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnoff.

La relación entre distintas variables cuantitativas en cada una de las medidas se estudió mediante el Coeficiente de Correlación de Pearson (variables con distribución normal) o de Spearman (variables con distribución no normal).

La variación de las variables de termografía, ecografía y fuerza en las tres mediciones se estudió mediante Modelos Lineales Generalizados para Medidas Repetidas. En este modelo, los efectos de cada medida entre sujetos se estimaron

mediante una prueba F. Las comparaciones de medias por parejas se realizaron mediante la prueba de Tukey.

Para estudiar la influencia de los distintos factores en la termografía, ecografía y fuerza se realizó un análisis factorial de cada una de estas tres variables para encontrar los componentes principales de la varianza con el fin de reducir el número de datos para identificar un pequeño número de factores que explique la mayoría de la varianza observada. Con este análisis se intenta identificar variables subyacentes, o factores, que expliquen la configuración de las correlaciones dentro de las variables observadas. Para la identificación de los factores en cada modelo factorial se estudiaron las comunalidad desde cada variable o porcentaje de la varianza de cada una de las mismas explicada por el modelo. Las puntuaciones para cada uno de los factores identificados se calcularon mediante el método de regresión. Una vez identificados los componentes principales de la termografía, ecografía y fuerza, los efectos de los distintos factores (sexo, raza y desarrollo) en cada una de las tres mediciones se estudió mediante Análisis de la Varianza (ANOVA) de más de un factor.

Todas las comparaciones estadísticas fueron bilaterales, considerándose un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

4. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Una vez plasmados los datos en Excel, se han analizado con el programa IBM Statistics Versión 22, obteniendo los siguientes resultados.

Este trabajo de investigación se describe como un estudio longitudinal sin grupo control dónde los individuos son su propio control. Para ello se estudió la misma muestra a lo largo de una temporada deportiva, realizándose mediciones repetidas.

El primer lugar se realizó una estadística de la base de datos y la muestra, empezando por las variables antropométricas y demográficas y las relaciones entre ellas y posteriormente se describieron los datos modificables a lo largo de las tres tomas, por su variabilidad en el tiempo.

4.1 VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y DEMOGRÁFICAS INMODIFICABLES EN EL TIEMPO

4.1.1 Sexo

De los 72 individuos de la muestra, 43,1% fueron mujeres y un 56,9% hombres que no se modificaron a lo largo del trabajo (figura 27).

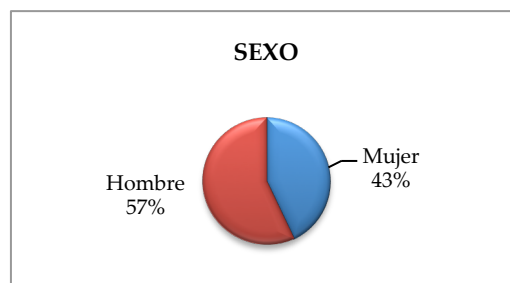


Figura 27. Gráfico por sector. Variable sexo

4.1.2 Raza

Se observaron las características raciales de la muestra, dónde la mayoría del grupo era de raza caucásica, exactamente en un 94,4 % y el resto eran de raza mestiza (figura 28).

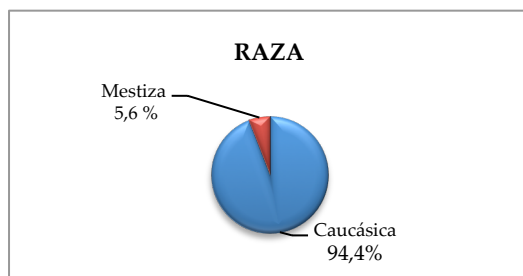


Figura 28. Gráfico por sector. Variable raza

4.1.3 Deporte

Se estudiaron dos modalidades deportivas diferenciadas en los deportistas tecnificados del centro de tecnificación de natación de Madrid, cuya distribución en la muestra fue de 51,4% de jugadores de waterpolo y un 48,6% de nadadores (figura 29).

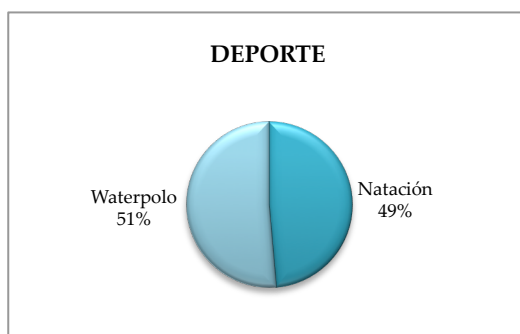


Figura 29. Gráfico por sector. Variable deporte

Se estudió el comportamiento de la variable de deporte con respecto al resto de variables antropométricas, demográficas o de factores relacionados, independientemente de su variabilidad o no a lo largo del tiempo.

4.1.3.1 Deporte vs Sexo

No se observó diferencia significativa en la distribución de la población estudiada con respecto al sexo y la modalidad deportiva (tabla 3), lo que indica que no hay relación entre el sexo y el deporte [$p=0,658$; χ^2 de Pearson].

Tabla 3. Relación entre sexo y modalidad deportiva.

Sexo	Natación n=35	Waterpolo n= 37
Mujeres	16/35 (45,7%)	15/37(40,5%)
Hombres	19/35 (54,3%)	22/37 (59,5%)

4.1.3.2 Deporte vs Raza

La distribución de nuestra muestra con respecto a la raza no difiere entre ambos deportes [$p=0,109$; χ^2] (tabla 4).

Tabla 4. Relación entre raza y modalidad deportiva.

Raza	Natación n=35	Waterpolo n= 37
Caucásica	31/35 (88,6%)	37/37 (100 %)
Mestizo	4/35 (11,4%)	0/37

4.1.3.3 Deporte vs Miembro dominante

En el estudio, la dominancia de miembro superior con respecto al deporte fue no significativa, es decir, no podemos asegurar que tengan relación las dos variables. [$p=0,547$; χ^2 de Pearson] (Tabla 5).

Tabla 5. Relación entre la lateralidad y la modalidad deportiva.

Dominancia-lateralidad	Natación n=35	Waterpolo n= 37
Diestro	32/35(91,4%)	34/37(91,9%)
Zurdo	2/35 (5,7%)	3/37 (8,1%)
Ambidiestro	1/35 (2,9%)	0/35

4.1.4 Años de entrenamiento diario

Esta variable cuantitativa nos informó de los años que llevaban los tecnificados realizando, de manera regular, su actividad deportiva, es decir, con una frecuencia mínima de 5 días a la semana.

La media de años del grupo completo fue de $6,3 \pm 1,5$ años, pero no se distribuyeron de manera homogénea (tabla 6), ya que los niños que practicaban waterpolo empezaron dicha modalidad un año más tarde de media [$p=0,015$; Prueba U de Mann-Whitney].

Tabla 6. Relación entre los años de entrenamiento y la modalidad deportiva.

	Deporte	n	Media	Desviación estándar	P*
Años de entrenamiento diario	Natación	35	6,7	1,3	0,015
	Waterpolo	37	5,8	1,6	

* Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes

4.1.5 Horas de entrenamiento semanales global

En esta variable se engloban las horas de entrenamiento que realizó el grupo de los 72 sujetos tecnificados, incluyendo tanto el trabajo en seco, es decir, el trabajo de tonificación realizado en gimnasio, como el trabajo específico en el agua. Los grupos de las dos modalidades trabajaron la misma cantidad de tiempo medio de entrenamiento a la semana (tabla 7) [$p=0,113$; Prueba U de Mann-Whitney].

Tabla 7. Relación entre las horas de entrenamiento y la modalidad deportiva.

	Deporte	n	Mediana	Mín-Máx	p*
Horas de entrenamiento global a la semana	Natación	35	23,4	(21-27)	0,113
	Waterpolo	37	22	(19-24)	

* Prueba de U de Mann-Whitney para muestras independientes

4.1.6 Horas de entrenamiento específico de fuerza (tonificación) semanal

En esta variable se engloban las horas de entrenamiento exclusivo de fuerza y tonificación en gimnasio, fuera del agua o “en seco”, que es cómo denominan estos deportistas al entrenamiento destinado a aumentar la fuerza muscular. Puesto que, en natación, todos los sujetos entrenaron exactamente 5 horas a la semana, se ha contrastado las horas de entrenamiento específico de fuerza en el grupo de waterpolo, debido a que fue más heterogéneo. A pesar de ello, tras el análisis estadístico, se concluyó que tanto los nadadores como los jugadores de waterpolo entrenan las mismas horas de seco [$p=0,324$; prueba t Student].

De las variables no modificables a lo largo del tiempo, y por tanto, a lo largo de las tres tomas, queda describir la altura de los progenitores, que también fue recogida en el estudio.

4.1.7 Talla de progenitores

La talla media de los padres estaba en $178,7 \pm 7,0$ cm y la media de estatura las madres fue de $165,7 \pm 6,7$ cm.

4.2 VARIABLES MODIFICABLES EN EL TIEMPO

A continuación se exponen los resultados de la estadística descriptiva de las variables que debido al tiempo, fueron distintas en cada momento de la recogida de datos, entre ellas están las variables propias del individuo (variables antropométricas) y los datos relacionados con factores externos e internos que pueden condicionar el registro termográfico.

Variables antropométricas y demográficas:

- Edad
- Talla
- Peso
- Índice de masa corporal (IMC)
- Desarrollo madurativo de caracteres secundarios

Variables relacionadas con factores externos e internos:

- Horas transcurridas desde la última sesión de entrenamiento
- Intensidad subjetiva del entrenamiento de miembros superiores
- Ingesta de café, té o excitantes
- Ingesta de fármacos
- Haber recibido masoterapia previa
- Haber recibido sesión de rayos UVA o haber tomado el sol previamente
- Haber tomado una ducha previa
- Haber usado cremas locales previamente
- Presentar dolor en hombro o miembro superiores
- Temperatura ambiental de la sala de trabajo
- Humedad ambiental de la sala de trabajo

4.2.1 Variables antropométricas y demográficas:

El comportamiento de la edad, la estatura, el peso y el índice de masa corporal a lo largo del estudio se describe en la siguiente tabla (tabla 8)

Tabla 8. Descripción de edad, talla, peso e IMC

	Media \pm DS 1T	Media \pm DS 2T	Media \pm DS 3T
Edad	15,4 \pm 1,2	15,7 \pm 1,2	15,9 \pm 1,2
Talla	172,9 \pm 8,3	173,5 \pm 8,3	174,1 \pm 8,5
Peso	63,0 \pm 9,1	64,1 \pm 9,1	64,8 \pm 9,3
IMC	21,0 \pm 2,0	21,2 \pm 2,0	21,3 \pm 2,0

Se analizó la edad durante el primer trimestre del estudio (tabla 9), concluyendo que el grupo de waterpolo era estadísticamente mayor que grupo de natación [$p=0,001$; prueba t Student]. La diferencia de edad entre los sujetos del estudio de cada modalidad es constante a lo largo del tiempo, con lo que no se vuelve a analizar esta variable a lo largo de las dos tomas siguientes.

Tabla 9. Relación entre la edad y la modalidad deportiva. [$p=0,001$; Prueba t Student]

	Deporte	n	Media	Desviación estándar
Edad (años)	Natación	35	14,8	1,2
	Waterpolo	37	15,9	0,4

La media de estatura a lo largo del curso lectivo no presentó cambios en ninguno de los dos grupos de deporte (tabla10), desde el punto de vista estadístico [$p=0,10$, $p=0,19$ y $p=0,18$ respectivamente; prueba t Student].

Tabla 10. Comportamiento de la talla en ambas modalidades deportivas.

	Deporte	n	Media	Desviación estándar	p*
Talla 1T	Natación	35	171,3	7,9	0,1
	Waterpolo	37	174,5	8,5	
Talla 2T	Natación	35	172,1	8,1	0,19
	Waterpolo	37	174,7	8,5	
Talla 3T	Natación	35	172,8	8,0	0,18
	Waterpolo	37	175,4	8,8	

*Prueba t de Student

El estudio estadístico para la media de peso desde el primer registro (tabla 11) hasta el final del trabajo, concluyó que los jugadores de waterpolo pesaban más y la diferencia era significativa.

Tabla 11. Comportamiento del peso en ambas modalidades deportivas

	Deporte	n	Media	Desviación estándar	p*
Peso 1T	Natación	35	60,2	8,6	0,01
	Waterpolo	37	65,7	8,9	
Peso 2T	Natación	35	60,8	8,2	0,002
	Waterpolo	37	67,2	8,9	
Peso 3T	Natación	35	62,2	7,9	0,01
	Waterpolo	37	67,5	9,4	

*Prueba T de Student

La media del índice de masa corporal (IMC), que depende de la estatura y el peso de los individuos, mostró diferencias entre los jugadores de waterpolo y los nadadores durante los tres trimestres (tabla 12).

Tabla 12. Comportamiento del IMC en ambas modalidades a lo largo de la temporada

	Deporte	n	Mediana	Mín-Máx	p*
IMC 1T	Natación	35	20,4	1,7	0,022
	Waterpolo	37	21,5	2,2	
IMC 2T	Natación	35	20,4	1,6	0,022
	Waterpolo	37	21,9	2,1	
IMC 3T	Natación	21	20,8	1,5	0,11
	Waterpolo	21	21,8	2,3	

*Prueba t de Student

A continuación se expone el comportamiento de la variable de desarrollo sexual de la muestra a lo largo de la temporada:

- PRIMERA TOMA: Siguiendo la escala de Tanner los individuos de manera personal y privada señalaron su grado de desarrollo de mamas en el caso de las mujeres, tamaño de genitales en el caso de los hombres y crecimiento de vello púbico en ambos géneros. Para analizarlo se realizó una tabla de frecuencias (figura 30).

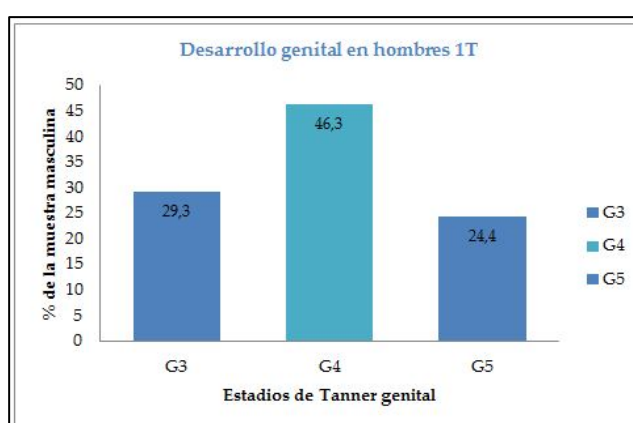


Figura 30. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo genital de los hombres de nuestra muestra durante el primer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. G3 corresponde a estadio 3 genital; G4 estadio 4 genital; G5 estadio 5 genital.

En nuestra serie los niños estuvieron en desarrollo G3 en un 29,3%, es la etapa donde aumenta de longitud del pene, el escroto se hace más rugoso y pigmentado. En estadio G4 se situaron el porcentaje mayor (46,3%), que es la etapa donde hay un aumento de pene en diámetro y desarrollo del glande, un aumento de pigmentación escrotal y un aumento del testículo. En la etapa G5 del desarrollo es donde los genitales son de adulto se dio en el 24,4 % de los chicos.

El desarrollo de las mamas de las jóvenes del estudio (figura 31) se distribuía en un 6,5 % de las niñas en el estadio M2, que indica un brote mamario con areolas y pezones en forma de cono, un 22,6 % estaba en el estadio M3, donde las mamas y las areolas suben de plano, un 54,8 % se situaba en el estadio M4, donde la areola y el pezón forman una segunda elevación y en un 16,1% de las niñas estaba en el último estadio, donde la areola está a nivel de la piel y sobresale sólo el pezón.

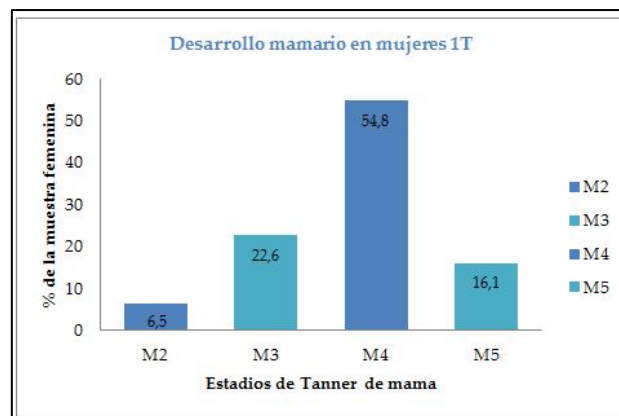


Figura 31. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo mamario de las mujeres de nuestra muestra durante el primer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. M2 corresponde a estadio 2 mamario; M3 estadio 3 mamario; M4 estadio 4 mamario; M5 estadio mamario.

Y por último la variable del vello pubiano (figura 32) que se describe para los dos sexos por igual. Un 1,4 % de la población estaba en estadio P2, que indica vello escaso lacio y ligeramente pigmentado, en un 26,4 % de la población se encontraba en evolución P3, eso es, con vello rizado pero aún poco desarrollado y con pigmentación en la base del pene en los hombres y en medio pubis en las mujeres, un 43,1% se situaban en estadio P4, dónde el vello es tipo adulto y se dirige hacia la ingle y por último en el estadio P5 se encontraba un 29,2 % de la población valorada en el primer trimestre.

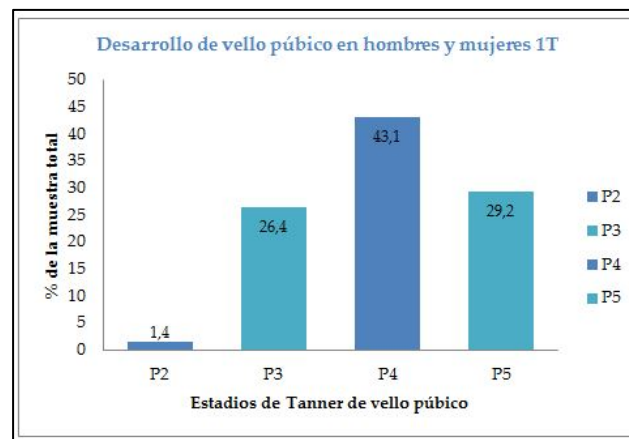


Figura 32. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo del vello púbico de los hombres y mujeres de nuestra muestra durante el primer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. P2 corresponde a estadio 2 vello púbico; P3 estadio 3 de vello púbico; P4 estadio 4 de vello púbico; P5 de vello púbico.

- SEGUNDA TOMA: De la misma manera que en el primer trimestre los sujetos señalaron su grado de desarrollo de mamas, en el caso de las mujeres, el tamaño de los genitales en el caso de los hombres y el crecimiento de vello púbico en ambos géneros. Para analizarlos se realizó una tabla de frecuencias.

En nuestra serie, los niños estuvieron en un desarrollo G3 en un 26,8%, en un estadio G4 se situaron el porcentaje mayor (48,8%) y en la etapa G5 de desarrollo, donde los genitales son de adulto, se mantuvieron el 24,4 % de los chicos (figura 33).

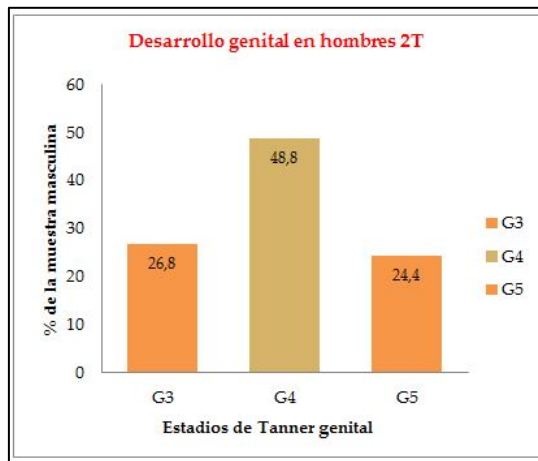


Figura 33. Gráfico de barras. Distribución las frecuencias del desarrollo genital de los hombres de nuestra muestra durante el segundo trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. G3 corresponde a estadio 3 genital; G4 estadio 4 genital; G5 estadio 5 genital.

El desarrollo de las mamas de las chicas (figura 34) varió ligeramente con respecto al primer trimestre del estudio. En esta segundo trimestre, un 6,5% de las niñas se situaron en el estadio M2, un 22,6% en el estadio M3, un 45,2 % en el estadio M4 y un 25,8% de las niñas estaba ya en el último estadio de madurez. Hubo un aumento global con respecto a la primera revisión.

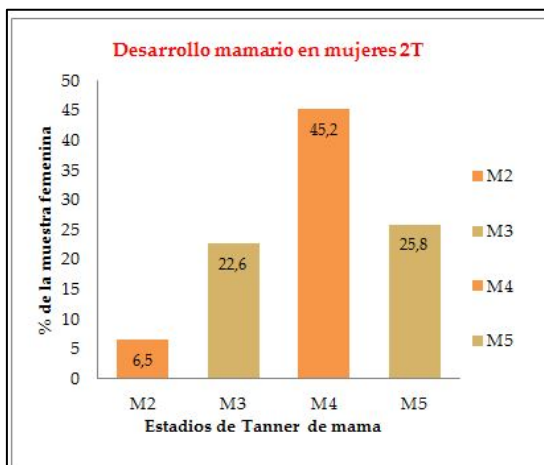


Figura 34. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo mamario de las mujeres de nuestra muestra durante el segundo trimestre. Según la clasificación del Tanner para el desarrollo madurativo de caracteres secundarios. M2 corresponde al estadio 2 mamario; M3 al estadio 3 mamario; M4 al estadio 4 mamario; M5 al estadio 5 mamario.

Y por último la variable del vello púbico (figura 35) que se describe para los dos sexos por igual. Se observó que se mantenía el mismo porcentaje en el estadio P2, un 25% de la población evolucionó a estadio P3, menos que en la toma 1ª, un 41,7% estuvo en el estadio P4 y por último aumentó el número de individuos que se situaron en el estadio P5 (31,9%) de la población valorada.

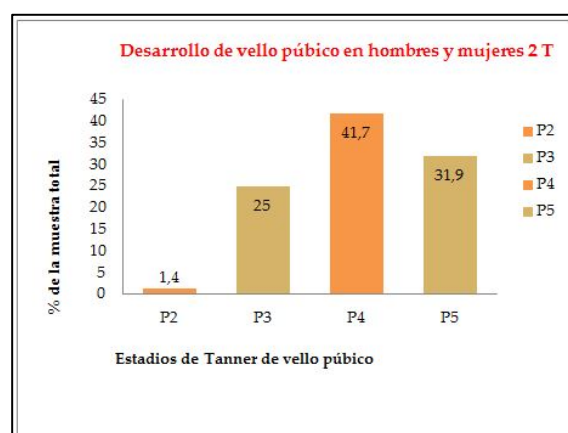


Figura 35. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo del vello púbico de los hombres y mujeres de nuestra muestra durante el segundo trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. P2 corresponde a estadio 2 vello púbico; P3 estadio 3 de vello púbico; P4 estadio 4 de vello púbico; P5 de vello púbico

- TERCERA TOMA: De la misma manera se interrogó a los deportistas sobre su estado madurativo según Tanner y se plasmó en una tabla de frecuencias.

En esta ocasión y pasados unos meses, los jóvenes estuvieron en un desarrollo G3 en un 24,4 %, en el estadio G4 en un 51,2% y en la etapa G5 se mantuvieron el 24,4%. Hubo, por tanto, un aumento del desarrollo desde G3 hacia G4 (figura 36).

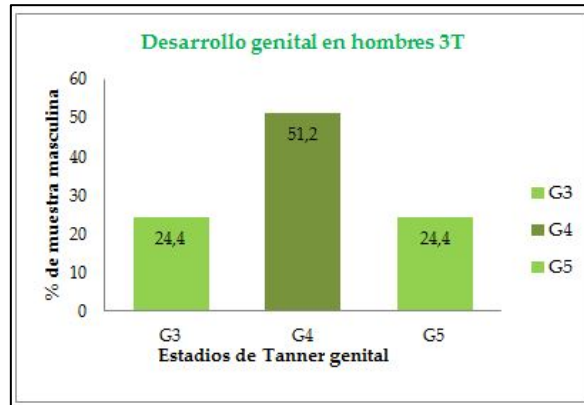


Figura 36. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo genital de los hombres de nuestra muestra durante el tercer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. G3 corresponde a estadio 3 genital; G4 estadio 4 genital; G5 estadio 5 genital.

El desarrollo de las mamas de las chicas (figura 37) no se modificó entre el segundo y el tercer trimestre. Mantuvo la misma distribución.

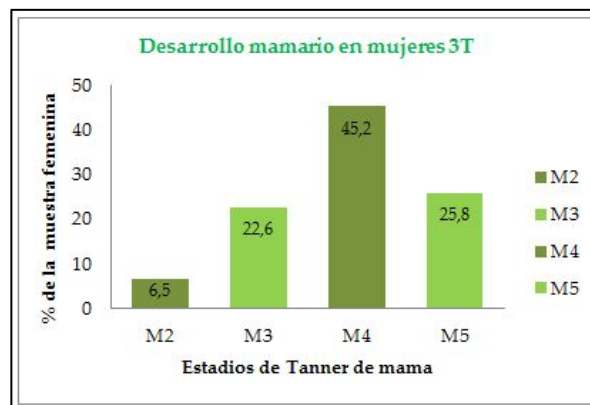


Figura 37. Gráfico de barras. Distribución de frecuencias del desarrollo mamario de las mujeres de nuestra muestra durante el tercer trimestre. Según la clasificación de Tanner para el desarrollo madurativo de los caracteres secundarios. M2 corresponde a estadio 2 mamario; M3 estadio 3 mamario; M4 estadio 4 mamario; M5 estadio 5 mamario

Y por último la variable del vello pubiano (figura 38) que se describe para los dos sexos por igual. Se mantuvo con el mismo porcentaje de la muestra en estadio P2, un 22 % de la población en evolución P3, menos que en control previo, un 38,9% en P4 y por último en P5 aumentó el número a 37,5% de la muestra valorada en el segunda toma.

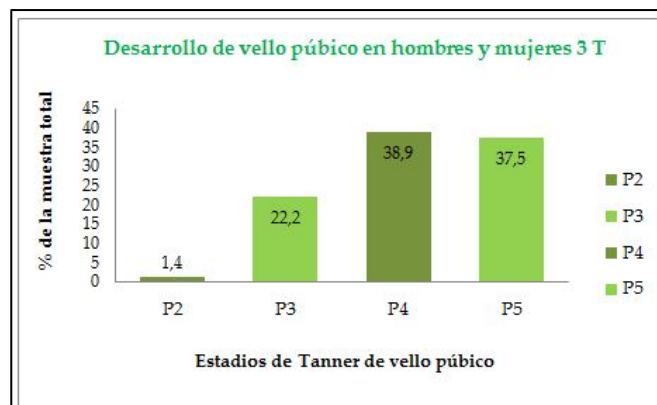


Figura 38. Gráfico de barras. Distribución de las frecuencias del desarrollo del vello púbico de los hombres y mujeres de nuestra muestra durante el tercer trimestre. Según la clasificación de Tanner para desarrollo madurativo de caracteres secundarios. P2 corresponde a estadio 2 vello púbico; P3 estadio 3 de vello púbico; P4 estadio 4 de vello púbico ; P5 de vello púbico

4.2.2 Variables de factores externos o internos:

A continuación se expone la descripción de las variables, que según la literatura, pueden influir en los resultados del análisis termográfico. Lo importante fue valorar el cumplimiento del protocolo para la adquisición de imágenes infrarrojas de manera adecuada.

- PRIMERA TOMA: Todos los deportistas pasaron a realizar sus análisis como mínimo 4 horas más tarde de su última sesión de entrenamiento. Sobre la valoración subjetiva de la intensidad trabajo de miembros superiores, los deportistas consideraron que fue moderada en un 41,7 % (tabla13), la mayoría de los individuos no usaron crema de calor, no acudieron a tratamiento de masoterapia, no tomaron excitantes, no se dieron una ducha previa ni tomaron fármaco alguno (tabla 14).

Tabla 13. Resultados del cuestionario de las horas de entrenamiento e intensidad de trabajo de fuerza de miembros superiores durante el primer trimestre

Horas desde última sesión entrenamiento	Porcentaje	Intensidad entrenamiento de MMSS	Porcentaje
4	23,6	Nada	6,9
5	1,4	Muy ligera	0
6	63,8	Ligera	26,4
7	4,2	Moderada	41,7
24	5,5	Intensa	23,6
32	1,5	Muy intensa	1,4

Tabla 14. Resultados del cuestionario de los factores externos en el primer trimestre.

	Crema	Masaje	Café/té	UVA/sol	Fármaco	Ducha
NO	98,6	98,6	100	100	91,7	97,2
SÍ	1,4	1,4	0	0	8,3	2,8

- SEGUNDA TOMA: En este segundo trimestre sólo un 12,5 % de los tecnificados, entrenó una hora antes de acudir a la sala, el resto de los deportistas, pasaron después de entrenar tras un mínimo de 4 horas de descanso. Y expresaron la sensación de intensidad de trabajo de miembros superiores que tuvieron durante la jornada (tabla 15).

Tabla 15. Resultados del cuestionario de las horas de entrenamiento e intensidad de trabajo de fuerza de miembros superiores durante el segundo trimestre.

Horas desde última sesión entrenamiento	Porcentaje	Intensidad entrenamiento de MMSS	Porcentaje
1	2,5	Nada	11,1
4	1,4	Muy ligera	2,8
6	81,9	Ligera	5,6
18	1,4	Moderada	48,6
24	2,8	Intensa	27,8
32	0	Muy intensa	4,2

Los deportistas contestaron de nuevo el cuestionario previo a la toma de muestras, para asegurar que se cumplía el protocolo de adquisición de imágenes infrarrojas, dando como resultado lo que se expone en la tabla 16.

Tabla 16. Resultados del cuestionario de los factores externos en el segundo trimestre.

	Crema	Masaje	Café/té	UVA/sol	Fármaco	Ducha
NO	98,6	98,6	98,6	100	88,9	93,1
SÍ	1,4	1,4	1,4	0	11,1	6,9

- o TERCERA TOMA: Por último, previo al registro termográfico del tercer trimestre, se apuntó el tiempo transcurrido entre el entrenamiento y su presentación la sala médica y sólo un 15,5 % de los tecnificados, había entrenado hacía menos de 4 horas (tabla 17).

Tabla 17. Resultados del cuestionario de las horas de entrenamiento e intensidad de trabajo de fuerza de miembros superiores durante el segundo trimestre

Horas desde última sesión entrenamiento	Porcentaje	Intensidad entrenamiento de MMSS	Porcentaje
1	12,5	Nada	8,6
2	2,8	Muy ligera	1,4
4	4,2	Ligera	12,9
6	70,8	Moderada	38,9
12	1,4	Intensa	32,3
18	5,6	Muy intensa	5,7
24	2,8		

La intensidad subjetiva que tuvieron los deportistas del entrenamiento de miembros superiores, la describieron esta vez, entre moderada e intensa en la mayoría de los casos. En esta última ocasión los individuos no usaron crema de calor, ni acudieron a tratamiento de masoterapia, ni tomaron café, ni tomaron fármacos en torno a un 90% (tabla 18).

Tabla 18. Resultados del cuestionario de los factores externos en el tercer trimestre.

	Crema	Masaje	Café/té	UVA/sol	Fármaco	Ducha
NO	91,7	95,8	100	90,3	90,3	86,1
SÍ	8,3	4,2	0	9,7	9,7	13,9

En la sala dónde se realizó la captación de imágenes infrarrojas se registraron a diario las condiciones atmosféricas (figura 39 y 40), saliendo, como resultante, una temperatura media de $23,8 \pm 0,7$ °C con una humedad de $44,6\% \pm 5,9$ durante el primer trimestre, $23,6 \pm 1,1$ °C con una humedad de $35,44\% \pm 7,6$ durante el segundo y $23,8 \pm 0,8$ °C con una humedad de $42,9\% \pm 4,9$.

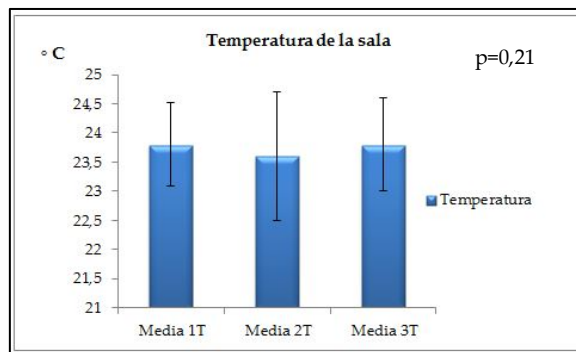


Figura 39. Gráfico barras. Distribución de la temperatura media ambiental de la sala, durante las sesiones de recogida de muestras por trimestre. (1T: primer trimestre; 2T: segundo trimestre; 3 T: tercer trimestre; ° C: grados centígrados; p: significación estadística)

El comportamiento de la temperatura no varió durante toda la temporada (figura 40), [$p=0,21$; prueba bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas]. Mientras que la humedad de la sala (figura 41), fue estadísticamente distinta durante el año [$p<0,001$; prueba bidimensional de Friedman de varianza por rangos para muestras relacionadas].

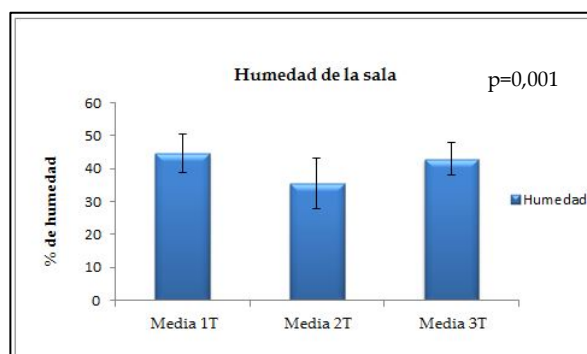


Figura 40. Gráfico barras. Distribución de la humedad media ambiental de la sala, durante las sesiones de recogida de muestras por trimestre. (1T: primer trimestre; 2T: segundo trimestre; 3 T: tercer trimestre ; % humedad: porcentaje de humedad; p: significación estadística)

Previamente a la realización de la ecografía y de la valoración isocinética, se quiso conocer la existencia o no de lesiones o molestias en diversas zonas del cuerpo de los deportistas, prestando atención a la región anterior y posterior de ambos hombros. Los resultados obtenidos fueron los expuestos en las siguientes tablas 19, 20 y 21.

Tabla 19. Resultados el cuestionario sobre el dolor de hombro durante el primer trimestre

DOLOR	Hombro D_ANT	Hombro I_ANT	Hombro D_POST	Hombro I_POST
NO	90,3	86,1	93,1	88,9
SÍ	13,9	13,9	6,9	11,1

Tabla 20. Resultados el cuestionario sobre el dolor de hombro durante el segundo trimestre

DOLOR	Hombro D_ANT	Hombro I_ANT	Hombro D_POST	Hombro I_POST
NO	84,7	80,6	88,9	88,9
SÍ	15,3	19,4	11,1	11,1

Tabla 21. Resultados el cuestionario sobre el dolor de hombro durante el tercer trimestre

DOLOR	Hombro D_ANT	Hombro I_ANT	Hombro D_POST	Hombro I_POST
NO	88,9	90,3	84,7	86,1
SÍ	11,1	9,7	15,3	13,9

La encuesta de dolor de la región anterior y posterior de los hombros en el segundo trimestre, mostró, que salvo en la cara posterior del hombro izquierdo, aumentaron ligeramente los porcentajes de molestias, sin embargo en el tercer trimestre, los tecnificados dónde tuvieron precisamente un aumento de las molestias, fue en la región posterior.

4.2.3 Análisis de los resultados de termografía.

Todo lo relacionado con las variables termografías, con las variables de ecografía y con las isocinéticas se describen a continuación siguiendo su tendencia a lo largo de la temporada del estudio.

Una vez realizada la adquisición de imágenes, las áreas anatómicas circunscritas y marcadas, eran evaluadas por el software, mostrando la temperatura captada con datos numéricos. En esta ocasión se analizó la tendencia de la media local de temperatura.

4.2.3.1 Evolución de la media de la temperatura a lo largo del tiempo

Los gráficos de tendencias muestran la media de temperatura y la desviación estándar en los tres momentos de adquisición de imágenes (figura 41 y 42). La temperatura en A1 anterior aumentó ligeramente en la segunda toma pero volvió a descender en la tercera toma, aunque por encima de la primera. El área A2 anterior se comportó de manera similar, sin variación entre la toma dos y la tres. En el área A3 anterior aumentó entre la primera y la segunda y descendió de nuevo en la tercera, aunque por encima de lo expuesto al inicio. En el área A4 anterior tuvo la misma tendencia, aumentando ligeramente la temperatura en el segundo trimestre y bajando en el tercero, pero por encima de la primera adquisición.

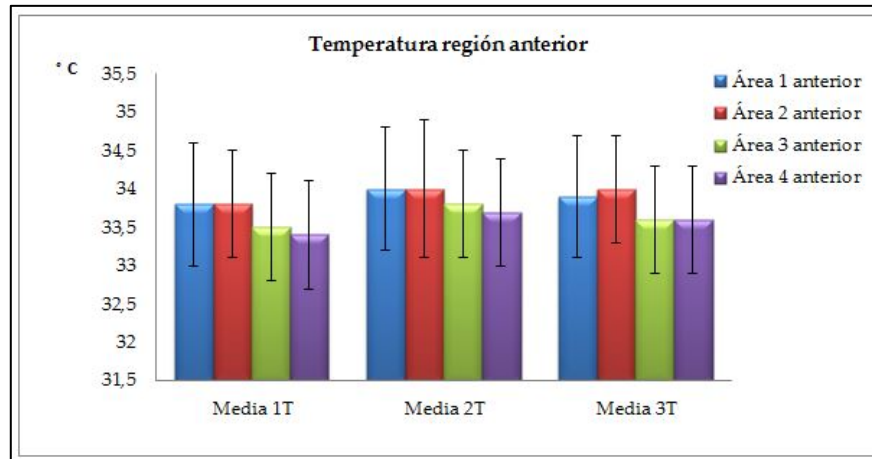


Figura 41. Gráfico de tendencias de la media de temperatura con la desviación estándar en la región anterior. (°C: grados centígrados; 1T: primer trimestre; 2T: segundo trimestre; 3T: tercer trimestre; A1 anterior: región pectoral esternal derecha; A2 anterior: región pectoral esternal izquierda; A3 anterior: región anterior hombro derecho; A4 anterior: región anterior de hombro izquierdo).

En las áreas anatómicas posteriores, la temperatura en A1posterior aumentó ligeramente en la segunda toma, volviendo a descender en la tercera toma, aunque quedándose por encima de la primera. En el área A2posterior aumentó en el segundo trimestre y descendió en el tercer registro, por debajo del primer dato. En las área A3posterior y A4posterior se comportó de manera similar, aumentando entre la primera y la segunda y descendiendo de nuevo, aunque volviendo a las medidas que se observaron al principio del estudio.

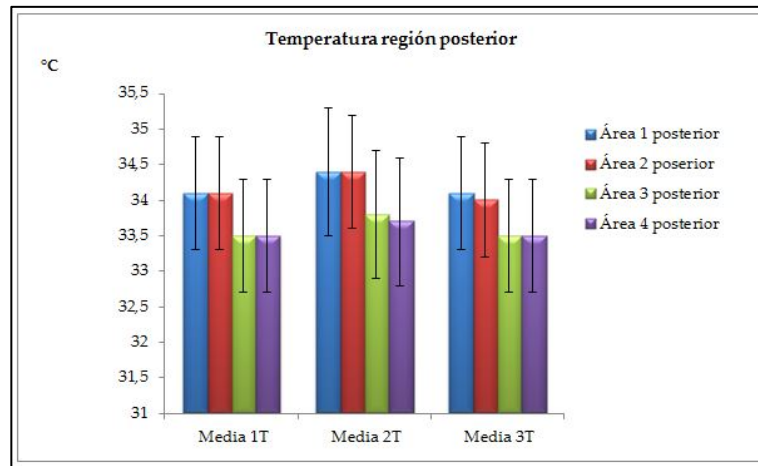


Figura 42. Gráfico de tendencias de la media de temperatura con la desviación estándar en la región posterior. (°C: grados centígrados; 1T: primer trimestre; 2T segundo trimestre; 3T: tercer trimestre ; A1 posterior: región medial hombro derecho; A2 posterior: región medial hombro izquierdo; A3 posterior: región lateral hombro derecho; A4 posterior: región lateral de hombro izquierdo).

4.2.3.2 Análisis estadístico de las medias de la temperatura por regiones anatómicas

En este apartado se describe el análisis estadístico realizado sobre la evolución de las medias de la temperatura que se recogieron en los gráficos anteriores y así facilitar la comprensión del comportamiento de cada una de las variables de la termografía en su región anatómica.

Los resultados encontrados de la media de temperatura en la región de inserción esternal de ambos pectorales mayor (regiones A1anterior y A2anterior), fueron los mismos: la termografía en cada sujeto a lo largo de la temporada no presentó diferencias significativas, es decir, no hubo variación en las 3 tomas [$p=0,131$; en el caso del pectoral derecho y $p=0,136$ en el caso del izquierdo; ANOVA para medidas repetidas]. Sin embargo, la media de la temperatura en ambas regiones, sí era distinta entre los deportistas [$p<0,001$; ANOVA para medidas repetidas].

La temperatura media de la región anterior del hombro bilateral de cada tecnificado (Áreas A3anterior y A4anterior), varió durante los meses del estudio

[$p=0,03$; en el hombro derecho y $p=0,05$ en el hombro izquierdo; ANOVA para medidas repetidas], como también lo hizo entre sujetos, donde se observó que la media de temperatura del segundo trimestre aumentó con respecto al primero [$p=0,007$; ANOVA para medidas repetidas], que no se mantuvo el resto del año.

Lo mismo sucedió en la región posterior medial de los dos hombros (regiones A1posterior y A2posterior), la temperatura de cada deportista, a lo largo del año presentó entre sus medidas, diferencia significativa [$p < 0,05$; en el hombro derecho y $p=0,003$ en el contralateral; ANOVA para medidas repetidas]. De igual modo, el resultado entre sujetos obtuvo diferencias durante la temporada [$p<0,001$; ANOVA para medidas repetidas].

Por último, cabe destacar que la región posterior externa de ambas regiones, mostró la misma temperatura en cada técnico durante el año. [$p < 0,06$; ANOVA para medidas repetidas]. Mientras que entre los deportistas técnicos hubo cambio a lo largo de la temporada [$p<0,001$; ANOVA para medidas repetidas] bilateral.

4.2.3.3 Análisis estadístico de las variables termográficas en relación a la lateralidad

Se comparó el comportamiento a lo largo del año de las variables de captación infrarroja con la dominancia de miembros (figura 43).

La temperatura media de la cara anterior del hombro derecho no varió a lo largo de la temporada, no existiendo diferencia entre diestros, zurdos ni ambidiestros. [$p = 0,54$; ANOVA]. Se observó que en los zurdos la temperatura fue mayor en el primer y segundo registro comparado con los diestros pero en ambos descendió en el tercer registro en relación al inicio del trabajo.

En la cara posterior del hombro derecho (área A3posterior) se observó un comportamiento semejante, no encontrándose diferencia entre los distintos patrones de lateralidad durante el año [$p = 0,45$; ANOVA]. De igual manera el zurdo mostró temperaturas más altas.

La temperatura media de la cara anterior del hombro izquierdo no varió a lo largo de la temporada, no existiendo diferencia entre diestros, zurdos ni ambidiestros [$p < 0,55$; ANOVA]. El zurdo mostró temperaturas más elevadas en el primer registro, se igualaron con las del diestro en el segundo y descendieron en la tercera toma.

En la cara posterior del hombro izquierdo (área A3posterior) tampoco hubo diferencia significativa entre los distintos patrones de lateralidad durante el año [$p = 0,50$; ANOVA].

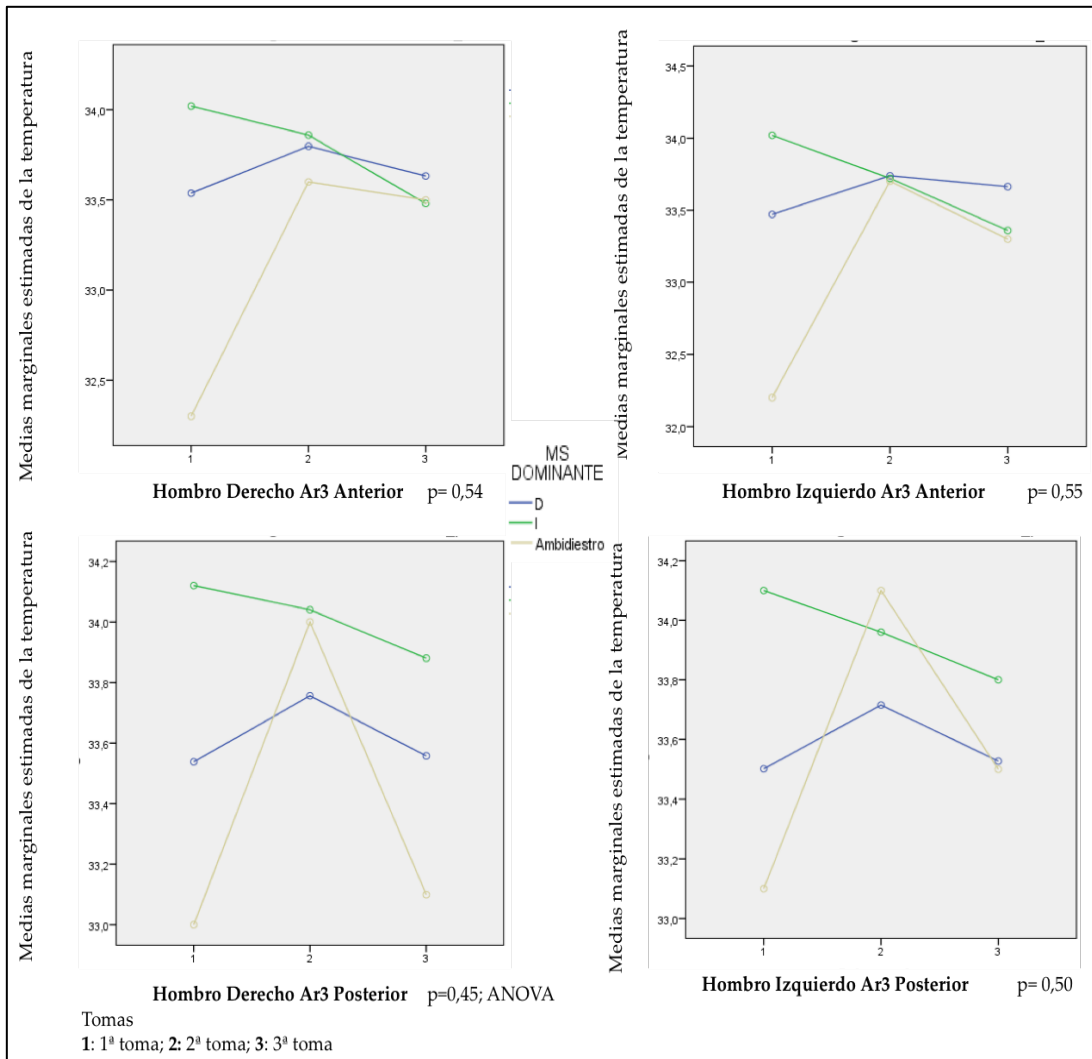


Figura 43. Comportamiento de la temperatura en la región anterior de los hombros (A3 anterior) y en la región posterior lateral de los hombros (A3 posterior) en relación a la dominancia. (1: toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: miembro superior dominante derecho; verde: miembro superior dominante izquierdo; gris: dominancia bilateral de miembros superiores)

4.2.4 Análisis de los resultados ecográficos

En el estudio se realizó la mensuración de imágenes ecográficas como se exponía en el capítulo de metodología. Se muestra a continuación la media y desviación estándar de los datos obtenidos (tabla 22) desde el punto de vista descriptivo y su tendencia a lo largo de los nueve meses.

Tabla 22. Resultados de los datos de medición ecográfica

	Media \pm DS 1T	Media \pm DS 2T	Media \pm DS 3T
	cm	cm	cm
Pectoral mayor Drch	0,48 \pm 0,09	0,52 \pm 0,08	0,47 \pm 0,07
Pectoral mayor Izq	0,46 \pm 0,07	0,53 \pm 0,09	0,48 \pm 0,07
T Supraespinoso Drch	0,71 \pm 0,07	0,72 \pm 0,07	0,71 \pm 0,07
T Supraespinoso Izq	0,70 \pm 0,06	0,70 \pm 0,07	0,68 \pm 0,07
Distancia AH Drch	0,98 \pm 0,12	0,97 \pm 0,12	0,97 \pm 0,10
Distancia AH Izq	0,96 \pm 0,10	0,97 \pm 0,12	0,97 \pm 0,10
Distancia AT Drch	2,67 \pm 0,32	2,76 \pm 0,22	2,71 \pm 0,20
Distancia AT Izq	2,64 \pm 0,36	2,71 \pm 0,21	2,71 \pm 0,23
Grosor (transv) SupraE Drch	2,15 \pm 0,27	2,14 \pm 0,24	2,15 \pm 0,23
Grosor (transv) SupraE Izq	2,14 \pm 0,25	2,17 \pm 0,26	2,12 \pm 0,23
Long SupraE Drch	3,21 \pm 0,34	3,37 \pm 0,26	3,38 \pm 0,28
Long SupraE Izq	3,28 \pm 0,24	3,38 \pm 0,24	3,39 \pm 0,27
Grosor InfraE Drch	1,10 \pm 0,24	1,04 \pm 0,26	1,05 \pm 0,24
Grosor InfraE Izq	1,11 \pm 0,20	1,09 \pm 0,26	1,14 \pm 0,25

4.2.4.1 Evolución de la media de las medidas ecográficas a lo largo del tiempo

La media del grosor del músculo pectoral mayor derecho en su inserción esternal (figura 45), aumentó en el segundo trimestre, disminuyendo de nuevo en el tercero. En el caso del pectoral izquierdo, aumentó también el segundo trimestre con respecto al primero pero en este caso, el tercer registro se quedó por encima de la primera media de la medida tomada.

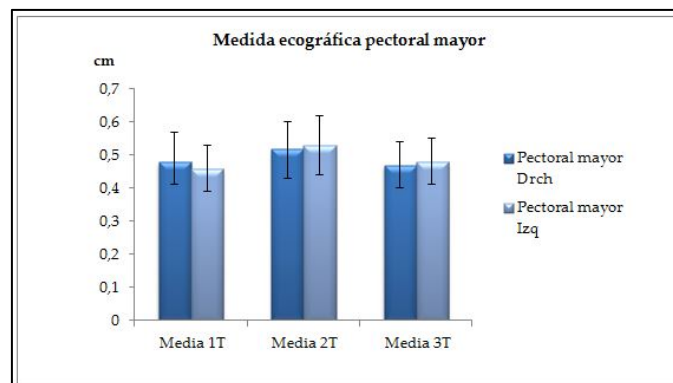


Figura 44. Gráfico de tendencias de las medidas de grosor pectoral mayor

La media del grosor del tendón supraespinoso (figura 45) en el corte transversal del hombro derecho, fue mayor que el izquierdo en toda la muestra. Y la tendencia en ambos casos, fue la de aumentar en el segundo trimestre y disminuir en el tercero. En el caso del tendón derecho fue similar la medida en la primera y en la última muestra, mientras que en el tendón izquierdo, el descenso fue considerable.

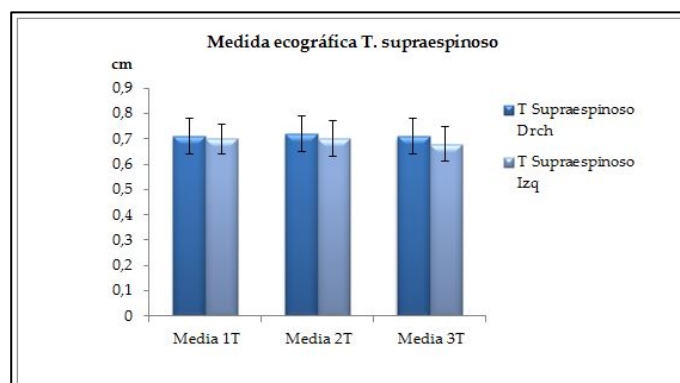


Figura 45. Gráfico de tendencias de las medidas de grosor de tendón supraespinoso

La distancia acromion tuberosidad mayor (DAT) y la distancia acromion humeral (DAH) son medidas para valorar el espacio subacromial. Todos los resultados de las medias en nuestra muestra, mostraron un espacio adecuado, no patológico.

En las siguientes gráficas (figura 46) se puede comprobar que los resultados obtenidos en el segundo trimestre son menores que en el primer trimestre en la DAH y mayores en la DAH izquierda, manteniéndose hasta el final del trabajo.

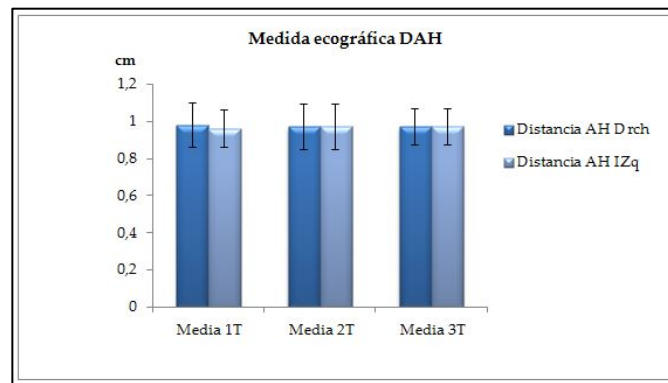


Figura 46. Gráfico de tendencias de la distancia acromion humeral bilateral

La media de la tendencia de comportamiento de DAT de ambos hombros fue similar al resto de resultados descriptivos que se están exponiendo. (Figura 47)

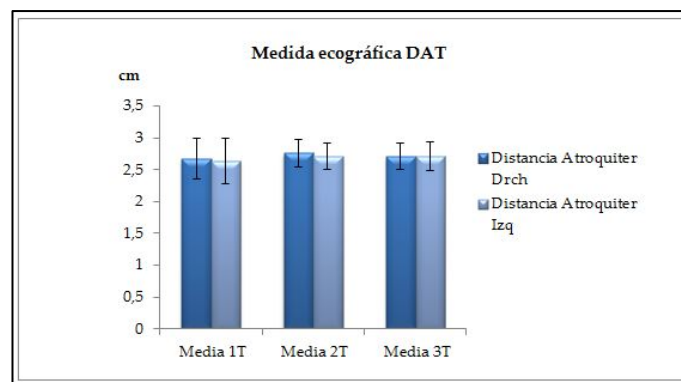


Figura 47. Gráfico de tendencias de la distancia acromion tuberosidad mayor bilateral

En el caso de la musculatura del supraespinoso se tomaron dos medidas, en transversal y en longitudinal (figura 48 y 49). La medida más usada, que es la transversal, nos mostró un comportamiento diferente entre ambos brazos. El músculo derecho aumentó en la segunda muestra y descendió considerablemente en la última; mientras que el músculo izquierdo descendió en la segunda y aumentó ligeramente al final de la temporada. La tendencia a lo largo del estudio de la medida longitudinal, fue ascender de manera paulatina.

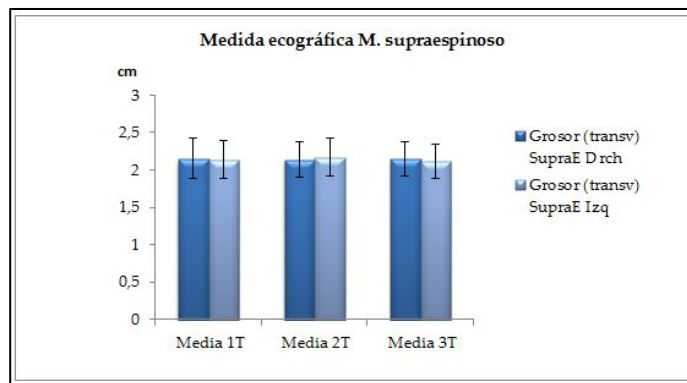


Figura 48. Gráfico de tendencias de grosor en corte transversal del músculo supraespinoso

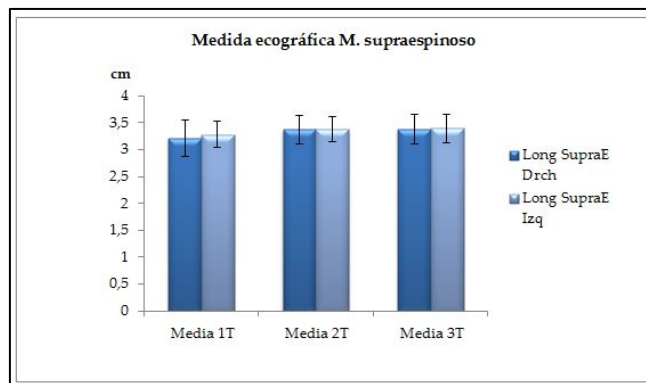


Figura 49. Gráfico de tendencias de grosor en corte longitudinal del músculo supraespinoso

Y por último, se estudió el comportamiento de los músculos infraespinosos a lo largo de la temporada (figura 50), observándose una disminución tras la primera medición a nivel bilateral, que prácticamente se mantuvo hasta el final de la temporada, en el caso del músculo rotador externo derecho, pero aumentando de grosor en el caso del músculo rotador externo izquierdo.

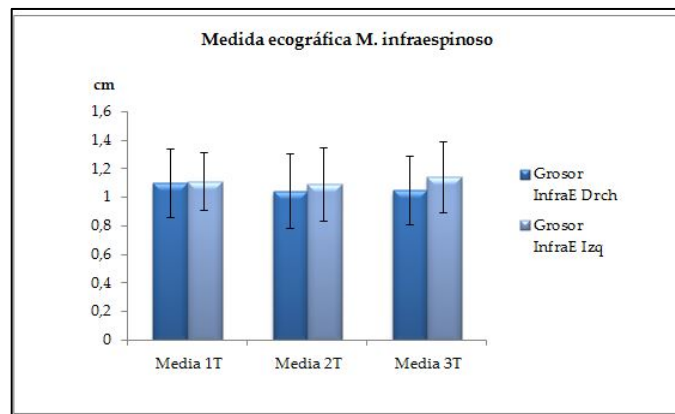


Figura 50. Gráfico de tendencias de grosor del músculo infraespinoso bilateral

4.2.4.2 Análisis estadístico de las medias ecográficas a lo largo del tiempo

En este apartado se escribe el análisis estadístico realizado a las medias de las medidas ultrasonográficas, cuya tendencia se expuso anteriormente.

La media de la medida ecográfica de ambos pectorales mayor en su inserción esternal se comportó diferente a lo largo de todo el año, tanto en el mismo sujeto [$p < 0,001$; ANOVA para medidas repetidas] como entre sujetos [$p = 0,001$; ANOVA para medidas repetidas].

El comportamiento de la medida del tendón supraespinoso derecho fue no cambiar a lo largo de la temporada en relación al mismo deportista, [$p < 0,119$; ANOVA para medidas repetidas], y sí hacerlo en el hombro izquierdo [$p < 0,001$; misma prueba estadística]. Entre los deportistas del grupo también hubo diferencias durante la temporada [$p < 0,001$; ANOVA para medidas repetidas].

En el caso de las distancias acromion humerales, el comportamiento fue el mismo en los dos hombros, no se observaron cambios en el mismo sujeto durante las tres medidas [$p < 0,686$ en el hombro derecho y $p < 0,75$ en el hombro izquierdo; ANOVA para medidas repetidas], mientras que entre los sujetos hubo diferencia significativa [$p < 0,001$; ANOVA para medidas repetidas].

La media de la medida ecográfica de la distancia acromion tuberosidad mayor bilateral (DAT) a lo largo de la temporada fue distinta en el mismo deportista [$p < 0,001$ en el caso del hombro derecho y $p = 0,023$ en el caso del izquierdo; ANOVA para medidas repetidas], obteniendo lo mismo en el estudio entre individuos. [$p < 0,001$; Prueba ANOVA para medidas repetidas].

El músculo supraespinoso, en el corte ecográfico transversal derecho no tuvo cambios, mientras que sí los hubo en el hombro izquierdo, [$p = 0,878$ y $p = 0,038$ respectivamente; ANOVA para medidas repetidas], por otro lado, en el corte longitudinal hubo variación durante todo el año en ambos hombros dentro del mismo deportista y entre sujetos [$p < 0,001$; ANOVA para medidas repetidas].

Por último, en un mismo deportista tecnificado, se estudió la medida del músculo infraespinoso a lo largo de la temporada. En el caso del músculo rotador externo derecho, el resultado fue significativo [$p < 0,007$; ANOVA para medidas repetidas], es decir, se comportó diferente en cada trimestre, mientras que en el caso del músculo rotador externo izquierdo no hubo diferencia [$p < 0,061$; con la misma prueba]. La estadística mostró que entre sujetos había cambios durante el estudio con respecto a los dos músculos infraespinosos [$p < 0,001$; Prueba ANOVA para medidas repetidas].

4.2.4.3 Estudio de la relación entre las medidas ecográficas y termográficas

Para comprobar la relación existente entre las variables ecográficas y termográficas por trimestre, se realizó un estudio de correlación. Se comprobó que había una correlación positiva en el pectoral mayor derecho con su medición termográfica (área A1) durante las dos primeras mediciones de manera significativa [$p < 0,05$; Coeficiente de correlación de Pearson $r = 0,25$ y $r = 0,26$, respectivamente], es decir, la media de las mediciones del grosor del pectoral mayor derecho aumentaban según aumentaba su media térmica y al revés. En sentido inverso, ocurrió con la región del pectoral mayor izquierdo, que presentó una correlación exacta negativa, lo que supuso, que a medida que aumentaba el grosor del músculo izquierdo, disminuía la temperatura en esa región [$p < 0,01$; Coeficiente de correlación de Pearson $r = -0,24$ y $r = -0,28$, respectivamente].

No existió relación alguna entre la cara anterior (área A3) y el tendón supraespinoso derecho, así como entre el área A4 anterior y su respectivo tendón supraespinoso izquierdo [$p < 0,05$; Coeficiente de correlación de Pearson].

Los resultados para las otras regiones anatómicas fueron heterogéneos, es decir, en algunos casos, existía correlación en ciertos trimestres, y ésta correlación se perdía en otros. Por ese motivo, estos resultados se han omitido en el presente trabajo.

4.2.5 Análisis de los resultados de la valoración isocinética

Para realizar un análisis del comportamiento de la fuerza de la musculatura rotadora de hombro a lo largo de la temporada, se escogió la variable de *peak torque* o pico del momento máximo de fuerza a una velocidad angular de $60^\circ/s$, observada mediante dinamometría isocinética. Se analizaron los resultados obtenidos tanto en la rotación externa (RE) como en la rotación interna (RI), en el hombro dominante (HD) y en el no dominante (HND) de cada uno de los sujetos.

4.2.5.1 Evolución de la media y análisis estadístico de las variables isocinéticas

Teniendo en cuenta las tres mediciones realizadas a lo largo de la temporada y observando los valores de *peak torque* en los movimientos de RE (figura 51) y RI (figura 52) en ambos hombros, podemos señalar un incremento en los mismos, en el segundo trimestre, mientras que descienden en el tercero, aunque quedando algo elevados respecto del punto de partida al inicio del estudio, mostrándose todos estos cambios como estadísticamente significativos [$p < 0,01$; ANOVA para medidas repetidas]. Así mismo, ninguna de las variaciones encontradas entre los distintos sujetos analizados fue debida al azar [$p < 0,01$; ANOVA para medidas repetidas].

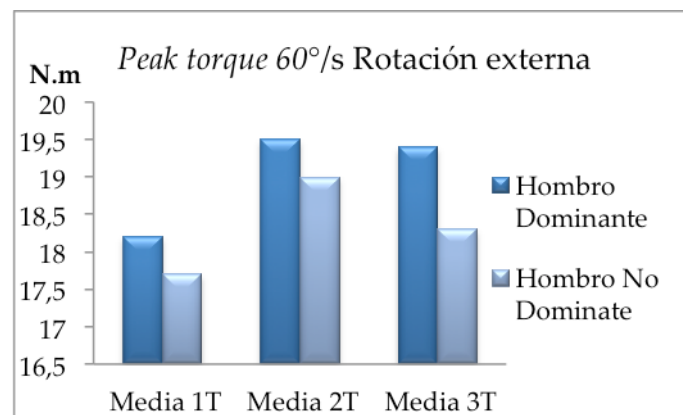


Figura 51. Gráfico de tendencias del peak torque del movimiento de rotación externa del hombro a la velocidad angular de $60^\circ/s$ (Nm: newton metro; 1T: primer trimestre; 2T: segundo trimestre y 3T: tercer trimestre)

En todas estas medidas podemos observar pequeñas diferencias entre HD y HND aunque sin significación estadística. En el movimiento de RE se observan unos valores de *peak torque* mayores en el HD que en el HND en los tres trimestres, sin

embargo en el movimiento de RI el HND tiene valores elevados en el primer trimestre, aunque no en los otros dos.

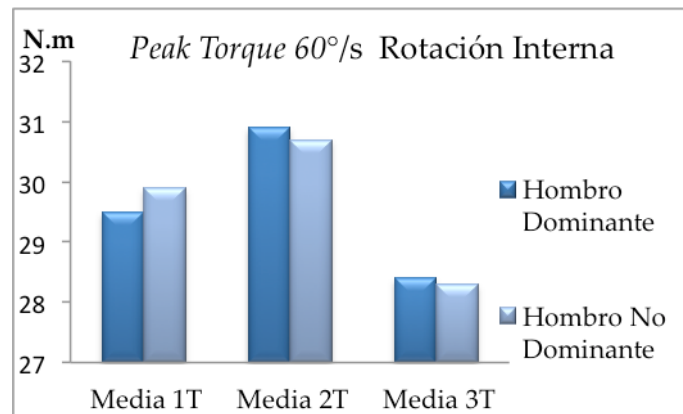


Figura 52. Gráfico de tendencias del peak torque en el movimiento de rotación interna del hombro a la velocidad angular de 60°/s (Nm: newton metro; 1T: primer trimestre; 2T: segundo trimestre y 3T: tercer trimestre)

4.2.5.2 Análisis estadístico de las variables isocinéticas en relación a las variables antropométricas y demográficas

Cuando tenemos en cuenta las dos modalidades deportivas en las que se incluyen los sujetos de nuestra muestra (figura 53), observamos, aunque sin llegar a la significación estadística, que los jugadores de waterpolo obtienen resultados mayores de los valores de peak torque que los nadadores [$p > 0,05$; ANOVA].

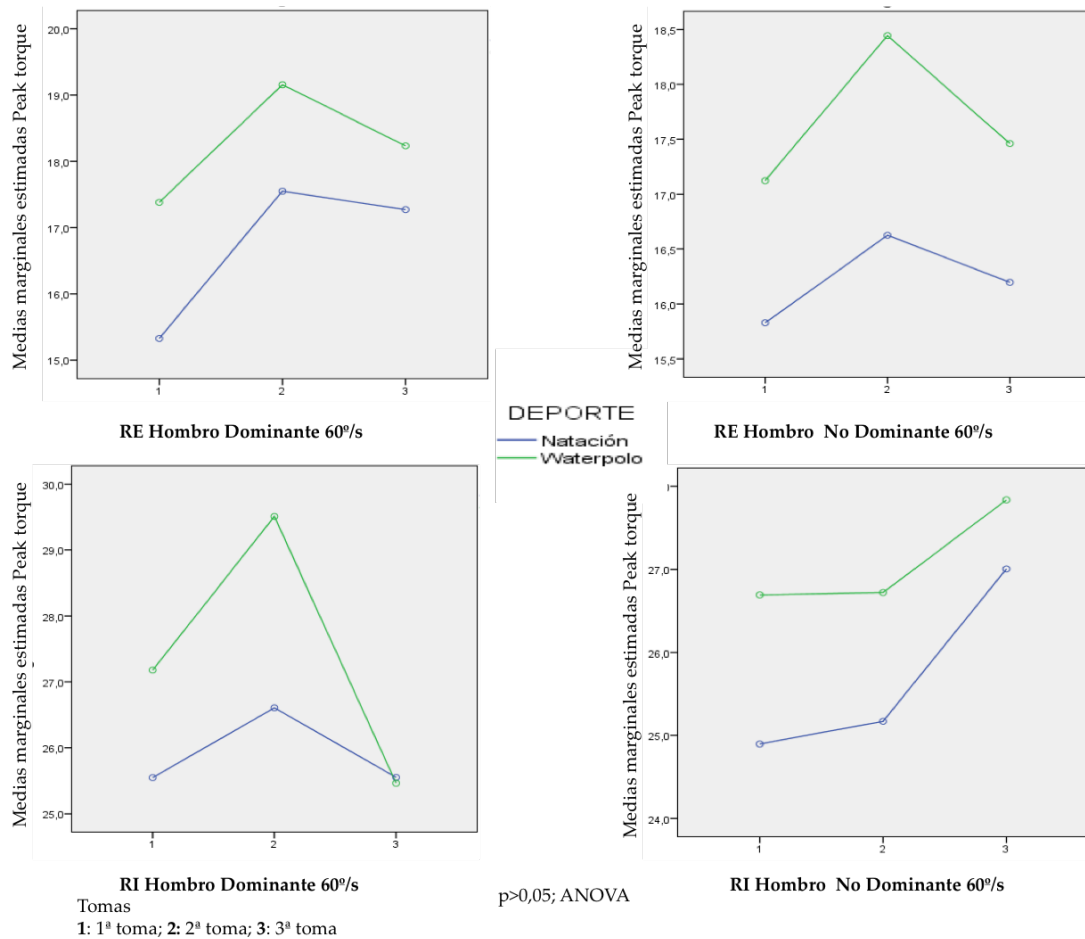


Figura 53. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación al deporte, en rotación interna y externa. (1: toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: natación; verde: waterpolo; °/s: grados/segundo)

En el movimiento de RE se observó en ambos hombros y en las dos modalidades, un aumento en los valores en el segundo trimestre y un descenso de los mismos en el tercero, aunque quedando por encima de los valores obtenidos al principio de la temporada. En la RI, sin embargo, este comportamiento sólo se observó en el HD, pues en el HND los valores de *peak torque* permanecen en las dos primeras mediciones, siendo en el tercer trimestre cuando muestran un aumento.

En los estadios del desarrollo madurativo de Tanner, que hemos utilizado en nuestro estudio se tienen en cuenta el desarrollo mamario en las niñas y de los genitales en los niños, así como el desarrollo del vello púbico en ambos sexos. Para poder estudiar el global de nuestra población, compuesta por deportistas de los dos géneros, sólo se tuvo en cuenta el último ítem enumerado, es decir, el desarrollo del vello púbico (figura 54).

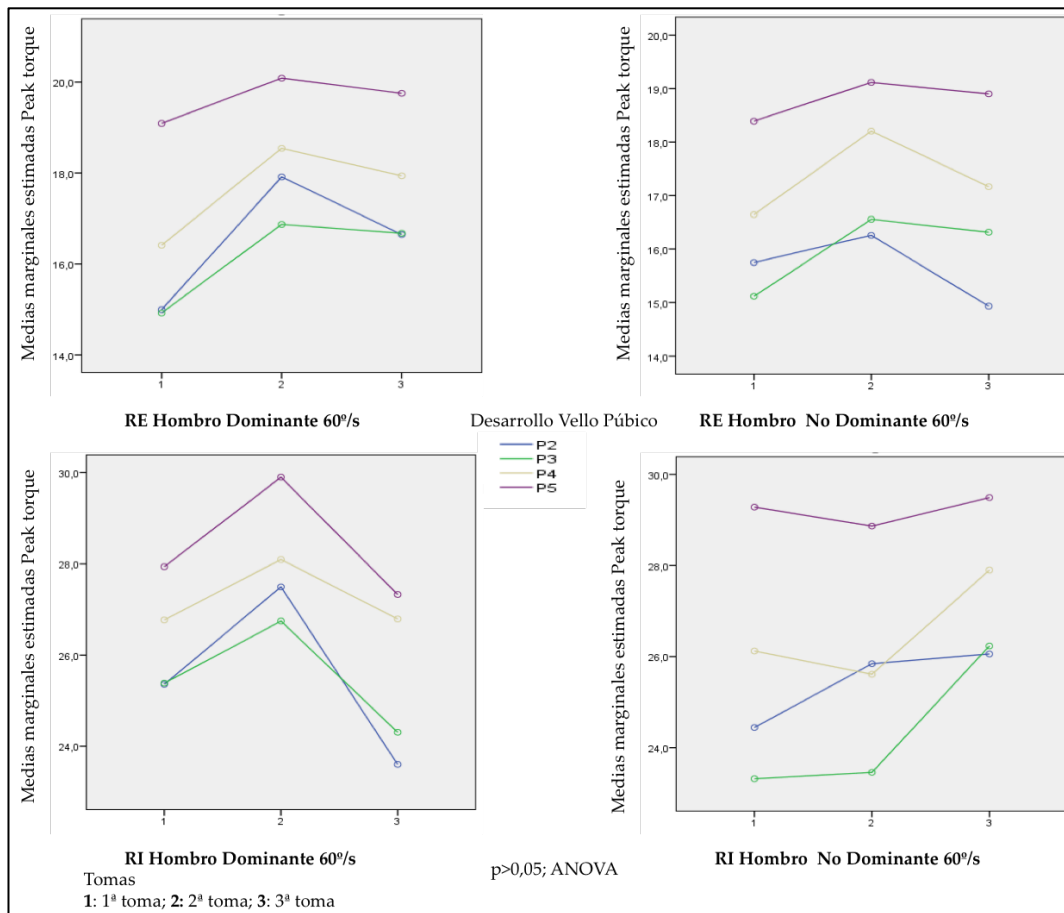


Figura 54. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación al desarrollo madurativo del vello púbico (incluye a hombres y mujeres), en rotación interna y externa. (1: Toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: estado madurativo de vello púbico estadio 2 de Tanner (P2); línea verde: estado madurativo de vello púbico estadio 3 de Tanner (P3); línea gris: estado madurativo de vello púbico estadio 4 de Tanner (P4); línea morada: estado madurativo de vello púbico estadio 5 de Tanner (P5); °/s: grados/segundo)

Aunque no ha encontrado diferencias estadísticamente significativas [$p > 0,05$; ANOVA], podemos observar tres niveles de *peak torque* entre los sujetos:

- Nivel 1: se corresponde con los estadios O2 y P3. Los valores encontrados son los menores de la muestra y similares entre sí en el movimiento de RI en HND donde el valor de la segunda medida para el estadio P3 se encuentra descendido respecto al estado madurativo P2.
- Nivel 2: en este nivel encontramos el estadio P4, que muestra unos valores intermedios de *peak torque* excepto en la segunda medida en la RI del HND donde se encuentra por debajo de los obtenidos en los estadios que se han englobado en el nivel 1.
- Nivel 3: se corresponde con el último estadio madurativo, P5, y es donde encontramos unos valores de fuerza más elevados, muy apartado de los hallados en los estadios madurativos anteriores.

Como era de esperar, cuando se realizó el *peak torque* en relación al sexo de los participantes en el estudio (figura 55), se comprobó que los valores mayores los obtiene la población masculina de nuestra muestra, en los dos movimientos del hombro estudiados y tanto en el HD como en el HND [$p < 0,001$; ANOVA].

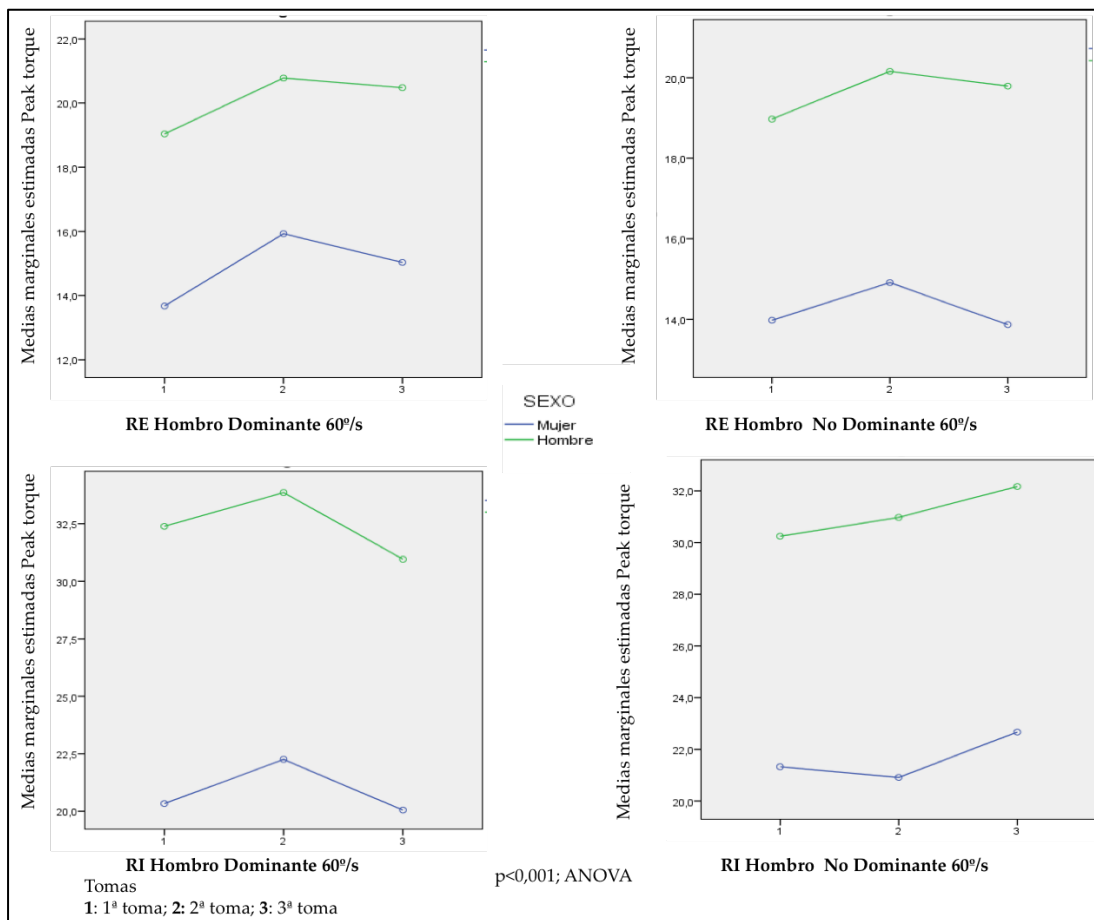


Figura 55. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación sexo, en rotación interna y externa. (1: Toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: mujeres; línea verde: hombres; °/s: grados/segundo)

4.2.5.3 Análisis estadístico de las variables isocinéticas en relación a las variables de entrenamiento

Según nos muestran los datos obtenidos parece que las horas de entrenamiento específico de fuerza a la semana (figura 56) no tuvieron una influencia estadísticamente significativa en los valores del *peak torque* ni para el movimiento de rotación externa [$p=0,38$ RE de HD y $p=0,30$ en RE de HND] ni para el de rotación interna [$p=0,38$ RI de HD y $p=0,27$ en RI de HND; prueba ANOVA]

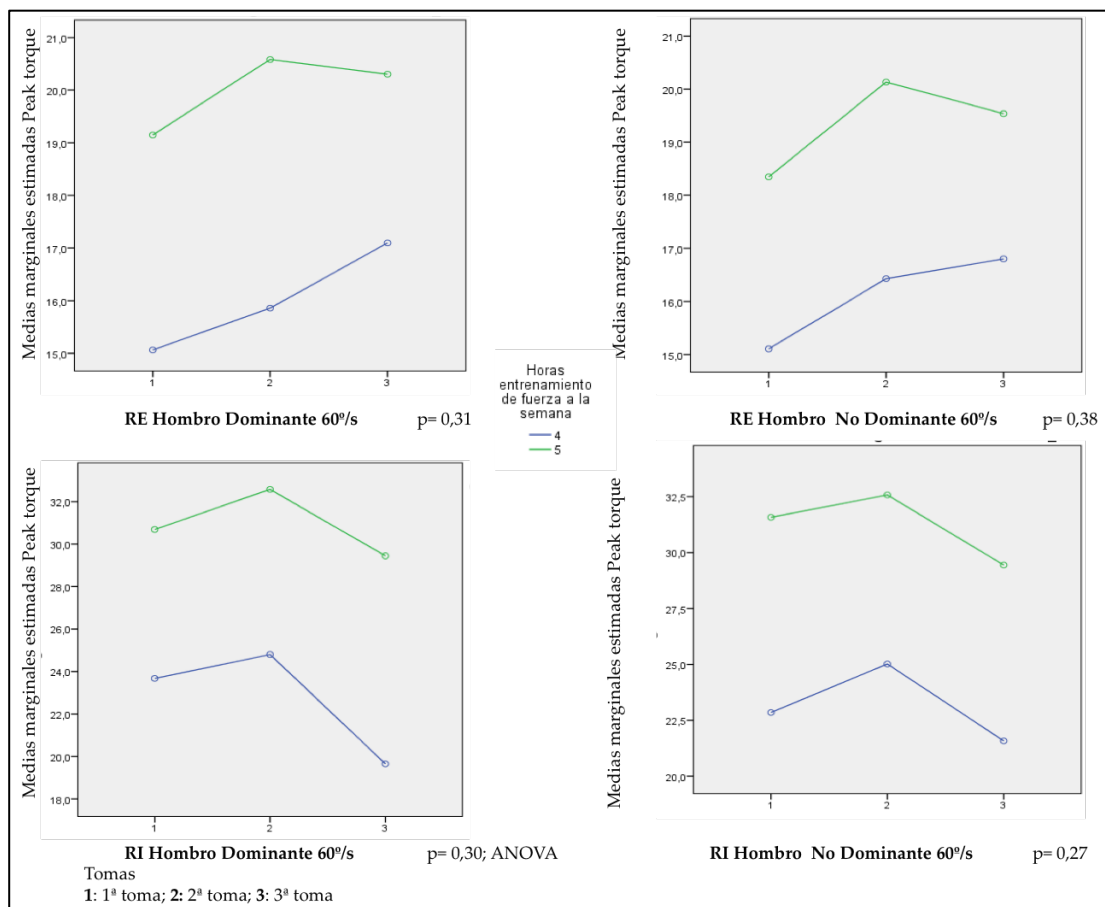


Figura 56. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación a las horas de entrenamiento específico de fuerza a la semana, en rotación interna y externa. (1: Toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: 4 horas de entrenamiento de tonificación a la semana; línea verde: 5 horas de entrenamiento de tonificación a la semana; °/s: grados/segundo; RI: rotación interna; RE: rotación externa)

El comportamiento de los valores del *peak torque* para las rotaciones de ambos hombros en todos los casos fue similar tanto en las personas que tuvieron 4 horas semanales de entrenamiento específico de fuerza como aquellas que se ejercitaron 5 horas a la semana.

También se realizó el análisis de la posible influencia de las horas de entrenamiento global (no el específico de fuerza) pudieron tener sobre la variable de *peak torque* hallada en la valoración de la fuerza isocinética estudiada a lo largo de la temporada (figura 57).

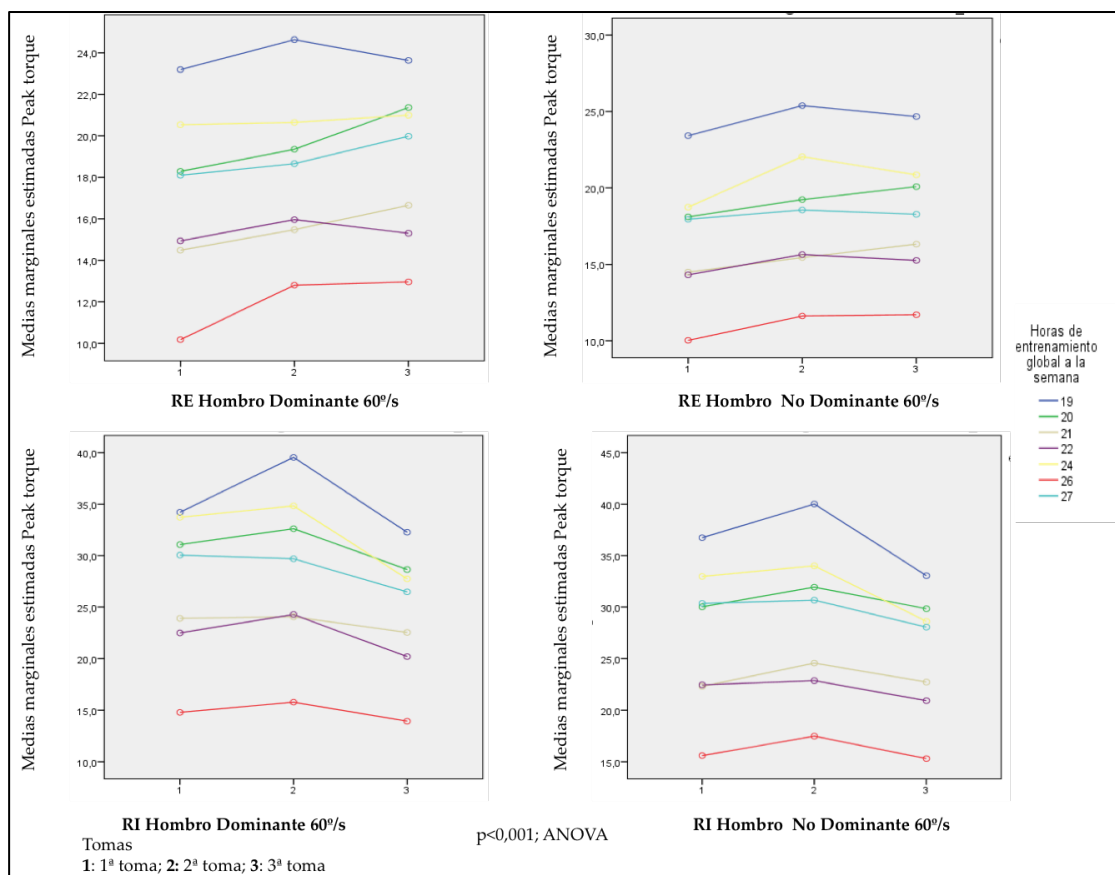


Figura 57. Comportamiento de la variable *peak torque* en relación a las horas de entrenamiento global semanal, en rotación interna y externa. (1: Toma del primer trimestre; 2: toma del segundo trimestre; 3: toma del tercer trimestre; p: significación estadística; línea azul: 19 horas a la semana; línea verde: 20 horas a la semana; línea gris: 21 horas a la semana; línea morada: 22 horas a la semana; línea amarilla: 24 horas a la semana; línea roja: 26 horas a la semana; línea azul celeste: 27 horas a la semana; °/s: grados/segundo)

Para ello se realizó una división en 7 grupos diferentes según las horas de entrenamiento global que realizaban los sujetos, desde las 19 horas/semana hasta las 27. En la mayoría de los casos la tendencia de las gráficas mostraron un aumento entre el primer y el segundo trimestre con un posterior descenso durante el tercer trimestre. Las diferencias halladas entre los grupos dependiendo de las horas de entrenamiento fueron estadísticamente significativas [$p < 0,001$; ANOVA], encontrando mayores niveles de fuerza (mayor en el *peak torque*), tanto en RE como en RI y en ambos hombros, en los grupos con un mayor número de horas de entrenamiento global, y un incremento de fuerza relativamente menor en aquellos sujetos que entrenaban menos horas a la semana.

4.2.5.4 Estudio de la relación entre las variables isocinética y las variables ecográficas

Se analizó la relación entre los valores del *peak torque* y las variables ecográficas de las estructuras anatómicas implicadas en las rotaciones del hombro, tanto en el miembro dominante como en el no dominante.

Primero se analizaron los valores de la RE correlacionándolos con el músculo del manguito rotador que ejerce esa función y que hemos utilizado en nuestro estudio, es decir, el infraespinoso. En el HD no existió correlación entre las medidas en ningún momento de la temporada, mientras que en el HND se encontró relación significativa, aunque tan sólo en la medición realizada en el segundo trimestre de la temporada [$p < 0,034$; Coeficiente de correlación de Pearson $r = 0,25$].

En cambio, el músculo supraespinoso, a pesar de tener una función de estabilización de la articulación glenohumeral, se encontró una relación significativa entre las medidas de la sección transversal del músculo y el *peak torque* de la RI en ambos hombros [$p < 0,001$; Coeficiente de correlación de Pearson $r = 0,56$].

4.2.5.5 Estudio de la relación entre las variables isocinéticas y las variables termográficas

Las imágenes de la temperatura captadas en las regiones anteriores de ambos hombros, derecho e izquierdo (área A3 y A4 anteriores respectivamente) no presentaron correlación con el *peak torque* en el movimiento de RI del hombro. de la misma manera, tampoco se encontraron relaciones entre las imágenes de la región posterolateral derecha (área A3posterior) e izquierda (área A4posterior) con el *peak torque* del movimiento de RE del hombro [$p < 0,005$; Coeficiente de correlación de Pearson $r = 0,38$].

DISCUSIÓN

5. DISCUSIÓN

5.1 ESTUDIO SOBRE LA MUESTRA POBLACIONAL

5.1.1 Características epidemiológicas de la población

En esta investigación se estudió a un grupo de jóvenes deportistas del Centro de Tecnificación de la Federación de natación de Madrid, inscritos al grupo de natación y de waterpolo para la temporada 2015-2016.

El grupo de tecnificación de dicha federación deportiva incluye las modalidades de natación, waterpolo, natación sincronizada, saltos y triatlón. En el estudio no se tuvo en cuenta a los tecnificados de saltos, natación sincronizada o triatlón, de manera que fueron incluidos sólo el conjunto global de los participantes en las modalidades de natación y waterpolo, lo que hizo que la muestra elegida para el trabajo de investigación fuera el 100% de la población. En nuestro estudio hemos pretendido englobar el análisis sobre el comportamiento que tienen los integrantes de dos modalidades deportivas de agua concretas como son el waterpolo y la natación. Aunque no de forma integrada como en nuestro trabajo, se han encontrado múltiples autores que realizan sus investigaciones sobre una población que practica natación, como Bathala⁹⁵ y Zaidi¹²⁰ en nadadores adultos, Dalamitros¹²¹ en adolescentes o Mc Master¹²² en nadadores desde los 13 años a los adultos integrados en el equipo nacional. Así mismo los jugadores de waterpolo han sido objeto de estudio por parte de autores como Witwer¹²³ o Zamparo¹²⁴, este último con una población de edad similar a la de nuestro estudio. Por otra parte también hemos consultado investigadores como Gozlan¹²⁵ que estudian la fuerza de los hombros en sujetos que practican deportes que, en su gesto técnico, posicionan sus miembros superiores por encima de la cabeza, como pueden ser natación, voleibol o tenis.

El total de los sujetos del colectivo de tecnificados de esas modalidades se dividía en cuatro grupos de entrenamiento diferenciados: los tecnificados de natación se distribuían en dos grupos con programas específicos según edad, uno con niños nacidos en 1998-1999 junto a niñas nacidas en 2000-2001 y el otro con niños nacidos en 2000-2002 junto a niñas nacidas en 2002-2003; el caso de waterpolo se fraccionó según el género, obteniendo así un grupo de waterpolo masculino y otro de waterpolo femenino. Para homogenizar la muestra, en el trabajo se optó por dividir el colectivo según su modalidad deportiva.

El primer lugar se realizó una estadística de la base de datos y de la muestra, empezando por las variables antropométricas y demográficas no modificables en el tiempo. Como se trata de un trabajo de comportamiento prospectivo, se analizaron, por un lado, las variables que son innatas del individuo o de sus condiciones propias y por otro lado, las variables relacionadas con la historia deportiva.

Entre las variables categóricas evaluamos el sexo. De los 72 sujetos que participaron en el estudio, el 43% son de sexo femenino y el 57% masculino. Podemos objetivar que la población es homogénea en relación a la variable de sexo pues los sujetos se distribuyeron por igual entre las dos modalidades deportivas, independientemente de su género. Gozlan¹²⁵ muestra un porcentaje similar en la población de nadadores que componen su trabajo pues 24 eran hombres (57% de su muestra) y 19 mujeres (43% de su muestra). Por otro lado Mc Master¹²², aunque sugiere en su trabajo que hay participantes de los dos sexos, la estratificación de sus grupos la realiza por edad, sin indicar el número de sujetos de cada sexo que componían cada uno de los segmentos de población que estudia.

En la variable “años de entrenamiento” se contabilizó el tiempo que cada uno de los deportistas llevaba practicando la modalidad deportiva concreta. Para homogeneizar el grupo estudiado, sólo se tuvo en cuenta los sujetos que se ejercitaban en la disciplina deportiva al menos 5 años previos al estudio. De la encuesta realizada se obtuvieron resultados que mostraban que los años de entrenamiento en esta disciplina ($6,7 \pm 1,3$ años de media) eran significativamente mayores desde el punto de vista estadístico que los que mostraban los jugadores de waterpolo ($5,8 \pm 1,6$ años de media) [$p=0,015$; prueba U de Mann-Whitney].

Si tenemos en cuenta el global de la muestra, los deportistas estudiados en este trabajo refirieron haber practicado sus respectivas modalidades deportivas una media de $6,7 \pm 1,3$ años de media, lo que se asemeja a las características de la población que Dalmitros¹²¹ utiliza en su estudio sobre nadadores adolescentes que llevaban practicando su deporte una media de $6,6 \pm 0,3$ años. Los resultados de las poblaciones en ambos trabajos se encuentran en un punto intermedio entre los recogidos por Zamparo¹²⁴ y Mc Master¹²², puesto que la media de años practicados por nuestra población y en la de Dalmitros¹²¹ se encuentran por encima de la referida para sus grupos por el primer autor, mientras que son inferiores a la del segundo en todos los rangos de edad estudiados. El primer autor, Zamparo¹²⁴, estudia jugadores de waterpolo comprendidos entre los 12 y los 16,5 años de edad y cifra la media de años de entrenamiento en 3,3 años para los más jóvenes y 4,8 años para los más veteranos de su grupo. Por su parte Mc Master¹²² estudia nadadores distribuyéndolos en dos grupos de edad, diferenciándolos a su vez por sexos. Así refiere que los integrantes del grupo de 13 – 14 años habían entrenado en esa modalidad deportiva las niñas una media de 8,1 años y los niños 7,1 años. En el grupo de adolescentes comprendidos entre 15 – 16 años la media de años de entrenamiento que refiere en su trabajo no varía en el caso de las niñas (8,1 años), mientras que muestra un incremento en el caso de los niños (8,5 años).

El entrenamiento de los jóvenes pertenecientes a la muestra del estudio (variable “tiempo de entrenamiento”), se compone de lo que hemos denominado “entrenamiento global” refiriéndonos a la rutina en la piscina, que abarca la faceta cardiovascular y la propia del gesto técnico, y al entrenamiento “exclusivo de fuerza”, que generalmente se realiza en gimnasio o lo que en el argot se denomina “en seco”, aunque ocasionalmente también puede realizarse en la piscina mediante la utilización de manoplas, aletas u otros elementos adicionales.

Los deportistas de nuestro estudio habitualmente entrenaron 5 días a la semana, aproximadamente 3 horas en piscina y 1 hora en gimnasio. Las medias de entrenamiento, si lo distribuimos por modalidades deportivas fueron 23,4 horas/semana en los nadadores y 22 horas/semana en los jugadores de waterpolo. El examen estadístico mostró que los 72 sujetos tecnificados realizaron las mismas horas de entrenamiento global [$p=0,113$; prueba U de Mann-Whitney].

Evidenciamos que la cantidad de horas de entrenamiento llega a doblar la cifra referida por Zaidi¹²⁰ en el grupo de nadadores que conforman su estudio, que practicaban durante 10 – 12 horas semanales o a las 8 – 12 horas/semana que correspondían al grupo de waterpolo del equipo nacional que nombra Marrin¹²⁶ en su trabajo. Sin embargo, las horas de entrenamiento de nuestros jóvenes deportistas son similares las 20 horas/semana que Gozlan¹²⁶ adjudica a su grupo de nadadores. Por otro lado, Mc Master¹²² cifra el entrenamiento en el total de yardas que los nadadores recorrían en un día, siendo 4800 en los sujetos de edades comprendidas entre 13 – 14 años y 7600 en los nadadores de 15 – 16 años. Haciendo un cálculo aproximado con la media que tarda un nadador de esas edades en realzar esa distancia, podemos decir que el primer grupo realizaba unas dos horas y media de entrenamiento, inferior a nuestros nadadores de la misma edad, y el segundo grupo unas tres horas y media, cifra muy aproximada a la de nuestro grupo de tecnificados.

El entrenamiento de fuerza en nuestro caso se realizó exclusivamente en el gimnasio, contabilizando aproximadamente una hora por cada sesión de entrenamiento, lo que suma unas cinco horas semanales. La similitud entre las dos modalidades deportivas se demostró estadísticamente [$p=0,324$; Prueba T Student]. Este entrenamiento “en seco” se muestra mayor que el que refieren los nadadores de la investigación de Dalamitros¹²¹, pues contabiliza unos 55 ± 10 minutos en cada sesión realizada, sólo 2 días a la semana. Marrin¹²⁶ también refiere estudiar la fuerza tras entrenamiento en el gimnasio de manera similar a la que nosotros realizamos, pero no expresa la cantidad de horas de este tipo de entrenamiento ejecutado por su grupo. Por su parte, Mc Master¹²² también estudia la fuerza de sus nadadores, pero el entrenamiento lo llevaba a cabo en la piscina, mediante la utilización de manoplas que aumentan la resistencia al agua, que no es tampoco comparable con la modalidad de entrenamiento de nuestra muestra.

5.1.2 Características demográficas, antropométricas y de madurez sexual de la población

La muestra de este estudio incluye a los deportistas tecnificados de la Federación Madrileña de Natación pertenecientes a los grupos de natación y waterpolo. Por lo tanto los integrantes son sujetos que se encuentran entre los 13 y los 17 años de edad cronológica.

Al tratarse de un estudio prospectivo en el que unos mismos sujetos fueron seguidos durante una temporada deportiva, sólo se tuvo en cuenta la diferencia que presentaban en la edad cronológica al principio de la investigación. Los nadadores mostraron una media de edad de $14,8 \pm 1,2$ años, mientras que en los jugadores de waterpolo la media se encontraba en $15,9 \pm 0,4$ años, mostrando una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos de edad [$p=0,001$; prueba t Student], siendo mayores los jugadores de waterpolo que los nadadores.

La mayoría de los autores que investigan sobre deportes de agua, mencionan el término “natación”, con lo que podemos suponer que no incluyen jugadores de waterpolo en sus muestras, que nosotros sí hemos incluido en nuestra población.

Una gran parte de los investigadores consultados, realizan estudios con sujetos que se encuentran en las primeras etapas de la adolescencia, como la población de Costa¹⁰⁸ que se encuentra entre 11 – 13 años, la de Mueller¹²⁷ entre 11 – 15 y la de Batalha^{128, 129} con una muestra con edades comprendidas entre los 14 – 15 años. Otros estudios como en el de Casas Rivero¹³⁰ se incluyen deportistas entre los 13 y 17 años y Gozlan¹²⁵ que estudia sujetos que se encuentran entre los 15 y 19 años, y además son deportistas de alto nivel pertenecientes a modalidades diversas como tenis, voleibol y natación.

Las principales características antropométricas analizadas en nuestro estudio son la estatura y el peso de los sujetos, además del índice de masa corporal (IMC), resultante de la relación entre las dos primeras variables enumeradas. La medición

de estos parámetros se realizó, en cada uno de los sujetos, en tres momentos de la temporada, coincidiendo con la toma trimestral de datos general del estudio.

La media de la estatura muestra un comportamiento similar a lo largo de toda la temporada en las dos modalidades deportivas estudiadas. Aunque aparentemente los jugadores de waterpolo puedan parecer más altos que los nadadores, las diferencias entre ambos grupos no son estadísticamente significativas. Las medias globales de la estatura de nuestra muestra fueron $172,9 \pm 8,3$ cm en el primer trimestre, $173,5 \pm 8,3$ cm en el segundo y $174 \pm 8,5$ cm en el tercero, que son muy similares a las poblaciones de Bae¹³¹ con una media estatura de $176 \pm 3,7$ cm y al grupo de nadadores que Batalha⁹⁵ utiliza en su estudio que muestran una media de estatura de 173 ± 6 cm.

El análisis de la media del peso de nuestra población nos arroja una diferencia significativa siendo mayor los resultados obtenidos en los jugadores de waterpolo que en los nadadores. Estas diferencias se mantienen a lo largo de toda la temporada [$p < 0,01$, $p < 0,002$ y $p < 0,01$ en cada uno de los trimestres respectivamente; prueba t de Student]. Si estudiamos las medias del peso de nuestra población de manera global encontramos unos valores en los tres trimestres de la temporada de $63 \pm 9,1$ Kg, $64,1 \pm 9,1$ Kg y $64,8 \pm 9,3$ Kg respectivamente, que se asemejan, al igual que lo hacen las medias de estatura, a los nadadores de Batalha⁹⁵ que presentan una media de peso de $63,1 \pm 7$ Kg, aunque se muestran algo inferiores a las descritas por Bae¹³¹ en su población con medias de $73,4 \pm 6$ Kg.

El índice de masa corporal (IMC) es la relación entre la talla y el peso del individuo ($\text{peso}/\text{estatura}^2$). Así pues, en nuestra muestra es lógico pensar y de hecho se corrobora con el análisis estadístico, que existen diferencias entre las dos modalidades deportivas estudiadas. Los jugadores de waterpolo muestran un IMC superior a los nadadores, circunstancia que se mantienen a lo largo de la temporada [$p = 0,022$; $p < 0,002$ y $p < 0,01$ en los tres trimestres de la temporada respectivamente; prueba t de Student].

Para el estudio del desarrollo madurativo se utilizaron las escalas que describieron Marshall^{100, 101} y Tanner⁹⁹ en sus estudios de maduración sexual a través

de la observación de los caracteres sexuales secundarios. Se solicitó a cada participante una autopercepción de su situación evolutiva, de vello púbico en ambos sexos, desarrollo genital en hombres y desarrollo mamario en mujeres, cada vez que acudieron al reconocimiento trimestral del estudio. Este método de autopercepción es utilizado por autores como Gómez Campos¹³² o Lloyd¹³³ ya que, aunque puede generar una sobreestimación en los niños o una infravaloración en las niñas, ha demostrado ser reproducible y fiable.

En nuestro estudio se destaca que los cambios en el desarrollo madurativo de los genitales en los niños y de las mamas en las niñas tuvieron lugar primordialmente en el primer trimestre de la investigación hasta el inicio del tercero y se mantuvieron sin variación hasta el final de la temporada. El vello púbico, parámetro que comparten ambos sexos, aumentó durante todo el periodo de estudio, llegando a los niveles de máximo desarrollo, en más del 70% de los deportistas, a finales del tercer trimestre.

5.2 ESTUDIO DE LOS RESULTADOS DE TERMOGRAFÍA.

La termografía infrarroja es una herramienta que puede ser utilizada en medicina para el análisis de funciones fisiológicas relacionándolas con el control térmico de la piel. Se trata de una técnica no invasiva similar a la toma de una fotografía de un sujeto, y puede considerarse inocua pues no son necesarias radiaciones ionizantes para su funcionamiento⁷⁴. Se utiliza para detectar y localizar incrementos o descensos de la radiación infrarroja de la piel que se pueden relacionar con la distribución de la temperatura de una determinada región anatómica⁶².

Al tratarse de una técnica de medición de la temperatura de la piel a distancia, pueden concurrir ciertas circunstancias intrínsecas o extrínsecas al sujeto estudiado que alteren las mediciones realizadas, pues son capaces de influir en la exactitud y precisión de las lecturas a partir de las imágenes térmicas obtenidas. Para reducir los posibles errores y aumentar la precisión y exactitud de las mediciones de temperatura, en nuestro estudio tenemos en cuenta las consideraciones dispuestas

en los protocolos desarrollados e implementados en diversos estudios por Ammer⁵³ y su grupo de investigación de la Universidad de Glamorgan^{53, 62}.

Las principales causas ajenas al sujeto que pueden determinar alteraciones en los datos recogidos son las fluctuaciones en la humedad o temperatura ambiente de la sala de toma de datos. En nuestro estudio la humedad de la sala se mantuvo estable en cada periodo de recogida de datos, oscilando entre $44,6\% \pm 5,9$ en el primer trimestre y $42,9\% \pm 4,9$ del tercero. A pesar de la homogeneidad en nuestras mediciones, se encuentra elevada respecto de las recomendaciones de Hildebrandt⁷⁴ que en su trabajo mantiene la sala con una humedad relativa de 35 - 38%. Por otro lado, la temperatura media durante la adquisición de imágenes fue de $23,8 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ en el primer trimestre, $23,6 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ en el segundo y $23,8 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ en el tercer trimestre, lo que también muestra unos valores de temperatura estable, ligeramente más elevados de los recomendados por Garagiola¹³⁴ en 1990 que sugería una temperatura de 21°C , pero similares a los propuestos por Hildebrandt⁷⁴ en su estudio de lesiones deportivas en esquiadores y por Riquet¹³⁵ que en su trabajo de seguimiento de recuperación del tejido cicatricial comprobado por termografía infrarroja, indica como óptima una temperatura media de 22°C . Así mismo nos encontramos dentro de los márgenes establecidos por Korman¹³⁶ que recomienda el mantenimiento de una temperatura de la sala en un rango entre 18 - 25°C en la realización de imágenes termográficas en deportistas, como también lo hacen Ammer⁵³ y Ring⁶² en sus estudios de protocolización de las imágenes infrarrojas.

Otras variables de influencia, pero éstas más dependientes del propio sujeto estudiado son la realización de actividad física en momentos previos a la adquisición de datos, haberse duchado, aplicado gel o sprays, ingesta de alimentos, cafeína, fármacos, tabaco o alcohol. En nuestra investigación, como recomiendan Korman¹³⁶, Ammer⁵³, Ring⁶² o Riquet¹³⁵ en sus estudios previamente mencionados, solicitamos a los deportistas que cumplimentasen un cuestionario para descartar aquellos que hubieran incurrido en alguna circunstancia que pudiese alterar los resultados, como haber ingerido alimentos o café en las dos horas previas, haber realizado entrenamiento en las cuatro horas anteriores a la toma de imágenes, presentar fiebre o haber recibido tratamiento con crioterapia o masoterapia el mismo día de la medición. Así mismo se les interrogó sobre el uso de lociones o

cremas aplicadas previamente al momento de la captura de imagen termográfica (anexo 6).

Para la toma de imágenes infrarrojas, en el presente estudio se utilizó una cámara similar a la empleada por Riquet¹³⁵ en su trabajo de 2016, que tiene una alta resolución y con una paleta de color arcoíris que facilita la posterior visualización de las imágenes obtenidas.

Previamente a la exposición ante la cámara y siguiendo las recomendaciones de Ring¹³⁷, para una correcta adquisición de imágenes infrarrojas en su utilización en el campo de la medicina, y con el fin de evitar posibles vasoconstricciones y evaporaciones, los sujetos tuvieron un periodo mínimo de 10 – 15 minutos de aclimatación en la sala de toma de muestras.

Tras la calibración automática de la cámara utilizada, siguiendo las especificaciones del fabricante y, de nuevo, las recomendaciones de Ring entre los autores consultados sobre la técnica de adquisición, se realizó la toma de imágenes infrarrojas, situando al sujeto a 2 metros del objetivo, distancia media entre los 2,5m que recomendaba Garagiola¹³⁴ en su estudio de 1990 con equipos menos precisos que los actuales, y el 1 o 1,5 metros que propone Korman¹³⁶ en su estudio donde discute las bases fisiológicas de la termografía y su aplicación en el entorno deportivo. Se escogió la posición en bipedestación, pero en vez de mantener los miembros superiores en una posición neutra como Leal Brioschi¹⁵⁵ aconseja en su metodología, se optó por disponer los brazos en rotación externa y antebrazos en supinación similar a la posición anatómica aunque con los cuatro últimos dedos de las manos flexionados para un mayor confort de los sujetos y teniendo en cuenta que en nuestro estudio no se realizaría la evaluación de las regiones distales sino las zonas correspondientes al complejo articular del hombro.

A pesar de que en las conclusiones de Zaproudina¹³⁸ se deduce que las diferencias encontradas en su trabajo de termografía con dos observadores se debían, no a los dos observadores en sí, sino a la toma de imágenes en dos días diferentes, para minimizar los sesgos en nuestro trabajo la captura de infrarrojos siempre la realizó un mismo observador, entrenado y con profundos conocimientos

de Anatomía Humana, tal y como se menciona en las recomendaciones de Korman¹³⁶.

La termografía es una técnica relativamente moderna que se está abriendo paso en campos como el deportivo o incluso en el sector de la medicina, pues hay autores como Nazarian²⁴ que, con sus investigaciones, pretenden desde hace años mostrarla como una técnica alternativa o al menos complementaria a otro tipo de métodos diagnósticos de imagen, como la resonancia magnética o el ultrasonido. Dentro del amplio ámbito de la patología, investigadores como Park¹³⁹, McCreesh²⁹ o Corroller²⁵ nos muestran a través de sus publicaciones la utilidad de esta técnica para el estudio de la misma región que la escogida en nuestro estudio, el hombro, ya sea en relación a síndrome de atrapamiento como describen los dos primeros, incluso contrastando los resultados con artroscopia como describe Park¹³⁹, o el hombro doloroso en general como explica Corroller²⁵. Fuera de esta región anatómica también es abundante la literatura en la que se manifiesta su utilidad, en patologías tan diversas como la distrofia simpático refleja, explicada por Huygen¹⁴⁰, quien propone su uso para diagnóstico temprano de este tipo de trastornos, o patología arterial periférica, incluso antes que con técnicas convencionales, descrita en los trabajos de Huang⁶⁵. También aprecian su utilidad Pichot⁶⁸ o Badza¹⁴¹ en el síndrome miofascial y termorregulación muscular, donde se describe un aumento de la temperatura de 1 o 2°, a diferencia de lo que ocurre en los trastornos neuropáticos, que muestran un descenso de temperatura.

Al contrario que los autores descritos previamente, el registro de los datos termográficos de nuestra población no tuvo como objeto el diagnóstico de patologías o sobrecargas en la regiones estudiadas, sino realizar, como confecciona Hildebrandt⁷⁴ en su estudio donde indica la utilidad de la termografía en la medicina deportiva, un mapa termográfico de las regiones anterior del tronco y anterior y posterior de ambos hombros, de cada uno de los participantes a lo largo de una temporada deportiva. Coincidimos con este autor, aunque en el desarrollo de nuestro estudio no hayamos encontrado diferencias significativas, en su afirmación de la necesidad de realizar un control previo en los sujetos para, a partir de esos datos, poder analizar las diferencias y asimetrías que pudieran aparecer. En esa misma línea Ramos¹⁴² ratifica que crear un banco de datos específico por deporte

puede resultar conveniente para poder utilizar la termografía como herramienta, apoyando lo que concluye Sillero¹⁴³ en sus trabajos, para el control del entrenamiento deportivo, así como para identificar riesgos y como medida de prevención y monitorización de lesiones deportivas. Uno de los avances más importantes que apuntan estos autores es la protocolización de las temperaturas cutáneas corporales normales y no patológicas por regiones anatómicas, evidenciando el cambio térmico, a través de la comparación entre un miembro superior o inferior con su contralateral. De esta manera, como refiere Uematsu¹⁴⁴, mediante la captación de asimetrías térmicas de 0,5°-1°C en un 25% del área estudiada, se llegan a conclusiones más objetivas.

En este mismo sentido, y centrando la atención sobre el uso de la termografía en el ámbito de los deportes acuáticos, Zaidi¹²⁰ realizó una distribución cartográfica-termal de los diferentes estilos de natación en un sujeto con características de entrenamiento similares a nuestra población, pero difiriendo de nuestro estudio en el momento de la toma de datos que refiere realizarla inmediata a la finalización del entrenamiento, mientras que nuestros deportistas fueron medidos al menos cuatro horas después. Formenti¹⁴⁵ concluyó en su trabajo que se puede utilizar la termografía como medio para comprobar una mejor adaptación al entrenamiento, pues halló una mejor respuesta, con aumento más rápido de la temperatura corporal tras el entrenamiento, en las deportistas de natación sincronizada más entrenadas frente a las menos entrenadas dentro de la muestra de su estudio. Otros autores como Novorthy¹⁴⁶ en bracistas, Domingues^{147, 148} en crol o espalda, captaron imágenes termografías de nadadores, también al finalizar el entrenamiento, mostrando su interés en comprobar el comportamiento de los músculos implicados, sin encontrar diferencias entre las técnicas de nado estudiadas. Aunque utilizando el mismo tipo de población de deportistas acuáticos, las diferencias fundamentales de nuestro estudio frente a todos estos autores derivan de propósito del mismo, pues la investigación se basó en buscar comparaciones entre la termografía y la técnica de imagen ultrasonográfica a lo largo de una temporada en realización al trabajo específico de fuerza que desarrolla la musculatura del complejo articular del hombro, y no en encontrar diferencias entre las especialidades estudiadas.

Chudecka¹⁴⁸ estudió una población de deportistas que practicaban voleibol, similar en su gesto técnico a nuestros sujetos pues las tres modalidades necesitan elevar el miembro superior por encima de la cabeza, y comprobó que las áreas anteriores-frontales de las capturas son mejores para la evaluación dinámica de los cambios de temperatura, obteniendo resultados mayores de temperatura media en esas áreas que en las posteriores-dorsales. Nuestros resultados se muestran algo contradictorios puesto que se diferencian de los hallazgos de Chudecka¹⁴⁸ en las dos primeras áreas, sin embargo muestran una similitud de tendencia en las áreas del hombro: las temperaturas medias correspondientes a las áreas A1-anterior y A2-anterior estudiadas, que corresponden a la zona de inserción esternal de los músculos pectorales mayores derecho e izquierdo respectivamente son menores que las obtenidas para la parte posterior del tronco, A1-posterior y A2-posterior que se corresponden con la región descendente del músculo trapecio y la inserción escapular del supraespinoso, aunque las diferencias encontradas no son estadísticamente significativas; las áreas A3-anterior y A4-anterior, correspondientes a la cara anterior de la articulación del hombro muestran unas temperaturas medias superiores a las áreas A3-posterior y A4-posterior que se corresponden con la cara posterior de la articulación del hombro, excepto en la cara posterior del hombro derecho en (A3-posterior) en los sujetos zurdos donde se encontraron temperaturas más elevadas que en el área frontal correspondiente.

En relación a la lateralidad y su relación con las variables termográficas con respecto a la lateralidad y se quiso analizar, si la dominancia de un miembro superior determinado influía en la temperatura, concluyendo, que en ninguna de las cuatro variables hubo diferencia entre los distintos patrones de lateralidad durante el año [$p > 0,05$; ANOVA]. A diferencia que estudios como los de Chudecka¹⁴⁸, que obtuvo 0,5°C por encima en el miembro dominante tras finalizar el trabajo físico.

Este mismo autor, Chudecka¹⁴⁸, indica en su trabajo que existe una fuerte correlación entre el consumo de oxígeno, la adaptación al entrenamiento y el aumento de temperatura corporal en miembros superiores, de la misma manera que describe Debiec-Bak¹⁴⁹ en sus estudios comparativos entre futbolistas y voluntarios no deportistas, pues los primeros presentaban una mejor respuesta térmica tras un

protocolo de crioestimulación, pero los datos de temperatura obtenidos se igualaban en todos los sujetos después de transcurridos 30 minutos.

En nuestro estudio no hemos podido comprobar la mejor adaptación entre unos sujetos y otros pues la medición de la temperatura, como ya hemos apuntado con anterioridad, se realizó al menos cuatro horas después del entrenamiento. Si tenemos en cuenta los resultados a lo largo de la temporada, resulta paradójico en relación a lo que argumentan ambos autores en relación a la mejor adaptación de los sujetos entrenados, puesto que hemos obtenido resultados de mayor temperatura media en todas las áreas en la segunda medición (segundo semestre de la temporada), mientras que descienden estas temperaturas medias en la tercera toma (tercer trimestre de la temporada) siguiendo el mismo tipo de entrenamiento, aunque no llegan a los niveles de la toma al comienzo del estudio.

5.3 ESTUDIO DE LOS RESULTADOS ECOGRÁFICOS

El rendimiento de la ecografía musculoesquelética como técnica diagnóstica está fuera de toda duda. Como muchos autores destacan, las principales ventajas de este método radican en su alta disponibilidad y bajo coste, así como la capacidad de ofrecer imágenes de alta resolución sin utilizar radiaciones ionizantes y posibilidad de realizar una evaluación dinámica del aparato locomotor. Autores como Corazza¹⁹ incluso afirman que la eficacia de este método como medio diagnóstico de las patologías del hombro puede ser similar a estudios con resonancia magnética.

Si centramos nuestra atención en el complejo articular del hombro, área en donde se basa este estudio, nos encontramos con varios inconvenientes. El primero es la disparidad de criterios de los investigadores en la elección de los músculos y las regiones concretas para la toma de medidas, que iremos confrontando al relacionar los resultados obtenidos en cada uno de los músculos y espacios investigados. Otra de las desventajas registradas se trata de la posible existencia de un sesgo operador – dependiente. En este sentido, y refiriéndose al complejo articular del hombro, Pijls³⁴ afirma, en su trabajo de confrontación en un estudio ciego entre dos operadores, no encontrar correlación entre las mediciones de un operador experimentado frente a uno sin experiencia y remarca la importancia de la

experiencia del observador, sobre todo en pacientes con patología. Conroller²⁵ también estudia la variabilidad interobservador en estudios ecográficos del hombro encontrando poca variabilidad en la medida del espesor global del manguito de los rotadores, pero una gran variación en los datos sobre el espesor parcial e intratendinoso de dicha estructura. Para reducir este sesgo, este mismo autor aconseja seguir un protocolo en la lectura ecográfica de todas estas medidas. En nuestro caso y para evitar este sesgo operador – dependiente, además de seguir un protocolo estricto, tanto en la posición del sujeto como en el lugar y orden de medición de las estructuras del hombro, todas las medidas fueron tomadas por una misma persona, autora de esta Tesis Doctoral, con más de ocho años de experiencia como operadora de ecografía musculoesquelética en el ámbito del deporte de Alto Nivel.

El componente muscular del complejo articular del hombro es muy amplio, y para acotar nuestro estudio escogimos aquellos músculos que realizan las rotaciones de la articulación glenohumeral sobre el eje longitudinal del húmero y que por su ubicación fuesen accesibles desde el punto de vista ultrasonográfico y termográfico. Como potente rotador interno escogimos al músculo pectoral mayor. Este es un músculo con amplias inserciones en el tronco y cintura escapular (inserciones clavicular, esternal y abdominal) que se dirige hacia el húmero para terminar insertándose en la tuberosidad mayor y su cresta. Es en esta última inserción, la humeral, donde se encuentra la unión miotendinosa del músculo y, por lo tanto, donde mayor número de lesiones concurren. Esto hace que sea la región del músculo más estudiada por autores relacionados con la cirugía ortopédica y traumatología como Lee⁴⁶ que compara los datos ultrasonográficos con los quirúrgicos tras reparación de avulsiones del tendón, o Carey⁴⁵ que describe anatómicamente el tendón y su localización vertical con referencia a la tuberosidad mayor para su corrección quirúrgica. Otros autores como Koo⁴⁴ describen la utilidad de la técnica de ultrasonidos para comprobar con mediciones objetivas el resultado de un tratamiento quiropráctico en las lesiones del hombro. De Figueiredo⁴⁷ en su estudio anatómico en cadáveres, además de describir la inserción humeral corroborando los trabajos de Carey, realiza mediciones sagitales y transversales de los ejes mayores del músculo. Hay autores que realizan estudios del músculo en diferentes localizaciones, como es el caso de Grechenig¹¹⁹ quien realiza un estudio

anatómico mediante ecografía en cadáveres, voluntarios sanos y pacientes con alteraciones de los músculos pectorales, tomando como referencia el borde axilar situando el transductor longitudinal a las fibras hacia la apófisis coracoides para posteriormente situarlo paralelo a la clavícula, por último en dirección hacia las inserciones abdominales.

En nuestro estudio se registró el grosor del músculo, realizando las mediciones a dos centímetros de la inserción esternal del músculo, en la región que se corresponde con el punto medio de la altura del esternón y al cuarto arco costal. La posición escogida para el paciente fue la sedestación, utilizada también en el resto de las mediciones y con el brazo a lo largo del tronco con una posición neutra con el fin de no forzar las rotaciones humerales. El propósito del trabajo no fue testar patologías musculares, sino obtener medidas del grosor muscular a lo largo de una temporada deportiva e intentar relacionar posibles cambios, si se presentaran, con el entrenamiento físico al que es sometido nuestra población. Una investigación similar la realizó Mangine⁴⁸ quien estudió diversas variables de entrenamiento en relación al trabajo de resistencia mediante aumento de volumen versus aumento de intensidad de carga. Entre los diversos métodos utilizados por el autor encontramos la medición ultrasonográfica del músculo pectoral mayor del hombro dominante próxima a su inserción esternal, igual que en nuestro trabajo, pero difiriendo del mismo en la posición utilizada por el paciente, decúbito supino y abducción de hombro y en los parámetros obtenidos, que en su caso fue el área del músculo mientras que en el nuestro fue el grosor.

En nuestro estudio prospectivo las medias de las mensuraciones ultrasonográficas en los tres trimestres en los que se dividió la temporada deportiva fueron $0,48 \pm 0,09$ – $0,52 \pm 0,08$ – $0,47 \pm 0,07$ para el hombro dominante y $0,46 \pm 0,07$ – $0,53 \pm 0,09$ – $0,48 \pm 0,07$ para el no dominante. Como se puede comprobar se produce un aumento del grosor muscular entre el primer y segundo semestre, descendiendo en el tercero, pero sin llegar a los niveles de la primera medición, siendo todas esas variaciones estadísticamente significativas [$p < 0,001$; ANOVA para medidas repetidas]. Se podría aseverar que el trabajo de entrenamiento realizado durante el primer y parte del segundo trimestre pudo producir un aumento en el grosor de la inserción esternal del pectoral, que no ocurrió al final de la temporada. Por eso, se

podría indicar que no tiene relación con el crecimiento, puesto que si este factor influyera, las medidas en el grosor de este músculo obtenidas en el último trimestre hubieran continuado una progresión ascendente. Estos resultados son otra de las coincidencias entre nuestro estudio y el trabajo de Mangine⁴⁸, que refiere un aumento del área del músculo pectoral con el entrenamiento de fuerza, aunque no reporta descenso posterior al cese del entrenamiento.

Las mediciones del tendón del supraespinoso pueden realizarse, como Karthikeyan¹⁵⁰, siguiendo su eje longitudinal o en el eje transversal a dicho tendón como realizamos en este estudio y comparable a los trabajos de Corazza¹⁹, Gil¹⁵¹ y Leong¹⁵², aunque a diferencia de estos autores, nuestra población adolescente muestra una gran variabilidad morfológica de las estructuras inmaduras que hacen que decidamos incluir en la medición el total del cartílago hialino articular de la cabeza humeral, circunstancia que hay que tener en cuenta a la hora de comparar nuestro trabajo con los distintos autores consultados. Así, nuestras medidas (0,71 cm) son similares a las encontradas por Leong¹⁵² en población sana (0,69cm) y se encuentran en un rango intermedio entre las encontradas por este mismo autor en deportistas de voleibol (0,9cm) y Benítez¹⁵³ (0,61cm) que las obtiene en deportistas de diferentes especialidades y utilizando el área de sección transversal del músculo.

Para valorar el espacio subacromial se pueden utilizar las medidas de la distancia acromion – tuberosidad mayor del húmero (DAT) y distancia acromio – humeral (DAH). En referencia a la DAT encontramos que Cholewinky⁴⁰ y Leong¹⁵² obtienen unas medidas en población sana no deportista de 2,27cm y 2,2cm respectivamente. Las medidas obtenidas en población deportista de edad adulta son de 2,2cm por Kumar³⁹, 2,1cm por Benítez¹⁵³ y 2,4cm por Leong¹⁵², quien apunta que resultados por encima de los 2,39cm pueden ser indicativos de riesgo aumentado de síndrome subacromial o “*impingement*”. En nuestra población hemos hallado valores muy por encima de los citados autores, pues en el hombro dominante las medidas fueron 2,67cm, 2,76cm y 2,71cm en los tres momentos de la temporada. En contra de lo apuntado por Leong ninguno de nuestros deportistas presentaban signos clínicos de patología, pero la disparidad de medidas de nuevo puede ser debida al estado de maduración incompleta del húmero de alguno de los sujetos de nuestra muestra

que obligó a tomar como referencia la porción de la tuberosidad mayor más alejada del acromion.

Las medidas de la DAH son consideradas, por autores como Duerr³⁶ y Desmeules³⁵, mejores, más fiables y sensibles que la DAT, tanto en pacientes sanos como en patología subacromial, pues en la DAT la desaparición de la tuberosidad mayor en la abducción del hombro dificulta la correcta medición. Duerr, como White¹⁵⁴, cifran la DAT en sujetos sanos en 0,9cm mientras que Desmeules lo hace en 0,86cm, medidas algo inferiores a nuestra población de jóvenes deportistas donde se observaron valores de 0,98cm, 0,97cm y 0,97cm en los tres momentos de la temporada, en el rango de los autores que estudian deportistas como son Benítez²⁷ con medidas de 0,8cm y Maenhout³¹ con valores de 1,25cm en deportistas adultos de balonmano.

Siguiendo las recomendaciones de la Sociedad Europea de Radiología Musculoesquelética (Martinoli³⁰), se realizaron las mediciones del músculo infraespinoso en sedestación con aducción de brazo y codo flexionado, con la mano del miembro estudiado reposando sobre el hombro contrario. Los valores obtenidos medios obtenidos en el hombro dominante fueron de 1,09cm, menores que las obtenidas por Koppenhaver⁴¹, pero no comparables pues dicho autor realiza la medición con el sujeto en decúbito prono, brazo en abducción y codo flexionado.

Las medidas observadas para el vientre muscular del supraespinoso no son comparables a las halladas en los trabajos de los autores consultados. Aunque se parte de un mismo protocolo de medición, Benítez valora el área muscular, Nielsen¹⁵⁵ y Strobel¹⁵⁶ utilizan una escala de grises para cuantificar la atrofia grasa, mientras que en nuestro trabajo obtenemos medidas de diámetro transversal y longitudinal del músculo.

La mayor parte de los autores que correlacionan las técnicas de ultrasonografía y captación de imágenes infrarrojas las utilizan en situaciones patológicas como Shih² en el mixedema pretibial de la enfermedad de Graves, Oya¹ en extravasación del líquido tras cateterización periférica y Miller⁷⁶ para realizar comparativas con mamografías en el cáncer de mama. En el aparato locomotor han

sido utilizadas por Lasanen⁶⁴ para despistaje o *screening* de enfermedad articular inflamatoria o Gomes en lesiones del manguito rotador del hombro. Nuestro estudio sólo utiliza sujetos sanos y sin patología del aparato locomotor y se halla una correlación positiva en el pectoral derecho, es decir, cuando aumentaba de grosor, aumentaba la temperatura [$p < 0,05$; Coeficiente de correlación de Pearson $r=0,25$ y $r=0,26$, para el primer y segundo trimestre], mientras que la región del pectoral mayor izquierdo, se comportó de forma inversa, a mayor grosor, menor temperatura [$p < 0,01$; Coeficiente de correlación de Pearson $r= - 0,24$ y $R = - 0,28$, para el primer y segundo trimestre].

5.4 ESTUDIO DE LOS RESULTADOS DE ISOCINÉTICOS

Aunque la mayoría de los autores que estudian la fuerza en niños utilizan las contracciones isométricas, la dinamometría isocinética puede ser una herramienta para valorar la fuerza en estas poblaciones y además se muestra como un método fiable y reproducible en varios estudios que realiza De Ste. Croix¹⁵⁷ en poblaciones con edades comprendidas entre los 10 y los 14 años, muy similar en edad a la de nuestra investigación. Este mismo autor refiere que aunque no puede valorar gestos deportivos de la mayoría de los deportes, la dinamometría isocinética ofrece información objetiva de valores de fuerza. Schneider¹⁵⁸ además comenta que en los nadadores este tipo de valoraciones son las más adecuadas pues se asemejan al gesto propio de su modalidad. Tanto Barretti¹⁵⁹ en adultos como Stickley¹⁶⁰ en adolescentes, comprueban en sus estudios la fiabilidad del dinamómetro Biodex System® para la valoración de la musculatura rotadora del hombro en deportistas.

Una de las primeras cuestiones que hay que tener en cuenta al realizar valoraciones de fuerza con métodos isocinéticos es la elección de la postura del sujeto, pues como afirman Keating¹⁶¹, Ellenbecker¹⁶² y Radaelli¹⁶³ puede influir en los valores que se obtienen, aunque Lorren¹⁶⁴ apunta que la mejor posición para obtener óptimos resultados será la más confortable para el sujeto.

Son múltiples los aparatos y posturas que se han utilizado para la valoración del complejo articular del hombro. Así Dvir⁸² describe posiciones, forma de

estabilización del sujeto y corrección de la gravedad como son en bipedestación, decúbito supino o lateral y sedestación. Además, como la articulación glenohumeral permite múltiples movimientos, también se puede elegir el par de fuerzas a testar de un determinado movimiento. La mayoría de los autores, como en este trabajo, escogen el movimiento de rotación interna y externa del húmero pues es en los músculos implicados en este movimiento donde hay más prevalencia de lesiones, sobre todo en el ámbito deportivo.

Aunque Ellenbecker^{162, 165-167} en sus estudios utiliza distintas posiciones del sujeto con el hombro en varios grados de abducción y flexión y Meeteren¹⁶⁸ cuestiona la postura óptima, parece que la posición funcional situando el brazo a 45° de abducción y alrededor de 30° de flexión, con el codo flexionado a 90° y posición neutra de pronosupinación, es la más aceptada por la mayoría de los autores, incluyendo Davies¹⁶⁹, Perrin^{81, 170} y Dvir⁸², que la proponen como la posición más fisiológica. Incluso Codine¹⁷¹, Edouard¹⁷² y Stickley¹⁶⁰ añaden que dicha postura no produce malestar ni dolor a los sujetos, también afirman que es óptima pues la estabilización hace que se minimicen las compensaciones de grupos musculares sinérgicos. Esta última postura, adaptada al equipo de Biodex System Pro, es la utilizada en este estudio por ser la de mayor consenso y teniendo en cuenta nuestra población de deportistas adolescentes. El eje longitudinal del húmero coincide con el del dinamómetro, utilizando, igual que Meeteren¹⁶⁸ en sus trabajos, el olécranon como punto anatómico de referencia.

No hay consenso entre los autores de la literatura consultada en el rango de movimiento valorado, pues Ellenbecker¹⁶⁷ utiliza 90° RI/65° RE, Olivier¹⁷³ 40°RI/50°RE y Edouard¹⁷² 30°RI/40°RE. En nuestra investigación analizamos en 90°, con 45° de rotación interna y 45° de rotación externa tomando como referencia la posición anatómica (0°).

La modalidad de ejercicio isocinético aplicada en nuestro protocolo fue concéntrica – concéntrica en consonancia con Olivier¹⁷³, Rupp¹⁷⁴ y Gozlan¹²⁵. Aunque el ejercicio concéntrico – excéntrico pueda ajustarse más al gesto deportivo como explican Dvir⁸² y Ellenbecker¹⁶⁷, investigadores como Meeteren¹⁶⁸ y de De Ste.

Criox¹⁷⁵ apuntan que puede ser lesivo sobre un esqueleto inmaduro y la modalidad concéntrica – excéntrica no ha sido bien tolerada en nuestra población.

La velocidad angular de 60°/s es la escogida en este trabajo basado en las conclusiones de Meeteren¹⁷⁶, que aunque afirma que la selección de la velocidad puede ser arbitraria, apunta que las velocidades bajas se relacionan con la contracción máxima voluntaria, además Mc Master¹⁷⁷ refiere que son mejores estas velocidades para apreciar los desequilibrios musculares y Leong¹⁵² concluye que ofrecen mediciones más sensibles y con menos artefactos que las velocidades altas.

La variable isocinética analizada en nuestro estudio es el *peak torque* pues según exponen autores como Dvir⁸² o Perrin¹⁷⁰ es la mejor variable para medir de una manera objetiva la fuerza muscular. Además es la variable escogida por Lorren¹⁶⁴ en su trabajo cuando realiza comparaciones en un mismo sujeto valorado en varias ocasiones.

En el par de fuerzas estudiado en nuestra investigación, la rotación interna y externa de hombro, la fuerza predomina en el primer movimiento frente al segundo, como lo ratifican autores como Shklar¹⁷⁸ y Perrin⁸¹ en sus investigaciones en adultos o Huang¹⁷⁹ en jóvenes deportistas prepúberes o Mc Master¹²² en sus trabajos con nadadores. Incluso Mayer cuantifica esta diferencia afirmando que la RE tiene un 60 – 80% de la fuerza de RI. Estos hallazgos son similares a los encontrados en nuestra investigación en la que obtenemos valores de *peak torque* para la RI de 29,5Nm-30,9Nm-28,4Nm (en los tres trimestres respectivamente) y para la RE de 18,2Nm-19,5Nm-19,4Nm (también en los tres trimestres).

Por otro lado nuestra los datos obtenidos en nuestra investigación difieren algo de los encontrados por Batalha⁹⁵ pues en su trabajo existe un incremento de la fuerza a lo largo de la temporada, mientras que en la nuestra hay un aumento entre la primera y segunda medición, tanto en la RI como en la RE, descendiendo en la tercera, sin llegar a los niveles del inicio del trabajo, en el caso de la RI, pero por debajo de los mismos, en el caso de la RE, siendo esos cambios, estadísticamente significativos [$p < 0,001$; ANOVA]. Este incremento parece ser debido más a las horas de entrenamiento global a la semana que a las horas de entrenamiento específico de

fuerza, aunque este dato no puede ser contrastado con Bathala⁹⁴ pues no indica qué tipo de entrenamiento siguieron los participantes en su estudio.

Algunos autores nos exponen los resultados del *peak torque* sin indicar la diferenciación de los mismos por sexos, así Stickly¹⁶⁰ señala que en un ejercicio concéntrico, a la velocidad angular de 60°/s obtiene valores para la RI de 20,5 Nm y para la RE de 14,5 Nm, valores inferiores a los obtenidos en nuestra investigación, pero inferiores a los de Franceschini¹⁸⁰ que por su parte, en la misma velocidad angular pero sin especificar el tipo de ejercicio, obtiene valores mucho mayores, con una RI de 57Nm y una RE de 35,5, aunque en una población de adultos que practicaban voleibol lo que puede provocar esta disparidad de resultados. En una población mixta de nadadores adultos, pero distribuyéndola por sexos, Gozlan¹²⁵ obtiene unos valores del *peak torque* a la velocidad angular 60°/s de 50,4Nm para la RI y 23,3Nm para la RE en los hombres y 29,6Nm para la RI y 13Nm para la RE en mujeres, valores de nuevo por encima de los de nuestra población y que podrían ser explicados por la diferencia de edad de los sujetos.

No se encontraron en la literatura muchos estudios que relacionasen variables de medición ultrasonográfica con trabajos de valoración de fuerza, no obstante, entre las investigaciones realizadas en deportistas resalta White¹⁵⁴ quien comprobó que el trabajo isométrico de RE a 45° de abducción de la articulación glenohumeral producía una disminución del DAH, circunstancia que no ocurría en el trabajo isométrico de RI ni el trabajo de ambos rotadores en posición neutra del hombro. Por su parte Leong¹⁵² concluyó en un estudio con jugadores de voleibol que la mayor DAT se correlacionaba positivamente con unos valores mayores de RE hallados con dinamometría isocinética, y con menos signos de sobrecarga articular, incidiendo importancia que pudiera tener un buen tono de la musculatura RE para estabilizar la cabeza humeral. En el mismo sentido, pero en el movimiento contrario, en nuestro estudio encontramos una correlación positiva entre las medidas de la sección transversal de la medición del eje corto del músculo supraespinoso con el *peak torque* de la RI en ambos hombros, indicando que a mayor tamaño muscular, mayor *peak torque* en esta rotación.

CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. El grupo de jugadores de waterpolo que entrena en el Centro de Especialización de Tecnificación Deportiva de natación de la Comunidad de Madrid es de mayor edad y peso corporal que el grupo de natación. Ambos colectivos llevan practicando su modalidad los mismos años con la misma carga de entrenamiento.
2. Al tratarse de deportistas jóvenes en edad de crecimiento, se encontraron cambios en los caracteres sexuales secundarios de algunos individuos a lo largo de la temporada, de manera que se produjo un incremento del 14,1% en el número de sujetos incluidos en los estadios 4 y 5 para vello púbico según la clasificación de Tanner.
3. La temperatura media de la captación infrarroja en las regiones anterior y postero-lateral de ambos hombros varían a lo largo de la temporada, mientras que no hay modificaciones ni en la región de la inserción esternal del pectoral mayor, ni en la región posterior medial del hombro.
4. La heterogeneidad de los resultados de la termografía en relación a los datos obtenidos en la ecografía indica la escasa correlación de ambas técnicas en los casos de sujetos sanos, sin lesiones ni alteraciones vasculares cutáneas superficiales.
5. El grosor del músculo pectoral mayor en su inserción esternal, el tendón supraespinoso izquierdo y su cuerpo muscular variaron a lo largo de la temporada, aumentando en el segundo trimestre y disminuyendo en el tercero. Sin embargo, tanto el grosor del tendón supraespinoso derecho, como su vientre muscular, no cambiaron su tamaño ecográfico durante el estudio. El espacio subacromial tampoco se modificó a lo largo de la temporada.
6. Tanto las mediciones termográficas, como las ecográficas y las variables de fuerza isocinética aumentaron durante el segundo trimestre con respecto al primero y descendieron al final del estudio, lo que puede reflejar la mayor intensidad de los entrenamientos en esa segunda etapa de la temporada.

**LIMITACIONES Y FUTURAS
LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

7. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Para valorar la relación directa de la temperatura cutánea en relación al ejercicio físico, en nuestro caso de miembros superiores, hubiese sido preciso realizar la captación infrarroja inmediatamente después del entrenamiento, circunstancia que no pudo llevarse a cabo en nuestro estudio por dos motivos. En primer lugar los horarios de entrenamiento y las clases lectivas de los deportistas tecnificados dificultaban cualquier inferencia por nuestra parte hasta el final de las mismas y en segundo lugar, el estudio constaba de una prueba de valoración de fuerza que, para la correcta adquisición de los datos, requería que el sujeto no hubiese realizado ejercicio intenso previo.

Se trabajó en una consulta médica del Centro de Medicina del Deporte que aunque mantenía una climatización controlada de manera automática, la estación meteorológica registró cambios de humedad y temperatura debido a las limitaciones estructurales del edificio.

Se trata de un trabajo de investigación prospectivo en el tiempo y sin grupo control que hubiera aportado una comparativa mayor a todas las variables analizadas. Un siguiente paso en esta investigación podría ser comparar nuestra población tecnificada con un grupo control de deportistas no tecnificados, pero dada la particularidad de los deportistas tecnificados y la ubicación del Centro de Medicina del Deporte de la Comunidad de Madrid, sito en la misma instalación, dificulta la inclusión de un grupo ajeno a este centro.

Una vez analizado y terminado el trabajo de investigación, se considera que ampliar el tiempo de estudio a más de una temporada, podría aportar más luz y conocimiento a los resultados obtenidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Oya M, Takahashi T, Tanabe H, et al. Low-temperature infiltration identified using infrared thermography in patients with subcutaneous edema revealed ultrasonographically: A case report. *Drug Discoveries & Therapeutics*. 2016; 10: 117-22.
2. Shih S-R, Lin M-S, Li H-Y, et al. Observing pretibial myxedema in patients with Graves' disease using digital infrared thermal imaging and high-resolution ultrasonography: for better records, early detection, and further investigation. *European Journal of Endocrinology*. 2011; 164: 605-11.
3. BOCM. Centro de Medicina Deportiva. www.madrid.org; madrid.org, 2016
4. Ley del Deporte (10/1990, de 15 de Octubre). In: BOE-A-1990-25037, (ed.). 249, de 17 de Octubre de 1990. Boletín Oficial del Estado, 15 de Octubre 1990.
5. Deportistas — Portal del Consejo Superior de Deportes.
6. Comunidad de Madrid - madrid.org.
7. Dufour M and Pillu M. *Biomecánica funcional: miembros, cabeza y tronco. Bases anatómicas, estabilidad, movilidad y tensiones*. 13ª ed. Barcelona (España): Elsevier, 2006.
8. Rouvière H and Delmas A. *Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional*. 11ª ed. Barcelona: Masson, 2005.
9. Terry GC and Chopp TM. Functional Anatomy of the Shoulder. *J Athl Train*. 2000; 35: 248-55.
10. Donnelly TD, Ashwin S, Macfarlane RJ and Waseem M. Clinical assessment of the shoulder. *Open Orthop J*. 2013; 7: 310-5.
11. Peat M. Functional Anatomy of the Shoulder Complex. *Phys Ther*. 1986; 66: 1855-65.
12. Poppen NK and Walker PS. Normal and abnormal motion of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am*. 1976; 58: 195-201.
13. Veeger HE and van der Helm FC. Shoulder function: the perfect compromise between mobility and stability. *J Biomech*. 2007; 40: 2119-29.
14. Labriola JE, Lee TQ, Debski RE and McMahon PJ. Stability and instability of the glenohumeral joint: the role of shoulder muscles. *J Shoulder Elbow Surg*. 2005; 14: 32S-8S.
15. Boyar A, Salci Y, Kocak S and Korkusuz F. Shoulder proprioception in male adolescent tennis players and controls: The effects of shoylder position and dominance. *Isokinetics and Exercise Science*. 2007; 15: 111-6.
16. Klauser AS, Tagliafico A, Allen GM, et al. Clinical indications for musculoskeletal ultrasound: A Delphi-based consensus paper of the European society of musculoskeletal radiology. *European Radiology*. 2012; 22: 1140-8.

17. Balius Matas R, Rius Villanueva M and Combalía Aleu A. *Ecografía Muscular De La Extremidad Inferior : Sistemática De Exploración Y Lesiones En El Deporte*. 1 ed. Barcelona 2005.
18. Lento PH and Primack S. Advances and utility of diagnostic ultrasound in musculoskeletal medicine. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. 2007; 1: 24-31.
19. Corazza A, Orlandi D, Fabbro E, et al. Dynamic high-resolution ultrasound of the shoulder: how we do it. *European Journal of Radiology*. 2015; 84: 266-77.
20. Coris EE, Zwuygart K, Fletcher M and Pescasio M. Imaging in sports medicine: an overview. *Sports medicine and arthroscopy review*. 2009; 17: 2-12.
21. Kijowski R and De Smet AA. The role of ultrasound in the evaluation of sports medicine injuries of the upper extremity. *Clinics in Sports Medicine*. 2006; 25: 569-90, viii.
22. Suzue N, Matsuura T, Iwame T, et al. State-of-the-art ultrasonographic findings in lower extremity sports injuries. *The Journal of Medical Investigation*. 2015; 62: 109-13.
23. Jiménez Diaz JF. *Eco Musculoesquelética*. 1 ed. Madrid: Marbán, 2010, p.66-80.
24. Nazarian LN. The Top 10 Reasons Musculoskeletal Sonography Is an Important Complementary or Alternative Technique to MRI. *American Journal of Roentgenology*. 2008; 190: 1621-6.
25. Corroller TL, Cohen M, Aswad R, Pauly V and Champsaur P. Sonography of the painful shoulder: role of the operator's experience. *Skeletal Radiology*. 2008; 37: 979-86.
26. Blankenbaker DG and De Smet AA. The role of ultrasound in the evaluation of sports injuries of the lower extremities. *Clinics in Sports Medicine*. 2006; 25: 867-97.
27. Benítez Martínez JC. Valoración ecográfica de la atrofia muscular del supraespinoso y su relación con la patología del manguito rotador en el hombro del deportista. Murcia: UCAM, 2011.
28. Zanetti M and Hodler J. Imaging of degenerative and posttraumatic disease in the shoulder joint with ultrasound. *European journal of radiology*. 2000; 35: 119-25.
29. McCreesh K, Adusumilli P, Evans T, Riley S, Davies A and Lewis J. Validation of ultrasound measurement of the subacromial space using a novel shoulder phantom model. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2014; 40: 1729-33.
30. Martinoli C. Musculoskeletal ultrasound: technical guidelines. *Insights into Imaging*. 2010; 1: 99-141.
31. Maenhout A, van Cingel R, De Mey K, Van Herzele M, Dhooge F and Cools A. Sonographic evaluation of the acromiohumeral distance in elite and recreational female overhead athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2013; 23: 178-83.
32. McNally EG. *McNally - Ultrasonografía Musculoesquelética*. original ed. Madrid: Marbán, 2005, p.329.
33. Jacobson JA. Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls. *Radiology*. 2011; 260: 6-16.
34. Pijls BG, Kok FP, Penning LIF, Guldemond NA and Arens HJ. Reliability study of the sonographic measurement of the acromiohumeral distance in symptomatic patients. *Journal of clinical ultrasound: JCU*. 2010; 38: 128-34.

35. Desmeules F, Minville L, Riederer B, Côté CH and Frémont P. Acromio-humeral distance variation measured by ultrasonography and its association with the outcome of rehabilitation for shoulder impingement syndrome. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 2004; 14: 197-205.
36. Duerr M. Reliability and accuracy of distance measurements between shoulder bony landmarks evaluated by ultrasound in asymptomatic subjects. Auckland University of Technology, 2010.
37. Kalra N, Seitz AL, Boardman ND and Michener LA. Effect of posture on acromiohumeral distance with arm elevation in subjects with and without rotator cuff disease using ultrasonography. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2010; 40: 633-40.
38. McCreesh KM, Crotty JM and Lewis JS. Acromiohumeral distance measurement in rotator cuff tendinopathy: is there a reliable, clinically applicable method? A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 2015; 49: 298-305.
39. Kumar P, Chetwynd J, Evans A, Wardle G, Crick C and Richardson B. Interrater and intrarater reliability of ultrasonographic measurements of acromion-greater tuberosity distance in healthy people. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2011; 27: 172-5.
40. Cholewinski JJ, Kusz DJ, Wojciechowski P, Cielinski LS and Zoladz MP. Ultrasound measurement of rotator cuff thickness and acromio-humeral distance in the diagnosis of subacromial impingement syndrome of the shoulder. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*. 2008; 16: 408-14.
41. Koppenhaver S, Harris D, Harris A, et al. The reliability of rehabilitative ultrasound imaging in the measurement of infraspinatus muscle function in the symptomatic and asymptomatic shoulders of patients with unilateral shoulder impingement syndrome. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2015; 10: 128-35.
42. McDonald M-LN, Diaz AA, Ross JC, et al. Quantitative Computed Tomography Measures of Pectoralis Muscle Area and Disease Severity in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. A Cross-Sectional Study. *Annals of the American Thoracic Society*. 2014; 11: 326-34.
43. Provencher CMT, Handfield K, Boniquit NT, Reiff SN, Sekiya JK and Romeo AA. Injuries to the Pectoralis Major Muscle: Diagnosis and Management. *The American Journal of Sports Medicine*. 2010; 38: 1693-705.
44. Koo TKK, Wong C and Zheng Y. Reliability of sonomyography for pectoralis major thickness measurement. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2010; 33: 386-94.
45. Carey P and Owens BD. Insertional Footprint Anatomy of the Pectoralis Major Tendon. *Orthopedics*. 2010; 33: 23-5.
46. Lee SJ, Jacobson JA, Kim S-M, et al. Distal pectoralis major tears: sonographic characterization and potential diagnostic pitfalls. *Journal of Ultrasound in Medicine: Official Journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2013; 32: 2075-81.
47. de Figueiredo EA, Terra BB, Cohen C, et al. The pectoralis major footprint: An anatomical study. *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*. 2013; 48: 519-23.

48. Mangine GT, Hoffman JR, Gonzalez AM, et al. The effect of training volume and intensity on improvements in muscular strength and size in resistance-trained men. *Physiological Reports*. 2015; 3: e12472.
49. Vollmer M and Möllmann K-P. *Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications*. John Wiley & Sons, 2011, p.614.
50. Alava I. Introducción a la termografía. Manejo de Cámaras. Advanced Training Center, 2015.
51. Hildebrandt C, Zeilberger K, Ring EFJ and Raschner C. The application of medical infrared thermography in sports medicine. *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury*. Dr. Kenneth R. Zaslav ed.: INTECH Open Access Publisher, 2012, p. 257-75.
52. Fernandez Cuevas I, Marins JC, Gomez Carmona PM, Garcia Concepción MA, Arnaiz Lastras J and Sillero Quintana M. Reliability and reproductibility of skin temperature of overweight subjects by an infrared thermography software designed for human beings. *12th European Congress of Thermology Porto, 2012, 5th ? 8th September*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF)(UPM), 2012, p. 130-7.
53. Ammer K. The Glamorgan Protocol for recording and evaluation of thermal images of the human body. *Thermology international*. 2008; 18: 125-44.
54. Martin Möhrke F and van der Plas K. Software para Termografía Clínica.
55. Brioschi ML, Macedo JF and Macedo RdAC. Termometria cutânea: novos conceitos. *J Vasc Bras*. 2003; 2: 151-60.
56. Ring EFJ. The historical development of temperature measurement in medicine. *Infrared Physics & Technology*. 2007; 49: 297-301.
57. Rochcongar P and Schmitt M. [Thermographic study of muscular lesions in sport (author's transl)]. *Journal Belge De Medecine Physique Et De Rehabilitation = Belgisch Tijdschrift Voor Fysische Geneeskunde En Rehabilitatie*. 1979; 2: 335-42.
58. Brioschi ML. Metodologia de normalização de análise do campo de temperaturas em imagem infravermelha humana. 2011.
59. Brioschi ML. A história da termografia. *Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo*. 2008; 91: 7-2.
60. Brioschi ML, Yeng LT and Teixeira MJ. Medical thermography: what is it? And its applications. *Pan American Journal of Medical Thermology*. 2015; 2: 14-7.
61. Thermal imaging cameras help athletes and sports enthusiasts with early observation of inflammation.
62. Ring EFJ and Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiological Measurement*. 2012; 33: R33.
63. Ramos e Côrte AC and Hernandez AJ. APPLICATION OF MEDICAL INFRARED THERMOGRAPHY TO SPORTS MEDICINE. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2016; 22: 315-9.
64. Lasanen R, Piippo-Savolainen E, Remes-Pakarinen T, et al. Thermal imaging in screening of joint inflammation and rheumatoid arthritis in children. *Physiological Measurement*. 2015; 36: 273.

65. Huang C-L, Wu Y-W, Hwang C-L, et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *Journal of Vascular Surgery*. 2011; 54: 1074-80.
66. Mostovoy A. Clinical Applications of Medical Thermography. *Inframation*. 2009.
67. Zaproudina N, Ming Z and Hänninen OOP. Plantar Infrared Thermography Measurements and Low Back Pain Intensity. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2006; 29: 219-23.
68. Pichot C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. *Revista-Sociedad española del dolor*. 2001; 8: 43-7.
69. Galvin EM, Niehof S, Medina HJ, et al. Thermographic Temperature Measurement Compared with Pinprick and Cold Sensation in Predicting the Effectiveness of Regional Blocks. *Anesthesia & Analgesia*. 2006; 102: 598-604.
70. Gómez Carmona PM. Influencia de la información termográfica infrarroja en el protocolo de prevención de lesiones de un equipo de fútbol profesional español. (Influence of infrared thermographic information in the injury prevention protocol of a professional spanish football team). Madrid: Politécnica de Madrid, 2012.
71. Hardaker NJ, Moss AD, Richards J, Jarvis S, McEwan I and Selfe J. The relationship between skin surface temperature measured via non-contact thermal imaging and intra-muscular temperature of the rectus femoris muscle. *studies*. 2007; 13: 17.
72. Merla A, Mattei PA, Donato LD and Romani GL. Thermal Imaging of Cutaneous Temperature Modifications in Runners During Graded Exercise. *Annals of Biomedical Engineering*. 2010; 38: 158-63.
73. Morales Rios M, Medina Chacón E, Carnevali Fernández A and Orozco Guillén E. Infrared Thermography and de study of risks of muscular - skeletal injuries. *Ingeniería Industrial*. 2011; 10: 55-67.
74. Hildebrandt C, Raschner C and Ammer K. An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. *Sensors*. 2010; 10: 4700-15.
75. Gómez-Carmona P, Sillero-Quintana M, Noya-Salces J and Pastrano-León R. La Termografía como medio de prevención, recuperación y seguimiento de lesiones en fútbol. *Abfutbol: revista técnica especializada en fútbol*. 2008; 36: 35-41.
76. Miller AB. Present status of breast cancer screening. *Canadian Medical Association Journal*. 1977; 117: 845-6.
77. Higashino T, Nakagami G, Kadono T, et al. Combination of thermographic and ultrasonographic assessments for early detection of deep tissue injury. *International Wound Journal*. 2014; 11: 509-16.
78. Gomes M, Brioschi M, Hanna J and Gomes Z. Correlação entre os métodos de imagem infravermelho e ultra-sonografia na identificação topográfica das lesões músculo-esqueléticas. *Rev Bras Ultra-sonografia*. 2005; 9: 21-6.
79. Hislop H and Perrine J. The isokinetic concept of exercises. *Phys Ther*. 1967; 47: 114-7.

80. Pereira MT, Della Villa S and Sergio Roi G. Rehabilitación isocinética tras las reconstrucción del ligamento cruzado anterior(LCA). *Archivos de Medicina del Deporte*. 2005; XXII: 19-25.
81. Perrine D. *Isocinética. Ejercicios y evaluación*. Barcelona: Bellaterra, 1994.
82. Dvir Z. *Isokinetics. Muscle testing, interpretation and clinical applications*. 2^o ed. China: Churchill Livingstone, 2004.
83. Segovia Martínez JC, López-Silvarrey FJ and Legiodp Arce JC ea. *Manual de Valoración Funcional. Aspectos clínicos y fisiológicos*. Segunda Edición ed. Madrid: Elsevier, 2008.
84. Huesa Jiménez F, García Díaz J and Vargas Montes J. Dinamometría isocinética. *Rehabilitación: Revista de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física*. 2005; 39: 288-96.
85. Martín Urrialde J. Los isocinéticos y sus conceptos generales. *Fisioterapia*. 1998; 20: 2-7.
86. Bosch Martín MA and Spottorno Rubio MP. Valoración de la fuerza isocinética. *Lesiones músculo-tendinosas en el medio deportivo*. Madrid: Dirección General de Juventud y Deporte, 2017, p. 83-95.
87. Huesa-Jiménez F and Carabias-Aguilar A. *Isocinéticos. Metodología y utilización*. Madrid: Fundación Maphre Medicina, 2000.
88. Badillo JJG and Ayestarán EG. *Fundamentos Del Entrenamiento de la Fuerza: Aplicación Al Alto Rendimiento Deportivo*. INDE, 2002, p.334.
89. Kawamori N and Haff GG. The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2004; 18: 675-84.
90. Knuttgen HG and Kraemer WJ. Terminology and Measurement in Exercise Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 1987; 1: 1-10.
91. Lesinski M, Prieske O and Granacher U. Effects and dose-response relationships of resistance training on physical performance in youth athletes: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 2016; 50: 781-95.
92. Loko J, Aule R, Sikkut T, Erelina J and Viru A. Motor performance status in 10 to 17-year-old Estonian girls. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2000; 10: 109-13.
93. Avila Romero F and Moreno Hernández FJ. La importancia del trabajo de fuerza como medio de compensación y adaptación neuromuscular en la iniciación deportiva. *Apunts: Educación física y deportes*. 2001: 26-31.
94. Batalha N, Marmeleira J, Garrido N and Silva AJ. Does a water-training macrocycle really create imbalances in swimmers' shoulder rotator muscles? *European Journal of Sport Science*. 2015; 15: 167-72.
95. Batalha N, Raimundo A, Tomas-Carus P, Paulo J, Simão R and Silva AJ. Does a land-based compensatory strength-training programme influences the rotator cuff balance of young competitive swimmers? *European Journal of Sport Science*. 2015; 15: 764-72.
96. Berdejo González JM. Strength training in young tennis players. *Journal of Sport and Health Research*. 2009; 1: 46-55.

97. Cancela JM. El desarrollo evolutivo de la fuerza en niños y niñas prepuberales: pautas de intervención. *Tándem: Didáctica de la Educación Física*. 2003; 4: 67-78.
98. Casas Rivero J, Ceñal González MJ, del Rosal Rabes T and Jurado Palomo J. Conceptos esenciales de la adolescencia. Criterios cronológicos, físico-funcionales, psicológicos y sociales. *Medicine*. 2006; 9: 3931-7.
99. Tanner JM. Growth at adolescence, 2nd ed. *APA PsycNET*. 1962.
100. Marshall WA and Tanner JM. Variations in the Pattern of Pubertal Changes in Boys. *Archives of Disease in Childhood*. 1970; 45: 13-23.
101. Marshall WA and Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Archives of Disease in Childhood*. 1969; 44: 291-303.
102. Balius Juli R. Acción de la sobrecarga deportiva sobre el aparato locomotor del niño y del adolescente. *Apunts Medicina de l'Esport (Castellano)*. 1983; 20: 85-96.
103. Neu CM, Rauch F, Rittweger J, Manz F and Schoenau E. Influence of puberty on muscle development at the forearm. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. 2002; 283: E103-E7.
104. Chulvi I and Puig RP. El entrenamiento de la fuerza adecuado a los niños en edad prepubertal. *Alto rendimiento: ciencia deportiva, entrenamiento y fitness*. 2007: 2.
105. Nogueira de Araujo RW and Fernandes Filho J. Estudio de la relacion entre el somatotipo y la madurez sexual con la cualidad física fuerza en niños y juvenes. *Fitness & Performance Journal*. 2005; 4: 332-9.
106. Marina M and Jemni M. Plyometric Training Performance in Elite-Oriented Prepubertal Female Gymnasts. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28: 1015-25.
107. Barbieri D and Zaccagni L. Strength Training for Children and Adolescents: Benefits and Risks. *Collegium Antropologicum*. 2013; 37 supplement 2: 219-25.
108. da Costa SX, Alves R and Gomes ALM. Estudio comparacional entre el período del entrenamiento maturacional y la fuerza en el atleta de nadar en la categoría infantil femenina. *Fitness & Performance Journal*. 2006; 5: 31-8.
109. McComas AJ, Sica REP and Petito F. Muscle strength in boys of different ages. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1973; 36: 171-3.
110. Bergeron MF, Mountjoy M, Armstrong N, et al. International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. *British Journal of Sports Medicine*. 2015; 49: 843-51.
111. Domínguez La Rosa P and Espeso Gayte E. Bases fisiológicas del entrenamiento de la fuerza con niños y adolescentes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 2003; 3: 61-8.
112. Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, et al. Posicionamiento sobre el entrenamiento de fuerza en jóvenes. Consenso Internacional de 2014. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*. 2014: 111-24.
113. Pastor N. El entrenamiento de la fuerza en niños y jóvenes. Aplicación al rendimiento deportivo. 2007.
114. Información Práctica - Centro de Natación Mundial 86 - CENTRO DE TECNIFICACIÓN.

115. Fmn. Area Técnica. 2015.
116. Mayr H, Thür H and Ammer K. Electrical stimulation of the Stellate Ganglia. *The Thermal Image in Medicine and Biology*, Wien Uhlen, Verlag. 1995: 206-9.
117. Ring E, Engel J and Page-Thomas D. Thermologic methods in clinical pharmacology-skin temperature measurement in drug trials. *International journal of clinical pharmacology, therapy, and toxicology*. 1984; 22: 20-4.
118. Manna I. Growth Development and Maturity in Children and Adolescent: Relation to Sports and Physical Activity. *American Journal of Sports Science and Medicine*. 2014; 2: 48-50.
119. Grechenig W, Tesch PN, Clement H and Mayr J. Die Sonoanatomie der Muskeln und Faszienräume der Regio pectoralis. *Ultraschall in der Medizin*. 2005; 26: 216-22.
120. Zaidi H, Fohanno S, Polidori G and Taiar R. The influence of swimming type on the skin-temperature maps of a competitive swimmer from infrared thermography. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2007; 9: 47.
121. Dalamitros AA, Manou V, Christoulas K and Kellis S. Knee Muscles Isokinetic Evaluation after a Six-Month Regular Combined Swim and Dry-Land Strength Training Period in Adolescent Competitive Swimmers. *Journal of Human Kinetics*. 2015; 49: 195-200.
122. McMaster WC. Shoulder injuries in competitive swimmers. *Clin Sports Med*. 1999; 18: 349-59, vii.
123. Witwer A and Sauers E. Clinical measures of shoulder mobility in college water-polo players. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2006; 15: 45-57.
124. Zamparo P and Falco S. Head out swimming in water polo: A comparison with front crawl in young female players. *Proceedings of the XIth international symposium for biomechanics and medicine in swimming, Norwegian School of Sport Science, Oslo*. 2010, p. 187-9.
125. Gozlan G, Bensoussan L, Coudreuse JM, et al. [Isokinetic dynamometer measurement of shoulder rotational strength in healthy elite athletes (swimming, volley-ball, tennis): comparison between dominant and nondominant shoulder]. *Ann Readapt Med Phys*. 2006; 49: 8-15.
126. Marrin K and Bampouras T. Anthropometric and physiological characteristics of elite female water polo players. *Kinanthropometry X*. 2007: 151-64.
127. Mueller J, Mueller S, Stoll J, Baur H and Mayer F. Trunk extensor and flexor strength capacity in healthy young elite athletes aged 11-15 years. *J Strength Cond Res*. 2014; 28: 1328-34.
128. Batalha NM, Raimundo AM, Tomas-Carus P, Barbosa TM and Silva AJ. Shoulder rotator cuff balance, strength, and endurance in young swimmers during a competitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013; 27: 2562-8.
129. Batalha N, Marmeleira J, Garrido N and Silva AJ. Does a water-training macrocycle really create imbalances in swimmers' shoulder rotator muscles? *Eur J Sport Sci*. 2014; 15: 167-72.
130. Casas Rivero J, Ceñal González MJF, del Rosal Rabes T and Jurado Palomo J. Conceptos esenciales de la adolescencia. Criterios cronológicos, físico-funcionales,

psicológicos y sociales. *Medicine: Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*. 2006; 9: 3931-7.

131. Bae Y-H, Yu J-H and Lee SM. Comparison of basic physical fitness, aerobic capacity, and isokinetic strength between national and international level high school freestyle swimmers. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016; 28: 891-5.

132. Gómez-Campos R, de Arruda M, Hobold E, et al. Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. *Rev Andal Med Deporte*. 2013; 6: 151-60.

133. Lloyd RS, Oliver JL, Faigenbaum AD, Myer GD and De Ste Croix MBA. Chronological Age vs. Biological Maturation: Implications for Exercise Programming in Youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014; 28: 1454-64.

134. Garagiola U and Giani E. Use of Telethermography in the Management of Sports Injuries. *Sports Medicine*. 1990; 10: 267-72.

135. Riquet D, Houel N and Bodnar J-L. Stimulated infrared thermography applied to differentiate scar tissue from peri-scar tissue: a preliminary study. *Journal of medical engineering & technology*. 2016; 40: 307-14.

136. Korman P, Zielinski J, Kusy K and Straburzynska A. Possible uses of infrared thermography in sport. *Trends in Sport Sciences*. 2016; 23.

137. Ring EF and Ammer K. The Technique of Infra red Imaging in Medicine. *ResearchGate*. 2000; 10: 7-14.

138. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O and Närhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiological measurement*. 2008; 29: 515.

139. Park J-Y, Hyun JK and Seo J-B. The effectiveness of digital infrared thermographic imaging in patients with shoulder impingement syndrome. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2007; 16: 548-54.

140. Huygen FJPM, Niehof S, Klein J and Zijlstra FJ. Computer-assisted skin videothermography is a highly sensitive quality tool in the diagnosis and monitoring of complex regional pain syndrome type I. *European Journal of Applied Physiology*. 2004; 91: 516-24.

141. Vukašin B, Vojin J, Franja F, Goran R and Nenad S. Possibilities of thermovision application in sport and sport rehabilitation. *Vojnosanitetski pregled*. 2012; 69: 904-7.

142. Ramos e Côrte AC and Hernandez AJ. TERMOGRAFIA MÉDICA INFRAVERMELHA APLICADA À MEDICINA DO ESPORTE. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2016; 22: 315-9.

143. Sillero-Quintana M, Gomez-Carmona PM and Fernández-Cuevas I. Infrared Thermography as a Means of Monitoring and Preventing Sports Injuries. *Innovative Research in Thermal Imaging for Biology and Medicine*. IGI Global, 2017, p. 165-98.

144. Uematsu S. *Medical Thermography: Theory and Clinical Applications*. Brentwood Publishing Company, 1976.

145. Formenti D, Ludwig N, Gargano M, et al. Thermal imaging of exercise-associated skin temperature changes in trained and untrained female subjects. *Annals of biomedical engineering*. 2013; 41: 863-71.

146. Novotny J, Rybarova S, Zacha D, Bernacikova M and Ramadan WA. The influence of breaststroke swimming on the muscle activity of young men in thermographic imaging. *Acta Bioeng Biomech.* 2015; 17: 121.
147. Domingues AS, Barbosa F, Seixas A, et al. Infrared Thermography in Swimming: Thermal Characterization of Swimming Technique. *Innovative Research in Thermal Imaging for Biology and Medicine.* IGI Global, 2017, p. 199-219.
148. Chudecka M and Lubkowska A. The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature. *Human Movement.* 2012; 13: 33-9.
149. Dębiec-Bąk A, Pawik Ł and Skrzek A. Thermoregulation of football players after cryotherapy in thermography. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.* 2016; 126: 1633-44.
150. Karthikeyan S, Rai SB, Parsons H, Drew S, Smith CD and Griffin DR. Ultrasound dimensions of the rotator cuff in young healthy adults. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 2014; 23: 1107-12.
151. Gil-Agudo A, Mozos M, Crespo-Ruiz B, del-Ama Eng A and Pérez-Rizo E. The Influence of Physical Activity on the Shoulder Load and Ultrasonography Findings in Manual Wheelchair Users. *J Comput Eng Inf Technol* 5: 3 doi: 104172/2324. 2016; 9307: 2.
152. Leong H-T, Tsui S, Ying M, Leung VY-F and Fu SN. Ultrasound measurements on acromio-humeral distance and supraspinatus tendon thickness: test-retest reliability and correlations with shoulder rotational strengths. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2012; 15: 284-91.
153. Benítez-Martínez J, Casaña-Granell J, Alakhdar-Mohamara Y and Espí-López G. Diferencias en el espacio acromio-humeral medido ecográficamente en el dolor de hombro del deportista lanzador. *Fisioterapia.* 2015; 37: 120-7.
154. White CE, Dedrick GS, Apte GG, Sizer PS and Brismée J-M. The effect of isometric shoulder internal and external rotation on the acromiohumeral distance. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 2012; 91: 193-9.
155. Nielsen PK, Jensen BR, Darvann T, Jørgensen K and Bakke M. Quantitative ultrasound tissue characterization in shoulder and thigh muscles—a new approach. *BMC musculoskeletal disorders.* 2006; 7: 2.
156. Strobel K, Hodler J, Meyer DC, Pfirrmann CWA, Pirkel C and Zanetti M. Fatty Atrophy of Supraspinatus and Infraspinatus Muscles: Accuracy of US. *Radiology.* 2005; 237: 584-9.
157. De Ste Croix MB, Deighan MA, Ratel S and Armstrong N. Age- and sex-associated differences in isokinetic knee muscle endurance between young children and adults. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009; 34: 725-31.
158. Schneider P and Meyer F. Anthropometric and muscle strength evaluation in prepubescent and pubescent swimmer boys and girls. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 2005; 11: 209-13.
159. Barretti Sechi L, Brech GC and Greve JMA. Isokinetic dynamometry on the internal rotator and adductor muscles of the swimmers Shoulders: no differences between asymmetrical and symmetrical swimming strokes. *Medical Express* 2: (2015).

160. Stickley CD, Hetzler RK, Freemyer BG and Kimura IF. Isokinetic peak torque ratios and shoulder injury history in adolescent female volleyball athletes. *J Athl Train*. 2008; 43: 571-7.
161. Keating JL and Matyas TA. The influence of subject and test design on dynamometric measurements of extremity muscles. *Phys Ther*. 1996; 76: 866-89.
162. Ellenbecker TS and Davies GJ. The Application of Isokinetics in Testing and Rehabilitation of the Shoulder Complex. *J Athl Train*. 2000; 35: 338-50.
163. Radaelli R, Bottaro M, Weber F, Brown L and Pinto R. Influence of body position on shoulder rotator muscle strength during isokinetic assesment. *Isokinetics and Exercise Science*. 2010; 18.
164. Lorren T. Isokinetic trunk testing. In: Hochschuler SH, (ed.). *The spine in sports*. Hanley & Belfus, 1990, p. 43-53.
165. Ellenbecker TS. A total arm strength isokinetic profile of highly skilled tennis players. *Isokinetics and Exercise Science*. 1991: 9-22.
166. Ellenbecker TS and Roetert EP. Testing isokinetic muscular fatigue of shoulder internal and external rotation in elite junior tennis players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1999; 29: 275-81.
167. Ellenbecker TS and Mattalino AJ. Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997; 25: 323-8.
168. Meeteren J, Roebroek ME and Stam HJ. Test-Retest Reliability In Isokinetic Muscle Strength Measurements Of The Shoulder. *J Rehabil Med*. 2002; 34: 91-5.
169. Davies GJ. *A compendium of isokinetics in clinical usages and rehabilitation technics*. Onalaska, Wisconsin: S and S Publishers 1992.
170. Perrin D. *Isokinetic exercise and assessment*. Human Kinetics 1993.
171. Codine P, Bernard PL, Pocholle M and Herisson C. [Isokinetic strength measurement and training of the shoulder: methodology and results]. *Ann Readapt Med Phys*. 2005; 48: 80-92.
172. Edouard P, Codine P, Samozino P, Bernard P and Hérisson C. Reliability of shoulder rotators isokinetic strength imbalance measured using the biodex dynamometer. *Journal of science and medicine in sports*. 2013; 16: 162-5.
173. Olivier N, Quintin G and Rogez J. [The high level swimmer articular shoulder complex]. *Ann Readapt Med Phys*. 2008; 51: 342-7.
174. Rupp S, Berninger K and Hopf T. Shoulder problems in high level swimmers--impingement, anterior instability, muscular imbalance? *Int J Sports Med*. 1995; 16: 557-62.
175. De Ste Croix M, Deighan M and Armstrong N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Med*. 2003; 33: 727-43.
176. Meeteren J, Roebroek ME and Stam HJ. Test-retest reliability in isokinetic muscle strength measurements of the shoulder. *J Rehabil Med*. 2002; 34: 91-5.
177. McMaster WC, Roberts A and Stoddard T. A correlation between shoulder laxity and interfering pain in competitive swimmers. *Am J Sports Med*. 1998; 26: 83-6.

-
178. Shklar A and Dvir Z. Isokinetic strength relationships in shoulder muscles. *Clinical Biomechanics*. 1995; 10: 369-73.
179. Huang TF WS-H, Jung-Chi C, Hsu M-J and Chang HY. Isokinetic evaluation of shoulder internal and external rotatos concentric strength and endurance in baseball players: Variations from pre-pubescence to adulthood. *Isokinetics and Exercise Science*. 2005; 13: 237-41.
180. Franceschini KC, Nissola N, Soldatelli Zardo B, Sacilotto Tadielo G and Viçosa Bonetti L. Isokinetic performance of shoulder external and internal rotators in adolescent male volleyball athletes. *International Archives of Medicine*. 2011; 9: 1-7.

ANEXOS

9. ANEXOS



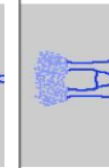
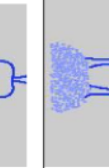
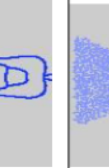
ANEXO 1. ESTADIOS DE DESARROLLO Y MADURACIÓN SEXUAL EN NIÑOS (TANNER)

Estadios de desarrollo y maduración sexual en niños (Tanner, 1962)


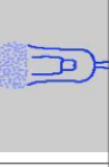
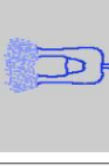
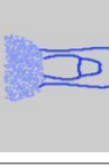
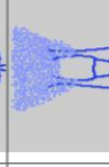
Nombre y apellidos: _____
 Fecha en la que se cumplimenta este gráfico: ___/___/201__

Señalar en el recuadro vacío con una cruz donde corresponda y devolverlo en sobre cerrado para el médico.

DESARROLLO GENITAL

ESTADIO 1 (G1): Pene, escroto y testículos infantiles (igual que en la infancia)	
ESTADIO 2 (G2): Aumento del escroto y los testículos. Piel escrotal más roja y arrugada	
ESTADIO 3 (G3): Agrandamiento del pene, sobre todo en su longitud. Escroto rugoso y pigmentado	
ESTADIO 4 (G4): Aumento del pene en su diámetro y desarrollo del glande. Aumento de pigmentación escrotal. Mayor tamaño de testículos y escroto	
ESTADIO 5 (G5) : Genitales de tipo y tamaño de adulto	

DESARROLLO DEL VELLO PUBIANO

ESTADIO 1 (P1): Ligera vellosidad infantil	
ESTADIO 2 (P2): Vello escaso, lacio y ligeramente pigmentado.	
ESTADIO 3 (P3): Vello rizado, aún poco desarrollado, pero oscuro y pigmentado en la base del pene.	
ESTADIO 4 (P4): Vello de tipo adulto, con crecimiento hacia la ingle, pero no en la cara interna de los muslos.	
ESTADIO 5 (P5) : Vello tipo adulto, extensión a muslos y hacia arriba por la línea alba.	

Fuente: *Tanner J (1962)*

TALLA DEL PADRE: _____ TALLA DE LA MADRE: _____

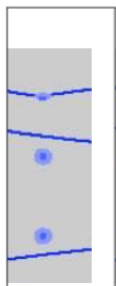



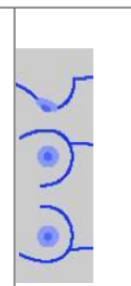
ANEXO 2. ESTADIOS DE DESARROLLO Y MADURACIÓN SEXUAL EN NIÑOS (TANNER)

Estadios de desarrollo y maduración sexual en niñas (Tanner, 1962)


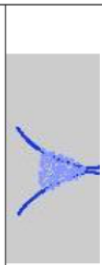

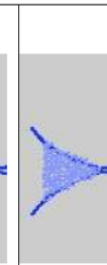
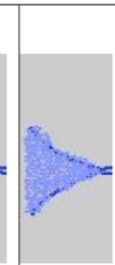
Nombre y apellidos: _____
 Fecha en la que se cumplimenta este gráfico: ____ / ____ / 201__

Señalar en el recuadro vacío con una cruz donde corresponda y devolverlo en sobre cerrado para el médico.

DESARROLLO MAMARIO

<p>ESTADIO 1 (M1)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mamas infantiles. Sólo el pezón está ligeramente sobrelevado. 	
<p>ESTADIO 2 (M2)</p> <ul style="list-style-type: none"> Brote mamario. Aréolas y pezones sobresalen como un cono. 	
<p>ESTADIO 3 (M3)</p> <ul style="list-style-type: none"> Elevación de mama y areola en un mismo plano. 	
<p>ESTADIO 4 (M4)</p> <ul style="list-style-type: none"> Areola y pezón forman una segunda elevación. (Este estadio puede ser normal en la mujer adulta.) 	
<p>ESTADIO 5 (M5)</p> <ul style="list-style-type: none"> Desarrollo mamario total. La areola se encuentra a nivel de la piel y sólo sobresale el pezón. 	

DESARROLLO VELLO PÚBLICO

<p>ESTADIO 1 (P1)</p> <ul style="list-style-type: none"> Ligera vellosoidad infantil. 	
<p>ESTADIO 2 (P2)</p> <ul style="list-style-type: none"> Vello escaso, lacio y ligeramente pigmentado. 	
<p>ESTADIO 3 (P3)</p> <ul style="list-style-type: none"> Vello rizado, aún escasamente desarrollado, pero oscuro y pigmentado. 	
<p>ESTADIO 4 (P4)</p> <ul style="list-style-type: none"> Vello pubiano de tipo adulto, pero cubre menor área. 	
<p>ESTADIO 5 (P5)</p> <ul style="list-style-type: none"> Vello adulto, extensión a cara interna de muslos. 	

Fuente: Tanner J (1962)

TALLA DEL PADRE: _____ TALLA DE LA MADRE: _____

ANEXO 3. ACEPTACIÓN DEL PROYECTO POR EL COMITÉ DE ÉTICA DE LA
UNIVERSIDAD SAN ANTONIO DE MURCIA



COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

DATOS DEL PROYECTO

Título:	"Cambios ecográficos y termográficos en relación al trabajo de fuerza de miembros superiores durante una temporada (2015-2016) en jugadores de waterpolo y nadadores tecnificados en la Comunidad de Madrid"	
Investigador Principal	Nombre	Correo-e
Dr.	Francisco Esparza Ros	fesparza@ucam.edu

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	10/03/2017
--------------	------------

Tipo de Experimentación

Investigación experimental clínica con seres humanos.	
Utilización de tejidos humanos procedentes de pacientes, tejidos embrionarios o fetales.	
Utilización de tejidos humanos, tejidos embrionarios o fetales procedentes de bancos de muestras o tejidos.	
Investigación observacional con seres humanos, psicológica o comportamental en humanos.	X
Uso de datos personales, información genética, etc.	X
Experimentación animal.	
Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o las plantas.	
Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs).	

Comentarios Respecto al tipo de Experimentación

Nada obsta

Comentarios Respecto a la metodología de experimentación

Nada obsta





COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

Sugerencias al Investigador

A la vista de la solicitud de informe adjunto por el Investigador y de las recomendaciones anteriormente expuestas el dictamen del Comité es:

Emitir informe favorable	X
Emitir informe desfavorable	
Emitir informe favorable condicionado a subsanación	

MOTIVACIÓN

Incrementará conocimientos en su área

Vº Bº El Presidente,

Fdo.: José Alberto Cánovas Sánchez



El Secretario,

Fdo.: José Alarcón Teruel

ANEXO 4. CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN AL ESTUDIO

CONSENTIMIENTO INFORMADO para la participación en el estudio denominado “Cambios ecográficos y termográficos en relación al trabajo de fuerza de miembros superiores durante una temporada (2015-2016) en jugadores de waterpolo y nadadores tecnificados en la Comunidad de Madrid”

El objetivo del estudio es valorar la progresión del trabajo de fuerza de miembros superiores, para ello se realizarán las siguientes pruebas médicas:

- Un cuestionario (*clasificación de Tanner*) sobre la edad madurativa, que tendrá que rellenar el deportista y entregar en mano o en sobre cerrado al servicio médico.

- Una ecografía musculo esquelética de ambos hombros (medición de tendones y cuerpo muscular). El uso de ultrasonidos es cada vez más determinante en el diagnóstico anatómico y patológico de áreas musculotendinosas, debido fundamentalmente, a la accesibilidad de la técnica y a su grado de inocuidad para el paciente. Contraindicaciones directas: No se conocen

- Una valoración de la fuerza mediante ejercicios isocinéticos de ambos hombros, que consiste en realizar una contracción dinámica, a una velocidad angular constante y con una resistencia acomodable o ajustable a la fuerza que sea ejercida por el sujeto.

Como cualquier ejercicio de potenciación precisa un calentamiento previo para evitar lesiones musculares

Contraindicaciones: Hipertensión arterial, arritmias cardíacas no controladas, insuficiencia cardíaca de grado III o IV, epilepsia activa, embarazo, dolor articular por fractura, esguince o sobrecarga alta muscular

Efectos adversos: Ocasionalmente pueden producirse contracturas musculares de miembros superiores o dehiscencia de fibras musculares

- Una toma termográfica de miembros superiores que consiste en una captura de imagen de la irradiación infrarroja que desprende el deportista. Es inocua

Las condiciones para la optimización de los registros térmicos son fundamentalmente no presentar fiebre ni febrícula, evitar el uso de hielo o cremas

de calor en tronco y extremidades superiores y no haber acudido al fisioterapeuta horas previas.

En caso de detectarse algún hallazgo patológico, será puesto en conocimiento del servicio médico del Centro de Medicina del Deporte de la Comunidad de Madrid para su mejor diagnóstico y seguimiento.

Con este trabajo se pretende mejorar las condiciones de entrenamiento de fuerza y comparar las adaptaciones musculares de tecnificados en época de desarrollo madurativo, proporcionando a los técnicos toda la información para la mejora de la planificación.

Por otro lado, se estudiará las diferencias entre las modalidades de waterpolo y natación en relación a la dominancia de una extremidad dominante con respecto a la no dominante con respecto a los posibles o no cambios estructurales.

La participación es abierta y voluntaria, en cualquier momento pueden salir del proyecto, si así lo estiman oportuno.

El deportista acudirá al centro médico deportivo sito en las instalaciones del Mundial 86 y no afectará al entrenamiento ni a las horas lectivas de los deportistas

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____ con DNI _____, como padre/madre/tutor legal del tecnificado del CTN de Madrid con nombre _____, con DNI _____, autorizo la participación del menor como sujeto de estudio.

De este modo, confirmo que he leído y entendido la información sobre la pruebas y consiento su realización.

Al finalizar la misma autorizo a la UCAM y al Centro de Medicina Deportiva de la Comunidad de Madrid a utilizar los datos obtenidos con fines académicos o de investigación siempre que se respete el anonimato.

Y para que así conste, firmo en Madrid a _____ de _____ del 2015

FIRMA:

REVOCACIÓN

Yo, _____ con DNI _____, como padre/madre/tutor legal del tecnificado del CTN de Madrid con nombre _____, con DNI _____, NO autorizo la participación del menor como sujeto de estudio

FIRMA:

*Los datos obtenidos serán tratados y protegidos según rige la **Ley Orgánica 15/1999**, de 13 de diciembre, sobre la Protección de Datos de Carácter Personal y a la **Ley 41/2002**, de 14 de noviembre, ley básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.*

ANEXO 5. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL USO DE LOS DATOS POR PARTE DEL DEPARTAMENTO DE DOCTORADO INTERNACIONAL DE LA UCAM

CONSENTIMIENTO INFORMADO TESIS DOCTORAL

Yo, _____ como padre/madre/ tutor legal del tecnificado del CTN de Madrid con nombre _____ con DNI:.....

DECLARO:

Haber sido informado/a del estudio y procedimientos de la investigación del Proyecto titulado: *Cambios ecográficos y termográficos en relación al trabajo de fuerza de miembros superiores durante una temporada (2015-2016) en jugadores de waterpolo y nadadores tecnificados en la Comunidad de Madrid*

Los investigadores que van a acceder a los datos personales de mi hijo /tutelado y a los resultados de las pruebas son: Paz Lillo Jiménez (médico y doctoranda) y los directores de la misma (D. Fco Esparza, D Fernando Jiménez, D. Manuel Sillero)

Asimismo, he podido hacer preguntas del estudio, comprendiendo que me presto de forma voluntaria al mismo y que en cualquier momento puedo abandonarlo sin que me suponga perjuicio de ningún tipo.

CONSIENTO:

1.-) Someter al tecnificado a las siguientes pruebas exploratorias:

- *Valoración de edad madurativa a través de cuestionario.*
- *Ecografía ME de ambos hombros.*
- *Estudio isocinético de ambos hombros.*
- *Termografía de miembros superiores*

2.-) El uso de los datos obtenidos según lo indicado en el párrafo siguiente:

En cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal, le comunicamos que la información que ha facilitado y la obtenida como consecuencia de las exploraciones a las que se va a someter pasará a formar parte del fichero

automatizado INVESALUD, cuyo titular es la FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN ANTONIO, con la finalidad de INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA EN LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO CIENCIAS EXPERIMENTALES Y CIENCIAS DE LA SALUD. Tiene derecho a acceder a esta información y cancelarla o rectificarla, dirigiéndose al domicilio de la entidad, en Avda. de los Jerónimos de Guadalupe 30107 (Murcia). Esta entidad le garantiza la adopción de las medidas oportunas para asegurar el tratamiento confidencial de dichos datos.

En Madrid a de de 2015

Fdo.

ANEXO 6. RECOGIDA DE DATOS DEL PACIENTE PREVIA A LA ADQUISICIÓN DE IMAGEN TERMOGRÁFICA

FICHA DE TERMOGRAFIA MIEMBROS SUPERIORES

Fecha de la evaluación ___/___/___ Hora ___:___

Temperatura en la sala ___°C Exterior ___°C Humedad relativa _____%

Nombre:

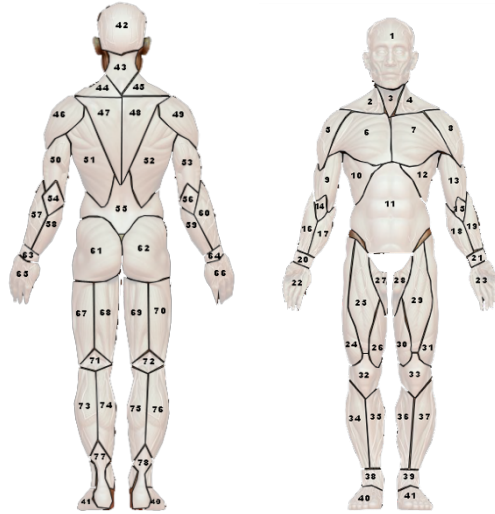
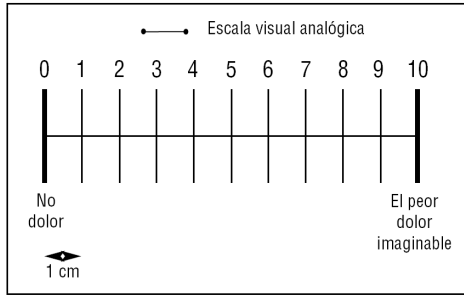
Referencia fotos: **WATERPOLO NATACIÓN** (Realizar un círculo)

Raza: **caucásica asiática negra** (Realizar un círculo)

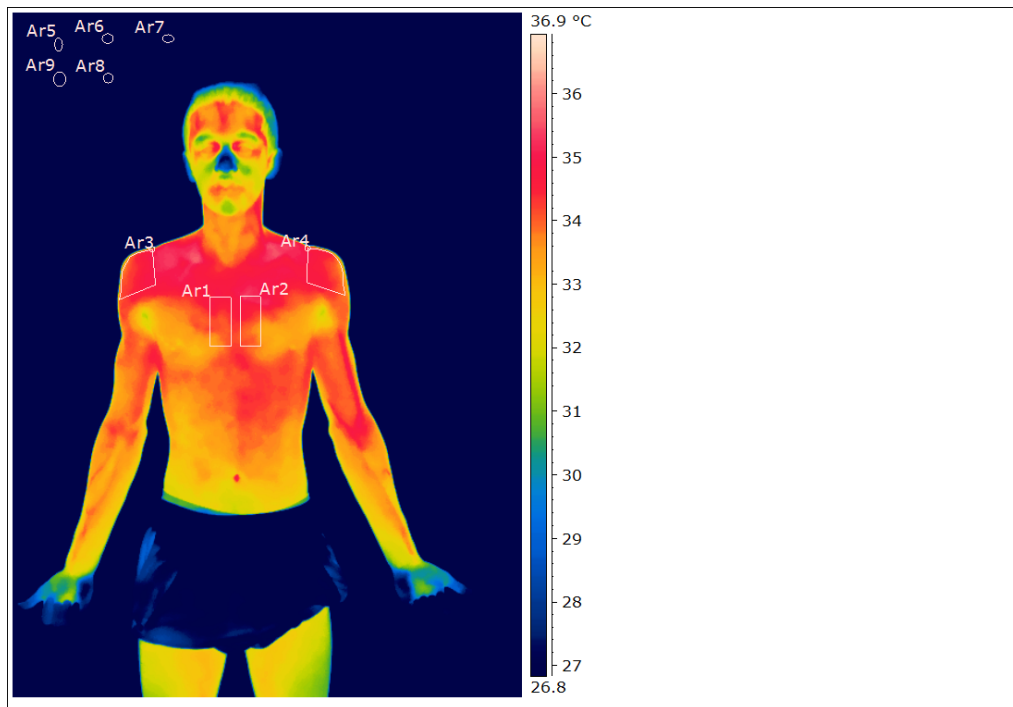
Mano dominante: **D I** (Realizar un círculo)

	Última sesión de entrenamiento o competición: hace (1) (2) (3) (4) horas
	Intensidad de MMSS: Muy intensa[5]. Intensa[4] Moderada [3] Ligera [2] Muy ligera [1] Descanso[0]
	Horas de descanso previo: [] horas
	Momento de la temporada :

	sí	no
Uso de alguna crema, gel o spray en la piel		
En tratamiento fisioterapia o masaje?		
Café en las últimas 6 horas		
Exposición al sol o rayos UVA antes de la evaluación		
Fármaco o tratamiento		
Ducha previa a la evaluación		
Cuántos días hace que tuvo el último periodo	()	-----
Presenta lesión en MMSS		
Cual:	-----	-----
Escala EVA de dolor (se señala la regla EVA)	()	



ANEXO 7. PLANTILLA DEL SOFTWARE DE TERMOGRAFÍA



Date	17/02/2016
Imagen Hora	17:30:48
Filename	FLIR3303.jpg
Imagen Temperatura mínima	20.3 °C
Imagen Temperatura máxima	35.6 °C
Emisividad	0.98
Humedad relativa	50.0 %
Temperatura atmosférica	20.0 °C
Temperatura aparente reflejada	20.0 °C
Ar1 Área Temperatura máxima	34.9 °C
Ar2 Área Temperatura máxima	35.4 °C
Ar3 Área Temperatura máxima	35.1 °C
Ar4 Área Temperatura máxima	35.0 °C
Ar5 Área Temperatura máxima	25.7 °C
Ar6 Área Temperatura máxima	25.8 °C
Ar7 Área Temperatura máxima	25.8 °C
Ar8 Área Temperatura máxima	25.7 °C
Ar9 Área Temperatura máxima	25.7 °C
Ar1 Área Temperatura mínima	33.4 °C

Ar2 Área Temperatura mínima	33.4 °C
Ar3 Área Temperatura mínima	33.6 °C
Ar4 Área Temperatura mínima	33.3 °C
Ar5 Área Temperatura mínima	25.6 °C
Ar6 Área Temperatura mínima	25.7 °C
Ar7 Área Temperatura mínima	25.7 °C
Ar8 Área Temperatura mínima	25.6 °C
Ar9 Área Temperatura mínima	25.5 °C
Ar1 Área Temperatura media	34.2 °C
Ar2 Área Temperatura media	34.3 °C
Ar3 Área Temperatura media	34.5 °C
Ar4 Área Temperatura media	34.4 °C
Ar5 Área Temperatura media	25.7 °C
Ar6 Área Temperatura media	25.8 °C
Ar7 Área Temperatura media	25.8 °C
Ar8 Área Temperatura media	25.7 °C
Ar9 Área Temperatura media	25.6 °C

ANEXO 8. PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE TECNIFICACIÓN DE LAS MODALIDADES DE NATACIÓN Y WATERPOLO DURANTE LA TEMPORADA 2015 – 2016

Tabla entrenamiento de fuerza PRIMER TRIMESTRE
Grupo Natación niños 1998-1999 y niñas 2000-2001

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Adaptación anatómica	Circuito propio cuerpo	4	2	15	3	6-10	Su PC*
	Circuito de máquinas	4	2	15	2-3	8-12	Bajo-Medio (50-60% PC)
Hipertrofia	Circuito de máquinas	4	2-3	12	2-3	6-8	Medio-Alto (60-70% PC)
Fuerza Máxima / Potencia	Trabajo de estaciones · Máquinas · Pesos libres	3	2	6	6	6	Alto (70-80%) PC (Máxima velocidad)

Tabla 1

*PC peso corporal

Tabla entrenamiento de fuerza SEGUNDO TRIMESTRE
Grupo Natación niños 1998-1999 y niñas 2000-2001

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Potencia	Trabajo de estaciones · Máquinas · Pesos libres	4	2	6	4	6-8	Medio-Alto (60-70% PC) Alto (70-80%)
Fuerza de resistencia	Circuito de máquinas	3	3	12	4	8-12	Peso bajo (Máxima velocidad)

Tabla 2

Tabla entrenamiento de fuerza TERCER TRIMESTRE
Grupo Natación niños 1998-1999 y niñas 2000-2001

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Adaptación anatómica	Circuito de máquinas	3	2-3	10	3	10-15	Bajo - Medio (50-75% PC)
Hipertrofia	Trabajo de estaciones · Máquinas · Pesos libres	6	2	6	3	8-10	Alto (75-100% PC)
Potencia Fuerza de resistencia	Trabajo de estaciones · Máquinas · Pesos libres	4	2	6	4	6-12	Medio-alto (60-70% PC) Bajo (máxima velocidad)

Tabla 3

Tabla entrenamiento de fuerza PRIMER TRIMESTRE
Grupo Natación niños 2000-2002 y niñas 2002-2003

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Adaptación anatómica	Circuito propio cuerpo	8	4	12	3	10-15	PC*
Hipertrofia	Circuito de máquinas Trabajo de estaciones · Máquinas · Pesos libres	4	2	8	3	8-12	Bajo-Medio (50-60% PC) Medio-Alto (60-70% PC)

Tabla 4

*PC peso corporal

Tabla entrenamiento de fuerza SEGUNDO TRIMESTRE
Grupo Natación niños 2000-2002 y niñas 2002-2003

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Adaptación anatómica	Circuito de máquinas	4	2	12-15	2	10-15	Su propio peso
Fuerza de resistencia	Circuito de máquinas	4	2	12-15	2	10-12	Medio-alto (60-70% PC)

Tabla 5

Tabla entrenamiento de fuerza TERCER TRIMESTRE
Grupo Natación niños 2000-2002 y niñas 2002-2003

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Hipertrofia	Trabajo de estaciones · Máquinas · Pesos libres	3	2	6	3	8-10	Alto (70-80% PC)
Potencia	Trabajo de estaciones						
Fuerza de resistencia	· Máquinas · Pesos libres	3	2	6	3	6-10	Medio-alto (60-70% PC)

Tabla 6

Tabla entrenamiento de fuerza PRIMER TRIMESTRE
Grupo Waterpolo masculino

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Adaptación anatómica	Circuito propio cuerpo y utilización de máquinas	4	3-4	16	3	15	PC* Bajo (< 50% de 1RM)
Fuerza máxima - Hipertrofia	Máquinas, pesos libres y propio peso del cuerpo	8	3-4	12	3	6-10	Medio - Alto 70-85% de 1RM Vel. Ejecución media

Tabla 7

*PC peso corporal

Tabla entrenamiento de fuerza SEGUNDO TRIMESTRE
Grupo Waterpolo masculino

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Fuerza Explosiva-Potencia	Pesos libres, balones medicinales, propio peso del cuerpo	9	3-4	12	Trabajo en circuito 4 vueltas + 2' de descanso		Bajo (< 50% de 1RM) PC*
Fuerza de Resistencia	TRX				40" trabajo + 20" descanso		Máxima vel. de ejecución

Tabla 8

Tabla entrenamiento de fuerza TERCER TRIMESTRE
Grupo Waterpolo masculino

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Fuerza máxima - Hipertrofia	Máquinas, pesos libres y propio peso del cuerpo					8	Alta (75% de 1RM)
Fuerza Explosiva-Potencia	Propio peso	9	3-4	12	4		
Fuerza de Resistencia	TRX					10	Propio peso

Tabla 9

Tabla entrenamiento de fuerza PRIMER TRIMESTRE
Grupo Waterpolo femenino

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Repeticiones / Tiempo	Porcentaje de carga
Acondicionamiento físico general Resistencia base	Circuito propio cuerpo	4	3-4	18	3 vueltas con 2' de descanso	40" trabajo con 20" descanso	PC* Bajo-Medio (50-60 % PC)
Fuerza-Resistencia	Circuito de estaciones · Máquinas · Pesos libres	8	3-4	15	3	12-15	Medio - Alto (60-70% PC)

Tabla 10

*PC peso corporal

Tabla entrenamiento de fuerza SEGUNDO TRIMESTRE
Grupo Waterpolo femenino

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Fuerza-Resistencia Fuerza máxima	· Máquinas · Pesos libres	10	4	12	4	12-15 8-12	Medio-Alto (60-70% PC) Alto (>70% PC)

Tabla 11

Tabla entrenamiento de fuerza TERCER TRIMESTRE
Grupo Waterpolo femenino

Orientación	Organización de sesión	Número de semanas	Sesiones a la semana	Número de ejercicios	Número de series	Número de repeticiones	Porcentaje de carga
Fuerza máxima Fuerza explosiva-Potencia	· Máquinas · Propio peso cuerpo	12	4	12	3	8-12 10-12	Alto (>70% PC) Medio-Alto (60-70% PC)

Tabla 12