

i21873193

B.O. T 7381

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport



“Efectos del entrenamiento acuático sobre parámetros de la condición física en pacientes hemofílicos”

TESIS DOCTORAL

PROGRAMA DE DOCTORADO 987-122A

DPTO. EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA

PRESENTADA POR:

Sofía Pérez Alenda

DIRIGIDA POR:

Dr. D. José Enrique Gallach Lazcorreta

Dr. D. Luis-Millán González Moreno

Dr. D. Felipe Querol Fuentes

Valencia, 2010

UMI Number: U607566

All rights reserved

INFORMATION TO ALL USERS

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted.

In the unlikely event that the author did not send a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if material had to be removed, a note will indicate the deletion.



UMI U607566

Published by ProQuest LLC 2014. Copyright in the Dissertation held by the Author.
Microform Edition © ProQuest LLC.

All rights reserved. This work is protected against
unauthorized copying under Title 17, United States Code.



ProQuest LLC
789 East Eisenhower Parkway
P.O. Box 1346
Ann Arbor, MI 48106-1346

Dr. D. Jose Enrique Gallach Lazcorreta, Profesor Titular de Universitat de València, adscrito al Departamento de Educación Física y Deportiva.

Dr. D. Luis-Millán González Moreno, Profesor Titular de Universitat de València, adscrito al Departamento de Educación Física y Deportiva.

Dr. D. Felipe Querol Fuentes, Profesor Catedrático de Escuela de Universitat de València, adscrito al Departamento de Fisioterapia.

CERTIFICAN:

Que el presente trabajo, titulado "Efectos del entrenamiento acuático sobre parámetros de la condición física en pacientes hemofílicos", ha sido realizado bajo su dirección en el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universitat de València, por Dña. Sofía Pérez Alenda, para optar al grado de Doctora en Ciencias de la Actividad Física y Deporte. Habiéndose concluido, y reuniendo a su juicio las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizan su presentación a fin de que pueda ser defendido ante el tribunal correspondiente.

Y para que así conste expide y firma la presente certificación en Valencia, a 5 de marzo de 2010.



Fdo: J.E Gallach Lazcorreta Fdo: L-M. González Moreno Fdo: F. Querol Fuentes

Deseo expresar mi agradecimiento:

A mis directores, los doctores D. José Enrique Gallach Lazcorreta, D. Luis-Millán González Moreno y D. Felipe Querol Fuentes, que me han dado la oportunidad de aprender a investigar y me han prestado su ayuda de manera incondicional durante las 24 horas del día, los 12 meses del año. Me siento privilegiada por haber podido compartir este largo proceso con estas personas.

Al resto de miembros del equipo investigador, entre ellos los doctores Juan Carlos Colado Sánchez y Juan Benavent Mahiques, cuya aportación ha contribuido sin duda alguna a la construcción de este proyecto y, por tanto, a su consecución.

Al Dr. D. José Antonio Aznar Lucea, jefe de la Unidad de Hemostasia y Trombosis del Hospital Universitario LA FE de Valencia y a todas las personas que trabajan bajo su dirección. Gracias a todo el equipo por compartir sus conocimientos y por las atenciones prestadas.

A las personas que aceptaron tomar parte como sujetos experimentales, por su implicación y entusiasmo y sin cuya participación esta investigación no sería más que un proyecto plasmado en un papel.

A mis padres, por el esfuerzo de muchos años para darme esta educación y, sobre todo, por todo su cariño y apoyo. A mi hermana, por su comprensión, y por estar ahí a pesar de la distancia.

A Migue, la persona que me ha dado fuerzas en el día a día, que ha sabido aguantar en los malos ratos, sin reproches, ofreciendo siempre palabras de ánimo.

Gracias a todos.

INDICE

| | |
|---|-----|
| PREÁMBULO | 19 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 23 |
| 1.1. La hemofilia | 25 |
| 1.1.1. Hemofilia: Generalidades | 25 |
| 1.1.2. Hemofilia y aparato locomotor | 30 |
| 1.2. La condición física | 37 |
| 1.2.1. Conceptos generales acerca de la condición física | 38 |
| 1.2.2. La condición física orientada a la salud | 41 |
| 1.2.3. Principios básicos del entrenamiento..... | 74 |
| 1.2.4. Métodos y medios para la mejora de la resistencia y de la fuerza..... | 77 |
| 1.3. La condición física en el paciente hemofílico..... | 84 |
| 1.4. Objetivos e hipótesis | 97 |
| 2. MATERIAL Y MÉTODOS | 99 |
| 2.1. Diseño | 101 |
| 2.2. Pacientes | 101 |
| 2.3. Instrumentos..... | 104 |
| 2.4. Procedimiento general | 112 |
| 2.5. Procedimientos experimentales..... | 113 |
| 2.5.1. Valoración de la artropatía hemofílica..... | 113 |
| 2.5.2. Medición del rendimiento motor..... | 116 |
| 2.5.3. Medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca..... | 120 |
| 2.5.4. Medición de los valores hemáticos | 120 |
| 2.5.5. Mediciones antropométricas | 121 |
| 2.5.6. Protocolo de entrenamiento acuático..... | 122 |
| 2.5.7. Análisis de los datos. | 129 |
| 2.6. Cálculos y métodos estadísticos. | 132 |

Índice

| | |
|---|-----|
| 3. RESULTADOS..... | 133 |
| 3.1. Artropatía hemofílica | 135 |
| 3.2. Rendimiento motor..... | 137 |
| 3.3. Variabilidad de la frecuencia cardíaca | 139 |
| 3.4. Composición corporal..... | 140 |
| 3.5. Hemograma, bioquímica sanguínea, testosterona y cortisol | 141 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 145 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 163 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 167 |
| ANEXOS..... | 197 |
| i. Ejercicios de fuerza resistencia y de amplitud articular de miembros inferiores. | |
| ii. Ejercicios de potencia y equilibrio. | |
| iii. Sesión tipo. | |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1.1. Patrón hereditario de la hemofilia | 26 |
| Figura 1.2. Infusión de factor de coagulación | 28 |
| Figura 1.3. Hemartrosis | 31 |
| Figura 1.4. Hematomas de pacientes hemofílicos de diversa localización | 31 |
| Figura 1.5. Sinovitis | 33 |
| Figura 1.6. Artropatía hemofílica | 34 |
| Figura 1.7. Patogénesis de la artropatía hemofílica..... | 35 |
| Figura 1.8. Materiales para la medición de la composición corporal | 70 |
| Figura 1.9. Mediciones antropométricas | 71 |
| Figura 1.10. Materiales para el acondicionamiento físico en el medio acuático | 84 |
| Figura 1.11. Riesgos de la inactividad en el paciente hemofílico | 86 |
| Figura 2.1. Diseño de la investigación | 101 |
| Figura 2.2. Analizador de gases K4 b2..... | 104 |
| Figura 2.3. Pulsómetro Polar RS 800 sd | 105 |
| Figura 2.4. Topómetro Elephant | 106 |
| Figura 2.5. Material de extracción y almacenamiento de muestras sanguíneas para lactato | 106 |
| Figura 2.6. Analizador de lactato | 107 |
| Figura 2.7. Material de extracción sanguínea..... | 108 |
| Figura 2.8. Analizador AU5400..... | 108 |
| Figura 2.9. Analizador XE-2100..... | 109 |
| Figura 2.10. Analizador IMMULITE® 2000 systems..... | 109 |
| Figura 2.11. Báscula impedancímetro y tallímetro..... | 110 |
| Figura 2.12. Plicómetro, paquímetro y cinta métrica..... | 111 |
| Figura 2.13. Materiales acuáticos empleados en el entrenamiento | 111 |
| Figura 2.14. Formulario de evaluación clínica | 115 |

Índice

| | |
|--|-----|
| Figura 2.15. Calibración del K4 b2 | 117 |
| Figura 2.16. Test de Copper | 118 |
| Figura 2.17. Toma de muestras sanguíneas | 119 |
| Figura 1.18. Registro de la VFC en reposo | 120 |
| Figura 2.19. Escala de esfuerzo percibido (EEP) modificada de Robertson | 124 |
| Figura 2.20. Bloque de fuerza resistencia y potencia | 127 |
| Figura 2.21. Resistencia aeróbica | 129 |
| Figura 3.1. Valores espirométricos y distancia recorrida | 138 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1.1. Clasificación de la hemofilia A y hemofilia B..... | 27 |
| Tabla 1.2. Definiciones de profilaxis en la hemofilia y sus consecuencias..... | 29 |
| Tabla 1.3. Escalas y scores para la evaluación de la artropatía hemofílica y su evolución..... | 36 |
| Tabla 1.4. Clasificación de las cualidades físicas, según el Comité para el Desarrollo del Deporte del Consejo de Europa (1989) | 40 |
| Tabla 1.5. Recomendaciones sobre actividad física para adultos sanos entre 18 y 65 años por la ACSM y la American Heart Association | 42 |
| Tabla 1.6. Ecuaciones para el cálculo de la FC para el entrenamiento..... | 47 |
| Tabla 1.7. Adaptaciones cardiovasculares del entrenamiento aeróbico..... | 54 |
| Tabla 1.8. Adaptaciones pulmonares del entrenamiento aeróbico | 55 |
| Tabla 1.9. Adaptaciones metabólicas del entrenamiento aeróbico..... | 57 |
| Tabla 1.10. Adaptaciones hematológicas consecuencia del entrenamiento..... | 59 |
| Tabla 1.11. Adaptaciones al entrenamiento de la fuerza..... | 63 |
| Tabla 1.12. Fórmulas para el cálculo de los componentes corporales | 72 |
| Tabla 1.13. Clasificación del IMC según la OMS..... | 73 |
| Tabla 1.14. Recomendaciones para el entrenamiento de fuerza (ACSM, 2009)..... | 81 |
| Tabla 1.15. Trabajos experimentales en pacientes hemofílicos relacionados con la natación y la hidroterapia..... | 96 |
| Tabla 2.1. Edad y datos antropométricos | 102 |
| Tabla 2.2. Diagnóstico, nivel de factor, serología, tratamiento de sustitución e inhibidores | 103 |
| Tabla 2.3. Materiales empleados durante las sesiones de entrenamiento acuático | 112 |

Índice

| | |
|---|-----|
| Tabla 2.4. Ejercicios prescritos en el bloque de fuerza-resistencia y potencia | 124 |
| Tabla 2.5. Fases de progresión del bloque de fuerza-resistencia..... | 125 |
| Tabla 2.6. Fases de progresión del bloque de potencia | 126 |
| Tabla 2.7. Batería de ejercicios e intensidades de trabajo en las diferentes fases | 128 |
| Tabla 2.8. Variables del dominio temporal de la VFC calculadas con el software Kubios HRV 2.0 | 131 |
| Tabla 3.1. Resultados de la artropatía hemofílica según criterios clínicos | 135 |
| Tabla 3.2. Resultados de la artropatía hemofílica según criterios radiológicos | 136 |
| Tabla 3.3. Resultados de las variables analizadas en la prueba de 12 minutos | 137 |
| Tabla 3.4. Resultados del láctico en reposo y al finalizar la prueba de 12 minutos | 139 |
| Tabla 3.5. Resultados del dominio temporal de la variabilidad de la frecuencia cardíaca | 140 |
| Tabla 3.6. Resultados de la composición corporal | 141 |
| Tabla 3.7. Resultados del hemograma | 142 |
| Tabla 3.8. Resultados de la bioquímica sanguínea | 142 |
| Tabla 3.9. Resultados hormonales en suero | 143 |

ABREVIATURAS

ACSM: American College of Sports Medicine

AF: Actividad física

CF: Condición física

CO₂: Dióxido de carbono

CPK: Creatinfosfokinasa

EEP: Escala de esfuerzo percibido

EF: Ejercicio físico

Ej: Ejercicios

FC: Frecuencia cardiaca

FC_{max}: Frecuencia cardiaca máxima

FIX: Factor IX

FMH: Federación Mundial de Hemofilia

F-R: Fuerza resistencia

FVIII: Factor VIII

IMC: Índice de masa corporal

MET: Equivalente metabólico

NN50: Número de pares de intervalos adyacentes que difieren por más de 50 ms

pNN50: NN50 dividido por el número total de todos los intervalos RR

RA: Resistencia aeróbica

RER: Cociente respiratorio

RMSSD: Raíz cuadrada de la diferencia de medias entre el cuadrado de intervalos RR sucesivos

Abreviaturas

ROM: Rango de amplitud articular, del inglés Range of Movement

RR: Tiempo entre latidos cardiacos consecutivos

S.G.A: Síndrome general de adaptación

STD FC: Desviación estándar de los valores instantáneos de la FC

STD RR o SDNN: Desviación estándar de los intervalos RR

UHT: Unidad de Hemostasia y Trombosis

VFC: Variabilidad de la frecuencia cardiaca

VHC: Virus de la hepatitis C

VIH: Virus de inmunodeficiencia adquirida

VO_{2 max}: Consumo máximo de oxígeno

VO_{2 rel}: Consumo de oxígeno relativo

VO₂: Consumo de oxígeno

1RM: 1 Repetición máxima

PREÁMBULO

PREÁMBULO

Quiero empezar este preámbulo diciendo que me siento muy afortunada por haber tenido la oportunidad de iniciarme en el mundo de la investigación en una línea que está completando mi formación académica y experiencia profesional, además de cubrir ciertas inquietudes. Como diplomada en Fisioterapia y licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, siempre me ha interesado la actividad física orientada a la salud, y ese ha sido el camino principal que he seguido en mi formación y en mi actividad profesional. En particular, me he dedicado durante años a las actividades acuáticas y, especialmente, a la natación terapéutica y adaptada, desarrollando mi trabajo con discapacidades de diversa manifestación, tanto sensoriales, intelectuales y, sobre todo, físicas (Casado, 1991).

Tuve la suerte de encontrar a un grupo de investigadores inmersos en una línea de trabajo que para mi resultaba muy interesante. Los doctores D. José Enrique Gallach Lazcorreta, D. Luis-Millán González y D. Felipe Querol Fuentes habían desarrollado diversos trabajos con la población hemofílica y tenían el proyecto de llevar a cabo un protocolo de entrenamiento acuático dirigido a dichos pacientes. Aceptaron mi colaboración, y a partir de ese momento iniciamos la presente investigación que trata de cuantificar los cambios producidos en la condición física de pacientes afectados de hemofilia, tras realizar un plan de entrenamiento en el medio acuático.

Multitud de libros, médicos y otros especialistas recomiendan la natación y otras actividades acuáticas como el aquafitness o aquaerobic como medio para el mantenimiento y la mejora de la CF o de la salud y para la prevención de enfermedades como diabetes y los problemas cardiocirculatorios. También se recomienda en gran medida la fisioterapia acuática, siendo considerada como

Preámbulo

una de las mejores terapias para tratar, entre otras cosas, lesiones deportivas, patologías musculoesqueléticas frecuentes y, en general, para mejorar el estado de salud de poblaciones especiales como las personas mayores, los discapacitados, las embarazadas, etc. Pero no cualquier actividad o forma de ejecución es válida para todas las personas, incluso para una misma en determinados momentos, pudiendo ser incluso lesiva. Por desgracia, existe muy poca literatura en este campo que demuestre los beneficios del trabajo acuático con rigor científico y que establezca unas bases que puedan ser seguidas por los profesionales de la salud en el ámbito de las actividades acuáticas. Por eso pensamos que este trabajo es innovador, ya que trata de paliar una parte de esta carencia existente, aportando un grano de arena en el desarrollo científico dentro del ámbito de las actividades acuáticas saludables, campo tan demandado en la actualidad.

La investigación realizada se ha ajustado a la estructura estándar de una tesis doctoral, incluyendo las siguientes partes: introducción, material y métodos, resultados, discusión, conclusiones y referencias bibliográficas.

El presente documento empieza con una introducción donde se muestran los conceptos teóricos relacionados con la hemofilia y su repercusión a nivel musculoesquelético, además de conceptos generales sobre condición física que hemos considerado básicos para fundamentar la investigación desarrollada. Finalmente, en este apartado, hablamos de manera detallada de la condición física del paciente hemofílico, ofreciendo así una visión de la evolución y situación actual del tema.

El documento continúa con el bloque de material y métodos, en el que se ha plasmado la metodología empleada en la investigación (diseño, características

de los pacientes, instrumentos, procedimientos experimentales, análisis de los datos y cálculos estadísticos).

El siguiente apartado es el de resultados, que muestra los estadísticos más destacados de las variables analizadas; la artropatía hemofílica, el rendimiento motor, la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la composición corporal y parámetros de la serie roja, serie blanca y hormonas estudiados.

Seguidamente en el documento aparece la discusión, en la que contrastamos nuestro trabajo con la bibliografía relacionada al respecto, que aparece citada en el epígrafe de referencias bibliográficas. A continuación, en el siguiente apartado pueden leerse las conclusiones extraídas, que tratan de dar respuesta a los objetivos planteados inicialmente.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La hemofilia

La hemofilia es un trastorno congénito de la coagulación que se caracteriza por un cuadro clínico hemorrágico que afecta principalmente al aparato locomotor. Se trata de una coagulopatía hereditaria ligada al sexo causada por deficiencias del factor VIII (FVIII) en la hemofilia A y del factor IX (FIX) en la hemofilia B (Manucci y Tuddenham, 2001; FMH, 2004).

1.1.1. Hemofilia: Generalidades

Las coagulopatías congénitas están causadas por la alteración del gen codificante de uno o varios de los factores implicados en la cascada de la coagulación sanguínea. La mayoría de los genes responsables de las coagulopatías se encuentran localizados en cromosomas autosómicos y, por tanto, siguen un patrón de herencia mendeliana clásica. La excepción se encuentra en las hemofilias A y B que siguen un patrón de herencia ligada al sexo, ya que los genes responsables de estas coagulopatías se localizan en el cromosoma X (Gallardo et al, 2001). Así, el patrón hereditario de la hemofilia es el siguiente (figura 1.1):

1. La hemofilia se manifiesta en varones. Una mujer únicamente puede nacer con hemofilia si su padre tiene hemofilia y su madre es portadora del gen.
2. Cuando el padre tiene hemofilia pero la madre no es portadora, ninguno de los hijos varones tendrá hemofilia. Todas las hijas portarán el gen de la hemofilia.

- Las mujeres “portadoras” del gen de la hemofilia lo transmiten a su descendencia con las siguientes posibilidades: hijos varones 50% de probabilidad de padecer la enfermedad; hijas 50% de probabilidad de ser portadoras.

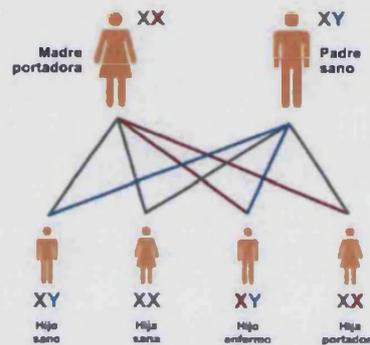


Figura 1.1. Patrón hereditario de la hemofilia (Querol, 2003)

Ocasionalmente, son diagnosticados de hemofilia niños sin antecedentes familiares. Este diagnóstico se denomina *de novo* y la padecen 1/3 de la población afectada (Casaña y Espinós, 1999; Mannuci y Tuddenham, 2001).

La incidencia de la hemofilia varía de unos países a otros (Stonebraker et al, 2009), siendo aceptado, en líneas generales, que es de 1 por cada 5.000 varones nacidos en la hemofilia A y de 1 por cada 30.000 en la B (Tuddenham y Cooper, 1994). En nuestro país, según datos aportados recientemente por el registro español de hemofilia, esta es de 1 por cada 9.073 para el tipo A y de 1 por cada 59.038 para el B (Aznar et al, 2009a). Así, en España el ratio de hemofilia A frente a la B es de 6,5:1 (Aznar et al, 2009b). En la Comunidad Valenciana, ya desde el año 2000, se ha producido un descenso del número total de casos de hemofilia A y B, pasando de 2,13 por cada 10.000 varones en la década de los 80 a 1,62 por cada 10.000 en la última década (Haya et al, 2000).

Siguiendo las recomendaciones del Subcomité Científico del Factor VIII y Factor IX, del Comité Científico y de Estandarización de la Sociedad Internacional de

Trombosis y Hemostasia (White II et al, 2001), la clasificación de la hemofilia se realiza preferentemente en base a los niveles plasmáticos del factor de coagulación deficiente. Según esta clasificación, la hemofilia se divide en tres niveles: severa o grave, moderada y leve (tabla 1.1). Se consideran tasas normales los niveles plasmáticos del FVIII y FIX superiores al 50%.

Tabla 1.1. Clasificación de la hemofilia A y hemofilia B

| Nivel de Factor | Clasificación |
|--|---------------|
| < 0,01 IU/ml (< 1% de la normalidad) | severa |
| 0,01 – 0,05 IU/ml (1% - 5% de la normalidad) | moderada |
| > 0,05 - < 0,40 IU/ml (>5% -<40% de la normalidad) | leve |

Tomado y traducido de White II et al, 2001

La clínica hemorrágica de la hemofilia depende del nivel plasmático de factor y no existen diferencias significativas por el tipo de la misma, hemofilia A o B. En la forma grave de la enfermedad los pacientes que no están sometidos a un tratamiento específico sufren hemorragias espontáneas con elevada frecuencia, incluso en ausencia de traumatismo evidente. En la forma moderada, las hemorragias se asocian normalmente a traumatismos o esfuerzos excesivos en actividades físicas. Por el contrario, los hemofílicos leves raramente sangran, sólo después de una cirugía o un traumatismo grave (Inman y Corigan, 1980; FMH, 2004; den Uijl et al, 2009). En procesos hemorrágicos, incluso aparentemente sin importancia, los hemofílicos graves sin tratamiento pueden poner en peligro su vida (Aronstam et al, 1979; Doughty et al, 1995).

En el tratamiento de la hemofilia, el componente más importante es la terapia sustitutiva o de reemplazo (figura 1.2). Existen dos modalidades; a demanda o profilaxis. Se considera tratamiento a demanda la infusión de factor después de

Introducción

un sangrado con el objetivo de resolverlo (Allain, 1979). Profilaxis es la infusión rutinaria de FVIII o FIX acorde a un plan prescrito para prevenir los sangrados y sus complicaciones, principalmente la artropatía hemofílica, así como los sangrados intracraneales y otros que puedan poner en peligro la vida (Manco-Johnson, 2005).



Figura 1.2. Infusión de factor de coagulación. De izquierda a derecha vemos un frasco de concentrado de factor, la infusión por vía periférica y central, ésta última por medio de un port-a-cath

Podemos distinguir dos tipos de profilaxis; la primaria y la secundaria. En la tabla 1.2 se describen las definiciones relacionadas con la profilaxis y sus consecuencias (Ota et al, 2007).

A pesar de la aplicación de la profilaxis desde los años 60, todavía hoy no existe un consenso generalizado sobre la dosificación del factor deficiente y su frecuencia de administración. Generalmente, los pacientes con hemofilia A grave se administran entre 25 y 40 unidades internacionales de FVIII por kg de peso corporal tres veces por semana, mientras que los pacientes con hemofilia B grave reciben la misma dosis dos veces por semana (Nilsson et al, 1992; Ljung, 2004; Colvin et al, 2008; Berntorp, 2009).

La complicación más grave relacionada con la profilaxis es el desarrollo de inhibidores. Éstos son anticuerpos creados contra el FVIII o FIX infundido en

niños con hemofilia (Manco-Johnson, 2005; Haya et al, 2007), que hacen ineficaz la terapia sustitutiva (Manco-Johnson, 2005).

Tabla 1.2. Definiciones de profilaxis en la hemofilia y sus consecuencias, tomado de Ota et al, 2007

| Término sobre hemofilia | Definición |
|---|---|
| Profilaxis primaria | Infusión de factor para prevenir el sangrado y sus consecuencias, por lo general a partir del 1º o 2º año de vida, antes del 3º, pero casi siempre después de un primer sangrado |
| Profilaxis secundaria | Infusión de factor con el fin de prevenir la hemorragia recurrente, a partir del desarrollo de una articulación diana o después de producirse sangrados en tres articulaciones o tejidos blandos significativos |
| Articulación diana | Tres o más sangrados en la misma articulación en un período de tres meses consecutivos |
| Sangrado articular | Episodio caracterizado por un sangrado intra-articular |
| Sangrado significativo en tejidos blandos | Sangrado fuera de las estructuras óseas, dentro de un músculo o en un espacio que puede incluir tejidos neuronales |

Una complicación adicional del tratamiento sustitutivo con concentrados plasmáticos de la coagulación, fue la infección por el virus de la inmunodeficiencia adquirida (VIH) y la hepatitis C (VHC). De los pacientes que recibieron productos derivados de plasma sanguíneo no tratado antes de 1985, aproximadamente el 60% fueron infectados con el VIH (Lorenzo et al, 1991; Mannucci, 1996) y el 100% con el VHC (Kernoff et al, 1985).

Introducción

A pesar de estos aspectos negativos, el desarrollo de concentrados de factores de la coagulación y la posibilidad del tratamiento profiláctico, ha significado que la esperanza de vida de estos pacientes se acerque a la de la población general (Nilsson et al, 1992; Triemstra et al, 1995; Plug et al, 2006; Darby et al, 2007).

1.1.2. Hemofilia y aparato locomotor

En el paciente hemofílico predominan los sangrados musculoesqueléticos, siendo las hemartrosis, los hematomas y la sinovitis las lesiones musculoesqueléticas más comunes en la hemofilia A y B (Rodríguez-Merchán et al, 2000; Rodríguez-Merchán, 2009). El paciente hemofílico grave, sin tratamiento de FVIII/IX, presenta desde la infancia hematomas musculares y hemartrosis de repetición que generan restricción de la movilidad y procesos degenerativos de las articulaciones afectadas hasta llegar a su completa destrucción en edades muy tempranas (Rodríguez-Merchán et al, 2000; Querol et al, 2001).

Las características de las lesiones musculoesqueléticas más frecuentes son las siguientes:

- Hemartrosis

La hemartrosis (figura 1.3) es un sangrado intra-articular caracterizado por su importante dolor (Ota et al, 2007). Es la manifestación clínica más frecuente y más conocida de la hemofilia, tanto grave como moderada, representando el 65-80% de todas las hemorragias (Magallón y Villar, 1992; Fernández Palazzi y Battistella, 1992; Aledort et al, 1994; Dietrich, 2004; Pergantou et al, 2009). Si estas hemorragias no son tratadas o son mal tratadas, se produce un daño articular que conduce a la artropatía en la segunda década de vida (Ahlberg, 1965; Soucie et al, 2004).

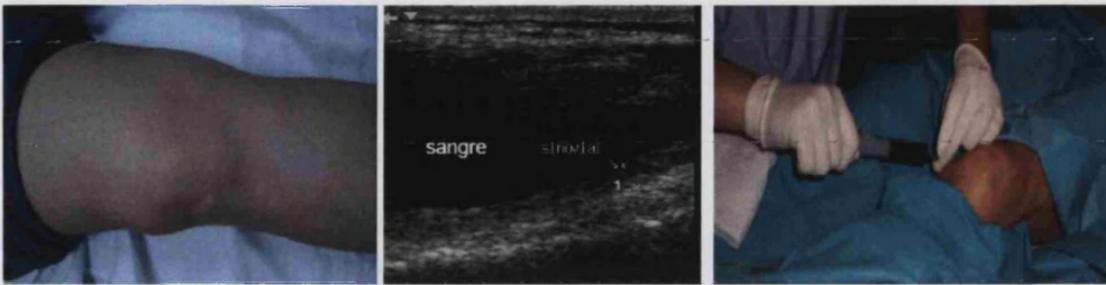


Figura 1.3. Hemartrosis. Hemartrosis de rodilla; la imagen central es un corte longitudinal hecho con ecografía que muestra la presencia de sangre intraarticular y a su derecha una imagen del procedimiento de evacuación o artrocentesis

Las articulaciones más afectadas son las rodillas, codos y tobillos, todas ellas articulaciones sinoviales con amplia superficie articular y representan el 60-80% de todas las hemartrosis (Raffini y Manno, 2007; Aznar et al, 2009b).

El diagnóstico de hemartrosis aguda se establece por los datos clínicos de dolor, inflamación, postura antiálgica, calor e impotencia funcional, previamente precedidos de leves molestias y hormigueos que el paciente hemofílico reconoce precozmente.

□ Hematomas

Un hematoma es un sangrado dentro de los tejidos; una colección localizada de sangre, en un órgano, espacio o tejido, debido a la rotura de la pared de un vaso sanguíneo (figura 1.4).

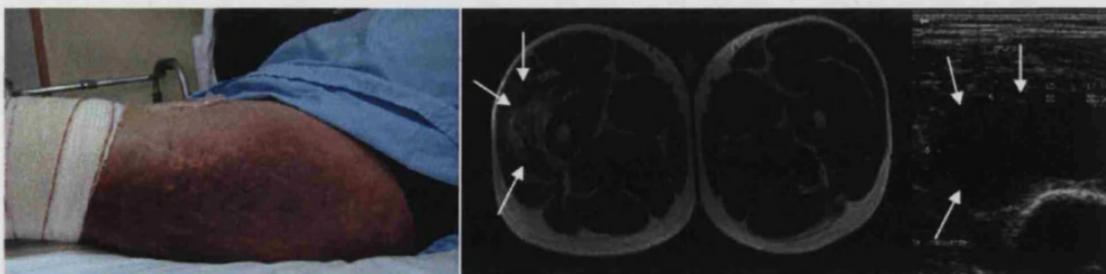


Figura 1.4. Hematomas de pacientes hemofílicos de diversa localización. De izquierda a derecha vemos un hematoma superficial en el muslo, un hematoma en el vasto externo a través de un corte transversal de tomografía axial computerizada y una imagen ecográfica (corte transversal en el muslo) que evidencia un hematoma muscular de grandes dimensiones ubicado en el crural

Introducción

Los hematomas musculares son los episodios hemorrágicos más frecuentes después de las hemartrosis y representan entre el 10% y el 30% de las hemorragias en pacientes hemofílicos (Fernandez-Palazzi et al, 1996; Rodríguez Merchán et al, 2000). Pueden ocurrir después de traumatismos, contusiones o de forma espontánea (sin duda relacionado con algún esfuerzo o golpe inadvertido), tanto en el músculo esquelético como en la musculatura lisa (McCoy y Kitchens, 1991; Gamba et al, 1995; Benjamin et al, 1996; Jarry et al, 2008). Los lugares más comunes son el psoas, el gastrocnemio y también en la musculatura flexora del antebrazo (Heim et al, 1995; Kleijn et al, 1995; Dauty et al, 2007). Estos hematomas intramusculares, que tienen lugar en compartimentos cerrados, son muy dolorosos e incapacitantes. Los planos fasciales limitan el hematoma y puede producirse un gran compromiso arterial y nervioso (Dietrich, 1978; Balkan et al, 2005).

Los síntomas de dolor aparecen más tardíamente que en las hemartrosis, a las 48-72 horas, pero igual que en ésta, el paciente es consciente de que se está produciendo la hemorragia antes de que aparezcan los signos clínicos evidentes (Iruin et al, 2001). Los síntomas pueden incluir dolor, hinchazón y una reducción del rango de movilidad. El estiramiento de la musculatura afectada puede provocar dolor intenso (Beeton, 2000).

□ Sinovitis

La sinovitis es un proceso inflamatorio de la membrana sinovial, que se produce ante la presencia de un hemartros, con el objetivo de reabsorber toda la sangre (figura 1.5). Esta puede ser transitoria, pero cuando las hemartrosis son frecuentes y/o intensas se establece como resultado lo que se denomina sinovitis crónica hemofílica (Rodríguez-Merchán, 1996; Rodríguez-Merchán et al, 1997; Roosendal et al, 1999; Goddard y Mann, 2007).

Clínicamente se manifiesta por tumefacción articular de consistencia semiblanda, discreto calor y leve limitación de la movilidad, para posteriormente instaurarse una hipotrofia muscular (Gilbert y Radomislí, 1997).

El tratamiento tiene por objetivo romper el círculo vicioso: “hemartrosis-sinovitis-disfunción musculoesquelética-hemartrosis recidivante”.

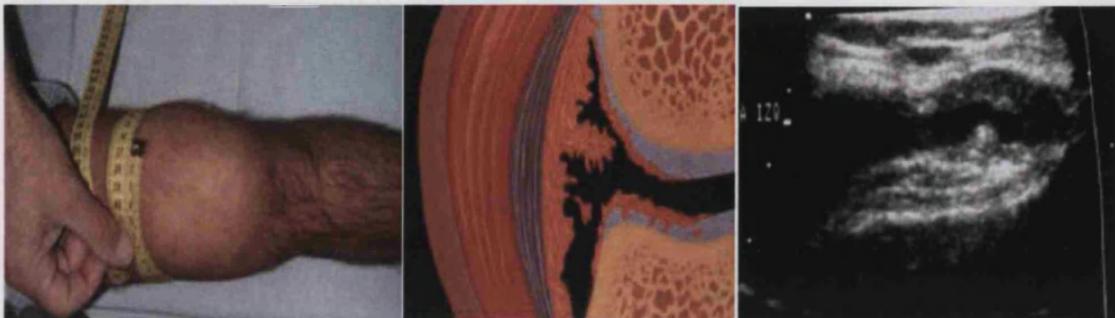


Figura 1.5. Sinovitis. De izquierda a derecha, podemos ver una rodilla con una sinovitis medible (circometría), un esquema de la sección lateral de rodilla con hipertrofia sinovial y vellosidades y una imagen ecográfica que evidencia la presencia de derrame articular además de hipertrofia sinovial y vellosidades

□ Artropatía hemofílica

Es la destrucción articular típica de la hemofilia (figura 1.6) con algunos aspectos clínicos y biológicos similares a la artritis reumatoide y a la artrosis degenerativa (Pettersson et al, 1981), caracterizada en un inicio por una sinovitis crónica proliferativa y por la destrucción del cartílago articular (Lafeber et al, 2008). Este daño articular irreversible es la consecuencia a largo plazo de las hemartrosis (Raffini y Manno, 2007) y puede afectar a cualquier articulación, aunque son las rodillas, los tobillos y los codos las que en mayor medida se afectan (Heim et al, 1994; Molho et al, 2000; Plug et al, 2004; Aznar et al, 2009b).

A pesar de que su patogenia no está suficientemente aclarada, sobre todo los cambios incipientes (Hoots et al, 2007), es fundamental, en la evolución de la artropatía hemofílica, la acción de la hemosiderina, así como la acción enzimática desarrollada por el sistema monocito-macrófago. Los depósitos de hemosiderina

Introducción

en los tejidos sinoviales inducen la proliferación sinovial y la neovascularización de la sub-capa sinovial, lo que se traduce en una inflamación. Este tejido inflamado y altamente vascularizado es muy susceptible de sufrir un nuevo sangrado ante mínimo estrés, iniciando un círculo vicioso que es difícil de subsanar (Roosendaal y Lafeber, 2006, Lafeber et al, 2008).



Figura 1.6. Artropatía hemofílica. Las imágenes evidencian la severa artropatía en la rodilla derecha de un hemofílico A grave de 38 años

Aunque en general se considera que los cambios en el tejido sinovial preceden a los cambios del cartílago, los resultados de estudios experimentales recientes han indicado que la presencia intra-articular de sangre puede tener un efecto nocivo directamente sobre el cartílago, y con independencia de cualquier cambio sinovial, y, por tanto, el daño del cartílago puede producirse antes de la inflamación sinovial (Jansen et al, 2007; Roosendaal et al, 2008). Además, cuanto más joven es el cartílago más susceptible es éste al daño tras el hemartros (Hooiveld et al, 2003). En la figura 1.7 podemos ver un esquema de la patogénesis de la artropatía hemofílica arriba explicada.

Las manifestaciones clínicas de la artropatía hemofílica se resumen en dolor, impotencia funcional y limitación articular, lo que finalmente desencadena invalidez, incluso para las actividades de la vida diaria (Heijen et al, 1998), condicionando una reducción de la percepción de la calidad de vida de estos pacientes (Walsh et al, 2008; Elander et al, 2009).

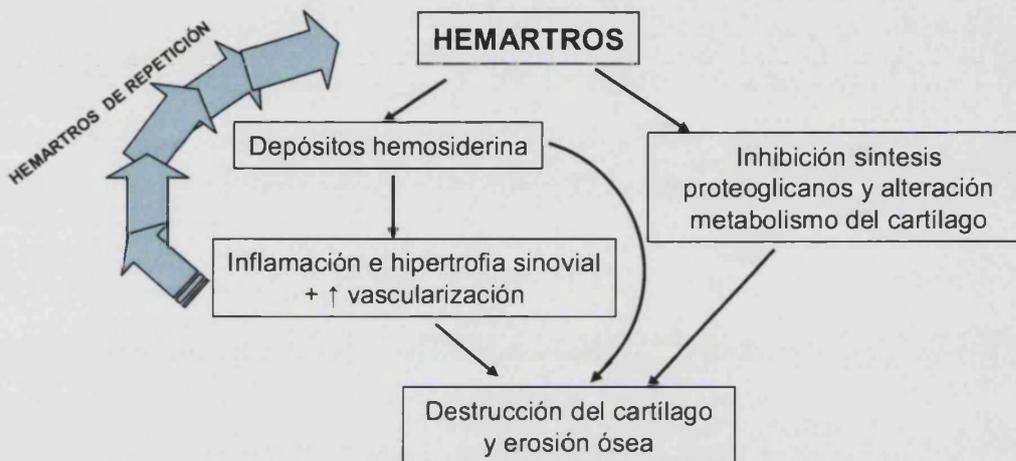


Figura 1.7. Patogénesis de la artropatía hemofílica

Gracias a la introducción de la profilaxis se ha conseguido reducir los episodios de sangrado en niños con hemofilia A y B grave y, por tanto, minimizar el impacto de la artropatía (Mannuci, 2003; Manco-Johnson et al, 2007). A pesar de todo, la artropatía hemofílica sigue siendo un problema en la actualidad. En un estudio multicéntrico realizado en España, en el que participaron 51 centros y un total de 2.568 hemofílicos A y B entre 1 y 78 años, presentaron artropatía el 55,3 % de los graves, el 39,5 % de los moderados y el 8,9 % de los leves. En cuanto a la prevalencia de la artropatía en función del tipo de tratamiento sustitutivo de factor, el estudio muestra que solo el 5,1% de los pacientes que están en profilaxis primaria la padecen frente al 31,1% de los que reciben profilaxis secundaria o tratamiento a demanda (Aznar et al, 2009b).

La artropatía hemofílica puede clasificarse de muy diversas formas, estando condicionada tanto por el tipo de criterio seguido (i.e. clínico, radiológico, de resonancia magnética nuclear) y de la escala, "score" o formulario de puntuación utilizada. En la tabla 1.3 podemos ver algunas de las más utilizadas, en las que se emplean criterios clínicos, radiológicos o de resonancia magnética nuclear.

Tabla 1.3. Escalas y scores para la evaluación de la artropatía hemofílica y su evolución

| ESCALA | DESCRIPCIÓN |
|--|--|
| Gilbert Score (Gilbert, 1993) | Escala de valoración física de la FMH. Valora en codos, rodillas y tobillos: hinchazón, atrofia muscular, deformidad axial, crepitantes, recorrido articular deficitario, contractura en flexión e inestabilidad. |
| Pettersson Score (Pettersson et al, 1981) | Sistema de puntuación de la FMH que clasifica la artropatía en función de criterios radiológicos; osteoporosis, ensanchamiento de la epifisis, irregularidades de la superficie subcondral, estrechamiento del espacio articular, quistes subcondrales, erosión de los márgenes articulares, incongruencia ósea y deformidad axial |
| Arnold-Hilgartner Scale (Arnold y Hilgartner, 1977) | Clasifica la artropatía en 5 estadios combinando aspectos clínicos y radiológicos, desde la inflamación de los tejidos blandos sin anomalías radiológicas (grado I), hasta la restricción de la movilidad unida a pérdida del espacio articular y deformidad (grado V) |
| Modified Arnold-Hilgartner Scale (Luck et al, 2004) | Clasifica la artropatía en 4 estadios, abarcando todo el rango completo de daño articular, desde el engrosamiento sinovial preliminar (grado I) hasta la completa pérdida del cartilago con irregularidad de la superficie articular y posible subluxación articular (grado IV) |
| European MRI Scale (Lundin et al, 2005) | Escala progresiva que evalúa en la imagen de RNM la calidad del hueso y del cartilago, la sinovial, depósitos de hemosiderina y espacio articular |
| Haemophilia Joint Health Score (HJHS) (Hilliard et al, 2006) | Medida fiable y fácil de administrar de la estructura y función articular, sensible a los cambios iniciales que aparecen en niños. Designada para reemplazar al Score de Gilbert como escala de valoración ortopédica de la FMH |
| Physical Examination (PE) Scales (Querol, 2008) | Conjunto de valoraciones que determinan el recorrido articular, hinchazón, crepitantes y deformidad. Incluye las valoraciones de Colorado para niños y adultos |

FMH; Federación Mundial de Hemofilia; RMI, RNM: Resonancia Magnética Nuclear

La existencia de tantas clasificaciones para la artropatía hemofílica está condicionada, en parte por las necesidades de cada hospital y de cada país, aunque sería interesante unificar criterios y establecer un consenso. De este modo, sería más fácil la comunicación y contraste de los resultados de las diversas actuaciones o tratamientos en estos pacientes (Schulman y Eelde, 2007; Querol, 2008; Feldman et al, 2008).

1.2. La condición física

Los términos actividad física (AF), ejercicio físico (EF) y condición física (CF) suelen utilizarse como sinónimos, sin embargo, aunque sean conceptos estrechamente relacionados, no deben ser confundidos.

Algunos autores diferencian la AF, definiéndola como "cualquier movimiento corporal", de EF, definiéndolo como "subconjunto de la AF que se caracteriza por ser planificada y con objetivos de formación" (Carpensen et al, 1985). Otras más recientes y en la misma línea consideran a la AF como "cualquier movimiento resultante de un gasto de energía más allá del estado de reposo" y al EF como "un subconjunto de la AF que se proyecta con el objetivo de mejorar o mantener la aptitud física, incluida la aptitud cardiorrespiratoria, fuerza muscular, composición corporal y flexibilidad" (Thompson et al, 2003).

Martinez-Vizcaíno y Sánchez-López (2008) relacionan los términos de AF y EF con el de CF. Hablan de la AF como "cualquier movimiento corporal producido por el músculo esquelético que precisa consumo energético" y del EF como "la AF planificada, estructurada, sistemática y dirigida a la mejora o el mantenimiento de uno o más componentes de la CF". Según estos autores, se puede considerar la CF como una medida de la capacidad de realizar AF y/o EF que integra la mayoría de las funciones corporales (del aparato locomotor, cardiorrespiratorias,

Introducción

hematoculatorias, endocrinometabólicas y psiconeurológicas) involucradas en el movimiento corporal. Por tanto, la AF es una conducta y la CF, un estado. De hecho, CF es la traducción española del concepto inglés “physical fitness”, que también puede ser traducido por estado físico

1.2.1. Conceptos generales acerca de la condición física (CF).

Tradicionalmente, la concepción de la CF se ha decantado hacia la consecución de rendimientos con una orientación tanto utilitaria como, sobre todo, deportiva. En esta línea encontramos la definición de Anshell y colaboradores que hablan de la CF como “la capacidad de un individuo para efectuar ejercicio a una intensidad y duración específica, la cual puede ser aeróbica, anaeróbica o muscular” (Anshell et al, 1991) y la de Clarke, que habla de “la capacidad para realizar tareas diarias con vigor y efectividad, retardando la aparición de la fatiga, realizándolas con el menor gasto energético y evitando lesiones” (Clarke, 1967).

Mientras que la orientación deportiva tradicional de la CF está dirigida hacia la consecución de objetivos externos al individuo, la nueva concepción de la CF orientada a la salud desarrollada a partir de los años 60, centra su objetivo en el bienestar del propio sujeto, y en la consecución de un beneficio propio. En esa línea Pate habla de la misma como “el estado caracterizado por una capacidad para el rendimiento en actividades diarias con vigor y una demostración de rasgos y capacidades que están asociadas con un bajo riesgo de desarrollo de enfermedades hipocinéticas” (Pate, 1988).

Más tarde, a partir de los años 90, se incorpora el concepto de “fitness total”, asociado al estilo de vida y a los sistemas biológicos que influyen en el ejercicio habitual, sin olvidar las características genéticas, la nutrición, el tabaco, etc. Bajo esta filosofía, se definió la CF como “estado dinámico de energía y vitalidad que

permite a las personas llevar a cabo las tareas diarias habituales, disfrutar del tiempo de ocio activo, afrontar las emergencias imprevistas sin una fatiga excesiva, a la vez que ayuda a evitar las enfermedades hipocinéticas, y a desarrollar el máximo de la capacidad intelectual, experimentando plenamente la alegría de vivir” (Rodríguez, 1995). Esta visión de la CF implica tres dimensiones:

- Dimensión orgánica: ligada a las características físicas del individuo y referida a los procesos de producción de energía y al rendimiento físico (dimensión más relacionada con la salud).
- Dimensión motriz: hace referencia al desarrollo de las cualidades psicomotrices, es decir, al control del movimiento y al desarrollo de las cualidades musculares que permiten la realización de ciertas tareas generales o específicas de las actividades físicas y deportivas.
- Dimensión cultural: refleja elementos ambientales, tales como la situación de la educación física escolar o el acceso a las entidades, instalaciones o equipamientos deportivos. El sistema de valores, actitudes y los comportamientos en un medio social, determinan en gran medida, el estilo de vida y los hábitos de actividad física del individuo.

Una última definición, actual, clara y sencilla y, que une las dos dimensiones más importantes, la relacionada con la salud y el rendimiento, habla de la CF como “un estado fisiológico de bienestar que permite satisfacer las demandas de la vida diaria o proporciona la base para el rendimiento deportivo o ambos” (Warburton et al, 2006b).

Una vez aclarado el concepto de CF, es necesario diferenciarlo del de acondicionamiento físico. Éste puede ser considerado como “el desarrollo intencionado de las cualidades o capacidades físicas, cuyo resultado será el

Introducción

grado de CF" (Generelo y Lapetra, 1993), siendo éstas el conjunto de factores, capacidades, condiciones o cualidades que posee el sujeto como energía potencial, de cuyo desarrollo puede obtenerse un buen nivel de aptitud física.

Existen numerosas clasificaciones de las capacidades físicas, entre ellas aquellas que las separan en cualidades básicas y cualidades compuestas o resultantes (Generelo y Lapetra, 1993) y las que, siguiendo las dos orientaciones fundamentales de la CF, las dividen en relacionadas con el rendimiento y con la salud (Pate, 1983; Conseil de l'Europe, 1989). A continuación, en la tabla 1.4 se muestra la realizada por el Comité para el Desarrollo del Deporte del Consejo de Europa (Conseil de l'Europe, 1989).

Tabla 1.4. Clasificación de las cualidades físicas según el Comité para el Desarrollo del Deporte del Consejo de Europa (1989)

| APTITUD FÍSICA | RENDIMIENTO | SALUD |
|--------------------------|-------------|-------|
| COORDINACIÓN | SI | |
| POTENCIA | SI | |
| R. CARDIORRESPIRATORIA | SI | SI |
| FUERZA | SI | SI |
| R. MUSCULAR O ANAERÓBICA | SI | SI |
| M. ANTROPOMÉTRICAS | SI | SI |
| FLEXIBILIDAD | SI | SI |
| VELOCIDAD | SI | |
| EQUILIBRIO | SI | |

R: resistencia; M: mediciones

Independientemente de la clasificación seleccionada, es importante remarcar que la modalidad deportiva elegida o la situación física de cada individuo y sus necesidades, marcarán el grado de importancia de cada una de las capacidades físicas.

Por último, señalar que la CF está determinada por condicionantes genéticos y de otra índole, como son los personales y sociales (Martínez-Vizcaino y Sánchez-López, 2008). Los genéticos influyen, sobre todo, en los componentes relacionados con el rendimiento. Estos explican parte de su variabilidad, probablemente por la influencia de la genética en la diferente distribución de la grasa, la capacidad aeróbica y las concentraciones de testosterona y otras hormonas relacionadas con la fuerza y con la flexibilidad, etc. Los condicionantes personales y sociales, entre ellos el carácter, la personalidad y la cultura, son importantes en el desarrollo de las cualidades relacionadas con la salud.

1.2.2. La condición física (CF) orientada a la salud

La Organización Mundial de la Salud define en su constitución a la salud como "el completo estado de bienestar físico, mental y social y no sólo la ausencia de afecciones o enfermedades". Así, el desarrollo de la CF orientada a la salud puede ser un medio para la consecución de ese estado de completo bienestar, ya que, como hemos visto anteriormente, hace referencia específica a aquellos componentes de la CF que se asocian con algún aspecto de la buena salud y/o de la enfermedad, y no necesariamente con el rendimiento deportivo (López y López, 2008).

Las capacidades integrantes de la CF orientada a la salud son la resistencia cardiorrespiratoria, la fuerza, la resistencia muscular, las medidas

Introducción

antropométricas o la composición corporal y la flexibilidad (Pate, 1983; Comité para el Desarrollo del Deporte del Consejo de Europa, 1989; ASCM, 1998).

En cuanto a la dosis adecuada de AF para el buen estado de salud, no existe en la actualidad ningún acuerdo (Kesaniemi et al, 2001). Continúa el debate acerca de qué tipo, con qué frecuencia, con qué intensidad y durante cuánto tiempo debe realizarse la AF para producir efectos beneficiosos para la salud. En la tabla 1.5 se describen las recomendaciones más importantes para mantener y mejorar la salud de adultos sanos entre 18 y 65 años, según la American Collage of Sports Medicine (ACSM) y por la American Heart Association (Haskell et al, 2007).

A pesar de que estas recomendaciones hacen especial hincapié en el ejercicio aeróbico y, secundariamente, en el entrenamiento de la fuerza y resistencia muscular, también es recomendable incluir ejercicios de flexibilidad (ACSM, 1998).

Tabla 1.5. Recomendaciones sobre actividad física para adultos sanos entre 18 y 65 años por la ACSM y la American Heart Association

1. Para promover y mantener una buena salud, es necesario mantener un estilo de vida físicamente activo.
2. AF aeróbica de intensidad moderada mínimo 30 min, 5 días por semana o AF vigorosa durante mínimo 20 min, 3 días por semana.
3. Pueden llevarse a cabo combinaciones de AF de intensidad moderada y vigorosa para cumplir esta recomendación; caminar 30 min, 2 veces por semana + jogging 20 min otros 2 días.
4. Una actividad aeróbica de intensidad moderada, que generalmente equivale a una caminata a paso rápido, que acelera notablemente el ritmo cardíaco, puede ser acumulada en 30 min mínimo, realizados por episodios a partir de 10 min de duración.
5. Para mantener o aumentar la fuerza muscular y la resistencia; mínimo 2 veces por semana, actividades que utilicen grandes grupos musculares (8 o 10 ejercicios).
6. Debido a la relación dosis-respuesta entre la AF y salud, las personas que deseen mejorar su CF, reducir el riesgo de enfermedades crónicas y discapacidades o prevenir el aumento de peso no saludable, probablemente podrán beneficiarse realizando ejercicio por encima de la cantidad mínima de AF recomendada.

CF: condición física; AF: actividad física

Por otro lado, señalar la necesidad de diseñar un programa de entrenamiento que proporcione la cantidad adecuada (volumen) de AF para alcanzar el máximo beneficio con el menor riesgo, sobre todo en poblaciones especiales. De hecho, los adultos sanos que cumplen las recomendaciones reflejadas en la tabla 1.5 y realizan actividades de intensidad moderada, tienen un índice de lesiones musculoesqueléticas similar al de los adultos inactivos (Carlson et al, 2006). A continuación en los siguientes subepigrafs exponemos algunos factores importantes respecto a la CF y la salud.

a) La resistencia cardiovascular como cualidad física básica para la mejora de la salud

La resistencia es un término que describe dos conceptos separados pero relacionados; la resistencia muscular y la resistencia cardiorrespiratoria. La primera es la capacidad de un músculo o grupo muscular para mantener acciones repetidas o una sola acción estática, mientras que la segunda es la capacidad del cuerpo para sostener ejercicios prolongados. La resistencia cardiorrespiratoria está muy relacionada con el desarrollo del sistema cardiovascular y respiratorio y, por lo tanto, con el desarrollo aeróbico (Willmore y Costill, 2007).

Para el adulto sedentario de mediana edad, numerosos factores de salud indican que la resistencia cardiovascular debe ser el punto de mayor énfasis en el entrenamiento (Willmore y Costill, 2007).

Se distinguen dos tipos de resistencia cardiorrespiratoria, la aeróbica y la anaeróbica. Cuando hablamos de resistencia aeróbica (RA) o "aerobic fitness" nos estamos refiriendo a la capacidad de resistencia a la fatiga durante actividades en las que la resíntesis de ATP se produce, fundamentalmente, por medio del metabolismo aeróbico (López y Fernández, 2006). Por tanto, ésta capacidad

Introducción

está determinada por la habilidad del organismo de captar, transportar y utilizar oxígeno durante la AF, siendo el consumo máximo de oxígeno ($VO_{2\text{ max}}$) la mejor medida cuantitativa para su valoración y control (Warburton et al, 2006b). Podemos definir el $VO_{2\text{ max}}$ como la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo, expresándose en cantidades absolutas ($\text{ml} \times \text{min}^{-1}$) o en cantidades relativas al peso corporal del sujeto ($\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$).

La resistencia anaeróbica o “anaerobic fitness” es la capacidad del organismo para producir energía sin oxígeno suficiente. Dentro de la misma se distingue entre potencia y capacidad anaeróbica, definiéndose la potencia máxima anaeróbica como la potencia máxima generada cuando la energía necesaria para contraer los músculos es proporcionada únicamente por fuentes energéticas anaeróbicas (López y Fernández, 2006). La capacidad anaeróbica es la cantidad máxima de ATP resintetizado por el metabolismo anaeróbico (de la totalidad del organismo) durante un tipo específico de esfuerzo máximo, de corta duración (Green, 1994), por tanto, indica el máximo ATP que puede llegar a suministrar el metabolismo anaeróbico en un solo esfuerzo. A su vez, tanto la potencia como la capacidad anaeróbica pueden ser lácticas o alácticas, en función no solo de la intensidad de los esfuerzos, sino de su duración.

En el ámbito de la salud, el desarrollo de la resistencia cardiovascular tiene un papel fundamental en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas cardiovasculares (hipertensión arterial, insuficiencia cardíaca, miocardiopatías, etc.) y de otro tipo como la obesidad y la diabetes mellitus (López y López, 2008).

Diversos son los factores que influyen en la respuesta al entrenamiento aeróbico, destacando entre ellos los siguientes: la genética, el nivel inicial de entrenamiento, la frecuencia de las sesiones, la intensidad de trabajo, el volumen

o duración del entrenamiento y el tipo de actividad (ACSM, 1998; McArdle et al, 2004; López y Fernández, 2006; Willmore y Costill, 2007). Pasamos a describir cada uno de ellos:

□ **La genética**

La respuesta individual al entrenamiento está asociada con un genotipo heredado. A pesar de que hay músculos donde predominan las fibras fásicas y otros donde lo hacen las tónicas, no todo el mundo tiene la misma cantidad de fibras rápidas y fibras lentas, por lo que no todos los seres humanos están igualmente dotados para desarrollar el mismo tipo de tareas (de resistencia, velocidad, fuerza, etc.). Existen estudios cuyos resultados muestran un componente genético fuerte para la mejora de la forma física cardiorrespiratoria (McArdle et al, 2004), hecho que explica gran parte de las variaciones individuales en la respuesta a programas de entrenamiento idénticos.

□ **Nivel inicial de entrenamiento**

Al igual que ocurre con el resto de las cualidades físicas, la magnitud y la velocidad a la que ocurren las adaptaciones está en relación al nivel inicial de entrenamiento del sujeto. Cuanto más alto es el estado inicial del acondicionamiento, menor será la mejora relativa para el mismo programa de entrenamiento. Además, en los sujetos menos entrenados las adaptaciones funcionales ocurren en pocas semanas, mientras que en sujetos entrenados pueden tardar meses. De forma general, se considera que las mejoras en la RA como consecuencia del entrenamiento se sitúan entre el 5% y el 25% (McArdle et al, 2001).

□ **Frecuencia de entrenamiento**

Las recomendaciones anteriormente señaladas de la ACSM y la American Heart Association (Haskell et al, 2007), para el mantenimiento y la mejora de la salud de

Introducción

adultos sanos entre 18 y 65 años, hablan de la necesidad de realizar AF aeróbica de intensidad moderada cinco días por semana o AF vigorosa tres días por semana. Según McArdle y colaboradores (2004), la mayoría de los estudios sobre la frecuencia del entrenamiento indican que se produce una respuesta al entrenamiento con el ejercicio que se realiza, al menos, tres veces a la semana durante, como mínimo, seis semanas.

En sujetos sedentarios o poco entrenados el aumento de la frecuencia del entrenamiento no está siempre asociado a mejores resultados. En estudios a corto plazo parece que, en este tipo de población, tres sesiones a la semana producen una mayor mejora en el rendimiento que cinco sesiones a la semana (Busso et al, 2002). Por otra parte, personas muy desentrenadas pueden mejorar la aptitud física incluso con tan solo dos sesiones de ejercicio por semana (Warburton et al, 2004).

□ Intensidad de entrenamiento

La intensidad del ejercicio es el factor más crítico del entrenamiento aeróbico con éxito (McArdle et al, 2004; Warburton et al, 2006a) y puede expresarse de diversas formas, entre ellas la frecuencia cardíaca (FC), el $VO2_{max}$, el equivalente metabólico (MET) o la escala de esfuerzo percibido (EEP).

La FC es el método preferido para controlar la intensidad del ejercicio (ACSM, 1995; Willmore y Costill, 2007), puesto que está muy relacionado con el esfuerzo del corazón. La intensidad del ejercicio puede expresarse como porcentaje de la FC máxima (FC_{max}), como porcentaje de la FC_{max} de reserva o como lo que conocemos como FC de entrenamiento (tabla 1.6).

La FC_{max} es el valor máximo de la FC que se alcanza en un esfuerzo a la mayor intensidad posible hasta llegar al agotamiento. Por otro lado, la FC_{max} recomendable dentro de un programa de AF saludable puede calcularse en base

a la edad, ya que muestra un declive ligero pero regular por año, comenzando entre los 10 y 15 años.

Tabla 1.6. Ecuaciones para el cálculo de la FC para el entrenamiento

$$FC_{\max} = 220 - \text{edad (años)}$$

$$FC_{\max} \text{ de reserva} = FC_{\max} - FC \text{ reposo}$$

$$FCE = FC \text{ reposo} + \% \text{ de trabajo deseado de } FC_{\max} \text{ de reserva}$$

FC: frecuencia cardíaca; FC_{max}: frecuencia cardíaca máxima; FCE: frecuencia cardíaca de entrenamiento

El cálculo restando a 220 la edad del sujeto en años ofrece una aproximación media de la FC_{\max} y puede aplicarse independientemente de la raza, la edad y el sexo de los sujetos. Es la fórmula recomendada por asociaciones como la American Heart Association o la ACSM para personas que no tienen un alto nivel de entrenamiento (López y Fernández, 2006), además de ser la utilizada con mayor asiduidad.

La FC de reserva, también conocida como fórmula de Karvonen, descrita en la tabla 1.6, en la actualidad se utiliza fundamentalmente en el ámbito de la rehabilitación cardíaca (López y Fernández, 2006). Hoy en día, este parámetro se emplea para establecer la intensidad de entrenamiento expresándola como un porcentaje de la FC de reserva. Para su cálculo se suma a la FC de reposo el porcentaje de la FC de reserva deseado.

Como hemos señalado, el $VO_2 \max$ es otro parámetro que puede ser utilizado para establecer la intensidad del ejercicio. Éste se relaciona además con la FC, existiendo una relación lineal entre ambos con intensidades crecientes de esfuerzo. Es importante señalar que la intensidad del ejercicio necesaria para

Introducción

alcanzar un determinado porcentaje del $VO_2 \text{ max}$ da lugar a una FC mucho más elevada que este mismo porcentaje de FC_{max} (Willmore y Costill, 2007).

Otra forma de calcular la intensidad es en base al sistema del MET, en el que ésta se calcula en función de la necesidad de oxígeno para cada actividad. La cantidad de oxígeno que consume nuestro cuerpo es directamente proporcional a la cantidad de oxígeno que gastamos durante la AF. En reposo, nuestro cuerpo usa aproximadamente 3,5 ml de oxígeno por kilogramo de peso corporal por minuto, que equivale a 1,0 MET. De esta manera, la intensidad de una actividad puede clasificarse según sus requerimientos de oxígeno como múltiplos del ritmo metabólico en reposo.

La percepción subjetiva del esfuerzo también es un instrumento válido y de fácil aplicación para el control de las diferentes intensidades del entrenamiento (Borg, 1982; Robertson et al, 2003). El método de la EEP requiere que una persona determine subjetivamente el grado de dificultad de un trabajo, usando una escala numérica que guarda relación con la intensidad del ejercicio. El sujeto mira la escala estándar para determinar el número apropiado.

Independientemente del método empleado para programar la intensidad del ejercicio, lo apropiado es establecer un intervalo de trabajo. Si se utiliza la FC se debe calcular una amplitud de variación de la misma, de modo que se comience por el extremo inferior del rango y se progrese hasta el extremo superior con el tiempo (Willmore y Costill, 2007). La intensidad del ejercicio en el extremo inferior de la zona de entrenamiento deberá tener una intensidad mínima, es decir, llegar al estímulo umbral para provocar una mejora cardiorrespiratoria. Este estímulo umbral dependerá fundamentalmente del nivel de RA de cada sujeto, es lógico pensar que la intensidad mínima necesaria para provocar una mejora

cardiorrespiratoria no puede ser la misma para un corredor de fondo que para una persona sedentaria.

Existen ligeras diferencias en las intensidades recomendadas por diferentes autores. Los valores de referencia del estímulo umbral para adultos sanos se sitúan entre el 55-65% de la FC_{max} o entre el 40-50% FC_{max} de reserva para la ACSM (ACSM, 1998) y al 70% de la FC_{max} o 60% FC_{max} de reserva para otros autores (McArdle et al, 2004; López y Fernández, 2006; Willmore y Costill, 2007). Para la población general no entrenada, o para sujetos en peores condiciones, son aceptadas intensidades inferiores.

La ACSM también señala que actividades físicas realizadas con una intensidad de entrenamiento menor, combinada con un incremento adecuado en la duración y frecuencia de entrenamiento, a pesar de no ser un estímulo suficiente para mantener o mejorar la RA en adultos sanos, sí aportan numerosos beneficios relacionados con la salud (ACSM, 1990; ACSM, 1998). Además, generalmente los ejercicios de baja intensidad son mejor aceptados por las personas no acostumbradas a realizar EF, que están extremadamente fuera de forma y por las personas mayores (Warburton et al, 2006a).

Así pues, el rango de intensidades que provocan mejoras en la RA es muy amplio, siendo las adaptaciones inducidas por el trabajo diferentes según la intensidad. Para fijar la más adecuada en función del objetivo, nos podemos ayudar como referencia de las siguientes zonas de intensidad marcadas por Burke en 1998, establecidas en base a la FC (López y Fernández, 2006):

- Zona 1 o zona de las actividades de la vida diaria, situada entre el 50-60% de la FC_{max} . La AF a esta intensidad es suficiente para inducir muchos de los beneficios sobre la salud asociados al ejercicio aeróbico

Introducción

y, está indicada para iniciarse en el entrenamiento o en períodos de vuelta al entrenamiento después de lesiones.

- Zona 2 o zona del ejercicio para la salud. Tiene sus límites entre el 60-70% de la FC_{max} . A estas intensidades la sensación de fatiga es importante y se consiguen muchas adaptaciones cardiovasculares.
- Zona 3, con intensidad situada entre el 70-85% de la FC_{max} . En deportistas entrenados el umbral láctico estará situado en algún punto de este rango de intensidades. Esta zona de intensidad coincide con lo que se ha denominado en ocasiones zona sensible del entrenamiento, siendo la principal zona en términos de tiempo, de los deportistas recreacionales. Corresponde, aproximadamente, con la máxima intensidad que personas con un nivel de entrenamiento medio o alto pueden mantener con cierta comodidad, situándonos en el límite de las intensidades correspondientes al máximo estado estable. El entrenamiento a estas intensidades permite desplazar el umbral láctico hacia intensidades superiores.
- Zona 4, que corresponde con valores de la FC entre el 85-100% de la FC_{max} . Los principales beneficios asociados al entrenamiento en estas intensidades son la mejora de la tolerancia al lactato, mejora de la economía del movimiento y mejora del $VO_2 max$.

En zona 3, las intensidades de trabajo entre el 70-85% de la FC_{max} , se corresponden, aproximadamente, con las intensidades máximas que un sujeto con nivel de entrenamiento medio o alto puede mantener dentro de lo que conocemos como “estado estable” o tasa constante del metabolismo aeróbico, en el que la captación de oxígeno corresponde a la demanda de los tejidos. Cuando se inicia un ejercicio aeróbico, la captación de oxígeno aumenta durante los

primeros minutos hasta llegar a este estado estacionario. El aumento progresivo de la captación de oxígeno al comienzo del ejercicio se debe al ajuste lento de la circulación y la respiración, o sea, el ajuste lento de los sistemas transportadores de oxígeno; durante los primeros 2-3 minutos hay un déficit de oxígeno.

La obtención de este estado coincide aproximadamente con la adaptación del volumen minuto, la FC y la ventilación pulmonar (Astrand, 1992). Este estado estable supone un equilibrio entre la energía que necesitan los músculos que trabajan y el ritmo de producción aeróbica de ATP. Las reacciones que consumen oxígeno proporcionan la energía para el ejercicio en estado estable; el lactato que se produce se oxida y se reconvierte en glucosa en el hígado, los riñones y los músculos esqueléticos (McArdle et al, 2004).

Cuando la actividad a realizar es la natación o ejercicios de la parte superior del cuerpo es necesario realizar ajustes al calcular la FC_{max} . En las personas entrenadas y no entrenadas, la FC_{max} de la natación es de promedio 13 latidos por minuto menor que la de la carrera. La diferencia probablemente se debe a la menor masa muscular de los brazos que se utilizan principalmente durante el ejercicio de la natación. Se recomienda restar 13 latidos por minuto a los valores obtenidos de la FC_{max} para la edad del sujeto cuando se elige como forma de entrenamiento la natación u otra parte superior del cuerpo (McArdle et al, 2004; López y Fernández, 2006).

□ Volumen de entrenamiento

El volumen de trabajo en el entrenamiento de la resistencia viene determinado por la duración de cada sesión y el número de sesiones a la semana. La duración recomendable de la sesión de entrenamiento de resistencia está en función de otros factores como el nivel del sujeto y el o los objetivos perseguidos, siendo la intensidad quizás el más importante (Willmore y Costill, 2007). La ASCM recomienda de

Introducción

20 a 60 minutos de trabajo aeróbico continuo o intermitente (períodos mínimos de 10 minutos acumulados durante el día), dependiendo de la intensidad de trabajo (ACSM, 1998). Muchos autores, han propugnado la inclusión de episodios breves de ejercicio de alta intensidad, sin embargo, la adhesión a esta forma de ejercicio puede ser pobre y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas alto, especialmente en las personas no acostumbradas a hacer ejercicio (Warburton et al 2006b).

Si las actividades realizadas son de intensidad baja deberán prolongarse por un período de tiempo de, cómo mínimo, 30 minutos o más (ACSM, 1998). Recomendaciones posteriores hablan de AF de intensidad moderada y vigorosa, recomendando una duración mínima de 30 minutos para actividades de intensidad moderada, ejemplificadas en caminar a paso rápido (Blair et al, 2004; Haskell et al, 2007) y de 20 minutos para actividades vigorosas, como hacer jogging (Haskell et al, 2007).

□ Tipo de actividad

Cualquier tipo de ejercicio que implique grandes masas musculares (e.g. andar, correr, ir en bicicleta, nadar, patinar, remar...) realizado con la intensidad, el volumen y la frecuencia convenientes, producen adaptaciones similares que conducen a una mejora de la resistencia. Pero, para maximizar las ganancias cardiorrespiratorias del entrenamiento, éste debe ser específico del tipo de actividad que suele realizar el deportista (Willmore y Costill, 2007). No tratándose de deportistas, cualquiera de las formas de trabajo arriba indicadas producirá los mismos efectos.

Una vez analizados los factores que influyen sobre el acondicionamiento aeróbico, pasamos a describir las principales adaptaciones fisiológicas. Como respuesta al entrenamiento aeróbico se producen en el organismo una serie de

adaptaciones fisiológicas que, generalmente, tienen lugar con independencia de la edad y del sexo. Estas adaptaciones se producen a nivel cardiorrespiratorio, metabólico y en otros órganos o sistemas. Dentro de las cardiorrespiratorias distinguimos entre las adaptaciones cardiovasculares y las respiratorias, ambas descritas a modo de resumen en las tablas 1.7 y 1.8 respectivamente (Astrand, 1992; McArdle et al 2001; McArdle et al, 2004; López y Fernández, 2006; Willmore y Costill, 2007; Sloan et al, 2009).

Las adaptaciones cardiovasculares son elevadas, afectando a diversos aspectos como el tamaño del corazón, el volumen sistólico, el gasto cardíaco y la FC. Entre las modificaciones que se producen en la FC como respuesta al entrenamiento, destacamos lo que se conoce como variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), definida como la variación que ocurre en el intervalo de tiempo entre latidos cardíacos consecutivos o en el intervalo de tiempo entre dos ondas R contiguas del electrocardiograma (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). La VFC es el resultado de las interacciones del sistema nervioso autónomo y el aparato cardiovascular, de manera que su análisis es una forma no invasiva de medir esta regulación.

La disminución de la VFC en reposo es un predictor importante de la morbilidad y mortalidad cardiovascular ya que ésta se reduce en enfermedades cardiovasculares, como el infarto agudo de miocardio y la insuficiencia cardíaca crónica (Kleiger et al, 2005; Leino et al, 2009). La VFC también disminuye con el envejecimiento, existiendo además diferencias entre los sexos (Antelmi et al, 2004). Por el contrario, una alta VFC, es decir, una gran irregularidad u oscilación en el tiempo transcurrido entre dos pulsaciones consecutivas, se asocia con un buen estado de salud del corazón (Montano et al, 2009).

Se ha visto que el ejercicio regular tiene un efecto protector sobre la reducción de la VFC. Numerosos estudios evidencian incrementos de la misma en reposo,

durante el ejercicio o en ambas situaciones, tras un periodo de entrenamiento aeróbico a diferentes intensidades (Tulppo et al, 2003; Jurca et al, 2004; Martinmäki et al, 2008; Felber et al, 2008; Sloan et al, 2009).

Tabla 1.7. Adaptaciones cardiovasculares del entrenamiento aeróbico

| ADAPTACIONES CARDIOVASCULARES |
|---|
| Incremento del tamaño del corazón, fundamentalmente por aumento de la cavidad ventricular izquierda |
| Elevación del volumen sistólico (cantidad de sangre bombeada por latido) |
| Aumento del gasto cardiaco (volumen de sangre bombeado por minuto= FC x volumen sistólico) a intensidades máximas, durante el ejercicio y en reposo |
| Incremento de la extracción sanguínea de hemoglobina durante el ejercicio |
| Aumento de la diferencia arteriovenosa de oxígeno, especialmente a niveles máximos de esfuerzo, reflejando una mayor extracción de oxígeno por los tejidos y mejor distribución sanguínea |
| Angiogénesis o formación de nuevos capilares en el tejido muscular: aumento de la densidad capilar y del diámetro de las arterias de conducción en los grupos musculares adaptados |
| Elevación del flujo sanguíneo muscular en los músculos entrenados |
| Disminución de la tensión arterial sistólica y diastólica en reposo |
| Incremento importante del $VO_{2\max}$ |
| Acortamiento del periodo de recuperación de la FC post-ejercicio |
| Disminución de la FC durante el ejercicio submáximo y en reposo |
| Incremento de la VFC en reposo, durante el ejercicio o en ambas situaciones |

FC: frecuencia cardiaca; VFC: variabilidad de la frecuencia cardiaca

El análisis de la VFC puede hacerse mediante el estudio del dominio temporal, el dominio frecuencial o por métodos no lineales o geométricos (Task Force of the European

Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996; Kleiger et al, 2005; Montano et al, 2009).

El entrenamiento aeróbico también produce cambios fisiológicos sobre el sistema respiratorio, pero, a diferencia del cardiovascular, en menor cuantía. El aparato respiratorio tiene una gran habilidad para llevar cantidades adecuadas de oxígeno al interior del cuerpo. Por esta razón, el sistema respiratorio casi nunca es el limitador de los resultados relativos a la cualidad de resistencia. No es de extrañar que las adaptaciones al entrenamiento más importantes reflejadas en la tabla 1.8 se manifiesten con claridad durante la realización de ejercicio máximo, cuando todos los sistemas están siendo forzados a la mayor intensidad posible.

Tabla 1.8. Adaptaciones pulmonares del entrenamiento aeróbico

| ADAPTACIONES PULMONARES |
|--|
| Incremento de la difusión pulmonar (intercambio de gases en los alveolos) a ritmos de entrenamiento máximos, probablemente por la mayor ventilación y perfusión pulmonar |
| Incremento de la resistencia pulmonar, facilitando el mantenimiento de niveles altos de ventilación submáxima |
| Incremento leve de la capacidad vital (cantidad de aire que puede expulsarse después de una inspiración máxima) |
| Ligera reducción del volumen residual (cantidad de aire que no puede expulsarse de los pulmones) |
| Disminución ligera de la frecuencia respiratoria en reposo o durante ejercicios submáximos. Elevación después de ejercicios máximos |
| Aumento de la ventilación minuto en el ejercicio máximo con las mejoras del $VO_{2\max}$ |
| Las adaptaciones respiratorias responden específicamente a la forma de ejercicio que se utiliza en el entrenamiento |

FC: frecuencia cardiaca; $VO_{2\max}$: consumo máximo de oxígeno

Introducción

Por otra parte, debido a que las hormonas intervienen en la mayoría de procesos fisiológicos, es de esperar que se produzcan adaptaciones en el sistema endocrino como consecuencia del entrenamiento. El trabajo cardiovascular produce fundamentalmente adaptaciones en dos hormonas, la testosterona y el cortisol o hidrocortisona.

La testosterona, hormona segregada por los testículos, tiene una acción fundamentalmente anabólica, lo cual significa que facilita el metabolismo. La testosterona, además de ser la responsable del desarrollo de las características sexuales masculinas y de la espermatogénesis, tiene un papel esencial en el crecimiento, desarrollo y maduración del esqueleto masculino. Otra función relevante y relacionada con el EF es el estímulo del crecimiento musculoesquelético, particularmente importante en el entrenamiento de fuerza (Willmore y Costill, 2007). El efecto del entrenamiento de RA sobre esta hormona es la disminución de su concentración, tanto por el aumento del aclaramiento como por la disminución de la producción, en los varones con un entrenamiento de fondo (McArdle et al, 2004).

Por su parte, el cortisol es un corticoesteroide segregado por la corteza suprarrenal que actúa sobre la mayoría de células del cuerpo. Entre sus funciones destacan; la estimulación de la gluconeogénesis (formación de hidratos de carbono de las moléculas de proteína o grasa); el incremento de la movilización de los ácidos grasos libres, convirtiéndolos en una fuente de energía más fácilmente disponible; la reducción de la utilización de glucosa, reservándola para el cerebro; la estimulación del catabolismo de las proteínas para liberar aminoácidos a fin de usarlos en reparaciones, en la síntesis de enzimas y en la producción de energía; la depresión de las reacciones inmunes y el incremento de la vasoconstricción causada por la adrenalina. Esta hormona también tiene un efecto antiinflamatorio (Willmore y Costill, 2007).

La AF modifica la respuesta del cortisol, dependiendo de la intensidad y duración del ejercicio, el nivel de forma física, el estado nutricional e incluso el ritmo circadiano. En cuanto al efecto del entrenamiento cardiovascular, éste produce un incremento de la concentración del cortisol en plasma. Este aumento es inferior en las personas entrenadas que en sedentarias durante los mismos niveles de ejercicio moderado. Esta mayor producción de cortisol entre las personas no entrenadas puede deberse en parte a un nivel más alto de estrés psicológico padecido durante la realización de la AF (McArdle et al, 2004).

Otro tipo de adaptaciones, consecuencia del entrenamiento aeróbico, son las metabólicas (McArdle et al, 2004; Willmore y Costill, 2007). En la tabla 1.9 se describen aquellas más destacables.

Tabla 1.9. Adaptaciones metabólicas del entrenamiento aeróbico

| ADAPTACIONES METABÓLICAS |
|---|
| Incremento del tamaño y nº de mitocondrias en el músculo esquelético, mejorando su capacidad para generar ATP mediante fosforilación oxidativa. |
| Aumento del umbral de lactato (menor producción de láctico para la misma intensidad de esfuerzo) |
| Incremento de los depósitos de glucógeno y ácidos grasos en los músculos entrenados |
| Elevación de la capacidad oxidativa de los ácidos grasos, especialmente los triglicéridos almacenados dentro del músculo activo, durante el ejercicio que se realiza una vez alcanzado el estado estable. |
| Elevación de la capacidad oxidativa de los hidratos de carbono |
| Adaptaciones metabólicas aeróbicas en las fibras rápidas y lentas, potenciando la capacidad aeróbica y el nivel del umbral de lactato ya existente en cada fibra muscular sin modificar significativamente el tipo de fibra |

Con el entrenamiento aeróbico ganamos mucha más eficacia en el uso de las grasas como fuente de energía para el ejercicio, permitiendo usar las reservas de

Introducción

glucógeno muscular y hepático a un ritmo más lento. Éstos, y el resto de cambios que tienen lugar en los músculos (señalados en la tabla 1.9), junto con las adaptaciones en el sistema de transporte de oxígeno, producen un funcionamiento más intenso del sistema oxidativo y una mejora de la capacidad de resistencia, además de otras adaptaciones que aportan importantes beneficios para la salud. Entre ellas podemos señalar:

- Reducción del colesterol sanguíneo, disminuyendo el riesgo de arterioesclerosis.
- Reducción de la grasa corporal con el ejercicio aeróbico y continuado, unido normalmente a un ligero aumento de la masa magra.
- El entrenamiento unido a una buena hidratación permite la realización de ejercicios en ambientes calurosos de manera más cómoda, al disponer de mayor volumen plasmático y una mayor capacidad de respuesta de los mecanismos termorreguladores.
- Potenciales beneficios psicológicos del ejercicio regular y continuado como la reducción del estado de ansiedad y de diversos índices de estrés, la disminución de la depresión entre leve y moderada, la mejora del humor, la autoestima y el concepto de uno mismo.

En cuanto a la reducción del peso corporal, el entrenamiento de resistencia no siempre provoca una reducción del mismo, a pesar de favorecer la pérdida de masa grasa. Una revisión de los estudios donde el ejercicio o la AF era la única intervención o se añadió una restricción calórica, se encontró que sólo con el ejercicio las pérdidas de peso eran modestas comparadas a cuando se añadía una limitación en la ingesta calórica (Saris et al, 2003).

Por último, hablaremos de las adaptaciones del sistema sanguíneo consecuencia del entrenamiento, tanto desde el punto de vista funcional como de su composición. Así pues, dentro de la respuesta hematológica al ejercicio podemos distinguir los cambios en la distribución del volumen plasmático, las adaptaciones de la serie roja, las de la serie blanca y los cambios en el sistema de hemostasia y trombosis (Terrerros y Navas, 2003; López y Fernández, 2006), resumidos en la tabla 1.10.

En deportistas de resistencia se ha encontrado una disminución del hematocrito y de hemoglobina, fundamentalmente por el mayor incremento del volumen plasmático frente a la eritropoyesis. Esta reducción es superior a la que tiene lugar en atletas entrenados en fuerza (López y Fernández, 2006).

Tabla 1.10. Adaptaciones hematológicas consecuencia del entrenamiento

| ADAPTACIONES HEMATOLÓGICAS |
|---|
| Incremento del volumen plasmático, que mejora la dinámica circulatoria y termorreguladora, facilitando el suministro de oxígeno durante el ejercicio. |
| Recambio de la población eritrocitaria; destrucción de los hematíes más viejos y generación de hematíes nuevos (eritropoyesis) |
| Reducción de la concentración de hemoglobina como consecuencia de la hemodilución provocada por el incremento del volumen plasmático |
| Leucocitosis (aumento del número total de leucocitos) nada más terminar el ejercicio |
| Aumento mantenido y prolongado de los linfocitos como consecuencia de un esfuerzo físico intenso y regular (deporte de competición de alto nivel) |
| Incremento pasajero de las plaquetas, tanto en número como en tamaño, conforme lo hace la intensidad del ejercicio |
| Reducción permanente del número de plaquetas circulantes con el entrenamiento físico regular |
| Incremento de la actividad fibrinolítica del plasma, tras un ejercicio máximo y en reposo en individuos entrenados |
| Aumento de la actividad del factor VIII con ejercicios de alta intensidad |

Introducción

En cuanto a la adaptación o respuesta del sistema inmunitario al ejercicio, señalar que ésta depende del grado de estrés experimentado por el individuo, tanto a nivel físico como psicológico. Así, la magnitud de la leucocitosis transitoria producida durante y tras el ejercicio, depende de la intensidad del ejercicio, siendo más pronunciada cuanto mayor es la intensidad del mismo y más bajo el nivel de entrenamiento del sujeto.

Respecto a las modificaciones del sistema de coagulación por el esfuerzo, en apoyo de los beneficios de la realización regular de AF sobre la salud, distintas investigaciones han sugerido que el entrenamiento físico aeróbico de intensidad moderada provoca como adaptación una disminución de la agregación y activación plaquetaria, así como un incremento de la actividad fibrinolítica, lo que en conjunto mejora el balance hemostático. Sin embargo, no se conocen muy bien las adaptaciones que sobre la coagulación sanguínea tiene el entrenamiento físico regular, siendo necesarios más estudios en este campo (López y Fernández, 2006).

b) La fuerza como cualidad física básica para la mejora de la salud

El entrenamiento de la fuerza aporta importantes beneficios para la salud. En los últimos años, numerosos estudios han demostrado que su desarrollo se asocia a una mejora de los factores de riesgo para las enfermedades cardiovasculares, diabetes no dependiente de la insulina, cáncer de colon, prevención de la osteoporosis, mantenimiento y pérdida de peso corporal, mejora de la estabilidad dinámica, mantenimiento de la capacidad funcional, mejora del estado psicológico y del bienestar y, por encima de todo, mejora de la calidad de vida (ACSM, 2009a). Es por ello por lo que se considera que el entrenamiento contra resistencias debe ser parte integrante de un programa de acondicionamiento físico para adultos (ACSM, 1998; Warburton et al, 2001; ACSM, 2002; ACSM, 2009a).

Antes de continuar, consideramos necesario aclarar conceptos básicos relacionados con la fuerza muscular. Desde un punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad que tiene el músculo para producir tensión al activarse. Esta activación tiene lugar cuando el músculo recibe un impulso eléctrico y se libera la energía necesaria, lo que dará lugar a la unión y desplazamiento de los filamentos de actina y miosina en el sentido de acortamiento sarcomérico y elongación tendinosa.

La activación del músculo puede dar lugar a tres acciones diferentes: acortamiento o acción dinámica concéntrica, alargamiento/estiramiento o acción dinámica excéntrica y mantenimiento de su longitud o acción isométrica.

En cuanto a la terminología básica relativa a la fuerza muscular, conocemos por fuerza máxima a la intensidad máxima de fuerza que un músculo o grupo muscular puede generar. Se expresa generalmente como 1RM (una repetición máxima; el peso máximo que un individuo puede vencer una sola vez). La potencia muscular representa el aspecto rápido de la fuerza; es el producto de la fuerza y la velocidad de movimiento. Por último, la capacidad para poder sostener acciones musculares repetidas durante un largo período de tiempo se denomina fuerza-resistencia (F-R) o resistencia a la fuerza (López y López, 2008).

Dadas las diversas formas del trabajo de fuerza, seleccionadas generalmente en función de los objetivos perseguidos (i.e. fuerza máxima, fuerza rápida, F-R, etc.), que obliga a variar el porcentaje de las cargas, el número de repeticiones, las series a realizar y otros parámetros, no vamos a entrar en detalles en su descripción, pero aludiremos de forma general a sus adaptaciones y beneficios.

De las manifestaciones de la fuerza mencionadas destacar la importancia de la resistencia a la fuerza, fuertemente vinculada con la CF y la salud. Su entrenamiento aportará simbióticamente beneficios propios del entrenamiento de

Introducción

fuerza y del entrenamiento de RA. Entre algunos de sus múltiples beneficios se puede destacar una mejor tolerancia a los esfuerzos moderados y persistentes, un tono muscular que permita mantener una postura adecuada y una aportación modesta en aspectos fisiológicos relacionados con cierta mejora de la condición aeróbica (Colado, 2004). A continuación pasamos a describir las principales adaptaciones al entrenamiento de fuerza.

La mejora de la fuerza puede producirse mediante tres vías; la hipertrofia, el reclutamiento de unidades motoras y la mejora de la velocidad de ejecución, relacionadas éstas con las adaptaciones al entrenamiento de la fuerza.

Las adaptaciones del entrenamiento también están influenciadas por diversos factores que van a condicionar la generación y el mantenimiento de la masa muscular. Entre estos condicionantes destacamos factores genéticos, ambientales y mecánicos, el estado nutricional, la activación del sistema nervioso, influencias endocrinas y el tipo de contracción realizada (McArdle et al, 2004; López y López, 2008).

Las adaptaciones al entrenamiento de fuerza más importantes podemos dividir las en neuromusculares, del tejido conjuntivo y óseas (McArdle et al, 2004, Wilmore y Costill, 2007; López y López, 2008), resumidas en la tabla 1.11.

Un importante componente nervioso explica, al menos en parte, la ganancia de fuerza que se produce en los programas de entrenamiento. Las mejoras de fuerza pueden conseguirse sin cambios estructurales en el músculo, pero no sin cambios ni adaptaciones neuronales. De hecho, la mejora de la facilitación neural se asocia con un aumento rápido y significativo del desarrollo de la fuerza en las primeras etapas de un programa de entrenamiento. Así, al comienzo de los programas de entrenamiento de fuerza, la mejora neural es mayor que el aumento del tamaño muscular o hipertrofia.

Tabla 1.11. Adaptaciones al entrenamiento de la fuerza

| MUSCULARES Y NERVIOSAS | DEL TEJIDO CONJUNTIVO Y ÓSEO |
|--|--|
| Mejor eficiencia de los patrones de reclutamiento neural | Incremento del contenido mineral óseo |
| Mejoras en la activación del SNC | Reforzamiento del tejido conjuntivo |
| Enlentecimiento de los reflejos inhibidores neurales | Refuerzo de la integridad estructural y funcional de tendones y ligamentos |
| Inhibición de los órganos tendinosos de Golgi | |
| Hipertrofia muscular | |

SNC: sistema nervioso central

La hipertrofia muscular crónica puede ser el resultado de una hipertrofia de sus fibras musculares, debido a: más miofibrillas, más filamentos de actina y miosina, más sarcoplasma, más tejido conectivo o una combinación de los factores anteriores.

En cuanto a las adaptaciones sobre el tejido conjuntivo y óseo, éstas pueden proveer de cierta protección frente a las lesiones en articulaciones y músculos, lo que apoya la utilización de programas de ejercicios de fuerza desde un punto de vista preventivo.

Otras adaptaciones, relacionadas en parte con las anteriormente descritas, son las que tienen lugar en el sistema endocrino. La respuesta endocrina a la sobrecarga muscular presenta diferencias interindividuales, como hace pensar la variabilidad de la respuesta en fuerza muscular e hipertrofia entre sujetos. Las hormonas relacionadas con el entrenamiento de fuerza más destacables son la testosterona y la hormona de crecimiento (McArdle et al, 2004; López y Fernández, 2006; Wilmore y Costill, 2007).

Introducción

Respecto a la testosterona, en el apartado de la resistencia aeróbica ya hemos hablado sobre cuál es la glándula endocrina que la segrega, los órganos o tejidos sobre los que actúa y sus funciones principales. En cuanto a la hormona de crecimiento, señalar que es segregada por el lóbulo anterior de la glándula pituitaria y que actúa sobre todas las células del cuerpo. Sus funciones principales son el desarrollo y agrandamiento de los tejidos del cuerpo hasta la maduración, incremento de la síntesis de proteínas y aumento de la movilización de las grasas para su uso como fuente de energía y la disminución del ritmo de la utilización de los hidratos de carbono.

Actualmente, se cree que el entrenamiento de fuerza incrementa la frecuencia y amplitud de la secreción de testosterona y de la hormona de crecimiento, contribuyendo a los efectos hipertróficos sobre el músculo. Esta magnitud está ligada a la configuración del ejercicio (frecuencia, intensidad, volumen, etc.).

Para algunos autores, solo se produce un incremento de testosterona tras programas de entrenamiento que mejoran la fuerza, de duración superior a ocho semanas y en sujetos que tienen más de dos años de experiencia en el entrenamiento de la fuerza. Por el contrario, no se observa este incremento cuando el entrenamiento es de corta duración o cuando es realizado por sujetos que no tienen experiencia en el entrenamiento de fuerza. Por lo tanto, un programa de entrenamiento que produzca efecto positivo sobre la ganancia de la misma no siempre se acompaña de un incremento de la concentración sanguínea basal de testosterona.

De igual modo, también se ha encontrado que el incremento de la hormona de crecimiento sólo se produce en sesiones de entrenamiento intensas, con cargas elevadas, muchas repeticiones y tiempo de descanso breve, no produciéndose

este incremento con sesiones de entrenamiento con cargas ligeras, pocas repeticiones, pocas series y tiempos de recuperación largos.

Otra hormona relacionada con el entrenamiento de fuerza es el cortisol, cuyo incremento está relacionado con la intensidad del ejercicio; a mayor intensidad, mayor aumento de la concentración en sangre (López y Fernández, 2006).

Otra posible adaptación hormonal es el incremento de la sensibilidad a la insulina, mejorando la tolerancia a la glucosa, factores importantes para la prevención de la diabetes (Wilmore y Costill, 2007).

El entrenamiento resistido también puede provocar adaptaciones en otros órganos y sistemas que aportan importantes beneficios para la salud. Puede tener un impacto sobre el nivel de preparación cardiorrespiratoria, específicamente sobre los factores asociados con las enfermedades cardiovasculares.

Mediante el entrenamiento contra resistencia, la FC a intensidades submáximas de ejercicio generalmente se reduce, lo cual normalmente refleja una mejor preparación cardiorrespiratoria. Sin embargo, no se ha demostrado de modo consistente la disminución de la FC en reposo. Por otro lado, este tipo de entrenamiento puede agrandar el tamaño del corazón, probablemente por la hipertrofia del tabique interventricular y de la pared del ventrículo izquierdo. Otra adaptación posible parece ser la reducción de la tensión arterial en reposo de personas con hipertensión o que la bordean. También, algunos estudios han defendido el uso del entrenamiento resistido para estimular alteraciones favorables en los perfiles de los lípidos en sangre, aunque los resultados de los diferentes estudios no han sido consistentes entre sí. Los posibles cambios son la reducción en la relación entre el colesterol total y el HDL, o entre el LDL y el HDL (Wilmore y Costill, 2007).

c) La composición corporal y su relación con la salud

La composición corporal y las mediciones antropométricas son consideradas componentes de la CF relacionadas con la salud (Pate, 1983; Comité para el Desarrollo del Deporte del Consejo de Europa, 1989; ASCM, 1998). Éstas, a diferencia de los demás componentes de la CF que se relacionan con la salud (resistencia cardiovascular, fuerza, resistencia muscular y flexibilidad) no son cualidades físicas, aunque sí tienen que ver con ella, ya que la composición corporal está influenciada por el desarrollo de algunas de estas capacidades físicas. Por ejemplo, el entrenamiento de fuerza puede incrementar sustancialmente la masa muscular (Willmore y Costill, 2007) y el entrenamiento de la resistencia cardiovascular puede reducir el porcentaje de grasa (López y López, 2008), modificando así la composición corporal. A su vez, las mediciones antropométricas son un método para evaluar la composición corporal. Por lo cual, profundizaremos en ellos a continuación.

La composición corporal hace referencia a la composición química del cuerpo, existiendo diferentes modelos que la explican. El modelo de cinco componentes lo divide en cinco tipos de tejido; de la piel, grasa, muscular, óseo y residual. El de cuatro componentes o tetracompartimental lo separa en; grasa, hueso, músculo y tejido visceral, mientras que el de dos componentes, también conocido como bicompartimental, lo simplifica dividiéndolo en masa grasa y masa magra. Según éste, la masa magra está compuesta por todos los tejidos corporales no grasos, incluido el tejido óseo, el muscular, los órganos y el tejido conectivo y se asume que las densidades son conocidas y constantes, para la masa grasa de 0,9 kg/l y para el peso libre de grasa de 1,1 kg/l. Si ya es discutible que la densidad de la grasa sea constante, lo es más respecto a la densidad de la masa magra, ya que la proporción de sus constituyentes varía con la edad, el crecimiento y desarrollo, la raza, la enfermedad, etc. (Canda, 1996; Garrido, 2005).

Existen multitud de métodos que permiten evaluar la composición corporal. Cada uno de ellos presenta determinadas ventajas y desventajas en cuanto a grados de precisión, coste, y formación del personal. Los métodos basados en el modelo bicompartimental de la composición corporal son los más utilizados por la facilidad de las mediciones (Willmore y Costill, 2007). A continuación se describen algunos de los métodos utilizados en la actualidad para determinar la composición corporal (McArdle et al, 2004; Garrido, 2005; Willmore y Costill, 2007; López y López, 2008):

□ **Absorciometría con rayos X de doble energía**

Es un procedimiento de alta tecnología que se emplea de manera rutinaria para valorar la densidad mineral del hueso en la detección sistemática de la osteoporosis y que también permite cuantificar la grasa y el músculo alrededor de las áreas óseas del cuerpo, incluyendo las regiones sin hueso. Con esta técnica, que necesita de un escáner central y dos tipos de rayos X, se emiten dos energías distintas de rayos X (exposición corta con dosis de baja radiación) que penetran en el hueso y las áreas de tejido blando hasta una profundidad de 30 cm. Por medio de programas informáticos especializados se reconstruye una imagen de los tejidos subyacentes. El informe que genera el ordenador cuantifica el contenido mineral óseo del hueso, la masa grasa total y la masa corporal sin grasa. También se pueden hacer estudios más profundos de zonas concretas del cuerpo. Se trata de una técnica no invasiva y muy precisa (con un margen de error del 2-3%), que dura entre 10-20 minutos.

□ **Densitometría**

Considera al organismo como un modelo formado por masa grasa y masa libre de grasa. La densitometría supone medir la densidad del cuerpo del sujeto, siendo ésta la masa dividida por el volumen. La masa es el peso del sujeto y el cálculo del volumen se basa en el Principio de Arquímedes, que dice que el

Introducción

volumen de agua que desplaza un objeto sumergido es igual al volumen de dicho objeto. Para el cálculo de la densidad podemos utilizar dos técnicas, el pesado hidrostático y la pletismografía por desplazamiento de aire.

En el pesado hidrostático, el individuo tiene que estar totalmente sumergido en agua. Para ello, se necesitan unas instalaciones especiales, con un tanque de agua para el pesado hidrostático a una temperatura tibia. El proceso puede durar 30 minutos, teniendo que estar el sujeto completamente sumergido algunos segundos. En función del agua desplazada se calcula el volumen del individuo; la diferencia entre el peso del sujeto dado por la báscula en seco y el peso debajo del agua, una vez corregido por la densidad del agua, da como resultado el volumen del cuerpo. Este volumen tiene que volverse a corregir teniendo en cuenta el volumen de aire atrapado en los pulmones, teniendo un promedio de 1.500 ml en los hombres adultos jóvenes y 1.200 ml en las mujeres adultas jóvenes, dependiendo del tamaño.

La pletismografía por desplazamiento de aire es un método relativamente nuevo en el mercado. Mide la grasa y masa libre de grasa mediante una metodología patentada de desplazamiento de aire. Esta tecnología se basa en el mismo principio de medida de cuerpo completo que el pesado hidrostático. En este caso, en vez de un tanque de agua el individuo tiene que sentarse en un habitáculo reducido, provisto de una gran ventana para minimizar los efectos claustrofóbicos (figura 1.8). Es de fácil manejo, presenta una elevada precisión y necesita poco tiempo para realizar la medición.

El punto más débil de la densitometría radica en la conversión de la densidad del cuerpo en una estimación de la grasa corporal. Al usar el modelo de dos componentes de la composición corporal, se requieren estimaciones precisas de las densidades de la masa grasa y de la masa magra. Hay que tener en cuenta

que la densidad de la masa magra varía de un individuo a otro en función del sexo, la edad y la raza.

□ Bioimpedancia eléctrica

Esta técnica es de fácil medición y mucho más barata que las anteriores, aunque tiene un margen de error bastante más elevado. Se basa en la resistencia que ofrecen el agua y los tejidos corporales al paso de una corriente eléctrica. Esta resistencia viene determinada por el contenido de agua y el contenido de electrólitos; la corriente alterna que pasa entre dos electrodos va más rápidamente a través de los tejidos corporales hidratados sin grasa y el agua extracelular, que en el tejido graso y óseo, debido al mayor contenido de electrólitos (menor resistencia eléctrica) del componente sin grasa.

En esta técnica la persona descansa sobre una superficie plana no conductora. Los electrodos conductores o inyectores de corriente se unen sobre las superficies dorsales del pie y la muñeca, y los electrodos detectores se unen entre el radio y el cúbito (apófisis estiloides) y en el tobillo entre los maléolos medial y lateral. La persona recibe una corriente eléctrica localizada no dolorosa con una determinada impedancia (resistencia) al flujo de corriente entre el electrodo inyector y detector. La conversión del valor de impedancia en densidad corporal (añadiendo la masa corporal, la estatura, la edad, el sexo y a veces la raza, el nivel de adiposidad y varios perímetros a la ecuación) proporciona el porcentaje de grasa corporal, a partir de una ecuación de conversión de densidad en porcentaje de grasa.

Actualmente existen en el mercado aparatos más sencillos, similares a una báscula, que no necesitan la utilización de electrodos, siendo suficiente que el sujeto se suba en ella descalzo (figura 1.8).



Figura 1.8. Materiales para la medición de la composición corporal. A la izquierda vemos una cámara para pletismografía por desplazamiento de aire y a la derecha una báscula de bioimpedancia eléctrica

□ Antropometría

La antropometría se refiere a las diferentes medidas del tamaño y las proporciones del cuerpo humano (Alvero, 2009). Es un método que requiere un material especial de precisión relativamente asequible y que puede estar presente en cualquier consulta médica. Es necesaria la formación del personal que vaya a realizar las medidas. Tiene un margen de error que depende de la pericia del medidor, pero que no debe ser superior al 5%. Es muy importante que las mediciones antropométricas se realicen de acuerdo a las directrices marcadas por los grandes organismos nacionales e internacionales (I.S.A.K a nivel mundial y G.R.E.C a nivel nacional).

La antropometría es una técnica sencilla, no invasiva, útil tanto para el estudio de la composición corporal como para la descripción de la morfología mediante el somatotipo y el análisis de la proporcionalidad de las medidas corporales (Canda, 1996).

El material básico recomendado (Alvero, 2009) y las mediciones antropométricas con el realizado (figura 1.9), explicado de manera esquemática, es el siguiente:

- Báscula o peso; determina el peso corporal total.

- Tallímetro; medición de la altura (total, del vértex, de la extremidad superior, etc.) y la talla sentado.
- Antropómetro; medición de los diámetros del tronco y la envergadura.
- Paquímetro o compás para pequeños diámetros óseos.
- Plicómetro o compás de pliegues cutáneos para cuantificar el espesor del tejido adiposo en determinados puntos de la superficie corporal.
- Cinta métrica o cinta antropométrica para la determinación de los perímetros y para la localización del punto medio entre dos puntos anatómicos.

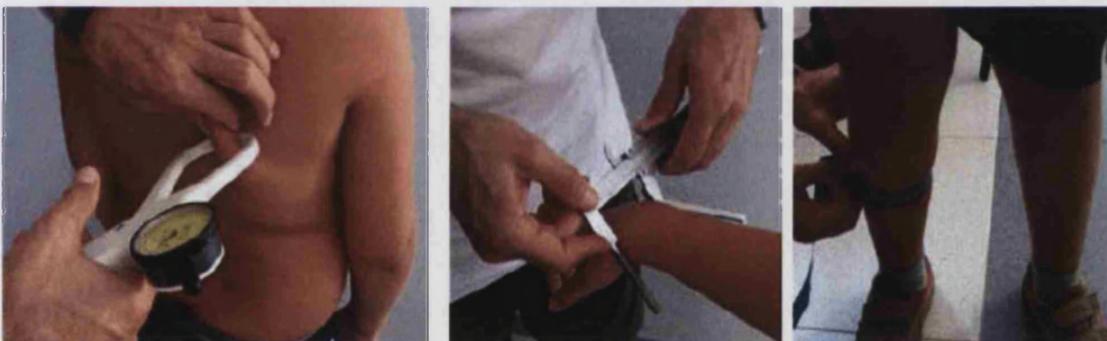


Figura 1.9. Mediciones antropométricas. *La imagen de la izquierda muestra la toma del pliegue subescapular, seguida del diámetro biestiloideo y el perímetro de la pierna*

Con las medidas antropométricas (peso, talla, pliegues cutáneos, perímetros y diámetros) y la utilización de diferentes ecuaciones de predicción se puede estimar o predecir, el porcentaje de tejido graso, el peso muscular, el peso del tejido óseo y el peso del tejido residual, y, por tanto, calcular la composición corporal de un individuo. Es importante la selección de la fórmula adecuada, ya que algunas de ellas son específicas para una población determinada, en función de aspectos como la edad, el sexo, la raza o nivel de entrenamiento. En la tabla 1.12 se describen las fórmulas recomendadas para varones adultos no

deportistas con edades comprendidas entre los 19 y 55 años (Canda y Esparza, 1999; Alvero, 2009).

Tabla 1.12. Fórmulas para el cálculo de los componentes corporales

| | |
|------------------------------|--|
| DC (Durnin-Womersley) | Hombres (17-72 años) = $1,1765 - 0,0744 \times \log (\sum 4 PL)$ $\sum 4 PL = \text{triceps} + \text{biceps} + \text{subescapular} + \text{suprailiaco}$ |
| % MASA GRASA (Siri) | % Graso = $(495/DC) - 450$ |
| %MASA MUSCULAR (Lee) | Hombres = $(T/100) \times ((0,00744 \times (Pb - \pi \times (PLt/10))^2 + (0,00088 \times (Pm - \pi \times (PLm/10))^2 + 0,00447 \times (Pp - \pi \times (PLp/10))^2 + 2,4 - (0,048 \times E) + 7.8$ |
| MASA ÓSEA (Rocha) | Peso óseo (kg) = $3,02 \times (T^2 \times DE \times DF \times 400)^{0,712}$ |

DC: densidad corporal; T: talla; P: perímetro; PL: pliegue cutáneo; E: edad; D: diámetro; Pm: P muslo; PLm: PL muslo; Pp: P pierna; PLp: PL pierna; Pb: P brazo contraído; PLt: PL tricipital; DE: D estiloideo; DF; D bicondíleo del fémur; π : 3.1416

La fórmula de Siri (1993) permite la estimación del porcentaje graso a partir de la densidad corporal obtenida con la fórmula de Durnin y Womersley (1974). En cuanto a la masa muscular, la de Lee (Lee et al. 2000) es la que mejor se ajusta a la población no entrenada ya que excluye en sus cálculos a la población deportista y sobreestima menos la masa muscular que otras como la homóloga de Martin, diferenciando además entre hombres y mujeres (Garrido, 2005).

También pueden calcularse índices antropométricos de composición corporal, es decir, relaciones entre dos medidas corporales. Uno de los más empleados es el índice de masa corporal (IMC), índice indirecto de adiposidad.

El IMC es la relación entre el peso y la talla. Este índice ha tenido una gran incidencia en el ámbito de la Salud Pública, debido fundamentalmente a su facilidad de medida y rapidez de cálculo, siendo utilizado para evaluar el

sobrepeso y la obesidad en poblaciones. Dicho índice corresponde a la fórmula: $IMC = \text{Peso} / \text{talla}^2$ (kg/m^2). Según la Organización Mundial de la Salud, el sobrepeso se define como un IMC mayor o igual a 25, y la obesidad como un IMC mayor o igual a 30 (WHO 1995; WHO 2000; WHO 2004). En la tabla 1.13 podemos ver la clasificación de manera detallada.

Tabla 1.13. Clasificación del IMC según la OMS

| IMC (kg/m^2) | INTERPRETACIÓN DEL IMC |
|--------------------------------|------------------------|
| < 18,5 | Bajo peso |
| 18,5 – 24,9 | Normal |
| 25 – 29,9 | Sobrepeso |
| ≥ 30 | Obesidad |
| ≥ 40 | Obesidad muy severa |

La utilidad o interpretación del IMC tiene limitaciones, ya que relaciona dos variables de dimensiones diferentes; peso (volumen) y talla (altura). Otra limitación importante de este índice es el hecho de que se basa en que todo el peso que excede de los valores predeterminados por las tablas talla-peso corresponderá a masa grasa. Este hecho no siempre es cierto, sobre todo en sujetos que realizan deportes de fuerza, en los que un aumento del peso puede deberse fundamentalmente al incremento de la masa magra, de modo que podemos encontrarnos con sujetos con un IMC alto y un porcentaje graso bajo y a la inversa. Vemos pues que el IMC es un índice útil para determinar la presencia de obesidad en grandes poblaciones, asumiendo sus limitaciones,

Introducción

siendo necesario realizar otras mediciones antropométricas más precisas para determinar la presencia de obesidad en un sujeto determinado (Garrido, 2005).

Por tanto, el estudio antropométrico puede facilitar una valiosa información sobre ciertos tipos de malnutrición, que afectan a la composición general del cuerpo y que se relaciona con ciertas enfermedades como la hipertensión, diabetes y algunos tipos de cáncer, así como dificultades psicosociales (ACSM, 2009b). De otro lado, la antropometría aporta datos sobre los cambios y adaptaciones fisiológicas del organismo ante un estímulo determinado como puede ser la AF definida y programada (Garrido, 2005).

1.2.3. Principios básicos del entrenamiento.

Los principios considerados básicos del entrenamiento son numerosos, entre ellos el principio de la especificidad, de la multilateralidad, de la transferencia, de la sobrecarga, de la estimulación voluntaria, de la unidad funcional, etc. Pero, no todos tienen la misma importancia, dependiendo de factores como la orientación del entrenamiento; para el rendimiento o la salud. Por ello, a continuación, sólo se describen los principios básicos del entrenamiento que consideramos más relevantes para el desarrollo de un programa de acondicionamiento físico orientado a la salud.

□ Principio de la unidad funcional

El organismo funciona como un todo o en conjunto. Cada uno de sus órganos es distinto de los demás, pero a su vez está relacionado o depende de otros hasta tal punto que el fallo de cualquiera de ellos impide la normal actividad de los demás, y consecuentemente el entrenamiento. Por tanto, el desarrollo de las distintas cualidades no ha de hacerse de forma escalonada o estanca, sino de forma simultánea y paralela, con predominio sobre una y otra función, de acuerdo

con las metas que queramos conseguir (Gallach y González, 2003). La ACSM recomienda trabajar junto al desarrollo de la RA, la flexibilidad, la fuerza y la resistencia muscular para el mantenimiento o la mejora de la salud (ACSM, 1998).

□ Principio de la individualización

Cada sujeto es un conjunto de capacidades o características completamente distintas desde el punto de vista antropométrico, funcional, motor, psicológico, etc., por eso se reacciona de forma distinta ante las mismas cargas de entrenamiento, y esto no solo ocurre entre diferentes sujetos, sino en un mismo sujeto a través del tiempo (Gallach y González, 2003; Willmore y Costill, 2007).

Mayor relevancia tiene este principio si pensamos en personas con movilidad reducida, como son los pacientes hemofílicos que presentan artropatía. Un mismo paciente puede tener, por ejemplo, una artropatía muy evolucionada en una rodilla, marcada por una atrofia y limitación de la movilidad importante, mientras que en la rodilla contralateral puede no tener ninguna alteración y, sin embargo, tener afectado el tobillo de dicho miembro. En este paciente será necesario individualizar el trabajo para conseguir los mayores beneficios en aquellas articulaciones ya lesionadas sin ponerlas en riesgo y, no limitar la mejora o el mantenimiento conseguido en las articulaciones sanas. Esta situación probablemente diferirá de la de otros pacientes con el mismo tipo y severidad de hemofilia pero con diferentes grados de artropatía, con las mismas u otras articulaciones afectadas.

□ Principio del incremento paulatino del esfuerzo o carga progresiva

Es sabido que los estímulos de intensidad baja no entrenan, que los de intensidad media lo hacen si se suceden con la frecuencia necesaria, y que los grandes estímulos pueden incluso perjudicar, provocando un agotamiento excesivo del sujeto. De esta manera, la sucesión de los estímulos de intensidad

Introducción

media provocan un desplazamiento del umbral de excitación hacia un nivel superior. Consecuentemente, dichos estímulos o esfuerzos deberán incrementarse en la misma medida para que alcancen el nuevo umbral de excitación logrado, cumpliéndose lo que conocemos por el "síndrome general de adaptación" (S.G.A.) y así continuar mejorando (Gallach y González, 2003). Lo importante será determinar para cada sujeto cual es ese estímulo de intensidad media, aunque, como hemos señalado anteriormente, estímulos de intensidad baja, que no llegan en cantidad y calidad a provocar los efectos del entrenamiento, sí tienen efectos beneficiosos relacionados con la salud cuando son realizados con mayor frecuencia y mayor duración (ACSM, 1990; ACSM, 1998) y, por tanto, reducir los riesgos de la inactividad.

El incremento progresivo de la carga puede lograrse modificando uno o varias de las siguientes variables: incremento de la intensidad del ejercicio, incremento del número total de repeticiones para la misma intensidad, elevación de la velocidad de ejecución, reducción de los periodos de reposo y aumento del volumen (ACSM, 2009a).

□ Principio de la continuidad

Para el cumplimiento del S.G.A. también es necesario que los estímulos aplicados se sucedan con la frecuencia adecuada para poder continuar con la mejora de la capacidad del sujeto y no descender a niveles inferiores, ni tampoco sobrecargar al individuo (Gallach y González, 2003). La pérdida del nivel de CF ocurre rápidamente cuando la persona cesa de hacer ejercicio. Tras sólo una o dos semanas de inactividad se producen reducciones significativas de la función fisiológica y de la capacidad de ejercicio, con una pérdida total de las mejoras del entrenamiento en cuestión de meses (McArdle et al, 2004). Es por ello por lo que, para

evitar perder las mejoras obtenidas, todo programa de entrenamiento debe incluir un plan de mantenimiento (Willmore y Costill, 2007).

□ Principio de la eficacia

Es quizá el que aglutina todos los citados anteriormente; sólo la utilización correcta de los parámetros (volumen, intensidad, frecuencia, progresión, etc.) dará los resultados perseguidos (Gallach y González, 2003). Sólo como ejemplo, aclararemos que un volumen doble de trabajo no implica el doble de mejora.

1.2.4. Métodos y medios para la mejora de la resistencia y la fuerza

Para diseñar un programa de entrenamiento que proporcione la cantidad adecuada de AF para alcanzar el máximo beneficio y con el menor riesgo, ya sea con una finalidad deportiva o relacionada con la salud, será necesario respetar los principios básicos del entrenamiento y aplicar el o los métodos de entrenamiento más adecuados para cada caso.

Antes de pasar a su descripción, señalar que los métodos de entrenamiento han sido desarrollados con el objetivo de mejorar el rendimiento de los deportistas, por lo que cuando se aplican en personas que no son deportistas de alto rendimiento, y sobre todo en poblaciones especiales con movilidad reducida, será necesario adaptarlos (i.e. intensidad, duración del ejercicio, duración de la pausa, etc.) según las características específicas de los sujetos y los objetivos perseguidos.

a) Métodos de entrenamiento de la resistencia aeróbica (RA)

Para mejorar la RA disponemos de diversos métodos de entrenamiento que podemos agrupar en dos, con sus diferentes variantes: el método continuo y el método fraccionado. El método continuo se caracteriza por la ausencia de

Introducción

períodos de descanso intercalados y por su larga duración, aunque se utiliza con variaciones importantes en cuanto a intensidad y duración, en función del nivel de entrenamiento y de los objetivos. Como hemos visto en el apartado anterior, existen tanto diversas intensidades recomendadas para llegar al estímulo umbral como diferentes rangos de intensidad en porcentajes de la FC_{max} . En cuanto a la duración, en el método continuo se consideran duraciones que van desde los 30 minutos a las dos horas (López y Fernández, 2006).

Este método es muy utilizado, en sus diferentes versiones, en deportes de carácter cíclico de media o larga duración y por deportistas recreacionales, siendo además ideal para personas que comienzan un programa de ejercicio o que quieren reducir el exceso de peso corporal (McArdle et al, 2004). Los diferentes tipos de entrenamiento continuo son los siguientes:

- **Método continuo extensivo**

Caracterizado por duraciones altas, con intensidades bajas o moderadas. La intensidad de trabajo se sitúa entre el umbral aeróbico y anaeróbico (de 1,5 a 3 mmol l⁻¹ de lactato), correspondiente a frecuencias cardiacas entre el 65-75% de la FC_{max} (Navarro, 1998). En esta forma de trabajo lo más importante es el volumen (i.e. la duración) y no la intensidad. Los principales beneficios que se persiguen con este método son la mejora del metabolismo de los lípidos y adaptaciones cardíacas.

- **Método continuo intensivo**

Realizado a intensidades más altas y, por lo tanto, de menor duración. Ésta estará normalmente entre 30 y 60 minutos, aunque en deportistas de disciplinas de larga (competiciones de 1,5 a 6 horas) y muy larga duración (competiciones de más de 6 horas) puede llegar hasta 90 minutos. La intensidad de trabajo se situará alrededor del umbral láctico (3-4 mmol/l⁻¹) (Navarro, 1998), correspondiente a

frecuencias cardiacas aproximadas del 75-85% de la FC_{max} . Con este método, los objetivos fundamentales que se persiguen son la mejora del umbral anaeróbico, adaptaciones centrales y periféricas y una mejora de la tolerancia al lactato.

□ Método continuo variable

En este, a diferencia de los dos métodos anteriores, la intensidad es variable. Esta forma de trabajo es similar al denominado farlek, siendo la diferencia fundamental con este método que el farlek no requiere una manipulación sistemática de las variaciones de la intensidad, sino que utiliza las sensaciones del deportista. Además, el farlek es un método referido exclusivamente a la carrera, mientras que el continuo variable pretende ser aplicado a cualquier forma de ejercicio.

El cambio de intensidades oscila entre el umbral aeróbico, y por encima del anaeróbico (entre 2 y 5-6 $mmol\ l^{-1}$) o entre el 75% y el 90% de la FC_{max} . La duración total de la sesión varía entre 30 y 60 minutos, con períodos de entre 1 y 10 minutos de elevación de la intensidad intercalandose con períodos de actividad incompleta.

Con el nombre de método fraccionado nos referimos a aquel en que se alternan períodos de esfuerzo (i.e. repeticiones) con períodos de recuperación. La razón fundamental de la utilización del entrenamiento fraccionado es que permite completar volúmenes de trabajo acumulado a altas intensidades que con el método continuo no se pueden alcanzar. Éste método de trabajo es especialmente importante en sujetos con un alto nivel de entrenamiento, en los que la mejora del rendimiento parece ser más significativa a través del entrenamiento fraccionado (i.e. por la elevada intensidad de trabajo) que aumentando el volumen total de entrenamiento (Laursen et al, 2002). Podemos

Introducción

distinguir tres tipos fundamentales de entrenamiento fraccionado: interválico extensivo largo, interválico extensivo medio e interválico intensivo corto (Navarro, 1998). Dentro del entrenamiento fraccionado se incluyen también métodos de trabajo específicos del deporte de competición, como son el método de repeticiones o el de ritmo competición, en función de los objetivos buscados. Debido a las altas intensidades de los periodos de esfuerzo no son métodos indicados en un programa de entrenamiento orientado a la salud.

b) Métodos y medios para la mejora de la fuerza

Existen diferentes métodos o formas de aplicar el entrenamiento contra resistencia, dependiendo fundamentalmente del aspecto de la fuerza que se quiera trabajar. Sin embargo, cuando el entrenamiento de la fuerza busca una mejora de la misma relacionada con la salud no es necesario aplicar un método de trabajo específico, siendo suficiente seguir las recomendaciones generales en aspectos como nº repeticiones, carga, intensidad, pausas, etc. La ACSM ha publicado recientemente una nueva guía con recomendaciones para el entrenamiento contra resistencias para adultos sanos (ACSM, 2009a), en la que especifica con mayor precisión las recomendaciones por ella publicadas con anterioridad (ACSM, 1998; ACSM, 2002). No hay que olvidar que esta guía es una referencia y que su aplicación estará condicionada, entre otras cosas, por los objetivos planteados y la capacidad física del sujeto, más aun si se utiliza como base para personas "no sanas", como pueden ser las personas con movilidad reducida o con limitaciones ortopédicas. En la tabla 1.14 se resumen las recomendaciones de la ACSM para el entrenamiento contra resistencia en sus diferentes aspectos; fuerza, hipertrofia, potencia y F-R (ACSM, 2009a). En ella se han reflejado las directrices aplicables independientemente del nivel de

entrenamiento del sujeto (no entrenado, de nivel intermedio y alto) y aquellas específicamente dirigidas a personas no entrenadas.

Tabla 1.14. Recomendaciones para el entrenamiento de fuerza (ACSM, 2009)

| VARIABLES | Fuerza | Hipertrofia | Potencia | F-R |
|----------------------------|---|-------------------------------|--|---|
| Contracción | 1º: CON , EXC 2º: ISO | CON, EXC, ISO | | |
| Carga | NE ligera: 60-70% 1RM o menos (40-50% 1RM) | NE y NM, moderada: 70-85% 1RM | De ligera a moderada: 30-60% 1RM MS, 0-60% 1RM MI | Baja |
| Nº repeticiones | NE: 8-12 rep | NE y NM: 8-12 | 3-6 | Elevado (15-25 rep), NE (10-15 rep) |
| Nº series | NE: 1-3 | NE y NM: 1-3 | 1-3 | |
| Pausa entre series | 2-3 min cargas elevadas 1-2 min EJ asistidos | NE y NM: 1-2 min | 2-3 min EJ alta intensidad 1-2 min EJ asistidos o de menor intensidad | Corta: 1-2 min (15-20 rep), <1min (10-15 rep) |
| Velocidad ejecución | NE: baja a moderada | Baja a moderada | | Baja (10-15 rep), moderada /alta (+ rep) |
| Dias semana | 2-3 | 2-3 | 2-3 | 2-3 |

F-R: fuerza-resistencia; CON: concéntrica; EXC: excéntrica; ISO: isométrica; NE: no entrenados; NM: nivel medio; rep: repeticiones; MS: miembro superior; MI: miembro inferior; EJ: ejercicios; 1RM: 1 repetición máxima

Otro aspecto a tener en cuenta son las zonas corporales a trabajar en cada ejercicio. Tanto si se quiere trabajar la fuerza, la hipertrofia, la potencia o la F-R, pueden utilizarse tanto ejercicios unilaterales como bilaterales, monoarticulares

Introducción

o analíticos y poliarticulares o globales. Para el desarrollo de la potencia deben emplearse fundamentalmente ejercicios globales.

En cuanto a la secuencia de trabajo, es recomendable comenzar por los grandes grupos musculares o músculos antes que por los pequeños, y por los ejercicios poliarticulares antes que los monoarticulares. Respecto a la intensidad, es preferible realizar primero los de intensidad elevada antes que los de menor intensidad. También es interesante intercalar ejercicios de miembro superior con otros de miembro inferior o bien secuenciar ejercicios de músculos agonistas y antagonistas.

A continuación describimos los medios. Consideramos como medios a los instrumentos o materiales utilizados en el entrenamiento de la fuerza. Existen numerosas posibilidades, desde el propio peso corporal o autocarga, el de un compañero, los pesos libres con mancuernas o halteras, materiales simples como los balones medicinales o las gomas elásticas y aparatos más complejos como son las máquinas de musculación y multiestación o las máquinas isocinéticas. Estas últimas son más complejas, ya que son capaces de ajustar automáticamente la resistencia del movimiento y controlar la velocidad, de manera que los músculos soportan una carga máxima en todo el recorrido. En el entrenamiento de la fuerza también se pueden emplear aparatos de electroestimulación, que consiguen la contracción muscular a partir del estímulo eléctrico que, a través del propio músculo o del nervio motor, pasa directamente a la placa motora.

Por otro lado, también podemos considerar al medio acuático como material en sí mismo para el entrenamiento de la fuerza, es decir, el agua como elemento de resistencia, bien sola o unida a materiales específicos utilizados en el

entrenamiento acuático. Ya que estos han sido los utilizados en la presente investigación, vamos a profundizar más en ellos.

Los materiales que se pueden utilizar en el medio acuático se basan en tres principios fundamentales: flotación, resistencia y peso (Colado, 2004). La flotación es la propiedad que permite utilizar materiales para asistir y facilitar el propio movimiento o también para proporcionar ayuda para movilizar otras zonas alejadas. Además, también se pueden utilizar para resistir el movimiento, aportando complementariamente contracciones excéntricas a los ejercicios acuáticos. La resistencia permite utilizar materiales con la finalidad de incrementar la dificultad del movimiento a través del medio acuático, dando lugar a contracciones fundamentalmente concéntricas. Por último lugar, el peso, aumenta la fuerza externa a vencer, aunque en menor medida que si ese mismo peso se movilizara fuera del agua como consecuencia del empuje de ésta.

Los materiales empleados en las sesiones de acondicionamiento físico en el medio acuático podemos dividirlos a su vez en materiales convencionales y no convencionales. Los primeros son los comúnmente utilizados en la natación, como pueden ser las tablas, los pull-boys, las aletas y las palas. Los segundos han surgido en los últimos años, fundamentalmente para el acondicionamiento físico en el medio acuático, como son los flotadores tubulares, los guantes o manoplas, las muñequeras y tobilleras de flotación o de peso, los cinturones de flotación, los hydro-bells y los aqua-exercises. En la figura 1.10 podemos ver algunos de estos materiales. En la actualidad también se dispone de aparatos como bicicletas estáticas y cintas de marcha especialmente diseñados para el medio acuático.

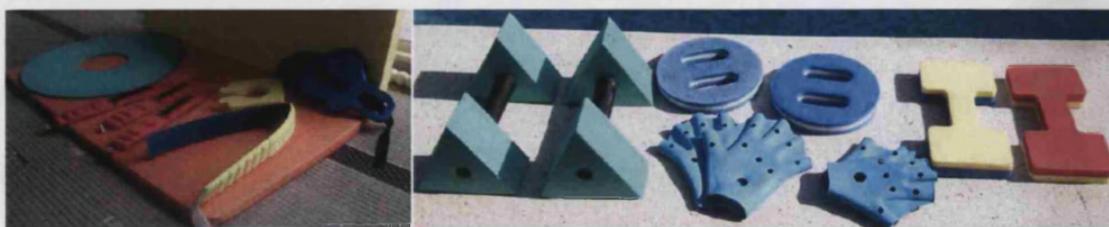


Figura 1.10. Materiales para el acondicionamiento físico en el medio acuático

1.3. La condición física (CF) en el paciente hemofílico

La AF es un componente clave en un estilo de vida saludable. Como hemos visto ampliamente en el apartado anterior, los beneficios de la AF regular son extensos, desde la mejora o mantenimiento de la fuerza, de la capacidad cardiorrespiratoria y de la composición corporal, además de la reducción del riesgo de enfermedades como la diabetes y la hipertensión. Partiendo de este hecho, en este subapartado del trabajo nos hemos planteado analizar lo que la literatura científica refiere sobre los beneficios de la AF regular y los riesgos de la inactividad para la población hemofílica, así como el tipo de actividades recomendadas y los peligros de una AF, EF o deporte inadecuados.

Con esta finalidad hemos realizado una revisión de la literatura científica especializada. Las búsquedas se llevaron a cabo a través de la base de datos WOS (Web of Science ®), desde la primera fecha disponible hasta septiembre de 2007. Posteriormente, al terminar la fase experimental, se actualizó la búsqueda. Las palabras clave y la estrategia de búsqueda se pueden ver a continuación:

((exercise* OR physical exercise OR physical condition OR fitness OR sport* OR athletic* OR training OR motor performance) AND (haemophil* OR hemophil*))

De este modo, se identificaron un total de 264 referencias, de las cuales fueron seleccionadas inicialmente 95, una vez eliminadas aquellas cuyo título no tenía

relación con el tema a tratar. Finalmente, una vez revisados los abstracts, se eligieron un total de 58 trabajos, entre artículos de revisión, trabajos experimentales y observacionales, experiencias clínicas y guías de tratamiento. También se consultaron páginas web de entidades relacionadas con la hemofilia, como la página oficial de la FMH y actas de congresos internacionales.

A continuación describimos los hallazgos encontrados, comenzando por los riesgos de la inactividad física y las recomendaciones generales sobre la realización de AF en la población hemofílica. Seguidamente hablamos de la CF del paciente hemofílico, el EF y los deportes practicados y/o recomendados y finalizamos con el análisis de los estudios experimentales relacionados con la CF en estos pacientes, centrándonos en los trabajos desarrollados en el medio acuático.

a) Riesgos de la inactividad física en el paciente hemofílico

La inactividad física tiene importantes consecuencias negativas en el paciente hemofílico, como la disminución de la fuerza, el equilibrio y la coordinación, así como el incremento del riesgo de sobrepeso. Como vemos en la figura 1.11, los efectos de un estilo de vida sedentario desencadenan un círculo vicioso que finalmente conduce a un daño articular permanente (Wittmeier y Mulder, 2007).

Este daño articular permanente y la consecuente pérdida de función, da como resultado la artropatía hemofílica, caracterizada por una importante restricción de la movilidad y atrofia muscular, asociada también a una reducción de la densidad mineral ósea (Wallny et al, 2007), incluso en niños con artropatía incipiente (Barnes et al, 2004).

La inactividad física es un factor de riesgo a tener muy en cuenta ante la osteopenia y osteoporosis, ya que investigaciones recientes han encontrado una

reducción de la densidad mineral ósea en niños hemofílicos sin artropatía, pero con un nivel bajo de AF (Tlacuilo-Parra et al, 2008). La falta de actividad, junto con otros factores de riesgo como la edad, el VHC o el VIH y la historia de inhibidor, hacen que el adulto hemofílico tenga un riesgo alto de padecer osteoporosis (Gerstner et al, 2009).

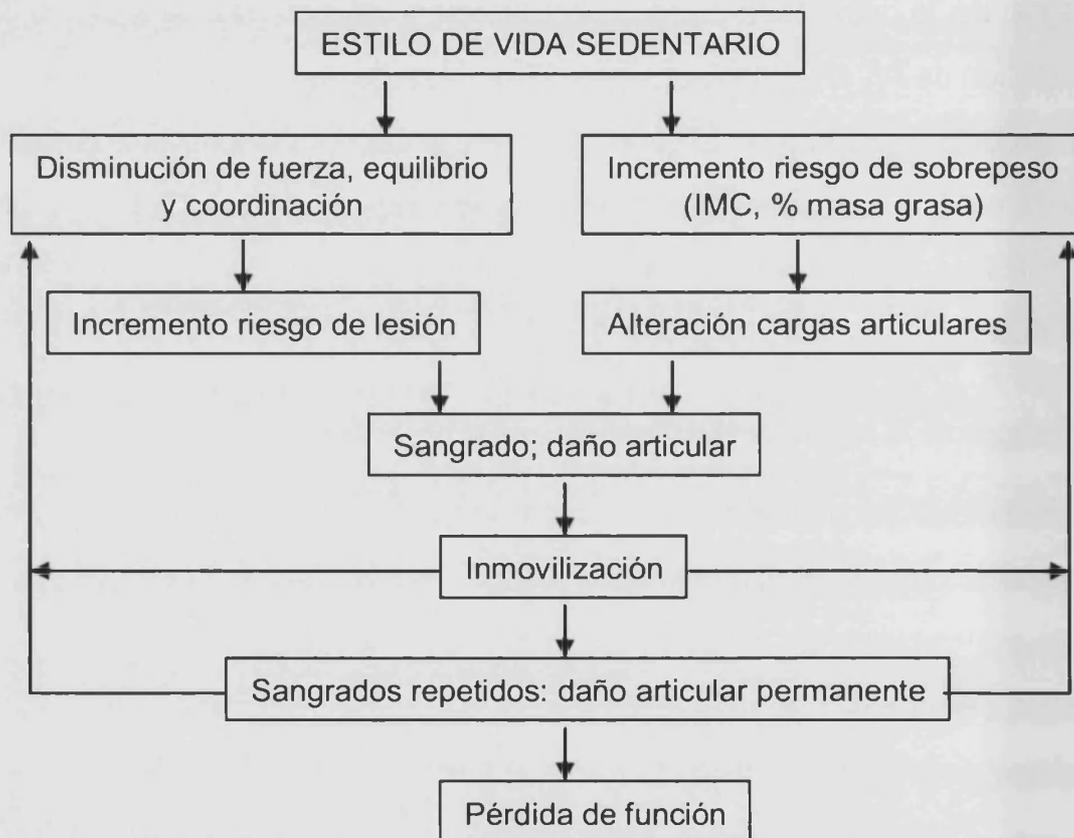


Figura 1.11. Riesgos de la inactividad en el paciente hemofílico; círculo vicioso consecuencia de un estilo vida sedentario, que da lugar a una pérdida de función. Tomado y traducido de Wittmeier y Mulder (2007)

b) Recomendaciones generales sobre la realización de actividad física (AF) en la población hemofílica

La recomendación de la realización de AF, EF o deporte en el paciente hemofílico es relativamente reciente (Morris, 2008), ya que hasta hace

aproximadamente 40 años no había en la literatura científica opiniones a favor de la práctica de AF y ejercicio en esta población, ya que la práctica de deporte por parte de estos pacientes se asociaba al sufrimiento de lesiones (Schved et al, 2006; Riske, 2007).

El cambio de la filosofía sobre el tratamiento, cuidados y limitaciones en actividades y ejercicios en el paciente hemofílico ha sido posible, en gran medida, por el incremento en la disponibilidad y seguridad de los concentrados de factor de la coagulación para el tratamiento de los problemas hemorrágicos en los últimos años (Riske, 2007). De hecho, la investigación en esta área se ha incrementado progresivamente y se han ido sumando evidencias científicas que apoyan la realización de EF con el objeto de corregir los déficits en la CF que presentan las personas afectadas de hemofilia, adquiriendo un papel cada vez más relevante en el tratamiento de esta coagulopatía congénita, fundamentalmente en la prevención de los problemas musculoesqueléticos. No obstante, siguen siendo escasos los trabajos existentes al respecto hasta el momento (Gomis et al, 2009a).

c) La condición física (CF) del paciente hemofílico en la actualidad

Actualmente, podemos decir que, en general, la CF del paciente hemofílico adulto es baja, ya que hay estudios que muestran valores inferiores de RA (Herbsleb y Hilberg, 2009), fuerza (Hilberg et al 2001; Querol et al, 2006; González et al, 2007), propiocepción y equilibrio (Hilberg et al 2001, Tiktinsky et al, 2006; Gallach et al, 2008b), respecto a los encontrados en sus pares sanos.

En cuanto a la CF de los niños y adolescentes, no podemos afirmar lo mismo, pues hay estudios cuyos resultados ponen de relieve que los niños hemofílicos tienen la misma habilidad funcional y rendimiento motor que los no hemofílicos (Schoenmakers et al, 2001; Engelbert et al, 2008). Por otro lado, señalar la existencia de

Introducción

discrepancias en los resultados obtenidos por diferentes autores en parámetros como la RA y la fuerza. Investigaciones recientes muestran que los niños hemofílicos presentan menor RA (Hassan et al, 2008; Engelbert et al, 2008), resistencia anaeróbica y fuerza (Falk et al, 2000; Falk et al, 2005; Seuser et al, 2008) respecto de los valores encontrados en el resto de la población infantil. Sin embargo, otros estudios confirman niveles similares, tanto de capacidad aeróbica (van der Net et al, 2006; Mihalova, 2007), de fuerza (Engelbert et al, 2008; Koiter et al, 2009) o de ambas (Douma Van-Riet et al, 2009; Broderick et al, 2009).

Hoy en día, y a diferencia de los adultos, los niños hemofílicos que disfrutan de los beneficios del tratamiento hematológico tienen un buen equilibrio y propiocepción, además de disfrutar de una buena salud articular (Mihalova, 2007; Engelbert et al, 2008; Seuser et al, 2008; Koiter et al, 2009). Respecto a la coordinación, poco hay escrito sobre esta capacidad, y el único estudio encontrado habla de una peor coordinación, teniendo en cuenta los valores de referencia para la población infantil (Seuser et al, 2008).

Estas diferencias encontradas en la CF de los adultos respecto a la población infantil, puede deberse a que los niños hemofílicos son físicamente más activos que los adultos, en parte por el rol que adquiere el deporte y la AF en su tiempo de ocio. Para los niños y jóvenes hemofílicos, el deporte y el EF juegan un papel más importante que para los adultos (Fromme et al, 2007; Petrini y Seuser, 2009). Aun así, a pesar de que hay estudios que afirman que la participación deportiva en los niños hemofílicos es comparable a la de los grupos de referencia (Koiter et al, 2009), y que su nivel de CF es similar, también demuestran que la CF es baja en ambos grupos (Mihalova, 2007). Este hecho concuerda con la tendencia de la sociedad actual al sedentarismo, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo (Riske, 2007).

Esta tendencia al sedentarismo se ve reflejada en la presencia de sobrepeso y obesidad en la población hemofílica, detectada en numerosos estudios, sobre todo con niños (Toy et al, 1981; Engelbert et al, 2008; Tlacuilo-Parra et al, 2008; Hofstede et al, 2008; Douma-Van Riet et al, 2009) y en el incremento de su prevalencia durante los últimos años. Este incremento, aunque similar al de la población no hemofílica, es alarmante, ya que el sobrepeso y la obesidad tienen un profundo efecto en la morbilidad y calidad de vida, agravando la artropatía preexistente y predisponiendo a enfermedades cardiovasculares (Hofstede et al, 2008).

d) Hemofilia, ejercicio y deporte

Entre los deportes y actividades practicadas con mayor asiduidad en esta población, existen diferencias, posiblemente causadas por las características culturales de cada zona. Así, por ejemplo, habitualmente en Alemania los hemofílicos practican el ciclismo, la natación, la carrera y el patinaje (Fromme et al, 2007), mientras que en Israel predomina la práctica de juegos con pelotas, caminar y correr (Tiktinsky et al, 2009). Por otro lado, en Holanda el fútbol es el deporte rey, pese a las recomendaciones de la FMH (Jones et al, 1998; WFH, 2005), seguido por la natación, el tenis, los deportes gimnásticos y los relacionados con el cardiofitness (Koiter et al, 2009). En Irlanda el preferido por los hemofílicos es la natación, seguida por el golf y el fútbol (Sherlock et al, 2009).

También hay diferencias si comparamos las actividades elegidas en función de la edad, ya que se ha encontrado que los más mayores eligen participar en actividades menos peligrosas, posiblemente por la edad, que hace que sean más conscientes de su enfermedad y de los riesgos (Tiktinsky et al, 2009). Además, parece ser que la práctica predominante de actividades como la natación o el ciclismo se deba a su recomendación de forma mayoritaria por los especialistas encargados del cuidado de los pacientes hemofílicos (Koiter et al, 2009).

Introducción

En cuanto a los deportes recomendados y desaconsejados para los pacientes hemofílicos, existen diferentes clasificaciones. Algunas de ellas se basan en otras, como la realizada por la American Pediatric Society, que los divide en deportes de contacto, de contacto limitado y de no contacto, en función de la probabilidad de contacto o colisión (American Academy of Pediatrics Committee on Sports and Fitness, 2001). Ejemplo de deportes del primer grupo son el fútbol, el baloncesto y el rugby, del segundo el kayak y diferentes tipos de patinaje y, la natación, el tenis y el bádminton del último grupo. También se utilizan como guía otras clasificaciones basadas en la incidencia de lesiones, en función de si el riesgo es elevado, medio o bajo. Así, generalmente, los deportes recomendados para los hemofílicos son aquellos considerados sin contacto o con riesgo de lesión bajo. Ejemplo de ello son la natación, el tenis de mesa, el golf y el ciclismo (Jones et al, 1998; WFH, 2005).

Pero, aunque clasificaciones como éstas pueden ser orientativas, no son del todo adecuadas o suficientes para sugerir la práctica deportiva en el paciente hemofílico. Hay que tener en cuenta que el contacto no es la única causa de lesión en este tipo de paciente, además de que deportes con baja incidencia de lesiones pueden dar lugar a lesiones, aunque poco frecuentes, graves o muy graves en esta población. Una clasificación propuesta recientemente plantea una división funcional basada en el tipo de movimiento y gestos necesarios para el deporte. Así, distingue ocho grupos de deportes; acuáticos, aquellos que requieren caminar o correr, estáticos, con deslizamiento, con balón, de equipo (en todos estos deportes la decisión de participar es individual, dependiendo de la situación osteoarticular y el tipo de tratamiento), de saltos y de combate. Estos dos últimos grupos no están recomendados para los pacientes hemofílicos, estén o no bajo tratamiento profiláctico (Schved, 2006).

En esta línea, algunos investigadores abogan por hacer un estudio de la

biomecánica del deporte o EF, un test de aptitud física y un análisis ortopédico del paciente, que puedan ayudar a guiar la fisioterapia preventiva y la elección del deporte (Mulder et al, 2004; Seuser et al, 2007; Petrini y Seuser, 2009). De esta forma, una fisioterapia previa podrá subsanar las deficiencias encontradas, como acortamientos musculotendinosos, sinovitis o atrofia muscular, que junto con las adaptaciones ortopédicas necesarias (Querol et al, 2002) prepararán al paciente para la práctica deportiva, minimizando así el riesgo de lesión (Wittmeier y Mulder, 2007).

Para los pacientes con inhibidores, también es importante la realización de un EF o deporte de forma regular, pudiéndose aplicar las mismas pautas y guías que para los pacientes sin inhibidores a la hora de determinar la idoneidad o no de una actividad. Entre los deportes más aconsejados para estos pacientes se encuentra también la natación (Heijnen, 2008).

En el caso de los países en desarrollo, donde el tratamiento profiláctico con concentrados de factor no está disponible, también debe fomentarse la rehabilitación, la AF y el deporte. En estos lugares, el tratamiento de los sangrados se basa en medidas físicas como reposo y frío, y una vez cesado el sangrado el tratamiento fundamental consiste en la realización de un programa simple de ejercicios que posibilite la restauración de la movilidad articular y la fuerza. Estos programas también deben incluir ejercicios de coordinación y equilibrio. En cuanto a los deportes, estos también deben ser fomentados, aunque habrá que ser muy selectivo en cuanto a que deporte permitir para minimizar el riesgo de lesión y tomar las precauciones adecuadas, teniendo en cuenta cuestiones relacionadas con la cultura, la etnicidad y la infraestructura del país, e incluso de las diferentes regiones de un mismo estado (Buzzard, 2007).

Otro aspecto importante sobre el deporte en el paciente hemofílico a tener en cuenta es la especialización. Para evitar el desequilibrio muscular mediante

Introducción

ejercicios repetitivos, esta no debe tener lugar antes de los ocho años de edad (Petrini y Seuser, 2009).

Como estamos viendo, aunque la práctica deportiva no está exenta de riesgos, ya que éstos no pueden ser totalmente eliminados, una buena selección del deporte hará que los beneficios superen a los riesgos (Mulder et al, 2004), beneficios que no solo abarcan el bienestar físico, sino que también favorecen el bienestar emocional y social de las personas con hemofilia. Es por ello por lo que, en la actualidad, el consenso sobre la idoneidad de la inclusión de las actividades deportivas en el manejo global de la hemofilia está bastante generalizado (von Mackensen, 2007).

Aun así, a pesar de esta amplia recomendación y del hecho de que los jóvenes hemofílicos, y en menor medida los adultos, valoren positivamente la realización de AF y deporte en su tiempo libre, todavía hoy en día un porcentaje alto de pacientes sigue pensando que el tratamiento de la hemofilia pasa por evitar la AF y que la destrucción articular no se puede prevenir (Nazzaro et al, 2006).

e) Estudios experimentales sobre la condición física (CF) en el paciente hemofílico

No existen muchos estudios experimentales sobre la CF en el paciente hemofílico, debido tanto al hecho de que hasta los años 70 no había en la literatura científica opiniones a favor de la práctica de la AF y el ejercicio, así como a la baja prevalencia de la enfermedad y a la dispersión geográfica de los pacientes. Una revisión reciente sobre el ejercicio y el deporte en el tratamiento del paciente hemofílico (Gomis et al, 2009a), pone además de manifiesto la existencia de problemas metodológicos en las investigaciones que complican la posibilidad de comparación entre los resultados de diferentes autores, como puede ser la falta de claridad a la hora de describir los protocolos de entrenamiento.

Gomis y colaboradores (2009a) recogen los estudios experimentales realizados con pacientes hemofílicos hasta el año 2006. Las primeras investigaciones fueron publicadas en los años ochenta y desde entonces, hasta el final del pasado siglo, tan sólo encontraron cinco investigaciones, de las que lo más destacable es que todas ellas realizaron una intervención dirigida a la mejora de la fuerza. Una de ellas también incluyó el entrenamiento postural y otra investigación unió al entrenamiento de fuerza actividades deportivas (carrera, ciclismo y natación). Todas las experiencias obtuvieron resultados positivos.

El número de publicaciones sobre estudios experimentales ha sido notablemente superior en los seis primeros años de este siglo y, aunque las intervenciones han sido más variadas, ha seguido predominando el entrenamiento de la fuerza muscular, junto a programas de entrenamiento general. También se realizaron estudios que aplicaron programas enfocados a la mejora de la propiocepción y el equilibrio, del rango de movilidad articular (ROM) y de la RA. Los medios utilizados para la mejora de estas capacidades fueron diversos, desde ejercicios isométricos, ejercicios con cargas ligeras, electroestimulación muscular, ejercicios físicos terapéuticos variados (e.g. cinesiterapia e hidroterapia) y actividades deportivas como el fútbol, la natación el ciclismo y el baloncesto. En todas las intervenciones los resultados fueron favorables, desde incrementos de la fuerza muscular, del ROM, de la propiocepción y de la CF en general. También se obtuvieron mejoras en otros aspectos como la reducción de la incidencia de los hemartros y mejora de la sinovitis, así como otros beneficios asociados a la realización de AF y deporte (Gomis et al, 2009a).

Desde el 2006 hasta la actualidad, continúa predominando la publicación de estudios observacionales frente a los experimentales. Tan sólo hemos encontrado tres estudios en este período, todos ellos muy recientes, cuya intervención se ha centrado en la realización de ejercicios en el medio acuático

Introducción

(García et al, 2009), en la electroestimulación muscular (Gomis et al, 2009b) y en ejercicios de equilibrio y fuerza (Hill et al, 2009),

f) Estudios relacionados con la condición física (CF) del paciente hemofílico en el medio acuático.

La natación y las actividades acuáticas han sido y siguen siendo actividades ampliamente recomendadas en la literatura científica (McLain y Heldrich, 1990; Jones et al, 1998; Dourado, 2004; Calefi et al, 2006; von Mackensen, 2008; Heijnen, 2008), además de situarse entre las actividades practicadas con mayor asiduidad por parte de los pacientes hemofílicos (Greenan-Fowler et al, 1987; Fromme et al, 2007; Sherlock y Blake, 2008; Koiter et al, 2009).

Esta amplia recomendación y la gran aceptación por parte de los pacientes, tanto de la natación, de la hidroterapia y de las actividades acuáticas en general, tiene lugar por las ventajas que tienen su aplicación como consecuencia de las características propias del medio acuático (Calefi et al, 2006; Lobet et al, 2008), entre las que se encuentran:

- La ingravidez; permite la reducción de la carga de las articulaciones sumergidas, evitando impactos y permitiendo una rehabilitación temprana. Facilita el entrenamiento del equilibrio, de la propiocepción y de la fuerza mediante ejercicios asistidos, activos y resistidos con mínimo discomfort, que a su vez aportan un importante beneficio psicológico, reforzando la confianza del paciente al hacer más fácil el logro de tareas como caminar o ejercicios de fortalecimiento.
- La temperatura; el agua caliente reduce el dolor y favorece la relajación muscular.
- La presión hidrostática; ayuda a reducir el edema y altera la percepción del dolor, promoviendo estímulos para inhibirlo.

- Las turbulencias creadas por el movimiento; ejercen de estímulo táctil sobre la piel, proporcionando un feedback que ayuda en la recuperación de la propiocepción y el equilibrio.

Sin embargo, a pesar de las numerosas ventajas que aporta el medio acuático para la realización de ejercicios en el paciente hemofílico, hay que señalar que la aplicación de la natación convencional puede entrañar algún riesgo para hemofílicos graves con hemartrosis en codos y hombros. Autores como McLain y colaboradores (1990) solamente la recomiendan en casos de hemofílicos leves.

A pesar de sus numerosas ventajas, su amplia recomendación y la consiguiente puesta en práctica de programas de actividades acuáticas e hidroterapia en esta población (Dourado et al, 2004; Kainins, 2006; Sarfraz et al, 2008), llama la atención la limitada existencia de trabajos tanto observacionales como, sobre todo, experimentales en la literatura científica (Gomis et al, 2009a). De hecho, la mayoría de los trabajos publicados son investigaciones presentadas en los congresos mundiales organizados por la FMH, por lo que solo disponemos de los abstracts publicados en la revista *Haemophilia*, siendo la información sobre los mismos muy limitada y escasa.

En la tabla 1.15, se citan los trabajos experimentales publicados sobre hemofilia en relación con la natación y la hidroterapia. De todos los trabajos, el de García y colaboradores (2009) es el único que describe el protocolo de tratamiento realizado. Este se compuso por; bicicleta en agua profunda con flotador bajo las axilas (10 min), ejercicios de control respiratorio (3 min), juegos de control de las rotaciones en los diferentes ejes (10 min) y tareas de flotación y equilibrio (7 min).

Como hemos visto, la recomendación masiva de las actividades acuáticas para la población hemofílica en general, está avalada por un número insuficiente de investigaciones. Además, la falta de concreción en cuanto a la metodología

empleada, pone de manifiesto la necesidad de estudios experimentales en los que se establezca el protocolo de rehabilitación o entrenamiento y las mejoras o cambios por él conseguidos. Pensamos que, en base a los resultados obtenidos se podrían establecer pautas o guías de tratamiento seguras y eficaces para orientar la práctica de la natación, de la hidroterapia y de las actividades acuáticas para pacientes hemofílicos.

Tabla 1.15. Trabajos experimentales en pacientes hemofílicos relacionados con la natación y la hidroterapia

| Autores | Participantes | Intervención | Resultados |
|-----------------------|--|---|---|
| Orr et al, 2002 | 10 PH Randomizados en dos grupos (A, B) | (A) Hidroterapia (B) Ejercicios físicos en casa 8 semanas | -Reducción del sangrado articular y el dolor en ambos grupo -Incremento del ROM en A, no en B. |
| Harris y Boggio, 2006 | 13 PH 33 CG | Fuerza con pesas, natación, ciclismo, artes marciales, golf, caminatas, baloncesto, yoga. 3 veces/semana, 30 min mínimo sesión | Mejora del ROM de la mayoría de las 10 articulaciones medidas |
| Franco et al, 2006 | PHA (20 años) | Ejercicios acuáticos con el "Método Halliwick" | Mejoras del equilibrio postural |
| Bernades et al, 2006 | 7 PH (0-2 años) | Natación 2 veces/semana de 30 min. 10 meses | Evolución positiva en aspectos motores |
| García et al, 2009 | PH con artropatía PH sin artropatía | Programa de hidroterapia: movimientos activos libres en agua tibia, 8 sesiones, 2 veces/semana, 30 min | Incremento significativo del ROM en tobillos y rodillas, pero no en codos en PH con artropatía |

PH; paciente hemofílico, PHA; paciente hemofílico tipo A; ROM: Rango de movimiento articular

1.4. Objetivos e hipótesis

Ante la amplia recomendación de la natación, la hidroterapia y las actividades acuáticas en general para la población hemofílica y, tras realizar una búsqueda bibliográfica que evidenció la escasez de trabajos al respecto, nos planteamos el diseño de un estudio que cuantificara los cambios producidos tras un plan de entrenamiento acuático.

La hipótesis de partida del estudio es que la realización de un programa de ejercicios en el medio acuático, diseñado para pacientes hemofílicos con artropatía, puede mejorar su CF sin poner en riesgo su estado musculoesquelético.

Así pues, los objetivos propuestos en el presente trabajo son los siguientes:

- 1) Valorar la artropatía hemofílica de nuestros pacientes en base a criterios clínicos y radiológicos, conforme a las recomendaciones de la Federación Mundial de Hemofilia.
- 2) Cuantificar el rendimiento motor de los pacientes antes y después de someterse al protocolo de entrenamiento acuático desarrollado.
- 3) Determinar si el test de Cooper o de 12 minutos, realizado con un analizador de gases portátil, es una prueba submáxima adecuada para la valoración de la capacidad aeróbica y rendimiento motor del paciente hemofílico adulto con artropatía.
- 4) Comparar la variabilidad de la frecuencia cardíaca como consecuencia del entrenamiento y establecer el riesgo de mortalidad y morbilidad cardiovascular en función de parámetros de referencia estándar.

Introducción

- 5) Determinar los niveles de sobrepeso y obesidad en nuestros pacientes, así como la modificación de la composición corporal por efecto del entrenamiento acuático realizado.
- 6) Comparar el efecto del programa de ejercicio propuesto sobre la serie roja, serie blanca, testosterona y cortisol.
- 7) Diseñar y desarrollar un protocolo de entrenamiento que pueda ser llevado a cabo por el paciente hemofílico adulto.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Diseño

El diseño de nuestro trabajo es preexperimental de tratamiento intragrupo, con una medida antes de la aplicación de la variable independiente (pretest) y otra medida después de aplicar la variable independiente o tratamiento (Figura 2.1). Se ha optado por este tipo de diseño como consecuencia del número reducido de pacientes hemofílicos que suelen implicarse en trabajos de investigación de larga duración. En el apartado de discusión se amplía la información sobre esta cuestión.

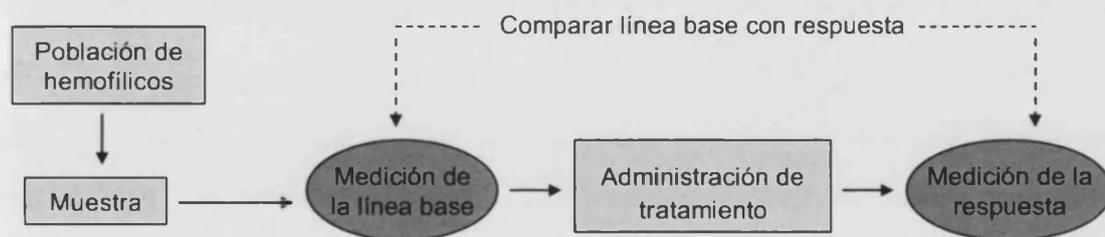


Figura 2.1. Diseño de la investigación

2.2. Pacientes

Trece pacientes tomaron parte en esta investigación de forma voluntaria. Los criterios de inclusión utilizados fueron los siguientes:

- Pacientes afectos de hemofía A o B adultos.
- Pacientes que durante la fase experimental no realizaran cualquier otro tipo de ejercicio físico o deporte.
- Pacientes a los que se les hubiese realizado la valoración clínica y radiológica en los últimos doce meses con diagnóstico de artropatía hemofílica.

Quedaron excluidos los pacientes menores de 18 años y aquellos cuya residencia habitual no estuviese en la ciudad de Valencia o alrededores o bien

Material y Métodos

tuviesen problemas para desplazarse a la piscina de entrenamiento y/o a los lugares dispuestos para la realización de los test. De igual modo, quedaron excluidos los pacientes que hubiesen sufrido un sangrado musculoesquelético en los dos meses previos al inicio de la fase experimental.

Todos los pacientes estuvieron bajo la supervisión de la Unidad de Hemostasia y Trombosis (UHT) del Hospital Universitario "La Fe" de Valencia en España. Todos ellos firmaron el consentimiento informado y voluntario antes de iniciar el proceso. Los protocolos utilizados en la presente investigación fueron sometidos al comité ético de dicho hospital para su aprobación, cumpliendo éstos todos los requisitos apuntados por la declaración de Helsinki de 1975, con la posterior revisión de octubre de 2000.

La tabla 2.1 muestra la edad y los datos antropométricos básicos de los pacientes que tomaron parte en el trabajo. Los valores están expresados en media, el error típico de la media y el rango.

Tabla 2.1. Edad y datos antropométricos

| Datos | Pacientes hemofílicos (n=13) |
|-------------|------------------------------|
| Edad (años) | 32,27 ± 1,5 (23-41) |
| Altura (cm) | 176,95 ± 1,9 (165,2-188,6) |
| Peso (kg) | 82,80 ± 4,3 (55,5-104,6) |

Media ± ET (rango)

De los trece pacientes participantes, tres abandonaron el proyecto una vez iniciado el entrenamiento acuático por razones personales. Uno de los diez que finalizó el protocolo no pudo realizar la prueba de los 12 minutos en el postest por causas médicas no relacionadas con el estudio, aunque si realizó el resto de pruebas.

Todos los pacientes participantes en la investigación eran hemofílicos A. Como

podemos ver en la tabla 2.2, atendiendo a la severidad de la enfermedad, en función del nivel de FVIII, doce de ellos eran graves (nivel de FVIII < 1%) y tan solo uno era moderado (nivel de FVIII 2-4%). En el momento del estudio solo uno presentaba inhibidores al FVIII. Los pacientes incluidos en este trabajo utilizan dos modalidades de tratamiento sustitutivo diferentes, "profilaxis" y "a demanda", las cuales permiten la realización de AF. En ambos casos, la presencia de un episodio hemorrágico requiere un tratamiento intensivo específico. En cuanto a la serología, todos presentaban serología positiva ante el VHC y el 77% también al VIH.

Tabla 2.2. Diagnóstico, nivel de factor, serología, tratamiento de sustitución e inhibidores

| Casos | Diagnóstico | Nivel FVIII | Serología VIH | Serología VHC | Tratamiento Sustitutivo | Inhibidores FVIII |
|-------|-------------|-------------|---------------|---------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Demanda | No |
| 2 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Profilaxis | No |
| 3 | HAG | <1% | Negativo | Positivo | Demanda | No |
| 4 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Demanda | No |
| 5 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Demanda | No |
| 6 | HAM | 2-4 % | Negativo | Positivo | Demanda | No |
| 7 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Profilaxis | No |
| 8 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Demanda | No |
| 9 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Demanda | Si |
| 10 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Demanda | No |
| 11 | HAG | <1% | Negativo | Positivo | Profilaxis | No |
| 12 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Profilaxis | No |
| 13 | HAG | <1% | Positivo | Positivo | Demanda | No |

HAG: hemofilia A grave; HAM: hemofilia A moderada; VIH: virus de la inmunodeficiencia adquirida; VHC: virus de la hepatitis C; FVIII: factor VIII

2.3. Instrumentos

A continuación se describen los diferentes materiales empleados durante la fase experimental del proyecto.

Analizador de gases

Para el registro de los gases se utilizó un aparato portátil, el K4 b₂ (Cosmed, Roma, Italia), sincronizado con un pulsómetro. El K4 b₂, es un aparato de bajo peso que funciona con una batería (figura 2.2). En la mascarilla integra una turbina de flujo bidireccional con un lector opto-eléctrico (rango del flujo 0-20 L • s⁻¹, ventilación lineal gama 0-300 L • min⁻¹, de acuerdo al fabricante), un GFC (correlación de filtro de gas) sensor de oxígeno (rango 7-24% O₂), y un NDIR (infrarrojos no dispersivo) sensor de dióxido de carbono (rango 0-8% CO₂). Las muestras de gas son obtenidas del aire espirado que directamente pasa desde el interior de la turbina a un tubo semipermeable, Nafion® (0.75 m de largo) y bombeadas con un caudal predeterminado hacia los sensores de O₂ y de CO₂, que se mantienen a temperatura constante. La temperatura de los gases espirados es medida a través de un sensor instalado dentro de la turbina y la presión atmosférica por un sensor conectado a la unidad portátil del analizador.

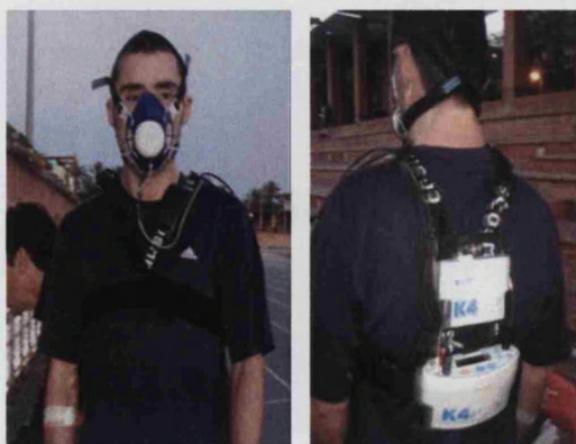


Figura 2.2. Analizador de gases K4 b2

Pulsómetro

Para el control y registro de la FC y de la VFC se utilizó un pulsómetro Polar RS 800 sd (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). Este pulsómetro graba, además de la FC el tiempo transcurrido entre dos latidos cardiacos consecutivos, con una resolución de milisegundos (figura 2.3).



Figura 2.3. Pulsómetro Polar RS 800 sd

El pulsómetro consta básicamente de una banda pectoral ajustable e inalámbrica y un visualizador en forma de reloj de pulsera con pantalla digital que almacena los datos recibidos desde el sensor de la banda. Este modelo también incorpora un interfaz USB, Polar IrDA USB XP, un puerto de comunicación inalámbrica por infrarrojos que permite el intercambio bidireccional de datos entre el pulsómetro y el ordenador, además del software Polar ProTrainer 5™.

Topómetro

Para medir la distancia recorrida durante el test de Cooper se utilizó un topómetro Elephant (Medid Precision SA, Barcelona, España), con las siguientes características (figura 2.4):

- Diámetro 35 cm y perímetro 100 cm.
- Mango telescópico.
- Contador mecánico de 5 dígitos, con capacidad de 9999,9 m.
- Precisión 95,95%.



Figura 2.4. Topómetro Elephant

Material para toma de muestras y analizador de lactato

El material empleado para la extracción sanguínea y almacenamiento de las muestras para el análisis de lactato fue el siguiente (figura 2.5):

- Venoclisís Terumo® de 0,6 x 19 mm (Terumo Europe. Leuven, Bélgica).
- Llave de 3 pasos para infusiones Discofix® C-3 (Braun, Melsungen, Alemania) y jeringa Kendall Monoyect (Tyco Healthcare Ltd, Gosport, Reino Unido) de 6 ml.
- Microcapilares y tubos Eppendorf® de polipropileno de alta resistencia química con tapa articulada de 0,5 ml (Eppendorf AG, Hamburgo, Alemania).



Figura 2.5. Material de extracción y almacenamiento de muestras sanguíneas para lactato

Las muestras sanguíneas fueron analizadas con el Biosen C Line Sport (EFK Diagnostic, Magdeburgo, Alemania). El método empleado por el aparato (figura 2.6) para la determinación del lactato es enzimático – amperométrico, a partir de muestras de un volumen de 20 µl de sangre total, plasma o suero en tubos de 1,5 o 2,0 ml. Funciona con electrodos de sensor tipo chip y tiene un rango de medición para el lactato entre 0,5 y 40 mmol·l⁻¹ (5 - 360 mgr/dl), con una estabilidad ≤ 3% sobre 10 muestras, llevado a 12 mmol·l⁻¹.



Figura 2.6. Analizador de lactato

Material para hemograma, bioquímica y estudio hormonal

En la extracción sanguínea para la bioquímica, el hemograma y el estudio hormonal se empleó una aguja de 0,9 x 38 mm con campana y diferentes tubos de vacío Vacutainer® (BD Vacutainer, Plymouth, Reino Unido) (figura 2.7):

- Bioquímica; tubo de 3,5 ml con gelosa y activador.
- Hemograma; tubo de 3 ml con K₂EK₂ edta.
- Hormonas; tubo de 8 ml con gelosa y activador.

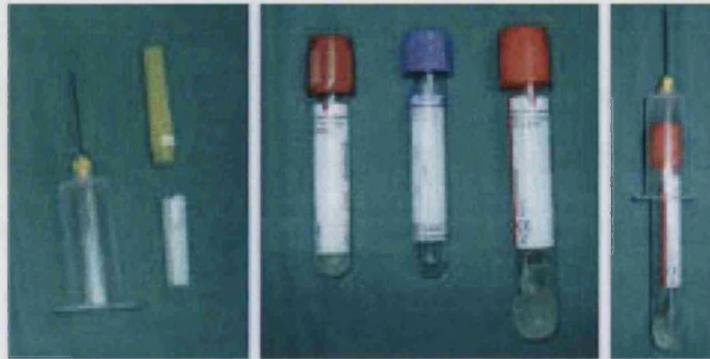


Figura 2.7 Material de extracción sanguínea. De izquierda a derecha; aguja y campana, tubos y material preparado para extracción

Para la bioquímica automatizada se empleó el AU5400 (Olympus, Hamburgo, Alemania), aparato totalmente automatizado (figura 2.8). Este analizador emplea un sistema de fotometría directa, mono y dicromática, y permite realizar pruebas de química clínica, así como de proteínas específicas e inmunoensayos.



Figura 2.8. Analizador AU5400

La muestras para el hemograma se analizaron en el XE-2100 (Sysmex Corporation, Wakino-hama-kaigandori, Japón), analizador hemolítico automatizado, con capacidad para medir 32 parámetros. Este aparato emplea un sistema de citometría de flujo por láser (semiconductor), con solución de coloración para ácidos nucleicos y un foco hidrodinámico (figura 2.9).



Figura 2.9. Analizador XE-2100

Para el estudio hormonal se dispuso del IMMULITE® 2000 systems (Siemens Healthcare Diagnostics, Deerfield, USA) y del ARCHITECT® Testosterone (Abbott Laboratories, Abbott Park, IL USA). El primero es un aparato específico para la determinación cuantitativa del cortisol (figura 2.10) en suero, que emplea como principio de análisis un inmunoensayo enzimático quimioluminiscente competitivo en fase sólida. Tiene una sensibilidad de 0,2 µg/dl (5,5 nmol/l), necesitando un tiempo de incubación de 30 minutos. El segundo determina de forma cuantitativa la testosterona en plasma o suero por medio de un análisis un inmunoensayo de micropartículas de quimioluminiscencia, con sensibilidad para 0,14 ng/ml.



Figura 2.10. Analizador IMMULITE® 2000 systems

Material antropométrico

La medición del peso corporal se realizó con una báscula impedancímetro electrónica digital, Tanita BF 350 (Tanita Corporation, Hoofddorp, Netherlands), cuyas principales características técnicas son (figura 2.9):

- Capacidad de peso de 100 gr a 200 kg.
- Medidas: 40 x 20 x 95 cm.
- Conexión al ordenador vía RS232C.
- Calibrada hasta 300.000 pesadas.
- Rango de edad 5 - 99 años.
- Sistema de medición tetrapolar basado en la impedancia bioeléctrica.

Además de cuantificar el peso y dar los valores recomendados, estima la masa grasa (kg-%), la masa libre de grasa (kg-%), el agua corporal total (kg-%), el metabolismo basal (kcal) y el IMC.

Para la medición de la altura de los pacientes se utilizó un tallímetro mecánico y telescópico con báscula integrada Año-Sayol (Año Sayol SL, Barcelona, España) con rango de medición de 55 a 220 cm y división de 1 mm (figura 2.11).



Figura 2.11. Báscula impedancímetro y tallímetro

Los pliegues cutáneos se midieron con un plicómetro analógico Holtain (Holtain Ltd., Dyfed, Reino Unido) con amplitud de 0 a 48 mm, graduación de 0,2 mm y

presión constante de 10 g/mm². Para los diámetros óseos se empleó un paquímetro Holtain (Holtain Ltd., Dyfed, Reino Unido) con capacidad de medida de 150 mm y precisión de 0,05 mm y para los perímetros musculares una cinta métrica estrecha e inextensible con precisión de 1 mm y retracción automática (figura 2.12).



Figura 2.12. Plicómetro, paquímetro y cinta métrica

Material para el entrenamiento acuático

Para el control y seguimiento del entrenamiento se utilizaron diferentes tipos de cronómetros, uno digital y manual, con capacidad para registrar horas, minutos y segundos y dos electrónicos de cuatro agujas con capacidad para registrar 1 minuto en fracciones de 1 segundo, colocados éstos en la pared de la piscina. Los materiales acuáticos empleados eran de flotación y/o resistencia (figura 2.13).



Figura 2.13. Materiales acuáticos empleados en el entrenamiento. De izquierda a derecha podemos ver los materiales de resistencia, seguidos por los de flotación

Como podemos ver en la tabla 2.3 se utilizaron tanto materiales específicos para el acondicionamiento físico en el medio acuático como materiales convencionales no específicos, usualmente empleados en la enseñanza de la natación.

Tabla 2.3. Materiales empleados durante las sesiones de entrenamiento acuático

| | |
|--------------------------|---|
| Flotación | <ul style="list-style-type: none">• 13 cinturones de flotación• 5 collarines |
| Resistencia/área: | <ul style="list-style-type: none">• 13 pares de mancuernas (279 cm²)• 13 pares de guantes de silicona (293 cm²)• 13 pares de círculos (314 cm²)• 13 tablas medianas (827.75 cm²)• 13 tablas grandes (1136 cm²)• 3 pares de Hydro-Tone Bells• 3 pares de Aquaexercisers |

2.4. Procedimiento general

Los pacientes hemofílicos interesados en participar en el proyecto fueron reunidos en la sede de Ashecova, asociación valenciana de hemofilia. En la charla se les explicó con detenimiento los objetivos del estudio, el plan de trabajo y los posibles riesgos, tanto por el entrenamiento como por los test a realizar. De los quince asistentes a la reunión trece decidieron participar de forma totalmente voluntaria. Estos pacientes fueron citados al día siguiente en la UHT del Hospital Universitario “La Fe” de Valencia, donde firmaron el consentimiento informado. Esa misma mañana, en ayunas, fueron medidos y pesados en la consulta de rehabilitación de dicha unidad. En todos los pacientes se revisó la valoración clínica y radiológica de la artropatía hemofílica.

Los participantes fueron sometidos a un protocolo de entrenamiento acuático durante nueve semanas. Realizaron tres sesiones semanales de una hora de duración. En cada una de ellas se trabajó la resistencia aeróbica, la fuerza y la potencia de miembros superiores y el equilibrio. Los pacientes continuaron con sus actividades cotidianas durante todo este proceso.

Antes y después del periodo de entrenamiento, los pacientes fueron sometidos a diferentes pruebas, con el fin de determinar los cambios producidos en ciertos parámetros de la CF como consecuencia del entrenamiento.

Los pacientes realizaron el test de Cooper o test de doce minutos, llevaron un pulsómetro para el estudio de la VFC en reposo, se les tomaron muestras sanguíneas para el estudio de parámetros de la serie roja, serie blanca y hormonas, además de mediciones antropométricas para la estimación de la composición corporal.

Las variables dependientes del estudio fueron distancia recorrida, ácido láctico acumulado, FC y los gases inspirados y espirados para la prueba de doce minutos; parámetros del dominio temporal de la VFC como la media de los intervalos RR y su desviación estándar; componentes de la serie roja y blanca sanguínea como el colesterol, las plaquetas y los linfocitos; concentración hormonal de testosterona y cortisol y los integrantes de la composición corporal estudiados (densidad corporal, % de masa grasa, % de masa muscular y el IMC).

2.5. Procedimientos experimentales

A continuación se describen todos los procedimientos experimentales realizados durante el estudio, comenzando por la valoración de la artropatía, evaluada exclusivamente antes de iniciar el entrenamiento. El resto de procedimientos, como la medición del rendimiento motor y de la VFC fueron realizados antes y después del programa de entrenamiento acuático.

2.5.1. Valoración de la artropatía hemofílica

La valoración de la artropatía hemofílica se realizó según criterios clínicos y radiológicos conforme a las recomendaciones de la FMH y según el protocolo

Material y Métodos

empleado en la UHT del Hospital Universitario “La Fe”. Estas exploraciones se realizan de forma periódica en la consulta de rehabilitación de la UHT (i.e. valoración clínica anual y radiológica cada 5 años). En los pacientes participantes, estas valoraciones fueron revisadas antes de iniciar el programa de entrenamiento.

En la exploración clínica se empleó un formulario (figura 2.14) que contiene una doble puntuación, la clásica de Gilbert (Gilbert, 1993) y una adaptación (Querol et al, 2007; Querol, 2008) de un “score” más reciente, el protocolo de Colorado (Manco-Jhonson et al, 2000; Hacker et al, 2007).

El “score” de Gilbert original contiene 7 parámetros (i.e. hinchazón, atrofia muscular, deformidad axial, crepitantes, déficit de movilidad articular, contractura en flexión irreductible e inestabilidad funcional) con un máximo de 12 puntos para cada articulación, excepto para el codo, valorada sobre 10 puntos al no contemplar la presencia de deformidad axial. Este formulario también incluye la valoración del dolor en actividad y/o en reposo, de 0 a 3 puntos, tomada en cuenta por Gilbert pero no puntuada por éste. Se evalúa la presencia de dolor articular no relacionado con episodios hemorrágicos agudos, utilizándose para la medición la Escala Analógica Visual (Sriwatanakul et al, 1983; Agency for Health Care Policy and Research, 1992). El máximo en cada articulación es de 15 puntos, excepto en el codo, donde la máxima puntuación es de 13.

En cuanto a la segunda escala utilizada, el “score” de Colorado, las modificaciones realizadas respecto al “score” original, son básicamente la fusión de sus tres formularios (PE-1 y PE-0.5 para adultos y el Child Instrument para niños), la inclusión de la valoración de la presencia de contractura en flexión en la articulación del codo y el cambio en la valoración de la fuerza, pasando de ser evaluada de 0 a 3 puntos a de 0 hasta 5 puntos, donde 0 puntos indica un

balance muscular normal y 5 puntos ausencia de contracción muscular. Esta valoración sí puntúa el dolor, distinguiendo entre dolor en actividad y en reposo, de modo que la puntuación máxima de cada articulación es de 36 puntos.

En ambos "scores", la valoración clínica de Gilbert y la modificada del protocolo de Colorado, el 0 en una articulación implica normalidad y, por tanto, ausencia de artropatía.

Paciente:

Examinador:
 Fecha:
 Taille: cm Peso: kg

Valoración de la artropatía hemofílica estable

© David Rodríguez de Marín, Universidad de Valencia. Form. 3. Método 1. Valoración clínica de la artropatía hemofílica estable. Versión 2014. Mod. 2015. Escala de Gilbert - Gilbert MG, Fagard M, Muschler J, Gagliardi G, Janssen S, Hematology. 1982; 16: 3-8.

| ARTICULACIONES AFECTAS En todos los ítems "0" Artropatía normalidad | Tipo de escala | | CODO | | | | RODILLA | | | | TOBILLO | | | |
|---|----------------|-----------|------|---------|----|---------|---------|---------|----|---------|---------|---------|--|--|
| | FG | Gilbert | FG | Gilbert | FG | Gilbert | FG | Gilbert | FG | Gilbert | FG | Gilbert | | |
| Fecha del último episodio hemorrágico (Der / Izq) → | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Hinchazón | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 2. Atrofia muscular | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 3. Deformidad Axial | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 4. Crepitantes | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 5. % DÉficit movilidad articular | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 6. Contractura en flexión (irreducible) | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 7. Inestabilidad funcional | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 8. Dolor en actividad | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 9. Dolor en reposo | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 10. Fuerza | 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 11. Ortesis (dispositivos de ayuda) | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| Total sin criterio 12: | 33 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| 12. Anormalidades de marcha | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| Total: | 36 | 15 | | | | | | | | | | | | |

EVA (Escala de Visual Analogue)

© David Rodríguez de Marín, Universidad de Valencia. Form. 3. Método 1. Valoración clínica de la artropatía hemofílica estable. Versión 2014. Mod. 2015. Escala de Gilbert - Gilbert MG, Fagard M, Muschler J, Gagliardi G, Janssen S, Hematology. 1982; 16: 3-8.

1. Hinchazón

0 Normal

1 Ligero NO visible. Pausado. Termino. No dolor. No inflamación.

2 Inflamación moderada. No dolor. No inflamación. No dolor. No inflamación.

3 Inflamación moderada. No dolor. No inflamación. No dolor. No inflamación.

2. Atrofia muscular

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

3. Deformidad axial

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

4. Crepitantes

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

5. Porcentaje de movilidad articular (% ómnica)

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

6. Contractura flexo/eqvino

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

7. Inestabilidad funcional

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

8. Dolor en actividad

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

9. Dolor en reposo

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

10. Fuerza

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

11. Ortesis / Dispositivos de ayuda AVD

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

12. Anormalidades de marcha

0 Normalidad

1 Inflamación moderada

2 Inflamación moderada

Definición de anormalidades de marcha: Criterio diagnóstico para la artropatía hemofílica estable. Criterio diagnóstico para la artropatía hemofílica estable. Criterio diagnóstico para la artropatía hemofílica estable.

Figura 2.2. Formulario de evaluación clínica. Empleado en la UHT del Hospital Universitario "La Fe" de Valencia para la valoración de la artropatía hemofílica

Material y Métodos

En cuanto a la valoración radiológica, se empleó el “score” de Pettersson (Pettersson et al, 1981) para los codos, rodillas y tobillos a partir de las proyecciones radiológicas anteroposterior y lateral. Ésta valoración puntúa cada articulación de 0 a 13 puntos, siendo 0 puntos la normalidad o ausencia de artropatía. A continuación señalamos los parámetros a valorar y la puntuación asignada a cada uno de ellos:

- Osteoporosis: 0 = no, 1 = presente
- Ensanchamiento de la epífisis: 0 = no, 1 = presente
- Irregularidades de la superficie subcondral: 0 = no, 1 = afección parcial, 2 = afección total
- Estrechamiento del espacio articular: 0 = no, 1 = > 1mm, 2 = < 1mm
- Quistes subcondrales: 0 = no, 1 = un quiste, 2 = dos o más quistes
- Erosión de los márgenes articulares: 0 = no, 1 = presente
- Incongruencia ósea: 0 = no, 1 = leve, 2 = pronunciada
- Deformidad articular: 0 = no, 1 = leve, 2 = pronunciada

2.5.2. Medición del rendimiento motor

Se realizó el test de 12 minutos o test de Cooper, prueba máxima consistente en recorrer la mayor distancia posible en doce minutos, llegando al límite de la resistencia. La prueba se realizó en una pista de atletismo de 400 metros de circunferencia y al aire libre. Con nuestros pacientes, además de medir la distancia recorrida en dicho tiempo, como hace el modelo clásico del test de Cooper, se añadió la toma de otros datos con el objeto de poder medir además algunos parámetros indicadores de la eficacia del esfuerzo realizado. Los parámetros fisiológicos medidos fueron; el ácido láctico ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), la FC

(latidos·min⁻¹) y los gases inspirados y espirados. En el análisis de gases se estudió el consumo de oxígeno (VO₂, ml·min⁻¹), el consumo de oxígeno relativo (VO₂ rel, ml·min⁻¹·kg⁻¹), el dióxido de carbono (CO₂, ml·min⁻¹) y el cociente respiratorio (RER).

El desarrollo de la prueba fue el siguiente:

El analizador de gases, el K4 b₂, fue calibrado antes de cada serie de mediciones siguiendo las instrucciones del fabricante (figura 2.15).



Figura 2.15. Calibración del K4 b₂. Bombona de calibración de concentración de CO₂ y O₂, calibración con jeringa de los volúmenes. La imagen de la derecha muestra la última fase de la calibración; la conexión de la mascarilla con la turbina y el Nafion®

Los sujetos fueron instrumentados después de la extracción sanguínea en reposo. Realizaron la prueba desde la línea de salida, corriendo todos ellos por la calle interior (figura 2.16). En todo momento la persona encargada de dar la salida y controlar la duración de la prueba con un cronómetro, fue animando y dando información del tiempo transcurrido, siempre bajo la supervisión de un médico de la UHT. Los sujetos fueron alternando la marcha con el trote suave, siendo todos ellos capaces de finalizar la prueba sin pararse.



Figura 2.16. Test de Copper. De izquierda a derecha podemos ver la instrumentación de un paciente con el K4 b₂, la realización de la prueba y el registro final de los datos al finalizarla

La distancia recorrida por cada uno de ellos se obtuvo de la multiplicación del número de vueltas completadas más la distancia medida con el topómetro desde la línea de salida hasta el lugar donde paró el sujeto a los doce minutos. Los valores inspiratorios y espiratorios quedaron registrados en la memoria del analizador de gases para posteriores análisis. Una vez finalizada la prueba el paciente era dirigido inmediatamente al botiquín para la extracción sanguínea postesfuerzo.

A tiempo real se pudo seguir el desarrollo de la prueba en cada paciente. El aparato que llevaba el sujeto emitía por telemetría a un ordenador portátil situado en la línea de salida.

Para evitar infecciones o contagios se utilizó un tubo semipermeable Nafion® para cada sujeto, el mismo para las dos pruebas. El resto de materiales (banda del pulsómetro, mascarillas, turbinas, tapón para conectar el tubo semipermeable con la mascarilla y red de sujeción de la mascarilla) fueron desinfectados después de cada uso. Se introdujeron en la solución desinfectante Instrunet® F.A Concentrado (Inibsa, Barcelona, España) durante 15 minutos, siendo aclarados inmediatamente después con agua destilada.

Medición del lactato

Las muestras sanguíneas para la medición del láctico antes y después de la prueba de 12 minutos, se tomaron en el botiquín de la instalación bajo medidas asépticas estándar. La primera muestra fue extraída antes de instrumentar al paciente en reposo y las otras tres al finalizar el test; al minuto, a los tres y a los cinco minutos.

Debido a los problemas de coagulación de todos los pacientes las muestras de sangre se obtuvieron por venopunción. En todos los casos ésta se realizó en el pliegue interior de los codos, en el dorso de la mano o en la muñeca por el lado palmar, según las características de cada paciente. La venopunción se realizó con venoclisis, siendo necesarias dos punciones en cada paciente, una en reposo y otra al finalizar la prueba. Después de cada punción se realizó una hemostasia por compresión de diez minutos.

La sangre fue extraída a través de la venoclisis con jeringa de 6 ml y transferida a un capilar. Cada capilar fue guardado en una micropipeta y ésta almacenada en nevera. En el caso de las muestras tomadas a los tres y a los cinco minutos se utilizaron dos jeringas cada vez, siendo recogida la sangre de la segunda. De esta manera se desechó la sangre extravasada en la venoclisis (figura 2.17).



Figura 2.17. Toma de muestras sanguíneas. De izquierda a derecha, las imágenes muestran la extracción con venoclisis y jeringa y el paso de sangre de la jeringa al capilar

Una vez recogidas todas las muestras fueron llevadas al laboratorio del centro médico deportivo del Instituto de Medicina del Deporte del Complejo Cultural “La Petxina” de Valencia para su inmediato análisis, según el procedimiento habitual utilizado en dicho centro (Gómez-Cabrera et al, 2003).

2.5.3. Medición de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)

La VFC se midió en reposo durante seis minutos en cada paciente mediante un pulsómetro en modo RR (pulsación a pulsación). Los sujetos fueron instrumentados en bipedestación colocando la banda pectoral del pulsómetro ligeramente humedecida bajo la línea mamilar. Seguidamente, y una vez comprobado el correcto funcionamiento de la banda y del reloj, los pacientes permanecieron en decúbito supino en una camilla, iniciándose el registro de la VFC una vez el paciente estaba tranquilo y relajado pasados cinco minutos. Durante la prueba los pacientes permanecieron en silencio sin realizar ningún tipo de movimiento (figura 2.18).



Figura 1.18. Registro de la VFC en reposo

2.5.4. Medición de los valores hemáticos

La toma de muestras se realizó en la sala de extracciones de la UHT de 8:30 a 10:00 de la mañana, pasadas 48-72 horas desde el último entrenamiento. Los

pacientes no tomaron alimentos o bebidas, a excepción de agua, en las 8 horas previas a la extracción.

Una vez limpiada la piel con alcohol de 70°, colocado el compresor en el brazo y localizada la vena se realizó la punción con aguja de 0,9 x 38 mm. La sangre recogida en los tubos correspondientes, fue remitida al servicio de Hematología y Hemoterapia del hospital La Fe para su inmediato análisis; sección de Citomorfología para el hemograma y de Biopatología Clínica para la bioquímica y el estudio hormonal. Todos los análisis fueron realizados según las indicaciones técnicas de cada aparato (AU5400, XE-2100, IMMULITE® 2000 systems, ARCHITECT® Testosterone) y el protocolo de trabajo habitual en cada sección del servicio de Hematología y Hemoterapia.

2.5.5. Mediciones antropométricas

Las mediciones antropométricas fueron tomadas por la mañana en una habitación con temperatura confortable para los pacientes y después de evacuar. Estos permanecieron desprovistos de ropa (excepto ropa interior o bañador) durante todo el procedimiento.

La recolección de los datos fue realizada por dos personas, un medidor y un anotador, ambos experimentados. Se tomaron dos mediciones para cada una de las variables estudiadas.

La variable peso se midió con una báscula impedancímetro, permaneciendo el individuo de pie en el centro de la plataforma con el peso distribuido por igual en ambos pies y sin apoyos (Canda y Esparza, 1999).

La talla se obtuvo con un tallímetro mecánico siguiendo el protocolo descrito por Marfell-Jones (1991). El sujeto permaneció de pie, con los talones juntos, brazos a

Material y Métodos

lo largo del cuerpo y las nalgas y la espalda apoyadas sobre la escala y con la cabeza situada en el plano de Frankfort.

El resto de parámetros seleccionados fueron seis pliegues cutáneos; tríceps, bíceps, subescapular, suprailíaco, muslo y pierna, tres perímetros musculares; muslo, pierna y brazo contraído y dos diámetros óseos; estiloideo y biestiloideo del fémur. Todos ellos se midieron según los estándares internacionales marcados por la Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría (ISAK, 2001).

2.5.6. Protocolo de entrenamiento acuático

El programa de EF en el medio acuático se desarrolló durante 9 semanas, con una frecuencia de 3 sesiones por semana en días alternos (lunes, miércoles y viernes). Se realizaron un total de 27 sesiones de una hora de duración, de 21:30 a 22:30 de la noche.

La piscina de entrenamiento es una piscina mixta, con una profundidad progresiva desde 0,5 metros hasta 2,5 metros. Se utilizaron dos calles de 25 x 2,7 metros. Los pacientes fueron distribuidos en dos grupos de trabajo según su situación musculoesquelética y su adaptación al medio acuático. En un grupo, situado en la primera calle (calle lateral junto a la pared del vaso) trabajaron los 6 pacientes con menor nivel de adaptación al medio acuático y/o mayor limitación funcional consecuencia de la artropatía hemofílica. En la calle contigua trabajaron los 7 sujetos restantes. Éstos presentaban un nivel óptimo de adaptación al medio acuático (buen control respiratorio, nivel medio de ejecución de cómo mínimo dos estilos) y/o menor limitación funcional respecto a los sujetos del otro grupo.

Material y Métodos

Para el entrenamiento se utilizaron materiales de resistencia o área y de flotación. Los de resistencia se emplearon en el bloque de trabajo de F-R y potencia. En el bloque de RA se emplearon únicamente materiales de flotación con el objetivo de asistir y facilitar el movimiento, permitiendo una posición estable del tronco y cuello, evitando así posiciones anómalas y lesivas que pudiesen desencadenar hemartros, hematomas u otro tipo de lesiones musculoesqueléticas. Por este motivo, durante la fase de trabajo aeróbico, todos utilizaron un cinturón de flotación.

La estructura de las sesiones planteadas sigue un modelo clásico de calentamiento (10 minutos), parte principal (40 minutos) y vuelta a la calma (10 minutos). A su vez, la parte principal se dividió en dos bloques de contenidos, uno de F-R y potencia (20 minutos) y otro de RA (20 minutos). Entre cada uno de los bloques de trabajo se realizó la pausa mínima necesaria para cambiar de zona de trabajo, preparar el material o registrar la FC.

El calentamiento se compuso, por orden de ejecución, de 50 metros de nado a crol o espalda, de trote en la parte poco profunda de la piscina (4 x 12,5 metros) y ROM de hombro y cadera; 1 x 10 repeticiones de circunducción hacia adelante y hacia atrás en estático en la parte central de la piscina, con el agua a la altura de los hombros. La intensidad, según la percepción subjetiva del esfuerzo, se mantuvo durante todo el calentamiento entre 2 y 3, según la escala OMNI-RES explicada a continuación (Robertson et al, 2003).

En la tabla 2.4 se puede observar los ejercicios prescritos para el bloque de F-R y potencia siguiendo las indicaciones técnicas de Colado (Colado, 2004). Su descripción detallada puede leerse en los anexos i y ii.

Tabla 2.4. Ejercicios prescritos en el bloque de fuerza-resistencia y potencia

| Ejercicios de fuerza-resistencia | Ejercicios de potencia |
|---|------------------------|
| Abertura frontal (flexo-extensión de hombro) | Tracción horizontal |
| Abertura vertical (aducción-abducción de hombro) | Tracción vertical |
| Abertura oblicua descendente de hombro (aducción-abducción de hombro con 45° respecto plano frontal) | |
| Balaneo de brazos lateral (flexo-extensión de codo) | |

Se estableció una progresión metodológica para cada bloque de contenidos. De esta forma, el bloque de F-R y potencia se dividió en tres microciclos de intensidad creciente, gracias al incremento de la superficie del material utilizado y/o la velocidad de ejecución. El incremento de la intensidad de trabajo se controló en base a la percepción subjetiva del esfuerzo. A modo de ejemplo en la figura 2.19 se muestra la escala de esfuerzo percibido (EEP) empleada, modificada de Robertson (Robertson et al, 2003) tanto en el calentamiento como en el trabajo de F-R y potencia.

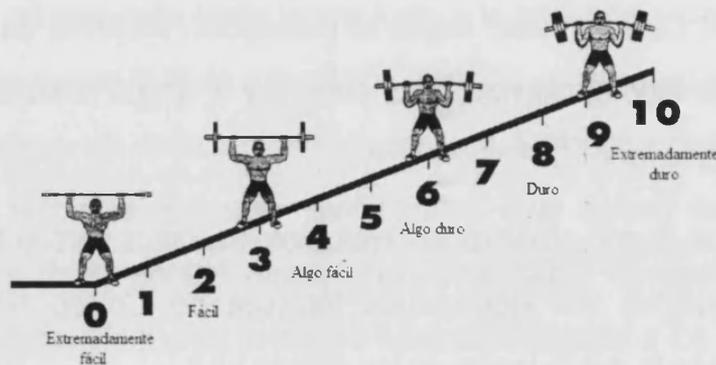


Figura 2.19. Escala de esfuerzo percibido (EEP) modificada de Robertson (Robertson et al, 2003)

Cada fase de la progresión tuvo una duración de 9 sesiones (tabla 2.5). A su vez, la primera fase del bloque de F-R se fragmentó en dos subfases por la necesidad de adaptación de los sujetos al medio acuático, al aprendizaje de los ejercicios y a la familiarización con la EEP.

Tabla 2.5. Fases de progresión del bloque de fuerza-resistencia

| Fase 1 (sesiones 1-4) | Fase 1 (sesiones 5-9) | Fase 2 (sesiones 10- 18) | Fase 3 (sesiones 19- 27) |
|---|--|--|---|
| Adaptación Aprendizaje de los ejercicios (2 x 20 rep) | 2 x 20 rep | 2 x 20 rep | 2 x 20 rep |
| Pausa entre series: 30 s (trote estático) | Pausa entre series: 30 s (trote estático) | Pausa entre series: 30 s (trote estático) | Pausa entre series: 20 s (trote estático) |
| EEP: 2-3 | EEP: 4-5 | EEP: 6-7 | EEP: 6-7 |
| Material: ninguno | Material: mancuernas | Material: guantes de silicona/círculos | Material: círculos/ aquaexercises/hydro bells |

Rep: repeticiones; EEP: nivel de percepción del esfuerzo según la escala de esfuerzo percibido utilizada

Todos los sujetos trabajaron juntos mientras la velocidad de ejecución fue similar. Cuando aparecieron diferencias entre los sujetos realizamos grupos para asegurarnos que todos completaban el mismo volumen de trabajo con el tiempo de recuperación establecido entre series de 30 segundos. A medida que los sujetos finalizaban el trabajo de F-R realizaban ejercicios activos libres de miembros inferiores hasta que todo el grupo había completado el trabajo. Realizaron 1 x 15 repeticiones de flexo-extensión de cadera y rodilla (gran patada frontal con pierna en ligera abducción) y aducción y abducción de cadera (patada lateral), descritos en el anexo i. De esta manera, todos los sujetos iniciaban al

Material y Métodos

mismo tiempo los ejercicios de potencia. Por otro lado, el hecho de que no todos realizaran los ejercicios activos de miembros inferiores no influía en el rendimiento final, ya que no se midió el ROM.

En el apartado de potencia, las fases uno y dos se dividieron a su vez en dos subfases (ver tabla 2.6). Por otro lado, las pausas entre series y ejercicios fueron activas, realizándose ejercicios de equilibrio en apoyo monopodal, para así favorecer el entrenamiento de la propiocepción de los participantes del programa. En cada una de las pausas los sujetos realizaron 4 ejercicios durante 30 segundos cada uno, sin pausa entre ellos. Los ejercicios de equilibrio realizados pueden consultarse en el anexo ii.

Tabla 2.6. Fases de progresión del bloque de potencia

| Fase 1 (1-4) | Fase 1 (5-9) | Fase 2 (10-13) | Fase 2 (14-18) | Fase 3 (19-27) |
|---|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Aprendizaje de los ejercicios (2x30 s) | 2x 30 s (máx. velocidad) | 2x 30 s (máx. velocidad) | 2x 30 s (máx. velocidad) | 2x 30 s (máx. velocidad) |
| EEP: 2-3 | EEP: 4-5 | EEP: 4-5 | EEP: 6-7 | EEP: 8 |
| Material: 1 círculo | Material: mancuernas/ círculos | Material: círculos | Material: círculos/ tabla mediana | Material: círculos/ tabla mediana/ hydro bells |
| Pausa: 2 min (Ej.equilibrio) | Pausa: 2 min (Ej.equilibrio) | Pausa: 2 min (Ej.equilibrio) | Pausa: 2 min (Ej.equilibrio) | Pausa: 2 min (Ej.equilibrio) |

Entre paréntesis, al lado del nombre de la fase, aparecen las sesiones que forman parte de esa fase o subfase. EEP: nivel de percepción del esfuerzo según la escala de esfuerzo percibido utilizada; máx: máxima; Ej: ejercicio

La progresión planteada con el material de resistencia, tanto en el trabajo de F-R como de potencia, para cada una de las sesiones fue orientativa. Se ajustó a la

percepción subjetiva del esfuerzo de cada uno de los sujetos en cada momento; los pacientes cambiaban de material cuando con el anterior no llegaban al nivel de esfuerzo requerido (figura 2.20).



Figura 2.20. Bloque de fuerza resistencia y potencia. *En la imagen de la izquierda se observa como cada sujeto utilizaba el material que se ajustaba al nivel de esfuerzo requerido. En la central los pacientes realizan un ejercicio de fuerza resistencia y en la última un ejercicio de equilibrio*

No se incluyó ningún ejercicio dirigido a los miembros inferiores, ni de F-R ni de potencia por los siguientes motivos:

- Si utilizamos pesos y tobilleras de flotación necesitamos duplicar el tiempo de trabajo; utilizar el peso para el movimiento contra gravedad y la tobillera de flotación para el movimiento contrario. En este caso hubiésemos necesitado aumentar la duración total de la sesión, con el problema añadido del discomfort en los practicantes por frío al aumentar el tiempo de trabajo estático.
- Si la progresión la realizamos utilizando aletas cortas y largas podemos encontrarnos, fundamentalmente, con el problema de crear una tensión excesiva en la cara anterior del pie en los movimientos de flexión y extensión, con el riesgo añadido de provocar un hemartros. Otros materiales como los aquafeens son cómodos y seguros, no entrañando riesgo de lesión ante golpes por ser de material blando, pero son un material caro y no habitual en las instalaciones acuáticas.

En el bloque de trabajo de RA el método de trabajo aplicado fue el continuo extensivo, desarrollándose éste en tres microciclos y dentro de cada uno de ellos

Material y Métodos

dos subfases diferenciadas. La progresión en la intensidad de trabajo se marcó en base a un porcentaje de la FC_{max} teórica de cada individuo, calculada según la ecuación que resta a 220 la edad del sujeto en años. Los pacientes trabajaron entre el 50 y el 75% de la FC_{max} . Independientemente del microciclo se realizaron los mismos cuatro ejercicios en forma de circuito. Cada ejercicio se realizó en una distancia de 50 metros, pasándose a continuación al siguiente. El ciclo de los 4 ejercicios se repetía hasta completar 20 minutos. En la tabla 2.7 se presentan los ejercicios y las intensidades de trabajo de cada una de las fases.

Tabla 2.7. Batería de ejercicios e intensidades de trabajo en las diferentes fases de resistencia aeróbica

| Fase | Sesiones | % FC_{max} | Batería de ejercicios |
|------|----------|--------------|--|
| 1 | 1-4 | 50-55 | 1. En posición dorsal, batido de pies espalda con ayuda de brazos. Impulso de brazos simultáneo con brazada y recobro subacuático |
| | 5-9 | 55-59 | 2. Marcha frontal con movimiento de brazos alternativo en la parte poco profunda de la piscina y pedaleo en la zona profunda con movimiento simultaneo de brazos |
| 2 | 10-14 | 60-65 | 3. Nado completo a braza, espalda o crol, con o sin adaptaciones. Cada sujeto selecciona el estilo más cómodo y seguro según su nivel de adaptación y limitación articular |
| | 15-18 | 65-69 | |
| 3 | 19-23 | 70 | 4. Marcha hacia atrás acompañada del movimiento simétrico de brazos de atrás hacia delante en la zona poco profunda; continuar hacia atrás con el batido de pies del estilo espalda en posición oblicua, al entrar en la zona profunda, y ayudar con los brazos al desplazamiento con movimientos simétricos de atrás hacia delante. |
| | 24-27 | 75 | |

Los pacientes fueron adiestrados para tomarse el pulso en la arteria carótida con la ayuda del reloj segundero colocado en la pared (figura 2.21). El control de la

FC se realizó cada 200 metros y al finalizar los 20 minutos de trabajo aeróbico. La pausa realizada cada 200 metros tenía la mínima duración necesaria para el control de la FC en 6 segundos. El objetivo de dicha pausa era la comprobación por parte de cada ejercitante de que estaba trabajando dentro del intervalo correspondiente a la sesión, de manera que pudiese ajustar la intensidad de trabajo en caso necesario.



Figura 2.21. Resistencia aeróbica. *De izquierda a derecha: desplazamiento en posición dorsal con batido de pies espalda y movimiento simultáneo de brazos dentro del agua, marcha frontal y control del pulso en 6 segundos*

Tras el trabajo de RA, y para finalizar la sesión, en la vuelta a la calma se realizaron estiramientos pasivos o estáticos; 2 repeticiones de 30 segundos de cada uno de los estiramientos descritos en el anexo iii.

2.5.7. Análisis de los datos

A continuación se describe la metodología empleada en el análisis de los datos obtenidos en las pruebas realizadas; el test de los 12 minutos, el registro de la VFC en reposo, las mediciones antropométricas y los parámetros sanguíneos estudiados.

Los datos registrados en cada una de las pruebas fueron volcados y almacenados en un disco duro para posteriores análisis.

Material y Métodos

Test de 12 minutos

Para el acondicionamiento de las señales y el cálculo de las variables respiratorias y cardíacas se empleó un software especialmente desarrollado para este estudio bajo el entorno de programación Matlab 7.0 (MathWorks Release 14).

Las señales fueron filtradas para eliminar los registros atípicos o errores del aparato. Para ello de forma automática se eliminó los registros que fueran tres veces superiores al dato precedente. De los datos registrados en el K4 b₂ se seleccionaron para el análisis los siguientes parámetros fisiológicos: VO_2 ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$), VO_2 rel ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$), CO_2 ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$), RER (CO_2/VO_2) y FC ($\text{latidos}\cdot\text{min}^{-1}$). Para los posteriores cálculos estadísticos se seleccionó el valor promedio de estos parámetros durante toda la prueba.

Los resultados del láctico ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) fueron igualmente almacenados una vez analizadas las muestras sanguíneas en el laboratorio, así como la distancia recorrida (m) por cada uno de los pacientes durante los 12 minutos.

Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)

El acondicionamiento de las señales y el cálculo de las variables del dominio temporal se realizó mediante el software Kubios HRV, versión 2.0 (Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finland).

Las señales fueron filtradas para eliminar los registros atípicos o errores del aparato. A partir de los datos registrados por el pulsómetro Polar RS 800 sd; la FC (1/min) y tiempo entre pulsación y pulsación (RR, ms), se calcularon medidas estadísticas y geométricas. En la tabla 2.8 se detallan las variables analizadas, las cuales son todas estadísticas a excepción del índice triangular de la VFC, que es una medida geométrica.

Tabla 2.8. Variables del dominio temporal de la VFC calculadas con el software Kubios HRV 2.0

| Variable | Unidades | Descripción |
|-----------------------|----------|---|
| Promedio RR | (ms) | Media del tiempo transcurrido entre latidos cardiacos consecutivos |
| STD RR (SDNN) | (ms) | Desviación estándar de los intervalos RR |
| Promedio FC | (1/min) | Media de la FC |
| STD FC | (1/min) | Desviación estándar de los valores instantáneos de la FC |
| RMSSD | (ms) | Raíz cuadrada de la diferencia de medias entre el cuadrado de intervalos RR sucesivos |
| NN50 | | Número de pares de intervalos adyacentes que difieren por más de 50 ms |
| pNN50 | (%) | NN50 dividido por el número total de todos los intervalos RR |
| Índice triangular VFC | | Integral del histograma del intervalo RR dividido por la altura del histograma |

FC: frecuencia cardíaca; VFC: variabilidad de la frecuencia cardíaca

Antropometría

A partir de las mediciones antropométricas realizadas se estimaron las siguientes variables de composición corporal: el IMC, la densidad corporal (%) según la fórmula propuesta por Durnin y Womersley (1974), la masa grasa (%) a partir de la de Siri (1993), y la masa muscular (%) siguiendo la de Lee y colaboradores (2000). Se utilizó el valor promedio de las 2 mediciones de cada parámetro estudiado. Cada una de las fórmulas fue aplicada mediante el programa Microsoft® Office Excel 2003 para Windows, bajo licencia de la Universitat de València (Microsoft Corporation, Seattle, USA).

Material y Métodos

Hemograma, bioquímica sanguínea y hormonas

De las variables identificadas o calculadas en el hemograma, la bioquímica sanguínea y el estudio hormonal se seleccionaron para el análisis los siguientes parámetros fisiológicos: los leucocitos (mil/mm³), los linfocitos (mil/mm³), las plaquetas (mil/mm³), la hemoglobina (g/dl), la glucosa (mg/dl), el colesterol total (mg/dl), el colesterol total/HDL (mg/dl), el colesterol LDL/HDL (mg/dl), los triglicéridos (mg/dl), la creatinfosfoquinasa o CPK (UI/L), el hierro (µg/dl), la ferritina (ng/ml), la testosterona (ng/ml) y el cortisol (µg/100ml).

2.6. Cálculos y métodos estadísticos

El análisis estadístico fue desarrollado mediante el Statistical Package for Social Sciences (SPSS), versión 17.0 para Windows, bajo licencia de la Universitat de València (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Las distribuciones normales fueron testadas por el test de Shapiro-Wilks para n menor de 50 individuos. Para testar las diferencias entre los valores de las medias se empleó la prueba t-test de Student de muestras relacionadas. Para evitar un error de tipo I, dado el gran número de variables estudiadas (e.g. 6 variables en rendimiento motor), se ha aplicado un coeficiente de corrección de Bonferroni ($0,05/n$ comparaciones) quedando diferentes niveles de significación en función de las variables comparadas (e.g. $p \leq 0,0083$ para rendimiento motor). Todos los parámetros fueron medidos en dos momentos (pre versus post). Para establecer la relación entre variables se utilizó un coeficiente de correlación de Pearson (r).

Los estadísticos fueron calculados con una muestra de $n=9$ en el test de Cooper y $n=10$ en el resto de las pruebas. Los valores están expresados en media, desviación estándar, intervalos de confianza y niveles de significación al 95%.

3. RESULTADOS

3. RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados obtenidos en relación a la artropatía hemofílica y en las diferentes pruebas realizadas a los pacientes antes y después del entrenamiento acuático.

3.1. Artropatía hemofílica

La tabla 3.1 muestra los resultados de la evaluación clínica según la puntuación de Gilbert y el protocolo modificado de Colorado.

Tabla 3.1. Resultados de la artropatía hemofílica según criterios clínicos

| Caso | CODO | | | | RODILLA | | | | TOBILLO | | | |
|------|---------|------|-----------|------|---------|-----|-----------|------|---------|-----|-----------|------|
| | Derecho | | Izquierdo | | Derecha | | Izquierda | | Derecho | | Izquierdo | |
| | G | FQ | G | FQ | G | FQ | G | FQ | G | FQ | G | FQ |
| 1 | 0 | 0 | 6 | 8,5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 8,5 | 7 | 15 |
| 3 | 6 | 11,5 | 2 | 1 | 5 | 14 | 9 | 15,5 | 0 | 3 | 5 | 11 |
| 4 | 9 | 20 | 9 | 20 | 5 | 7,5 | 2 | 3 | 1 | 3 | 5 | 7,5 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 8,5 | 5 | 9 | 5 | 9 |
| 6 | 7 | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | 7 | 1 | 2 |
| 7 | 8 | 15 | 5 | 14 | 0 | 0 | 5 | 4 | 6 | 6 | 4 | 10,5 |
| 8 | 7 | 12,5 | 7 | 12,5 | 1 | 1,5 | 8 | 16 | 2 | 4 | 8 | 14 |
| 9 | 0 | 0 | 8 | 14 | 9 | 18 | 1 | 1 | 3 | 4 | 8 | 14,5 |
| 10 | 5 | 6,5 | 4 | 6,5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 5 | 8 | 9 | 9 |
| 11 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 12 | 5 | 9,5 | 3 | 7 | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 5 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 2 | 4 | 13 | 16 | 11 | 16 |

G: score de Gilbert; FQ: protocolo modificado de Colorado. Los datos están expresados en puntos y en ambas valoraciones el 0 indica ausencia de artropatía

Resultados

El 100% de los pacientes presentaban como mínimo una puntuación ≥ 1 en al menos una de las 6 articulaciones estudiadas en ambos "scores". Según las puntuaciones obtenidas en el "score" de Gilbert, el 7,7% presenta artropatía en 1 articulación, el 7,7% en 2, el 7,7% en 4, el 53,8% en 5 y el 23,1% en 6. Atendiendo a las puntuaciones obtenidas con el "score" modificado de Colorado, el 15,4% presenta artropatía en 2 articulaciones, el 7,7% en 4 y el 38,5% en 5 y 6 articulaciones respectivamente. En ambas puntuaciones aproximadamente el 77% de los pacientes presenta artropatía en 5 o 6 articulaciones. Los tobillos son las zonas alteradas en mayor número de pacientes.

Respecto a la evaluación radiológica de Pettersson, en la tabla 3.2 podemos ver las puntuaciones de cada uno de los pacientes participantes. Desde el punto de vista radiológico todos los pacientes presentan artropatía en, al menos, 2 articulaciones. El 23,1% tiene artropatía en 2 de las 6 articulaciones estudiadas, siendo éste el mismo porcentaje para los que la sufren en 5 o 6 articulaciones. Por otro lado, el 15,4% de los pacientes sufren artropatía en 3 y 4 articulaciones respectivamente. Los tobillos son las articulaciones afectadas en mayor número de pacientes.

Tabla 3.2. Resultados de la artropatía hemofílica según criterios radiológicos

| Casos | CODO | | RODILLA | | TOBILLO | | TOTAL |
|-------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|-------|
| | Derecho | Izquierdo | Derecha | Izquierda | Derecho | Izquierdo | |
| 1 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 6 | 14 |
| 3 | 10 | 0 | 12 | 8 | 3 | 10 | 43 |
| 4 | 11 | 11 | 6 | 0 | 1 | 11 | 40 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 7 | 27 |
| 6 | 8 | 1 | 1 | 1 | 11 | 13 | 35 |

Tabla 3.2. Continuación...

| Casos | CODO | | RODILLA | | TOBILLO | | TOTAL |
|-------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|-------|
| | Derecho | Izquierdo | Derecha | Izquierda | Derecho | Izquierdo | |
| 7 | 13 | 9 | 0 | 8 | 0 | 13 | 43 |
| 8 | 12 | 12 | 0 | 13 | 1 | 2 | 40 |
| 9 | 0 | 12 | 9 | 0 | 6 | 10 | 37 |
| 10 | 11 | 11 | 1 | 1 | 8 | 9 | 41 |
| 11 | 6 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 12 |
| 12 | 8 | 6 | 1 | 1 | 6 | 6 | 28 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 13 | 22 |

3.2. Rendimiento motor

En relación con los resultados de las variables espirométricas, cardíacas y metros recorridos en la prueba de 12 minutos, tras realizar el programa de entrenamiento acuático en nuestros pacientes (tabla 3.3), se hallaron diferencias significativas entre los valores de las medias del pretest y postest, para las variables del VO_2 ($ml \cdot min^{-1}$), el VO_2 rel ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$), el CO_2 ($ml \cdot min^{-1}$), el RER (CO_2/VO_2) y la distancia en el test de Cooper (m), ($p \leq 0,0083$). Para los valores de la FC ($latidos \cdot min^{-1}$) no se encontraron tales diferencias, ($p > 0,0083$).

Por otro lado, tampoco se encontró relación significativa entre el VO_2 ($ml \cdot min^{-1}$) y el VO_2 rel ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) versus la distancia (m) recorrida en 12 min.

Tabla 3.3. Resultados de las variables analizadas en la prueba de 12 minutos

| | Pretest | Postest |
|--|------------------|-------------------|
| VO_2 ($ml \cdot min^{-1}$) | 1911,49 (240,82) | 2896,25* (525,65) |
| CO_2 ($ml \cdot min^{-1}$) | 2080,20 (282,39) | 2865,09* (376,42) |
| VO_2 rel ($ml \cdot min^{-1} \cdot kg^{-1}$) | 23,54 (2,49) | 39,97* (3,00) |
| RER | 1,08 (0,01) | 0,98* (0,05) |

Resultados

Tabla 3.3. Continuación...

| | Pretest | Postest |
|---------------------------------|------------------|-------------------|
| FC (latidos·min ⁻¹) | 160,42 (12,59) | 165,17 (13,72) |
| Test Cooper 12min (m) | 1296,48 (189,78) | 1486,88* (161,57) |

Los valores son presentados como medias y desviación estándar (\pm). Las comparaciones entre pre y post-entrenamiento son realizadas mediante el t-test Student para muestras relacionadas.

* $p \leq 0,0083$ (Corrección de Bonferroni). RER: CO_2/VO_2

Estos mismos resultados pueden ser consultados en forma gráfica en la figura

3.1. expuesta a continuación.

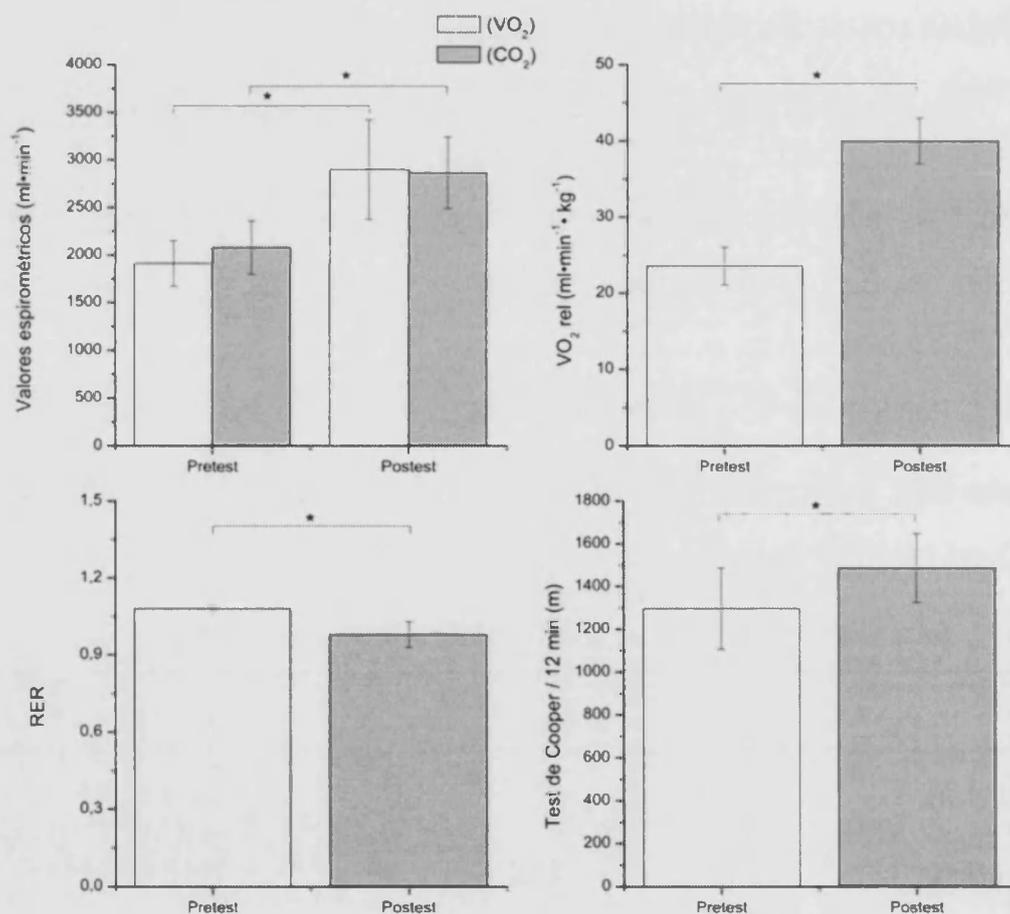


Figura 3.1. Valores espirométricos y distancia recorrida. Las columnas representan media y las barras desviación estándar. VO_2 : consumo de oxígeno; CO_2 : dióxido de carbono producido; VO_2 rel: consumo de oxígeno por kilo de peso; RER: cociente respiratorio y distancia recorrida; Los cinco parámetros muestran diferencias significativas entre el pretest y el postest, $p < 0,0083$

De otro lado, el análisis del láctico ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) producido en reposo y al finalizar la prueba de los 12 minutos (al minuto, a los tres y a los cinco minutos), no arrojó diferencias significativas entre los valores de las medias del pretest y postest ($p > 0,0125$) (tabla 3.4).

Tabla 3.4. Resultados del láctico en reposo y al finalizar la prueba de 12 minutos

| LÁCTICO | Pretest | Postest |
|---|-------------|-------------|
| REPOSO ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) | 1,23 (0,30) | 1,16 (0,33) |
| 1 MINUTO ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) | 8,15 (3,23) | 9,44 (2,96) |
| 3 MINUTOS ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) | 8,25 (3,45) | 9,47 (2,91) |
| 5 MINUTOS ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) | 8,32 (3,68) | 9,15 (2,97) |

Los valores son presentados como medias y desviación estándar (\pm). Las comparaciones entre pre y post-entrenamiento son realizadas mediante el t-test Student para muestras relacionadas. $p > 0,0125$ (Corrección de Bonferroni)

3.3. Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)

Una vez finalizado el programa de entrenamiento acuático en nuestros pacientes, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de las medias del pretest y postest ($p > 0,0056$) para las variables del dominio temporal de la VFC estudiadas (tabla 3.5); la media de los intervalos RR (ms), la SDNN, (ms), la media de la FC ($\text{latidos}\cdot\text{min}^{-1}$), la STD FC (1/min), la RMSSD (ms), el NN50, el pNN50 (%) y el índice triangular de la VFC.

No obstante, atendiendo a la estratificación del riesgo de mortalidad y morbilidad cardiovascular según los valores de referencia (De la Cruz Torres et al, 2008), sí se produjo una reducción del riesgo tras el entrenamiento acuático en nuestros pacientes. En el pretests los hemofílicos presentaban un riesgo bajo según el pNN50 (%), moderado para el valor promedio de tiempo entre intervalos RR (ms) y alto en

Resultados

relación a la SDNN (ms). Sin embargo, tras el entrenamiento, el incremento de los valores de la SDNN hizo que el riesgo se redujese, pasando de alto a moderado.

Tabla 3.5. Resultados del dominio temporal de la variabilidad de la frecuencia cardiaca

| | Pretest | Postest |
|--|-----------------------------|------------------------------|
| Promedio RR (ms) | 830,47 ^m (88,77) | 812,33 ^m (144,23) |
| SDNN (ms) | 43,78 ^a (19,09) | 51,20 ^m (19,20) |
| Promedio FC (latidos·min ⁻¹) | 73,23 (7,82) | 76,4 (13,99) |
| STD FC (latidos·min ⁻¹) | 3,83 (1,53) | 4,86 (1,54) |
| RMSSD (ms) | 26,28 (13,05) | 27,44 (19,45) |
| NN50 (ms) | 27,90 (34,07) | 34,9 (37,49) |
| pNN50 (%) | 7,67 ^b (9,76) | 10,99 ^b (12,8) |
| Índice triangular VFC | 10,21 (3,42) | 11,8 (4,54) |

Los valores son presentados como medias y desviación estándar (\pm). Las comparaciones entre pre y post-entrenamiento son realizadas mediante el t-test Student para muestras relacionadas. $p > 0,0056$ (Corrección de Bonferroni). ^b riesgo bajo de mortalidad y morbilidad cardiovascular; ^m riesgo moderado de mortalidad y morbilidad cardiovascular; ^a riesgo alto de mortalidad y morbilidad cardiovascular

3.4. Composición corporal

La composición corporal no sufrió cambios significativos como consecuencia del entrenamiento acuático. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de las medias del pretest versus postest ($p > 0,0125$) en las variables estimadas; la densidad corporal de Durnin y Womersley,

el porcentaje de masa grasa de Siri (%), el porcentaje de masa muscular de Lee (%) y el IMC (tabla 3.6).

Tabla 3.6. Resultados de la composición corporal

| | Pretest | Postest |
|---------------------|--------------|--------------|
| DC Durnin-Womersley | 1,041 (0,13) | 1,042 (0,13) |
| MG Siri (%) | 25,51 (6,03) | 24,87 (6,11) |
| MM Lee (%) | 34,74 (2,84) | 34,64 (2,5) |
| IMC | 25,85 (4,78) | 25,55 (4,87) |

DC: densidad corporal; MG: masa grasa; MM: masa muscular; IMC: índice de masa corporal. Los valores son presentados como medias y desviación estándar (\pm). Las comparaciones entre pre y post-entrenamiento son realizadas mediante el t-test Student para muestras relacionadas. $p > 0,0125$ (Corrección de Bonferroni)

Conforme a la clasificación de sobrepeso y obesidad de la Organización Mundial de la Salud según el IMC (WHO, 1995; WHO, 2002; WHO 2004), antes y después del entrenamiento, el 40% de los pacientes presentaban sobrepeso y el 10% obesidad.

3.5. Hemograma, bioquímica sanguínea, testosterona y cortisol

El entrenamiento acuático no produjo cambios significativos en los parámetros de la serie roja, serie blanca y hormonas. Respecto del hemograma, no se encontraron diferencias significativas entre los valores de las medias del pretest y postest en las variables estudiadas (tabla 3.7); leucocitos (mil/mm^3), linfocitos (mil/mm^3) plaquetas (mil/mm^3) y hemoglobina (g/dl), ($p > 0,0125$), aunque sí se produjo una tendencia incremental en la concentración de plaquetas.

Resultados

Tabla 3.7. Resultados del hemograma

| | Pretest | Postest |
|-----------------------------------|---------------|---------------|
| Leucocitos (mil/mm ³) | 5,61 (2,32) | 6,32 (2,28) |
| Linfocitos (mil/mm ³) | 1,72 (0,70) | 1,95 (0,76) |
| Plaquetas (mil/mm ³) | 179,9 (73,66) | 206,9 (83,79) |
| Hemoglobina (g/dl) | 15,11 (1,68) | 15,05 (1,15) |

Los valores son presentados como medias y desviación estándar (\pm). Las comparaciones entre pre y post-entrenamiento son realizadas mediante el t-test Student para muestras relacionadas. $p > 0,0125$ (Corrección de Bonferroni)

Tampoco se dieron diferencias significativas entre los valores de las medias del pretest y postest en los parámetros de la bioquímica sanguínea analizados (tabla 3.8), ($p > 0,005$); glucosa (mg/dl), colesterol total (mg/dl), el colesterol total/HDL (mg/dl), colesterol LDL/HDL (mg/dl), triglicéridos (mg/dl), CPK (UI/L), hierro (μ g/dl) y ferritina (ng/ml).

Tabla 3.8. Resultados de la bioquímica sanguínea

| | Pretest | Postest |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| Glucosa (mg/dl) | 83,80 (19,59) | 77,80 (10,21) |
| Colesterol total (mg/dl) | 164,70 (36,91) | 172,00 (27,77) |
| Colesterol total/ HDL (mg/dl) | 3,80 (1,06) | 4,07 (1,37) |
| Colesterol LDL/ HDL (mg/dl) | 2,32 (0,91) | 2,45 (1,06) |
| Triglicéridos (mg/dl) | 96,20 (54,43) | 119,90 (78,90) |

Tabla 3.8. Continuación...

| | Pretest | Posttest |
|-----------------------------|----------------|-----------------|
| CPK (UI/L) | 83,6 (40,25) | 115,60 (100,68) |
| Hierro ($\mu\text{g/dl}$) | 105,40 (57,07) | 76,90 (23,03) |
| Ferritina (ng/ml) | 160,10 (96,49) | 131,70 (70,80) |

Los valores son presentados como medias y desviación estándar (\pm). Las comparaciones entre pre y post-entrenamiento son realizadas mediante el t-test Student para muestras relacionadas. $p > 0,00625$ (Corrección de Bonferroni)

Finalmente, como podemos ver en la tabla 3.9, no se produjeron cambios significativos entre los valores de las medias del pretest versus posttest, para la concentración de la testosterona (ng/ml) y el cortisol ($\mu\text{g}/100\text{ml}$) en suero, ($p > 0,025$).

Tabla 3.9. Resultados hormonales en suero

| | Pretest | Posttest |
|---|--------------|--------------|
| Testosterona (ng/ml) | 11,65 (5,11) | 11,71 (4,73) |
| Cortisol ($\mu\text{g}/100\text{ml}$) | 13,71 (3,15) | 15,59 (5,87) |

Los valores son presentados como medias y desviación estándar (\pm). Las comparaciones entre pre y post-entrenamiento son realizadas mediante el t-test Student para muestras relacionadas. $p > 0,025$ (Corrección de Bonferroni)

4. DISCUSIÓN

4. DISCUSIÓN

Hasta la fecha, en el tratamiento de la artropatía hemofílica se han conseguido éxitos incuestionables. No obstante, la mayor parte de las terapias empleadas han tenido un enfoque meramente farmacológico y/o quirúrgico. Sin embargo, a pesar de estos avances, la problemática persiste.

Recientemente, han aparecido publicados diversos trabajos que buscan cuantificar e incidir sobre el rendimiento motor en pacientes hemofílicos. De esta manera, parece que ya existe un número suficiente de aportaciones científicas que evidencian la importancia de la CF sobre los síntomas asociados a la artropatía hemofílica (Tiktinsky et al, 2002; Querol et al, 2006; Engelbert et al, 2008; Douma-Van-Riet et al, 2009; Hill et al, 2009; Gomis et al, 2009b). Nuestro trabajo está en esta línea de investigación, sin embargo, es necesario puntualizar que la mayor parte de las aportaciones realizadas hasta la fecha por otros autores, como los arriba mencionados, han tenido una clara intención descriptiva, mientras que nuestro enfoque ha pretendido ser eminentemente aplicado.

La presente investigación es un estudio preexperimental, cuya metodología se ha basado en la utilizada en la literatura científica actual con el fin de darle una base en concordancia con la bibliografía existente. De este modo se realizó el diseño del estudio, empezando por la elección del número de pacientes participantes en el mismo. Para evitar posibles errores, como una interpretación inadecuada de los resultados por un número insuficiente de sujetos, se empleó el software GPower 3.0 (Universidad Kiel, Dueseldorf, Alemania). Se asumió un poder estadístico del 80%, para establecer las diferencias clínicamente significativas que esperábamos encontrar se emplearon resultados previos obtenidos en nuestro laboratorio, el número de sujetos conveniente, siguiendo la estadística, era de 15.

Discusión

No obstante, dada la baja prevalencia de esta enfermedad, situada en España en 1 por cada 7.857 varones sanos (Aznar et al, 2009a), es difícil poder reunir una muestra amplia en esta población. En nuestro caso, la población total de hemofílicos que se encontraba bajo la supervisión de la UHT del Hospital La Fe de Valencia al inicio del estudio era de 332 pacientes. Pero, del total de sujetos, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión anteriormente definidos, el número final de posibles participantes se redujo aproximadamente a 25.

Una circunstancia más, relacionada con el entrenamiento acuático, condicionó de manera importante cuales de estos pacientes que cumplían los criterios de inclusión fueron los que finalmente participaron. Para desarrollar las sesiones acuáticas disponíamos de un espacio limitado en un horario concreto; dos calles de 25 metros, de 21:30 a 22:30 horas. Este horario dificultó la participación de algunos interesados al no ser compatible con su vida laboral y/o familiar. Este hecho, junto con el espacio disponible, determinó el número máximo de participantes posible.

La investigación se inició con 15 sujetos, pero, en la reunión explicativa sobre el desarrollo de la misma antes del inicio de la fase experimental, dos decidieron no participar por razones personales. Sin embargo, tras consultar la literatura científica existente al respecto, pudimos comprobar que entre los estudios experimentales previos sobre la CF en el paciente hemofílico, predominaban aquellos con un número de pacientes entre 8 y 12 (Greenan-Fowler et al, 1987; Orr et al, 2002; Mazzariol et al, 2002; Carvalho et al, 2002; Fondanesce y Schved, 2002; Hartl et al, 2004; Querol et al, 2006). Dado que nuestro proyecto con 13 pacientes estaba en consonancia con los estudios previos, decidimos continuar con este tamaño muestral. Los 13 que finalmente tomaron parte se mostraron motivados desde el principio, a pesar de que 3 de ellos no pudieron finalizar por motivos personales.

Todos los pacientes participantes se incluyeron en el grupo experimental ya que la investigación se desarrolló sin grupo control, como ha ocurrido con anterioridad en otras investigaciones de este tipo desarrolladas con pacientes hemofílicos (Mazzariol et al, 2002; Hartl et al, 2004 Franco et al, 2006). Aun así, somos conscientes de lo interesante que hubiera resultado contar en nuestra investigación con este grupo control. Consideramos que su inclusión es un medio útil para validar los test realizados, confirmar su reproducibilidad y tener un mayor control sobre las posibles variables contaminadoras.

Sin embargo, hay razones que justifican que nuestra investigación se realizase sin grupo control, como es el hecho de que los test o mediciones realizadas (e.g. el test de Cooper) sean pruebas suficientemente validadas. Además, otro motivo muy importante es el reducido número de posibles participantes, que como hemos señalado anteriormente era aproximadamente de 25 pacientes. Teniendo en cuenta que habitualmente no todos los que cumplen los criterios de inclusión pueden iniciar la investigación y, que normalmente nunca el 100% de los que comienzan llegan hasta el final, era previsible que de dividir a los sujetos en dos grupos (control y experimental), el número de pacientes que completase el estudio fuese una muestra no representativa de la población de estudio.

Por otro lado, la existencia de estudios que demuestran la baja CF de los pacientes hemofílicos adultos, comparada con sus pares sanos (Pietri et al, 1992; Buzzard et al, 1998; Falk et al, 2000; Hilberg et al, 2001; Querol et al, 2004; González et al, 2007; Gallach et al, 2008b), hizo que entre nuestros objetivos principales no estuviese el establecer datos de normalidad al contrastar los resultados del pretest de los pacientes versus el grupo control, sino cuantificar las modificaciones en parámetros de la CF, tras la realización de un protocolo de entrenamiento acuático.

Discusión

Otra razón de peso es el elevado coste del material utilizado en los test que, unido a que los participantes presentaban mayoritariamente serología positiva respecto al VIH y VHC, hizo que se extremaran las medidas higiénicas con los materiales empleados. Así por ejemplo, con el analizador de gases K4 b₂, se utilizó un tubo semipermeable Nafion® para cada sujeto, además de 6 máscaras (2 por talla) y 2 turbinas exclusivamente para estos pacientes, cuando con otras poblaciones éstos se reutilizan tras su desinfección. Considerando el elevado precio de los materiales, junto con el del resto de pruebas, el incluir un grupo control hacía que la investigación fuese prácticamente inviable desde el punto de vista económico.

Dentro de la metodología, el material empleado es otro apartado importante. En nuestro proyecto se seleccionaron diferentes instrumentos en función de los objetivos perseguidos, tanto para el protocolo de entrenamiento como para el de medición. En lo que respecta a las sesiones acuáticas se utilizaron cronómetros para el control y seguimiento de las mismas y materiales propios para el trabajo en el medio acuático. Se seleccionaron materiales habitualmente empleados en la enseñanza de la natación, el fitness acuático y la hidrocinesiterapia. De esta manera, si los resultados de la investigación eran satisfactorios pretendíamos que el protocolo de entrenamiento fuese fácilmente reproducible, tanto en nuestra población de estudio como en otras con características físicas similares, sin que el elevado precio del material o la especificidad del mismo hiciesen que su adquisición fuese complicada o imposible.

En cuanto al instrumental seleccionado para los test, fueron aparatos y materiales utilizados en el campo de la investigación, desde el analizador de gases portátil, el pulsómetro, el instrumental antropométrico (e.g. plicómetro y paquímetro) y el requerido para la extracción sanguínea y su posterior análisis (Gómez-Cabrera et al, 2003; Rodríguez et al, 2008).

Respecto a los procedimientos experimentales y, más concretamente los de medición, se eligieron diferentes protocolos y test suficientemente validados (e.g. protocolo de medición antropométrico según los estándares internacionales para la valoración antropométrica de la Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría, ISAK, 2001). En cuanto a la prueba de los 12 minutos o test de Cooper, test de campo elegido para la medición del rendimiento motor, es necesario hacer una reflexión adicional.

Hasta el momento, los autores que han estudiado la RA y/o rendimiento motor en hemofílicos lo han hecho mediante test de laboratorio (van der Net et al, 2006; Engelbert et al, 2008; Douma-van Riet et al, 2009; Herbsleb y Hilberg, 2009) y test de campo (Mihalova, 2007; Hassan et al, 2008; Broderick et al, 2009), predominando en ambos casos el estudio con niños frente al de adultos. Destacar que, tanto entre los que han aplicado un test de laboratorio o un test de campo, predomina el uso de protocolos estandarizados para poblaciones libres de patologías y sólo alguno ha seguido protocolos diseñados para poblaciones especiales como cardíopatas o enfermos respiratorios (Hassan et al, 2008; Herbsleb y Hilberg, 2009). No obstante, estos últimos tampoco son específicos para poblaciones con alteraciones musculoesqueléticas, como es el caso de los pacientes hemofílicos con artropatía.

Un ejemplo de test de laboratorio realizado en tapiz rodante y aplicado habitualmente en enfermedades coronarias es el de Bruce ⁽¹⁹⁷¹⁾, según el cual el sujeto anda o corre a una velocidad sostenida de 6,0 km/h⁻¹ con una pendiente que aumenta gradualmente en un 2,5% cada 3 minutos hasta el punto de agotamiento. Protocolos como este implican ángulos muy forzados en las articulaciones de los miembros inferiores, con el consiguiente peligro de lesión e imposibilidad de ejecución para los pacientes con grandes restricciones en el recorrido articular. Además, esta situación de estrés articular, con un elevado riesgo inherente de hemorragia no sólo se mantiene en el tiempo, sino que

Discusión

incluso aumenta a medida que la prueba obliga a inclinaciones progresivamente más pronunciadas. Es por ello por lo que, a pesar de haber sido empleados con hemofílicos (Herbsleb y Hilberg, 2009), este tipo de test limita severamente a los pacientes con graves artropatías en las articulaciones de carga, sobre todo en los tobillos, como es el caso de nuestros pacientes. Como hemos podido constatar en el apartado de resultados, los pacientes sufrían artropatía hemofílica en 5 o 6 de las articulaciones estudiadas en el 77% de los casos, según criterios clínicos, y en el 46.2% en función de criterios radiológicos, siendo además los tobillos las afectadas en mayor número de pacientes.

De hecho, en nuestro laboratorio, en un estudio piloto previo a este experimento, intentamos aplicar tests estándar de medición para la capacidad aeróbica (i.e. tests incrementales en cicloergómetro o tapíz rodante), sin embargo, la mayor parte de los pacientes tuvieron problemas a la hora de realizarlos, es más, tan sólo un pequeño porcentaje de los que padecían lesiones severas pudieron terminarlos sin incidencias. Para este tipo de pacientes tanto pedalear como andar o correr sobre una superficie inestable es una tarea de gran dificultad, por lo que de haber realizado un test en cicloergómetro o tapíz rodante este tipo de pacientes no podría haber tomado parte en esta investigación.

Entre los estudios realizados mediante test de campo también predomina el uso de pruebas diseñadas para población sana, como es el test del escalón (Mihalova, 2007) y la Course Navette (Broderick et al, 2009). El primero requiere de una movilidad articular óptima en tobillos y rodillas para subir y bajar el escalón sin apoyo y sin riesgo de caída, mientras que el segundo necesita de capacidad para correr a un ritmo incremental, por lo que ninguno de los dos es adecuado para pacientes con movilidad reducida. Solo Hassan y colaboradores (2008) emplearon un test submáximo diseñado para determinar el rendimiento motor en pacientes con enfermedades crónicas, el "Six-minute walk test" (6MWT), en el que el paciente

tiene que recorrer la mayor distancia posible en seis minutos caminando y sin correr a lo largo de una recta de ocho metros.

Dado que algunos de nuestros pacientes podían hacer trote suave, optamos por utilizar otro test de fácil aplicación y que podía ser realizado con comodidad por los pacientes. En nuestro protocolo de medición del rendimiento motor, se pedía a los pacientes que trataran de cubrir la mayor distancia posible en 12 minutos en función de sus capacidades. De esta forma, algunos pacientes optaron por la única solución posible para ellos, caminar rápido, mientras que otros combinaron la marcha con el trote suave. Todos los pacientes que tomaron parte en el entrenamiento acuático pudieron finalizarla. No obstante, aunque de una gran validez externa, nuestro protocolo tiene como principal limitación que no mide el VO_{2max} , sino tan sólo estima el rendimiento motor.

Por otro lado, y en relación con la prueba de 12 minutos, junto con los parámetros espirométricos, cardíacos y la distancia recorrida, se optó por medir el ácido láctico. En las investigaciones realizadas en los últimos cien años ha quedado claramente demostrado que el lactato se acumula en músculos y sangre durante un ejercicio de intensidad creciente y que su concentración es máxima en el momento del fallo muscular o inmediatamente después (Philp et al, 2005). Consecuentemente, se ha asumido durante mucho tiempo que el lactato es un producto de desecho del metabolismo muscular precursor o instigador de la fatiga.

Actualmente, el rol de la reducción del pH como causa importante de la fatiga está cambiando. Diversos estudios recientes evidencian que un pH bajo tiene un pequeño efecto en la contracción de músculos de mamíferos a temperaturas fisiológicas (Pate et al, 1995; Wiseman et al, 1996; Westerblad et al, 1997; Bruton et al, 1998; Westerblad et al, 2002) y, en cambio, el fosfato inorgánico, el cual aumenta durante la fatiga por la

Discusión

descomposición del creatin fosfato, aparece como la principal causa de la fatiga durante ejercicios de alta intensidad (Fryer et al, 1995; Kabbara y Allen, 1999; Dahlstedt et al, 2000; Dahlstedt y Westerblad, 2001; Kabbara y Allen, 2001).

Es por ello por lo que, a pesar de no ser el láctico el causante directo de la fatiga muscular, fue elegido para cuantificar la capacidad de trabajo al ser fácilmente medible y correlacionable con el aumento del fosfato inorgánico ante ejercicios de alta intensidad.

Para la determinación del láctico en el test de Cooper, las muestras sanguíneas no se obtuvieron por punción subcutánea en un área muy vascularizada como el lóbulo de la oreja, procedimiento empleado habitualmente (Beneke et al, 2007). Recientemente, este mismo se ha utilizado con pacientes hemofílicos durante la ejecución de un test incremental en tapiz rodante, realizándose la punción al superar un estadio o nivel y al finalizar la prueba al minuto uno, tres, cinco, siete y diez (Herbstleib y Hillberg, 2009). Este tipo de punción superficial no está contraindicada en el paciente hemofílico y no necesita de cobertura previa con concentrado de factor, pero es molesta y dolorosa al requerir un número elevado de punciones. Por ello optamos por otro procedimiento también común, por el cual la sangre se obtiene directamente por punción venosa (Taivassalo et al, 2006; van Helvoort et al, 2007). De este modo los pacientes solo recibieron dos punciones, una en reposo y otra al finalizar la prueba, en lugar de las cuatro necesarias con el otro método descrito.

Otro apartado incluido en nuestra investigación es la medición de la VFC. Su estudio ofrece un aspecto innovador al trabajo ya que, aun siendo un fenómeno estudiado desde los años sesenta y en creciente interés, relacionado además con el riesgo de enfermedad cardiovascular (Hon y Lee, 1965; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996; Tulppo et al, 2003; De la Cruz Torres et al, 2008) y, teniendo en cuenta el incremento en la esperanza de vida, junto

con la tendencia a la inactividad y sobrepeso en la población hemofílica (Hofstede et al, 2008; Mauser-Bunschoten et al, 2009) no hay ningún trabajo publicado donde se haya analizado.

Así pues, nuestro estudio mide el rendimiento de este tipo de sujetos tras un entrenamiento acuático. Uno de los principales objetivos de este trabajo era demostrar que las actividades acuáticas podían ser beneficiosas para la CF y los problemas músculo-esqueléticos asociados con la artropatía hemofílica. Y aunque existe un gran número de especialistas que recomiendan este tipo de actividades, tan solo hemos encontrado un estudio recientemente publicado que lo haya comprobado experimentalmente. García y colaboradores (2009) estudiaron las variaciones de la movilidad articular en pacientes hemofílicos con artropatía tras un plan de rehabilitación basado en movimientos activos libres en agua tibia, obteniendo un incremento del ROM en tobillos y rodillas.

El trabajo acuático por nosotros diseñado es una combinación de ejercicios de fitness acuático y natación terapéutica. En el apartado de material y métodos aparece descrito de forma minuciosa las diferentes etapas y parámetros básicos empleados en el entrenamiento. Nuestra primera pretensión a la hora de implementar el entrenamiento acuático era conseguir un plan de trabajo que pudiera ser llevado a cabo sin riesgo por parte de los pacientes y sin necesidad de modificar su pauta habitual de tratamiento con concentrados de factor.

Habiendo diseñado un protocolo en función de sus características especiales y necesidades, y tras llevarlo a cabo durante 9 semanas, los sujetos hemofílicos afirmaron haber notado que su rendimiento motor había mejorado, al igual que el nivel de su capacidad mecánica y aeróbica. Este hecho quedó patente ante el incremento significativo de la distancia recorrida en 12 minutos (14,6%, $p < 0,01$)

Discusión

y de varios parámetros ventilatorios medidos, tales como el VO_2 (51,5%, $p < 0,05$) y el VO_2 rel (37,7%, $p < 0,05$), que también aumentaron significativamente.

En cuanto al lactato en el test de Cooper, no se dieron diferencias significativas entre el láctico generado en el pretest versus el posttest, tanto en reposo como al finalizar la prueba, al minuto uno, tres y cinco. No obstante, este hecho refuerza la idea de la mejora del rendimiento motor anteriormente señalada ya que pone de manifiesto que los sujetos fueron capaces de realizar un trabajo más eficaz. Para recorrer más distancia tuvieron que incrementar la intensidad durante la prueba, pudiendo hacerlo sin generar una cantidad significativamente superior de láctico (sin mayor esfuerzo).

Se disipa así mismo la duda de si el aumento del rendimiento se debía a la adaptación de los sujetos tras el entrenamiento realizado o al mejor conocimiento de la prueba en el posttest (en ese caso hubiesen dado lactatos más altos). De este modo, el que no se produjera un incremento significativo del láctico y sí del VO_2 y del VO_2 rel, confirma la idea de la mejora cardiorrespiratoria debida al entrenamiento. El incremento en la absorción de oxígeno permitió que los sujetos trabajaran durante más tiempo en condiciones aeróbicas, siendo capaces de recorrer más distancia sin generar mayor cantidad de ácido láctico (Gallach et al, 2008a).

Al comparar estos resultados con los ya existentes en la literatura, nos encontramos con la falta de trabajos que evalúen el rendimiento motor de los pacientes de esta forma. Como se ha indicado anteriormente, la mayor parte de los estudios publicados hasta la fecha se han basado en un tipo de prueba de laboratorio progresiva realizada con niños (van der Net et al, 2006; Engelbert et al, 2008; Douma-van Riet et al, 2009). Por lo tanto, parece claro que, hasta la fecha, la edad de los sujetos ha sido un factor determinante para evaluar el rendimiento motor de estos

pacientes, ya que es muy probable que sólo los sujetos jóvenes, cuya artropatía articular no se ha establecido completamente y presentan pocas limitaciones mecánicas, pueden en realidad hacer estas pruebas correctamente.

Sin embargo, un trabajo recientemente publicado y citado con anterioridad evalúa el rendimiento motor de los adultos hemofílicos con artropatía (Herbsleb y Hilberg, 2009), cambiando la tendencia de la comunidad científica que, hasta entonces, ha dominado este campo de estudio. En ambos trabajos los promedios de los datos antropométricos de los sujetos son similares, pero no podemos comparar el grado de artropatía de los participantes ya que éste no se indica en el trabajo de Herbsleb y de Hilberg. Es probable que los sujetos de nuestro trabajo presenten mayores limitaciones, ya que no pueden concluir con éxito la prueba progresiva que los citados autores mencionan, es decir, una pendiente que va incrementándose en cada nivel.

Al comparar nuestros resultados con los del trabajo mencionado, se observa que antes de aplicar el programa de entrenamiento acuático presentado en este documento, el rendimiento aeróbico y, en concreto, los porcentajes obtenidos en términos de $\dot{V}O_2$ y $\dot{V}O_2$ rel en la prueba previa son un 36,5% y 29,5% inferior, respectivamente, que los encontrados por los autores citados. Después de 9 semanas de entrenamiento, los porcentajes alcanzados de $\dot{V}O_2$ y $\dot{V}O_2$ rel en el posttest por nuestros pacientes son un 5,5% y un 6,4% mayores, respectivamente, que los de los sujetos en el estudio comparado.

A pesar de que los porcentajes de rendimiento de la capacidad aeróbica de los participantes en el presente estudio ha mejorado considerablemente y de manera significativa, excediendo los parámetros de ventilación ($\dot{V}O_2$ y $\dot{V}O_2$ rel) obtenidos por Herbsleb y Hilberg, es necesario justificar las diferencias en los porcentajes mostrados en el pretest entre ambos trabajos.

Discusión

Creemos que estas diferencias pueden deberse a los diferentes protocolos de medición utilizados en ambas investigaciones y los estadísticos de resumen empleados. Los citados autores evalúan los parámetros de ventilación con una prueba ergométrica en laboratorio de carácter incremental, siendo por tanto estas condiciones completamente diferentes a las planteadas en nuestro estudio.

De igual modo, los resultados de nuestro estudio sobre el láctico producido al finalizar la prueba también difieren respecto al de Herbsleb y de Hilberg. Nuestros pacientes generaron mayor cantidad de láctico tanto en el pretest como en el postest, siendo un 6,7% y un 19,5% superiores respectivamente. Pensamos que la disparidad de estos resultados también se debe al empleo de protocolos de medición totalmente diferentes.

Continuando con los resultados, el entrenamiento acuático realizado por nuestros pacientes no produjo modificaciones significativas sobre las variables analizadas del dominio temporal de la VFC, aunque sí una tendencia incremental. Este hecho no es incompatible con una mejora de la resistencia aeróbica ya que, aunque los indicadores de la VFC están relacionados con el estado cardiovascular, las correlaciones entre estas variables con los parámetros indicativos de la capacidad aeróbica, como el $VO_{2\text{ max}}$, se encuentran sólo bajo condiciones muy específicas, más aun cuando los primeros son medidos en reposo en posición supina y los segundos en bipedestación en una prueba de esfuerzo (Grant et al, 2009). Así pues, no es de extrañar que en nuestra investigación hayamos obtenido un incremento significativo de la capacidad aeróbica y no una elevación de los indicadores de la VFC estudiados, tal y como ha sucedido en estudios anteriores (Verheyden et al, 2006; Martinmäki et al, 2008).

Por otro lado, las modificaciones de la VFC inducidas por el ejercicio dependen entre otros aspectos de la intensidad de la actividad (Task Force of the European Society of

Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology; 1996; Jurca et al, 2004). Así, la falta de cambios en la VFC en nuestro estudio, en el que los sujetos trabajaron la RA a una intensidad baja-moderada, entre el 55-75 FC_{max} , está en consonancia con los resultados obtenidos por otros autores que, después de entrenar esta capacidad con intensidades de trabajo similares en sujetos sedentarios sin diagnóstico de enfermedad cardíaca, tampoco consiguieron un incremento significativo en las variables de la VFC estudiadas. Este es el caso de Martinmäki y colaboradores ⁽²⁰⁰⁸⁾, que llevaron a cabo un protocolo de 14 semanas (2 sesiones/semana, 45-90 minutos/sesión), en las que la intensidad se mantuvo por debajo del umbral aeróbico entre el 80% y el 100% del tiempo en cada sesión. Como hemos señalado anteriormente, estos autores, a pesar de no obtener un incremento significativo de la VFC sí consiguieron una mejora de la capacidad aeróbica.

En la misma línea, Verheyden y colaboradores ⁽²⁰⁰⁶⁾ entrenaron a personas mayores, entre 55 y 75 años, durante 1 año (2-3 sesiones/semana, 75 minutos/sesión) mediante un programa de fitness en el que combinaron el trabajo aeróbico con el de F-R. En cada sesión dedicaron de 12 a 15 minutos al trabajo aeróbico, al 65-80% de la FC de reserva, mientras que el resto fue destinado al desarrollo de la F-R (7 ejercicios, 2 series/20 repeticiones/30-20 RM). Tampoco encontraron modificaciones significativas en la VFC.

En contraste, programas de entrenamiento más intensos han demostrado un incremento de la VFC en reposo, como el de Melanson ⁽²⁰⁰⁰⁾, que planteó un programa al 80% de la FC de reserva (16 semanas, 3 sesiones/semana/30 minutos) y Yamamoto y colaboradores ⁽²⁰⁰¹⁾, que establecieron la intensidad al 80% del VO_2 pico (6 semanas, 4 sesiones/semana/40 minutos). Del mismo modo, Tulpo y colaboradores ⁽²⁰⁰³⁾ también obtuvieron una elevación de la VFC

Discusión

trabajando entre el 70-80% de la FC_{max} (8 semanas, 6 sesiones/semana/ 30-60 minutos).

Por lo visto hasta el momento, parece que una elevación de la intensidad sería suficiente para conseguir resultados satisfactorios. Sin embargo, es necesario hacer una puntualización al respecto. Tanto en los estudios anteriormente citados que obtuvieron cambios en la VFC como en los que no, los sujetos participantes, al igual que en nuestro trabajo, eran varones sedentarios sin patología cardíaca. Pero, no podemos olvidar que los hemofílicos con artropatía tienen un handicap adicional, ya que sufren una limitación funcional importante. Es por ello por lo que entendemos que intensidades más elevadas no son posibles sin que exista un riesgo hemorrágico a nivel musculoesquelético, de manera que este hecho puede ser un factor limitante para conseguir un incremento de la VFC en estos pacientes.

Continuando con los resultados de la VFC, su estudio ha aportado datos interesantes respecto a la estratificación del riesgo de mortalidad y morbilidad cardiovascular en función de la misma. En este sentido, sí se produjeron modificaciones satisfactorias tras el entrenamiento acuático en nuestros pacientes. Al comparar los valores obtenidos en reposo antes del entrenamiento con los valores de referencia (De la Cruz Torres et al, 2008), los hemofílicos presentaban un riesgo bajo de mortalidad y morbilidad cardiovascular según el pNN50 (%), moderado para el valor promedio de tiempo entre intervalos RR (ms) y alto en relación a la SDNN (ms). Sin embargo, tras el entrenamiento, el incremento de los valores de la SDNN hizo que el riesgo se redujese, pasando de alto a moderado.

Además, en el estudio que acabamos de mencionar, los autores compararon el riesgo respecto a los valores de referencia en un grupo de sujetos sanos que

realizaban habitualmente EF, al menos 3 veces por semana, con un grupo de pacientes cardiacos. Desde el punto de vista antropométrico el grupo de sanos era comparable al de nuestros pacientes, que, tras el entrenamiento acuático, presentaban el mismo riesgo de mortalidad y morbilidad cardiovascular que estos, siendo este riesgo inferior al de los pacientes cardiacos, cuyo riesgo era alto para todas las variables (pNN50, promedio del RR, SDNN). Vemos pues, que el protocolo de entrenamiento planteado tuvo un efecto positivo sobre nuestros pacientes al reducir el riesgo de morbilidad y mortalidad cardiovascular.

Siguiendo con los resultados, respecto a los de las variables de composición corporal estudiadas, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los valores obtenidos antes y después del entrenamiento. El cálculo del IMC dio un valor promedio de 25,85 kg/m² al inicio y de 25,55 kg/m² al finalizar el entrenamiento, que según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1995; WHO, 2000; WHO, 2004) indica sobrepeso. La prevalencia de sobrepeso y obesidad entre los 10 pacientes que finalizaron, fue de un 40% y un 10% respectivamente. Estas cifras son similares a las obtenidas por Hofstede y colaboradores ⁽²⁰⁰⁸⁾. Según estos autores, la prevalencia en la población hemofílica holandesa mayor de 20 años en el año 2001 era del 35% para el sobrepeso y del 10% para la obesidad.

Finalmente, los parámetros de la serie roja, serie blanca y hormonas analizados tampoco mostraron cambios significativos. Esta parte de la investigación es un estudio accesorio, ya que dadas las alteraciones en ciertos parámetros en esta población, tanto por las enfermedades asociadas como por los efectos secundarios de la medicación necesaria para tratarlas, es difícil establecer la influencia del ejercicio físico sobre estas variables. Ejemplo de ello es la anemia, la neutropenia o la trombocitopenia consecuencia del tratamiento antirretroviral para el VHC y las complicaciones metabólicas (i.e. la diabetes mellitus, la

Discusión

hiperlipidemia, la elevación del colesterol total y la lipodistrofia) y la hepatotoxicidad por el tratamiento antirretroviral para el VIH (Goedert et al, 2004; Patel y Heathcote, 2009; Mauser-Bunschoten et al, 2009).

En consecuencia, si contemplamos la extrema dificultad de estas intervenciones, los resultados obtenidos refuerzan la importancia de nuestro proceso de entrenamiento y la idoneidad de la propuesta analizada en el presente documento. La adecuada organización de las cargas en el proceso de entrenamiento, con especial atención sobre parámetros inherentes a las mismas como son los ejercicios elegidos, el tiempo de trabajo y recuperación, el número de repeticiones y el número de sesiones por microciclo de trabajo, van a ser determinantes en la consecución de los beneficios citados, sin repercusiones negativas a nivel musculoesquelético. No obstante, no olvidamos las limitaciones del plan propuesto, pues no consiguió mejoras deseables en la composición corporal de nuestros pacientes.

A la luz de todo esto, consideramos que la futura aplicación de protocolos de actividad acuática pueden tener un impacto económico y social importante en este colectivo, pudiendo ser incorporados como un complemento o parte del tratamiento de la artropatía hemofílica, ya que contribuyen significativamente a la mejora de la funcionalidad músculo-esquelética y de los parámetros ventilatorios de estos pacientes, básicos en las actividades del día a día, como caminar, que es vital para mejorar su calidad de vida.

5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

1. El tobillo es la articulación que se ve afectada por la artropatía hemofílica con mayor frecuencia.
2. El entrenamiento acuático planteado ha producido mejoras del rendimiento motor de los pacientes hemofílicos.
3. El test de Cooper o de 12 minutos, es una prueba válida para medir la capacidad aeróbica y el rendimiento motor de los pacientes hemofílicos con limitaciones ortopédicas.
4. La variabilidad de la frecuencia cardíaca estudiada en reposo no sufrió modificaciones significativas como consecuencia del entrenamiento. Sin embargo, si se produjo una reducción del riesgo de mortalidad y morbilidad cardiovascular.
5. Los resultados del Índice de Masa Corporal indican que el sobrepeso está presente en un porcentaje elevado de los pacientes estudiados. Los valores de la composición corporal no se vieron alterados como consecuencia del programa acuático.
6. Ningún cambio significativo se observó en los valores de la serie roja, serie blanca, testosterona y cortisol.
7. El trabajo realizado en el medio acuático, en particular el entrenamiento de la resistencia aeróbica, ha mostrado una buena adaptación a las características clínicas de los hemofílicos con artropatía, no evidenciándose ningún efecto adverso.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agency for Health Care Policy and Research. Acute pain management: operative or medical procedures and trauma, part 1. *Clin Pharm.* 1992; 11: 309-31.

Ahlberg A. Haemophilia in Sweden VII. Incidence, treatment and prophylaxis of arthropathy and other musculo-skeletal manifestations of haemophilia A and B. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1965; Suppl 77: 3-132.

Aledort LM, Haschmeyer RH, Pettersson H. The Orthopaedic Outcome Study Group. A longitudinal study of orthopaedic outcomes for severe factor-VIII-deficient haemophiliacs. *J Intern Med.* 1994; 236: 391-9.

Allain JP. Dose requirements for replacement therapy in haemophilia A. *Thrombosis and Haemostasis.* 1979; 42: 825-31.

Alvero JR. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2009;131: 166-79.

American Academy of Pediatrics Committee on Sports and Fitness. Medical conditions affecting sports participation. *J Pediatr.* 2001; 107: 1205- 9.

American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009 b; 41: 459-71.

American College of Sports Medicine Position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34: 364-80.

American College of Sports Medicine Position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009a, doi10.1249/MSS.ob013e3181915670.

Referencias bibliográficas

American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22: 265-74.

American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30: 975-91.

American College of Sports Medicine. Guidelines for Graded Exercise Testing and Exercise Prescription. 5th Ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 1995.

Anshel M, Freedson P, Hamill J, Haywood K, Horvat M, Plowman S. Dictionary of the sport and exercise sciences. Champaign IL: Human Kinetics; 1991.

Antelmi I, de Paula RS, Shinzato AR, Peres CA, Mansur AJ, Grupi CJ. Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *Am J Cardiol.* 2004; 93(3):381-5.

Arnold WD, Hilgartner MW. Hemophilic arthropathy: Current concepts of patogénesis and management. *J. Bone Joint Surg Am.* 1977; 59: 287-305.

Aronstam A, Rainsford SG, Painter MJ. Patterns of bleeding in adolescents with severe haemophilia A. *Br Med J.* 1979; 1: 469-70.

Astrand R. Fisiología del trabajo físico. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1992.

Aznar JA, Abad-Franch L, Cortina VR, Marco P; The inherited bleeding disorders group from the Spanish Society of Thrombosis and Haemostasis. The national registry of haemophilia A and B in Spain: results from a census of patients. *Haemophilia.* 2009a; 15, 1327-53.

Referencias bibliográficas

- Aznar JA, Lucía F, Abad-Franch L, Jiménez-Yuste V, Pérez R, Batlle J et al. Haemophilia in Spain. *Haemophilia*. 2009b; 15: 665-75.
- Balkan C, Kavakli K, Karapinar D. Iliopsoas haemorrhage in patients with haemophilia: results from one centre. *Haemophilia*. 2005; 11: 463-7.
- Barnes C, Wong P, Egan B, Speller T, Cameron F, Jones G, et al. Reduced bone density among children with severe hemophilia. *Pediatrics*. 2004; 114 Suppl 2: 177-81.
- Beeton K. Physiotherapy for adult patients with haemophilia. In: Rodríguez-Merchán EC, Goddard NJ, Lee CA (eds). *Musculoskeletal Aspects of Haemophilia*. Oxford: Blackwell Science Ltd; 2000.
- Beneke R, Jumah MD, Leithäuser RM. Modelling the lactate response tshort-term all out exercise. *Dyn Med*. 2007; 6: 10.
- Benjamin B, Rahman S, Osman A, Kaushal N. Giant duodenal hematoma in Hemophilia A. *Ind Pediatr*. 1996; 33: 411-4.
- Bernades M, Sayago M, Franco J, Machado J, Almeida J, Radish M. The importance of the early physic activity in children with bleeding disorders in the lifetime. *Haemophilia*. 2006; 12 Suppl 2: 131-2.
- Berntorp E. Joint outcomes in patients with haemophilia: the importance of adherence to preventive regimens. *Haemophilia*. 2009, doi: 10.1111/j.1365-2516.2009.02077.x
- Blair SN, LaMonte MJ, Nichaman MZ. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *Am J Clin Nutr*. 2004; Suppl 79: 913-20.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc*. 1982; 14 : 377-8.

Referencias bibliográficas

Broderick CR, Herbert RD, Latimer J, Curtin JA. Fitness and quality of life in children with haemophilia. *Haemophilia*. 2009, doi: 10.1111/j.1365-2516.2009.02096.x.

Bruce RA. Exercise testing of patients with coronary heart disease. Principles and normal standards for evaluation. *Ann Clin Res*. 1971; 3 Suppl 6: 323-32.

Bruton JD, Lännergren J, Westerblad H. Effects of CO₂-induced acidification on the fatigue resistance of single mouse muscle fibers at 28°C. *J Appl Physiol*. 1998; 85: 478-83.

Busso T, Benoit H, Bonnefoy R, Feasson L, Lacour JR. Effects of training frequency on the dynamics of performance response to a single training bout. *J Appl Physiol*. 2002; 92 Suppl 2: 572-80.

Buzzard BM. Physiotherapy, rehabilitation and sports in countries with limited replacement coagulation factor supply. *Haemophilia*. 2007; 13: 44-6.

Calefi M, Bernades M, Miranda J, Machado J, Almeida J. Aquatic therapy in the treatment of patients with coagulopathy. *Haemophilia*. 2006; 12 Suppl 2:131-2.

Canda A, Esparza F. Cineantropometría. En: González JJ, Villegas JA, coordinadores. *Valoración del deportista, aspectos biomédicos y funcionales*. Pamplona: Femedé; 1999. p. 99-116.

Canda AS. Estimación antropométrica de la masa corporal en deportistas de alto nivel. En: Hernández JL, editor. *Métodos de estudio de composición corporal en deportistas*. Serie ICd de investigación en ciencias del deporte. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura. Consejo Superior de Deportes; 1996. p. 9-26.

Carlson SA, Hootman JM, Powell KE, Macera CA, Heath GW, Gilchrist J, et al. Self-reported injury and physical activity levels: United States 2000 to 2002. *Ann Epidemiol*. 2006; 16: 712-719.

Referencias bibliográficas

- Carvalho R, Pinto H, Alonzo R, Almeida J. Life is movement: a self-monitoring physical exercises project. *Haemophilia*. 2002; 8: 482-6.
- Casado D. Panorámica de la discapacidad. Colección INTRESS, nº3. Barcelona: Institut de Treball i Serveis Socials; 1991.
- Casaña P, Espinós C. Caracterización de las bases moleculares en hemofilia y enfermedad de von Willebrand. *Rev Iberoamer Tromb Hemostasia*. 1999; 12 (Suppl 1): 73-102.
- Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985; 100: 126-31.
- Clarke H. Application of measurement to health and physical education. 4ª ed. monograph on the Internet. Englewood Cliffs, N.J. United States: Prentice-Hall; 1967.
- Colado JC. Acondicionamiento físico en el medio acuático. Barcelona: Paidotribo; 2004.
- Colvin BT, Astermark J, Fischer K, Gringeri A, Lassila R, Schramm W, Thomas A, Ingerslev J. European principles of haemophilia care. *Haemophilia*. 2008; 14: 361-74.
- Conseil de l'Europe: recommandation du Comité des Ministres sur le Sport pour Tous : les personnes âgées. *Bulletin d'Information Sportive*. 1989 ; 16: 1071-2.
- Dahlstedt AJ, Katz A, Wieringa B, Westerblad H. Is creatine kinase responsible for fatigue? Studies of skeletal muscle deficient of creatinekinase. *FASEB J*. 2000; 14: 982-90.

Referencias bibliográficas

Dahlstedt AJ, Westerblad H. Inhibition of creatine kinase reduces the rate of fatigue-induced decrease in tetanic $[Ca^{2+}]_i$ in mouse skeletal muscle. *J Physiol*. 2001; 533: 639-49.

Darby SC, Kan SW, Spooner RJ, Giangrande PL, Hill FG, Hay CR, et al. Mortality rates, life expectancy, and causes of death in people with hemophilia A or B in the United Kingdom who were not infected with HIV. *Blood*. 2007; 110: 815-25.

Dauty M, Sigaud M, Trossaert M, Fressinaud E, Letenneur J, Dubois C. Iliopsoas hematoma in patients with hemophilia: a single-center study. *Joint Bone Spine*. 2007; 74:179-83.

De la Cruz Torres B, López López C, Naranjo Orellana J. Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise: a study in healthy people and cardiac patients. *Br J Sports Med*. 2008; 42 Suppl 9: 715-20

den Uijl IE, Fischer K, Van Der Bom JG, Grobbee DE, Rosendaal FR, Plug I. Clinical outcome of moderate haemophilia compared with severe and mild haemophilia. *Haemophilia*. 2009; 15: 83-90.

Dietrich SL. The treatment of hemophilia bleeding with limited resources. Montreal: World Federation of Hemophilia; 2004.

Doughty HA, Coles J, Parmar K, Bullock P, Savidge GF. The successful removal of a bleeding intracranial tumour in a severe haemophiliac using an adjusted dose continuous infusion of monoclonal factor VIII. *Blood Coagul Fibrinolysis*. 1995; 6 (1): 31-4.

Douma-van Riet DC, Engelbert RH, van Genderen FR, Ter Horst-De Ronde MT, de Goede-Bolder A, et al. Physical fitness in children with haemophilia and the effect of overweight. *Haemophilia*. 2009; 15: 519-27.

Referencias bibliográficas

Dourado D. Benefits from swimming at retreats. *Haemophilia* 2004; 10 Suppl 3: 110-2.

Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974; 32: 77-97.

Elander J, Robinson G, Mitchell K, Morris J. An assessment of the relative influence of pain coping, negative thoughts about pain, and pain acceptance on health-related quality of life among people with hemophilia. *Pain.* 2009, doi:10.1016/j.pain.2009.06.004.

Engelbert RH, Plantinga M, Van der Net J, Van Genderen FR, Van den Berg MH, Helders PJ, Takken T. Aerobic capacity in children with hemophilia. *J Pediatr.* 2008; 152: 833-8.

Falk B, Portal S, Tiktinsky R, Weinstein Y, Constantini N, Martinowitz U. Anaerobic power and muscle strength in young hemophilia patients. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 52-7.

Falk B, Portal S, Tiktinsky R, Zigel L, Weinstein Y, Constantini N, et al. Bone properties and muscle strength of young haemophilia patients. *Haemophilia.* 2005; 11:380-6.

Federación Mundial de Hemofilia. ¿Qué es la hemofilia? Federación Mundial de Hemofilia. 2004.

Felber D, Ackermann-Liebrich U, Schindler C, Barthélémy JC, Brändli O, Gold DR, et al. Effect of physical activity on heart rate variability in normal weight, overweight and obese subjects: results from the SAPALDIA study. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 104: 557-65.

Referencias bibliográficas

Feldman BM, Funk S, Lundin B, Doria AS, Ljung R, Blanchette V. Musculoskeletal measurements tools from the International Prophylaxis Study Group (IPSG). *Haemophilia*. 2008; 14 Suppl 3: 162-9.

Fernández Palazzi F, Battistella LM. Ortopedia y rehabilitación en hemoilia. *Enciclopedia Iberoamericana de Hematología*. Salamanca: Universidad de Salamanca; 1992.

Fernandez Palazzi F, Hernandez SR, De Bosch NB, De Saez AR. Hematomas within the iliopsoas muscles in hemophilia patients: the Latin American experience. *Clin Orthop Relat Res*. 1996; 328: 19-24.

Franco J, Sayago M, Bernades M, Machado J, Almeida J. Analysis the effects aquatics rehabilitation in static postural control in patient hemophiliac: case study. *Haemophilia*. 2006; 120 Suppl 2: 103-6.

Fromme A, Dreeskamp K, Pollmann H, Thorwesten L, Mooren FC, Völker K. Participation in sports and physical activity of haemophilia patients. *Haemophilia*. 2007; 13: 323-7.

Fryer MW, Owen VJ, Lamb GD, Stephenson DG. Effects of creatine phosphate and Pi on Ca²⁺ movements and tension development in rat skinned skeletal muscle fibres. *J Physiol*. 1995; 482: 123-40.

Gallach JE, González LM. *Nociones de acondicionamiento físico para profesionales de la salud*. Valencia: Universidad Cardenal Herrera-CEU; 2003.

Gallach JE, Pérez A, García X, Gomis S. Effects of aquatic training in patients with haemophilia A. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2008a; 6: 474-5

Gallach JE, Querol F, González, LM, Pardo A, Aznar JA. Posturographic analysis of balance control in patients with haemophilic arthropathy. *Haemophilia*. 2008b; 14: 329-35.

Referencias bibliográficas

Gallardo F, Vidal C, Altisent C. Diagnóstico molecular. Estudio de portadoras y estudio genético. En: Batlle J, Rocha E, coordinadores. Guía práctica de Coagulopatías Congénitas. Madrid: Acción Médica; 2001. p. 35-49.

Gamba G, Maffe G, Mosconi E, Tibaldi A, Di-Domenico G, Frego R. Ultrasonographic images of spontaneous intramural hematomas of the intestinal wall in two patients with congenital bleeding tendency. *Haematologica*. 1995; 80: 388-9.

Garcia MK, Capusso A, Montans D, Massad E, Battistella LR. Variations of the articular mobility of elbows, knees and ankles in patients with severe haemophilia submitted to free active movimentation in a pool with warm water. *Haemophilia*. 2009; 15: 386-9.

Garrido RP. Manual de antropometría. Sevilla: Wanceulen Editorial Deportiva SL. 2005.

Generelo E, Lapetra S. Las cualidades físicas básicas: análisis y evolución. En: Fundamentos de educación física para enseñanza primaria. Vol 1. Barcelona: Inde; 1993. p 535-69.

Gerstner G, Damiano ML, Tom A, Worman C, Schultz W, Recht M, et al. Prevalence and risk factors associated with decreased bone mineral density in patients with haemophilia. *Haemophilia*. 2009;15: 559-65.

Gilbert MS, Radomisli TE. Therapeutic options in the management of hemophilic synovitis. *Clin Orthop*.1997; 343: 88-92.

Gilbert MS. Prophylaxis: musculoskeletal evaluation. *Semin Haematol*. 1993; 30: 3-6.

Goddard NJ, Mann H. Diagnosis of haemophilic synovitis. *Haemophilia*. 2007; 13: 14-9.

Referencias bibliográficas

Goedert JJ, Brown DL, Hoots K, Sherman KE. Human immunodeficiency and hepatitis virus infections and their associated conditions and treatments among people with haemophilia. *Haemophilia*. 2004; 10 Suppl 4: 205-10.

Gómez-Cabrera MC, Pallardó FV, Sastre J, Viña J, García del-Moral L. Allopurinol and markers of muscle damage among participants in the Tour de France. *JAMA*. 2003; 289: 2503-4.

Gomis M, Gallach JE, Querol F, González LM, Aznar JA. Exercise and sport in the treatment of haemophilic patients: a systematic review. *Haemophilia*. 2009a; 15: 43-54

Gomis M, González LM, Querol F, Gallach JE, Toca-Herrera JL. Effects of electrical stimulation on muscle trophism in patients with hemophilic arthropathy. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009b; 90 Suppl 11:1924-30.

Gonzalez LM, Querol F, Gallach JE, Gomis M, Aznar VA. Force fluctuations during the maximum isometric voluntary contraction of the quadriceps femoris in haemophilic patients. *Haemophilia*. 2007; 13: 65-70.

Grant CC, Clark JR, van Rensburg DC, Viljoen M. Relationship between exercise capacity and heart rate variability: supine and in response to an orthostatic stressor. *Auton Neurosci*. 2009; 3; 151Suppl 2: 186-8.

Green, SA. Definition and systems view of anaerobic capacity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994; 69: 168-73.

Greenan-Fowler E, Powell C, Varni JW. Behavioral treatment of adherence to therapeutic exercise by children with hemophilia. *Arch Phys Med Rehabil*. 1987; 68: 846-9.

Referencias bibliográficas

- Hacker MR, Funk SM, Manco-Jhonson MJ. The Colorado Haemophilic Pediatric Joint Physical Examination Scale: normal values and interrater reliability. *Haemophilia*. 2007; 13: 71-8.
- Harris S, Boggio LN. Exercise may decrease further destruction in the adult haemophilic joint. *Haemophilia*. 2006; 12: 237-40.
- Hartl HK, Bayer P, Fischill M, Huettenbrenner R. Haemofit Austria: first results of a work-program with a physiotherapeutic basement. *Haemophilia*. 2004; 10 Suppl 3:110-112.
- Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007; 39: 1423-34.
- Hassan J, van der Net J, Helders PJ, Prakken BJ, Takken T. Six-minute Walk Test in Children with Chronic Conditions. *Br J Sports Med*. 2008, doi: 10.1136/bjism.2008.048512.
- Haya S, Fernández MJ, Mollá S, Casaña P, Lorenzo JI, Corell A, et al. The decrease in severe and moderate haemophilia in community of Valencia in the last decade. *Haemophilia*. 2000; 6: 267.
- Haya S, Moret A, Cid AR, Cortina V, Casaña P, Cabrera N, et al. Inhibitors in haemophilia A: current management and open issues. *Haemophilia*. 2007; 13: 52-60.
- Heijnen L, De Kleijn P, Heim M. Functional kinesiology in haemophilia, an area yet to be explored. *Haemophilia*. 1998; 4: 524-7.
- Heijnen L. The role of rehabilitation and sports in haemophilia patients with inhibitors. *Haemophilia*. 2008; 14: 45-51.

Referencias bibliográficas

Heim M, Horoszowski H, Rodriguez-Merchán EC. Musculoskeletal problems in patients with haemophilia. In: Heijen L, editor. Recent advances in Rehabilitation in Haemophilia. Sussex: Medical Education Network; 1995. p. 1-4.

Heim M, Rodriguez-Merchán EC, Horoszowski H. Current trends in haemophilia and other coagulation disorders. Orthopaedic complications and management. *J Pediatr Hematol Oncol*. 1994; 1: 545-51.

Herbsleb M, Hilberg T. Maximal and submaximal endurance performance in adults with severe haemophilia. *Haemophilia*. 2009; 15:114-21.

Hilberg T, Herbsleb M, Gabriel HHW, Jeschke D, Schramm W. Proprioception and isometric muscular strength in haemophilic subjects. *Haemophilia*. 2001; 7: 582-8.

Hilberg T, Herbsleb M, Puta C, Gabriel HHW, Schramm W. Physical training increases isometric muscular strength and proprioceptive performance in haemophilic subjects. *Haemophilia*. 2003; 9:86-93.

Hill K, Fearn M, Williams S, Mudge L, Walsh C, McCarthy P, et al. Effectiveness of a balance training home exercise programme for adults with haemophilia: a pilot study. *Haemophilia*. 2009, doi: 10.1111/j.1365-2516.2009.02110.x

Hilliard P, Funk S, Zourikian N, Bergstrom BM, Bradley CS, McLimont M, et al. Hemophilia joint health score reliability study. *Haemophilia*. 2006; 12 :518-525.

Hofstede FG, Fijnvandraat K, Plug I, Kamphuisen PW, Rosendaal FR, Peters M. Obesity: a new disaster for haemophilic patients? A nationwide survey. *Haemophilia*. 2008; 14: 1035-8.

Hon EH, Lee ST. Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death, further observations. *Am J Obstet Gynec*. 1965; 87: 814-26.

Referencias bibliográficas

Hooiveld M, Roosendaal G, Wenting M, den Berg M, Bijlsma J, Lafeber F. Short-term exposure of cartilage to blood results in chondrocyte apoptosis. *Am J Pathol.* 2003; 162: 943-51.

Hoots WK, Rodriguez N, Boggio L, Valentino LA. Pathogenesis of haemophilic synovitis: clinical aspects. *Haemophilia.* 2007; 13: 4-9.

Inman, M, Corigan J. Hemophilia: Information for school personnel. *J School Health.* 1980; 50 (3): 137-40.

Iruin G, Chacón JM, Quintana JM. Tratamiento de los episodios hemorrágicos musculoesqueléticos agudos en hemofilia A y B. En: Batlle J, Rocha E, coordinadores. *Guía práctica de Coagulopatías Congénitas.* Madrid: Acción Médica; 2001. p. 97-110.

ISAK. Estándares Internacionales para la Valoración Antropométrica. Sociedad para el Avance de la Kineantropometría. 2001.

Jansen NW, Roosendaal G, Bijlsma JW, Degroot JLafeber FP. Exposure of human cartilage tissue to low concentrations of blood for a short period of time leads to prolonged cartilage damage: an in vitro study. *Arthritis Rheum.* 2007; 56: 199-207.

Jarry J, Biscay D, Lepront D, Rullier A, Midy D. Spontaneous intramural haematoma of the sigmoid colon causing acute intestinal obstruction in a haemophiliac: report of a case. *Haemophilia.* 2008; 14: 383-4.

Jones P, Buzzard B, Heijnen L. ¡Atrévete! Guía para deportes y actividad física para personas con hemofilia y otros trastornos afines. Montreal: Federación Mundial de Hemofilia. 1998.

Referencias bibliográficas

Jurca R, Church TS, Morss GM, Jordan AN, Earnest CP. Eight weeks of moderate-intensity exercise training increases heart rate variability in sedentary postmenopausal women. *Am Heart J.* 2004;147 (5): e21.

Kabbara AA, Allen DG. The role of calcium stores in fatigue of isolated single muscle fibres from the cane toad. *J Physiol.* 1999; 519: 169-76.

Kabbara AA, Allen DG. The use of fluo-5N to measure sarcoplasmic reticulum calcium in single muscle fibres of the cane toad. *J Physiol.* 2001; 534: 87-97.

Kalnins J. Watercise: The watersport program for PWH. *Haemophilia.* 2006; 12 Suppl 2: 131.

Kernoff PB, Lee CA, Karayiannis P, Thomas HC. High risk of non-A non-B hepatitis after first exposure to volunteer or commercial clotting factor concentrates: effects of prophylactic immune serum globulin. *Br J Haematol.* 1985; 60: 469-79.

Kesaniemi YA, Danforth E Jr, Jensen MD, Kopelman PG, Lefebvre P, Reeder BA. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 351- 8.

Kleiger RE, Stein PK, Bigger JT Jr. Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2005; 10 (1):88-101.

Klein P. Physiotherapy management of iliopsoas haemorrhages. In: Heijen L, editor. *Recent advances in Rehabilitation in Haemophilia.* Sussex: Medical Education Network; 1995. p. 28-38.

Köiter J, van Genderen FR, Brons PP, Nijhuis-van der Sanden MW. Participation and risk-taking behaviour in sports in children with haemophilia. *Haemophilia.* 2009; 15: 684-86.

Referencias bibliográficas

- Lafeber FP, Miossec P, Valentino LA. Physiopathology of haemophilic arthropathy. *Haemophilia*. 2008; 14: 3-9.
- Laursen PB, Blanchard MA, Jenkins DG. Acute high-intensity interval training improves Tvent and peak power output in highly trained males. *Can J Appl Physiol*. 2002; 27: 336-48.
- Lee R, Wang Z, Heo M, Ross R, Jansen I, Heymsfield S. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J clin Nutr*. 2000; 72: 796-803.
- Leino J, Virtanen M, Kähönen M, Nikus K, Lehtimäki T, Kööbi T, et al, Exercise-test-related heart rate variability and mortality. The Finnish cardiovascular study. *Int J Cardiol*. 2009, doi:10.1016/j.ijcard.2008.12.123
- Ljung R. Central venous catheters in children with haemophilia. *Blood Rev*. 2004; 18: 93-100.
- Lobet S, Pendeville E, Dalzell R, Defalque A, Lambert C, Pothen D, Hermans C. The role of physiotherapy after total knee arthroplasty in patients with haemophilia. *Haemophilia*. 2008; 14: 989-98.
- López J, Fernández A. *Fisiología del ejercicio*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006.
- López J, López LM. *Fisiología clínica del ejercicio*. 1ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008.
- Lorenzo JI, Molina R, Arilla MJ, Dasi MA, Monteagudo E, Aznar JA. Infeccion por el Virus de la Inmunodeficiencia Humana en Hemofílicos: Prevalencia y Situacion Clinica Actual. *Sangre (Barc)* 1991; 36: 451-5.
- Luck JV, Silva M, Rodriguez-Merchán EC, Ghalambor N, Zahiri CA, Fins RS. Haemophilic arthropathy. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004; 12: 234-245.

Referencias bibliográficas

Lundin B, Babyn P, Doria AS, Kilcoyne R, Ljung R, Miller S, et al. Compatible scales for progressive and additive MRI assessments of haemophilic arthropathy. *Haemophilia*. 2005; 11:109-115.

Magallón M, Villar M. Aspectos clínicos, psicológicos y sociales de las hemofilias. *Enciclopedia Iberoamericana de Hematología*. 1ª ed. Salamanca: Universidad de Salamanca.1992.

Manco-Johnson MJ, Nuss R, Funk S, Murphy J. Joint evaluation instruments for children and adults with haemophilia. *Haemophilia*. 2000; 6: 649-57.

Manco-Johnson M. Hemophilia management: optimizing treatment based on patient needs. *Curr Opin Pediatr*. 2005; 17 (1): 3-6.

Manco- Johnson MJ, Abshire TC, Shapiro AD, Riske B, Hacker MR, Kilcoyne R, et al. Prophylaxis versus episodic treatment to prevent jointdisease in boys with severe hemophilia. *N Engl J Med*. 2007; 357: 535-44.

Mannucci PM, Tuddenham EG. The hemophilias—from royal genes to gene therapy. *N Engl J Med*. 2001; 344: 1773-9.

Mannucci PM. Hemophilia. Treatment options in the twenty-first century. *J Thromb Haemost* 2003; 1: 1349-55.

Mannucci PM. The choice of plasma-derived clotting factor concentrates. *Baillière´s Clinical Haematology*. 1996; 9: 273-90.

Marfell-Jones, M. Guidelines for athlete assesment in New Zealand Sport. *Kinanthropometric Assesment*; 1991.

Martínez-Vizcaíno V, Sánchez-López M. Relación entre actividad física y condición física en niños y adolescentes. *Rev Esp Cardiol*. 2008; 61: 108-11.

Referencias bibliográficas

Martinmäki K, Häkkinen K, Mikkola J, Rusko H. Effect of low-dose endurance training on heart rate variability at rest and during an incremental maximal exercise test. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 104: 541-8.

Mauser-Bunschoten EP, Fransen Van De Putte DE, Schutgens RE. Co-morbidity in the ageing haemophilia patient: the down side of increased life expectancy. *Haemophilia.* 2009;15 Suppl 4: 853-63.

Mazzariol MR, Radossi P, Davoli PG, De Biasi E, Risato R, Tagariello G. Physiotherapy programme in patients with haemophilia. *Haemophilia.* 2002; 8: 482-486.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance.* 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fundamentos de fisiología del ejercicio.* 2^a Ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2004.

McCoy H, Kitchens C. Small bowel hematoma in a hemophiliac as a cause of pseudoappendicitis: diagnosis by CT imaging. *Am J Hematol.* 1991; 38: 138-9.

McLain LG, Heldrich FT. Hemophilia and sports. Guidelines for participation. *Phys Sports Med.* 1990; 18(11):73-80.

Melanson EL. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32 Suppl 11: 1894-901.

Mihalova E. Evaluation of joint flexibility and cardiovascular efficiency in children and adolescents with haemophilia and their healthy peers. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub.* 2007; 151: 117-9.

Molho P, Rolland N, Lebrun T, Dirat G, Courpied JP, Croughs T, et al. Epidemiological survey of ortopedic status of severe haemophilia A and B patients in France. *Haemophilia* 2000; 6: 23-32.

Referencias bibliográficas

Montano N, Porta A, Cogliati C, Costantino G, Tobaldini E, Casali K et al. Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior. *Neurosci Biobehav Rev.* 2009; 33: 71-80.

Morris PJ. Physical activity recommendations for children and adolescents with chronic disease. *Curr Sports Med Rep.* 2008; 7 Suppl 6: 353-8.

Mulder K, Cassis F, Seuser DR, Narayan P, Dalzell R, Poulsen W. Risks and benefits of sports and fitness activities for people with haemophilia. *Haemophilia.* 2004; 10: 161-3.

Navarro F. *La resistencia.* Madrid: Editorial Gymnos; 1998.

Nazzaro AM, Owens S, Hoots WK, Larson KL. Knowledge, attitudes, and behaviors of youths in the US hemophilia population: results of a national survey. *Am J Public Health.* 2006; 96:1618-22.

Nilsson IM, Berntorp E, Lofqvist T, Pettersson H. Twenty-five years' experience of prophylactic treatment in severe haemophilia A and B. *J Intern Med.* 1992; 232: 25-32.

Nilsson IM, Berntorp E, Lofqvist T, Pettersson H. Twenty-five years' experience of prophylactic treatment in severe hemophilia-A and hemophilia-B. *J Intern Med.* 1992; 232 (1): 25-32.

Orr LJ. A comparison between hydrotherapy and a home exercise programme for individuals with chronic haemophilic arthropathy. *Haemophilia.* 2002; 8: 482-6.

Ota S, Mclimont M, Carcao MD, Blanchette VS, Graham N, Paradis E, et al. Definitions for haemophilia prophylaxis and its outcomes: the Canadian consensus study. *Haemophilia.* 2007; 13: 12-20.

Referencias bibliográficas

Pate E, Bhimani M, Franks-Skiba K, Cooke R. Reduced effect of pH on skinned rabbit psoas muscle mechanics at high temperatures: implications for fatigue. *J Physiol.* 1995; 486: 689-94.

Pate RR. A new definition of youth fitness. *The Physician and Sports Medicine.* 1983; 11: 77-83.

Pate RR. The evolving definition of physiological fitness. *Quest.* 1988; 40: 174-9.

Patel H, Heathcote EJ. When to treat and the benefits of factor treating hepatitis C in patients with haemophilia. *Haemophilia.* 2009; 15 Suppl 1 :11 32.

Pergantou H, Platokouki H, Matsinos G, Papakonstantinou O, Papadopoulos A, Xafaki P, et al. Assessment of the progression of haemophilic arthropathy in children. *Haemophilia.* 2009, doi: 10.1111/j.1365-2516.2009.02109.x.

Petrini P, Seuser A. Haemophilia care in adolescents--compliance and lifestyle issues. *Haemophilia.* 2009;15: 15-9.

Pettersson H, Nilsson, IM, Hedner U., Norehn K, Ahlberg A. Radiological evaluation of prophylaxis in severe haemophilia. *Acta Paediatr Scan.* 1981; 70: 565-70.

Philp A, Macdonald AL, Watt PW. Lactate-a signal coordinating cell and systemic function. *J Exp Biol.* 2005; 208: 4561-75.

Plug I, van der Bom JG, Peters M, Mauser-Bunschoten EP, de Goede-Bolder A, Heijnen L, et al. Thirty years of hemophilia treatment in the Netherlands, 1972–2001. *Blood.* 2004; 104: 3494 -500.

Plug I, Van Der Bom JG, Peters M, Mauser-Bunschoten EP, De Goede-Bolder A, Heijnen L, et al. Mortality and causes of death in patients with hemophilia, 1992–2001: a prospective cohort study. *J Thromb Haemost.* 2006; 4: 510-6.

Referencias bibliográficas

Querol F, Aparici F, Casaña J, Cortina V, Cid AR, Haya S, et al. Control clínico y ecográfico de la eficacia del factor VIIa recombinante en el tratamiento de los hemartros de pacientes hemofílicos con inhibidores (EFFISEVEN). *Haematológica (Spanish edition)*. 2007; 92 Supl 3: 14-20.

Querol F, Aznar JA, Haya S, Cid AR. Orthoses in haemophilia. *Haemophilia*. 2002; 8: 407-12.

Querol F, Gallach JE, Toca-Herrera JL, Gomis M, Gonzalez LM. Surface electrical stimulation of the quadriceps femoris in patients affected by haemophilia A. *Haemophilia*. 2006; 12: 629-32

Querol F, Haya S, Aznar JA. Lesiones musculoesqueléticas en hemofilia: hematomas musculares. *Rev Iberoamer Tromb Hemostasia*. 2001; 14: 111-7.

Querol F. Exploración clínica de la artropatía hemofílica: lo esencial. Valencia: Palmero Ediciones; 2008.

Querol F. Rehabilitación y fisioterapia en la artropatía hemofílica [Tesis Doctoral]. Valencia: Universidad de Valencia; 2003.

Raffini L, Manno C. Modern management of haemophilic arthropathy. *Br J Haematol*. 2007; 136: 777-87.

Riske B. Sports and exercise in haemophilia: benefits and challenges. *Haemophilia*. 2007; 13: 29-30.

Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, et al. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2003; 35: 333-41.

Rodríguez FA, Keskinen KL, Kusch M, Hoffmann U. Validity of a swimming snorkel for metabolic testing. *Int J Sports Med*. 2008; 29 Suppl 2:120-8.

Referencias bibliográficas

- Rodríguez FA. Prescripción de ejercicio para la salud (I). Resistencia cardiorrespiratoria. *Apuntes de Educación Física y Deportes*.1995; 39: 87-102.
- Rodriguez-Merchan EC, Goddard NJ, Lee CA, editors. *Musculoskeletal Aspects of Haemophilia*. Oxford: Blackwell Science Ltd; 2000.
- Rodríguez-Merchan EC, Magallón M, Galindo E, López-Cabarcos C. Hemophilic synovitis of the knee and elbow. *Clin Orthop*.1997; 343: 47-53.
- Rodríguez-Merchan EC. Effects of hemophilia on articulations of children and adults. *Clin Orthop*.1996; 328: 7-13.
- Rodriguez-Merchan EC. Musculoskeletal Complications of Hemophilia. *HSS J*. 2009, doi 10.1007/s11420-009-9140-9.
- Roosendaal G, Jansen NW, Schutgens R, Lafeber FP. Haemophilic arthropathy: the importance of the earliest haemarthroses and consequences for treatment. *Haemophilia*. 2008; 14: 4-10.
- Roosendaal G, Lafeber FP. Pathogenesis of haemophilic arthropathy. *Haemophilia*. 2006; 12: 117-21.
- Roosendaal G, Vianen ME, Marx JJM, Van den Berg HM, Lafeber FPJG, Bijlsma JW. Blood-induced joint damage; a human in vitro study. *Arthritis Rheum*.1999; 42: 1025-32.
- Sarfraz B, Zafar T, Nazli F. Impact of physiotherapy on patients with haemophilia in Pakistan. *Haemophilia*. 2008; 14 (Suppl 2): 1-120.
- Saris WH, Blair SN, Van Baak MA, Eaton SB, Davies PS, Di Pietro L, et al. How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO. 1^o Stock Conference and consensus statement. *Obes Res*. 2003; 4: 101-14.

Referencias bibliográficas

Schoenmakers MAGC, Gulmans VAM, Helders PJM, Van Den Berg HM. Motor performance and disability in Dutch children with haemophilia: a comparison with their healthy peers. *Haemophilia* 2001; 7: 293-8.

Schulman S, Eelde A. Confusion around the official classification of arthropathy. *Haemophilia*. 2007; 13: 117-9.

Schved J, Colette S, Fondanesce C. Sports and physical activities in haemophiliacs: a results of a clinical study and proposal for news classification. *Haemophilia*. 2006; 12 Suppl 2: 131-2.

Seuser A, Boehm P, Kurme A, Schumpe G, Kurnik K. Orthopaedic issues in sports for persons with haemophilia. *Haemophilia*. 2007; 13: 47-52.

Seuser A, Bohm P, Kurme A, Kurnik K. Predicting parameters for fitness in children with hemophilia. Abstracts of 10th WFH Musculoskeletal Congress. *Haemophilia*. 2008; 14: 400-13.

Sherlock E, O'Donnell JS, White B, Blake C. Physical activity levels and participation in sport in Irish people with haemophilia. *Haemophilia*. 2009; 1-8. DOI: 10.1111/j.1365-2516.2009.02111.x

Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. *Nutrition*. 1993; 9: 480-91.

Sloan RP, Shapiro PA, De Meersman RE, Bagiella E, Brondolo EN, McKinley PS, et al. The effect of aerobic training and cardiac autonomic regulation in young adults. *Am J Public Health*. 2009; 99: 921-8.

Soucie JM, Cianfrini C, Janco RL, Kulkarni R, Hambleton J, Evatt B, Forsyth A, et al. Joint range-of-motion limitations among young males with hemophilia: prevalence and risk factors. *Blood*. 2004; 103 Suppl 7: 2467-73.

Referencias bibliográficas

Sriwatanakul K, Kelvie W, Lasagna L, Calimlim JF, Weis OF, Mehta G. Studies with different types of analogue scales for measurement of pain. *Clin Pharma Ther.* 1983; 34 Suppl 2: 234-9.

Stonebraker JS, Bolton-Maggs PH, Michael Soucie J, Walker I, Brooker M. A study of variations in the reported haemophilia A prevalence around the world. *Haemophilia.* 2009, doi: 10.1111/j.1365-2516.2009.02127.x

Taivassalo T, Gardner JL, Taylor RW, Schaefer AM, Newman J, Barron MJ, et al. Endurance training and detraining in mitochondrial myopathies due to single large-scale mtDNA deletions. *Brain.* 2006; 129: 3391-401.

Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Eur Heart J.* 1996; 17: 354-81.

Terreros JL, Navas F. Valoración funcional. Aplicaciones al entrenamiento deportivo. Madrid: Gymnos; 2003.

Thompson PD, Buchner D, Pina IL, Balady GJ, Williams MA, Marcus BH, et al; American Heart Association Council on Clinical Cardiology Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention; American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism Subcommittee on Physical Activity. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease: a statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity). *Circulation.* 2003; 107: 3109-16.

Referencias bibliográficas

Tiktinsky R, Heim M, Aimt Y, Martinovitz U. Proprioception: How much do we need, how do we test for it? *Haemophilia*. 2006; 12 Suppl 2: S1-154.

Tiktinsky R, Kenet G, Dvir Z, Falk B, Heim M, Martinowitz U, et al. Physical activity participation and bleeding characteristics in young patients with severe haemophilia. *Haemophilia*. 2009; 15: 695-700.

Tlacuilo-Parra A, Morales-Zambrano R, Tostado-Rabago N, Esparza-Flores MA, Lopez-Guido B, Orozco-Alcala J. Inactivity is a risk factor for low bone mineral density among haemophilic children. *Br J Haematol*. 2008; 140: 562-7.

Toy L, Williams TE, Young EA. Nutritional status of patients with hemophilia. *J Am Diet Assoc*. 1981; 78 Suppl1: 47-51.

Triemstra AHM, Smit C, Van Der Ploeg HM, Briet E, Rosendaal FR. Two decades of hemophilia treatment in the Netherlands, 1972-1992. *Haemophilia*. 1995; 1: 165-71.

Tuddenham EDG, Cooper DN. The molecular genetics of haemostasis and its inherited disorders. In: *Oxford monographs in medical genetics* n° 25. Oxford: Oxford University Press; 1994.

Tulppo MP, Hautala AJ, Mäkikallio TH, Laukkanen RT, Nissilä S, Hughson RL, et al. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sedentary subjects. *J Appl Physiol*. 2003; 95: 364-72.

van der Net J, Vos RC, Engelbert RH, van den Berg MH, Helders PJ, Takken T. Physical fitness, functional ability and quality of life in children with severe haemophilia: a pilot study. *Haemophilia*. 2006; 12: 494-9.

van Helvoort HA, Heijdra YF, de Boer RC, Swinkels A, Thijs HM, Dekhuijzen PN. Six-minute walking-induced systemic inflammation and oxidative stress in muscle-wasted COPD patients. *Chest*. 2007; 131 Suppl 2: 439-45.

Referencias bibliográficas

Verheyden B, Eijnde BO, Beckers F, Vanhees L, Aubert AE. Low-dose exercise training does not influence cardiac autonomic control in healthy sedentary men aged 55-75 years. *J Sports Sci.* 2006; 24 Suppl 11: 1137-47.

Von Mackensen S. Attitude of haemophilia specialists towards sports activities in patients with haemophilia – Comparison of Germany and Italy (Haemo-Sportsat). *Haemophilia.* 2008; 14 Suppl 2: 1-120.

von Mackensen S. Quality of life and sports activities in patients with haemophilia. *Haemophilia.* 2007;13 : 38-43.

Wallny TA, Scholz DT, Oldenburg J, Nicolay C, Ezziddin S, Pennekamp PH, et al. Osteoporosis in haemophilia - an underestimated comorbidity? *Haemophilia.* 2007;13: 79-84.

Walsh M, Macgregor D, Stuckless S, Barrett B, Kawaja M, Scully MF. Health-related quality of life in a cohort of adult patients with mild hemophilia A. *J Thromb Haemost.* 2008; 6 5: 755-61.

Warburton DE, Gledhill N, Quinney A. Musculoskeletal fitness and health. *Can J Appl Physiol.* 2001; 26: 217-37.

Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ.* 2006a; 174: 801-9.

Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Prescribing exercise as preventive therapy. *CMAJ.* 2006b; 28; 174: 961-74.

Warburton DE, Sheel AW, Hodges AN, Stewart IB, Yoshida EM, Levy RD, et al. Effects of upper extremity exercise training on peak aerobic and anaerobic fitness in patients after transplantation. *Am J Cardiol.* 2004; 93: 939-43.

Westerblad H, Allen DG, Lännergren J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News Physiol Sci.* 2002; 17: 17-21.

Referencias bibliográficas

Westerblad H, Bruton JD, Lännergren J. The effect of intracellular pH on contractile function of intact, single fibres of mouse muscle declines with increasing temperature. *J Physiol.* 1997; 500: 193-204.

White GC II, Rosendaal F, Aledort LM, Lusher JM, Rothschild C, Ingerslev J. Factor VIII and Factor IX Subcommittee. Definitions in hemophilia. Recommendation of the scientific subcommittee on factor VIII and factor IX of the scientific and standardization committee of the International Society on Thrombosis and Haemostasis. *Thromb Haemost.* 2001; 85: 560.

WHO Expert Committee. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 1995; 854:1-452.

WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet.* 2004; 10;363(9403):157-63.

WHO Expert Consultation. Obesity: preventing and managing the global epidemic. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 2000; 894: 1-253.

Wilmore JH, Costill DL. *Fisiología del esfuerzo y del deporte.* 6ª ed. Barcelona: Paidotribo; 2007.

Wiseman RW, Beck TW, Chase PB. Effect of intracellular pH on force development depends on temperature in intact skeletal muscle from mouse. *Am J Physiol.* 1996; 271: 878-86

Wittmeier K, Mulder K. Enhancing lifestyle for individuals with haemophilia through physical activity and exercise: the role of physiotherapy. *Haemophilia.* 2007; 13: 31-7.

World Federation of Haemophilia. *Directrices para el tratamiento de la hemofilia.* Montreal: WFH; 2005.

Referencias bibliográficas

Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33 Suppl 9:1496-502.

ANEXOS

i. EJERCICIOS DE FUERZA RESISTENCIA Y DE AMPLITUD ARTICULAR DE MIEMBROS INFERIORES

Posición de base: En bipedestación con una separación en el apoyo de pies similar a la anchura de las caderas o algo superior. Los dos pies colocados a la misma altura o uno más adelantado, de tal forma que se asegure un correcto equilibrio y fijación corporal. Las rodillas y las caderas ligeramente flexionadas, para garantizar una adecuada alineación de la espalda, a la vez que se mantiene la mirada al frente. El miembro que trabaja lo hará siempre por dentro del agua.

Los ejercicios de fuerza resistencia fuerza realizados fueron los siguientes:

- Abertura frontal (flexo-extensión de hombro)

Posición inicial: brazos extendidos a lo largo del cuerpo, ligeramente retrasados respecto a una línea horizontal marcada por la parte posterior de la espalda, con los hombros en rotación externa. Los codos ligeramente flexionados y las muñecas en prolongación del antebrazo. No obstante, en función del tamaño y forma del material, los brazos también se podían colocar delante de cada muslo.

Acción realizada: manteniendo los aspectos de higiene postural descritos, se realizó una flexión de hombros, o elevación con los brazos hasta llevar las manos al borde del agua. Desde esa posición se efectuó el movimiento en el sentido contrario hasta alcanzar la posición inicial.

Intervención muscular:

Flexión: fibras superiores del pectoral mayor, deltoides anterior, coracobraquial y porción corta del bíceps braquial.

Extensión: dorsal ancho, redondo mayor y menor, deltoides posterior y porción larga del tríceps.

Anexos

- Abertura vertical (aducción-abducción de hombro).

Posición inicial: los brazos en una abducción de hombro próxima a la horizontalidad, con los codos ligeramente flexionados y las muñecas en prolongación del antebrazo.

Acción realizada: manteniendo los aspectos de higiene postural descritos, se realizó una aducción con los brazos hasta llegar a rozar en los laterales de ambos muslos con las manos o el material empleado. Desde esa posición se efectuó el movimiento en el sentido contrario hasta alcanzar la posición inicial.

Intervención muscular:

Aducción: dorsal ancho, fibras inferiores del pectoral mayor y pectoral menor.

Abducción: fibras laterales del deltoides, supraespinoso y porción craneal del infraespinoso.

- Abertura oblicua descendente de hombro (aducción-abducción de hombro a 45° respecto al plano frontal).

Posición inicial: los brazos en una abducción de hombro próxima a la horizontalidad, con los codos ligeramente flexionados y las muñecas en prolongación del antebrazo.

Acción realizada: manteniendo los aspectos de higiene postural descritos, se realizó una aducción con los brazos hasta llegar de manera oblicua y delante del cuerpo a casi juntar los brazos. Desde esa posición se efectuó el movimiento en el sentido contrario hasta alcanzar la posición inicial.

Intervención muscular:

Aducción oblicua: fibras inferiores del pectoral mayor, pectoral menor, serrato mayor, deltoides anterior y dorsal ancho.

Abducción oblicua: fascículos laterales del deltoides, supraespinoso y porción craneal del infraespinoso.

- Balanceo de brazos lateral (Flexo-extensión de codo)

Posición inicial: los brazos a lo largo de los costados, con una rotación interna del hombro y sin llegar a hiperextender la articulación del codo.

Acción realizada: manteniendo los aspectos de higiene postural descritos, se realizó una flexión del codo hasta subir las manos lo más arriba posible, pero sin llegar a balancear de manera excesiva los brazos. Desde esa posición se efectuó el movimiento en el sentido contrario hasta alcanzar la posición inicial.

Intervención muscular:

Flexión: bíceps braquial, braquial anterior, supinador largo, pronador redondo y varios flexores de la muñeca.

Extensión: tríceps braquial y ancóneo.

Los ejercicios ROM de miembros inferiores realizados al finalizar el bloque de fuerza-resistencia fueron los siguientes:

- Gran patada frontal con pierna en ligera abducción (flexo-extensión de cadera y rodilla).

Posición inicial: en bipedestación con una separación en el apoyo de los pies similar a la anchura de las caderas y con una de las extremidades inferiores retrasada en ligera abducción, preparada para realizar posteriormente movimientos parecidos a patadas. La otra pierna apoyada, procurando no encajar su rodilla ni hiperextenderla. Se aseguró un correcto equilibrio y fijación de todo el cuerpo, pudiéndose buscar, por ejemplo, un apoyo en el bordillo o en la corchera. Es necesario prestar atención a la zona media del tronco para evitar movimientos que acentúen o movilicen en exceso la lordosis lumbar.

Anexos

Acción realizada: manteniendo los aspectos de higiene postural descritos, se realizó una flexión de cadera con una extensión de la rodilla. Desde esa posición se volvió a la posición inicial, haciendo el movimiento inverso.

- Patada lateral (Aducción y abducción de cadera).

Posición inicial: en bipedestación con una separación en el apoyo de los pies similar a la anchura de las caderas, asegurándose un correcto equilibrio y fijación de todo el cuerpo, prestando atención a la zona media del tronco para evitar movimientos que acentúen o movilicen en exceso la lordosis lumbar.

Acción realizada: manteniendo los aspectos de higiene postural descritos, se realizó una abducción de cadera sin variar la angulación de la rodilla. Desde esa posición se efectuó el movimiento en el sentido contrario hasta alcanzar la posición inicial.

ii. EJERCICIOS DE POTENCIA Y EQUILIBRIO

Posición de base: En bipedestación con una separación en el apoyo de pies similar a la anchura de las caderas o algo superior. Los dos pies colocados a la misma altura o uno más adelantado, de tal forma que se asegure un correcto equilibrio y fijación corporal. Las rodillas y las caderas ligeramente flexionadas, para garantizar una adecuada alineación de la espalda, a la vez que se mantiene la mirada al frente. El miembro que trabaja lo hará siempre por dentro del agua.

Los ejercicios de potencia realizados fueron los siguientes:

- Tracción horizontal

Posición inicial: el material a utilizar próximo al pecho (en posición vertical) con los codos flexionados, apuntando hacia los lados en oblicuo y ligeramente retrasados respecto a una línea horizontal marcada por la parte posterior de la espalda.

Acción realizada: manteniendo los aspectos de higiene postural descritos, se empujó el material perpendicularmente al suelo, llevándolo lo más lejos posible del cuerpo, pero sin llegar a encajar los codos ni forzar las muñecas, ni dejando sobresalir el material del agua. Desde esa posición se efectuó el movimiento en sentido contrario hasta alcanzar la posición inicial. Mientras se utilizó un único elemento de resistencia los brazos se movieron simultáneamente como acabamos de describir, pero cuando se utilizó un elemento de resistencia para cada brazo, el movimiento fue alternativo.

Intervención muscular:

Fase de ida: fibras medias del pectoral mayor, pectoral menor, serrato mayor, deltoides anterior, tríceps braquial y ancóneo.

Anexos

Fase de vuelta: dorsal ancho, deltoides posterior, infraespinoso, redondo mayor y menor, romboides mayor y menor, fibras medias del trapecio, bíceps braquial, braquial anterior, supinador largo y flexores de muñeca.

- Tracción vertical

Posición inicial: el material a utilizar próximo al pecho y paralelo a la lámina de agua, los codos flexionados y apuntando hacia los lados.

Acción realizada: manteniendo los aspectos de higiene postural descritos, se empujó el material perpendicularmente hacia el suelo, llevándolo lo más cerca posible del cuerpo, sin encajar los codos ni forzar las muñecas, intentando que ninguna parte del material sobresaliese del agua. Desde esa posición efectuó el movimiento en el sentido contrario hasta alcanzar la posición inicial. Con un único elemento de resistencia los brazos se movieron simultáneamente como acabamos de describir, pero cuando se utilizó un elemento de resistencia para cada brazo, el movimiento fue alternativo.

Intervención muscular:

Aducción: fibras inferiores del pectoral mayor, pectoral menor, serrato mayor, deltoides anterior, tríceps braquial, ancóneo y dorsal ancho.

Abducción: deltoides anterior, supraespinoso, infraespinoso, bíceps braquial, braquial anterior, supinador largo, y varios flexores de muñeca.

Los ejercicios de equilibrio realizados en la pausa entre ejercicios y entre series fueron los siguientes:

1. De pie, mantener el equilibrio con apoyo monopodal pierna derecha con los brazos apoyados en el agua y con los ojos abiertos.
2. Mismo ejercicio que el nº 1 con apoyo monopodal izquierdo.

3. Mismo ejercicio que el nº 1 con los ojos cerrados.
4. Mismo ejercicio que el nº 2 con los ojos cerrados.
5. Mismo ejercicio que el nº 1 con los brazos fuera del agua.
6. Mismo ejercicio que el nº 2 con los brazos fuera del agua.
7. Mismo ejercicio que el nº 5 con los ojos cerrados.
8. Mismo ejercicio que el nº 6 con los ojos cerrados.
9. Por parejas, desequilibrar al compañero con pequeños empujones a la altura de los hombros. El compañero tratará de mantenerse en apoyo unipodal sobre la pierna derecha, con los brazos por fuera del agua y con los ojos abiertos.
10. Mismo ejercicio que el nº 9 con la pierna izquierda.
11. Mismo ejercicio que el nº 9 con los ojos cerrados
12. Mismo ejercicio que el nº 10 con los ojos cerrados.
13. De pie, mantener el equilibrio con apoyo monopodal sobre la pierna derecha mientras la pierna izquierda flexionada trata de mantener en la planta del pie un círculo. Los brazos se mantienen fuera del agua y los ojos abiertos.
14. Mismo ejercicio que el nº 13 con apoyo monopodal con los ojos cerrados
15. Mismo ejercicio que el nº 13 con la pierna izquierda.
16. Mismo ejercicio que el nº 15 con los ojos cerrados.
17. Por parejas, un compañero trata de desequilibrar a otro. Éste tratará de permanecer en equilibrio con apoyo monopodal sobre la pierna derecha mientras la pierna izquierda está flexionada manteniendo en la planta del pie uno o dos círculos. Los ojos permanecerán abiertos.

Anexos

18. Mismo ejercicio que en nº 17 con apoyo monopodal con los ojos cerrados
19. Mismo ejercicio que el nº 17 con la pierna izquierda.
20. Mismo ejercicio que el nº 19 con los ojos cerrados.
21. Mantener el equilibrio sobre una tabla mediana bajo la planta del pie derecho.
Esta pierna se mantendrá en ligera flexión, sin llegar a tocar el fondo de la piscina con ninguna parte del cuerpo. Los ojos permanecerán abiertos. Una vez conseguido el equilibrio mover la pierna izquierda para provocar ligeros desequilibrios.
22. Mismo ejercicio que el nº 21 con los ojos cerrados
23. Mismo ejercicio que el nº 21 con la pierna izquierda.
24. Mismo ejercicio que el nº 23 con los ojos cerrados.
25. Por parejas, un compañero trata de desequilibrar a otro que intentará mantenerse en equilibrio sobre una tabla mediana bajo la planta del pie derecho. Esta pierna se mantendrá en ligera flexión, sin llegar a tocar el fondo de la piscina con ninguna parte del cuerpo. Los ojos permanecerán abiertos.
26. Mismo ejercicio que el nº 25 con los ojos cerrados.
27. Mismo ejercicio que el nº 25 con manteniendo la tabla sobre la pierna izquierda.
28. Mismo ejercicio que el nº 27 con los ojos cerrados.
29. Mismo ejercicio que el nº 21 con una tabla grande.
30. Mismo ejercicio que el nº 29 con los ojos cerrados.
31. Mismo ejercicio que el nº 29 con la pierna izquierda.

32. Mismo ejercicio que el nº 31 con los ojos cerrados.
33. Por parejas, un compañero trata de desequilibrar a otro que intentará mantenerse en equilibrio sobre una tabla grande bajo la planta del pie derecho. Esta pierna se mantendrá en ligera flexión, sin llegar a tocar el fondo de la piscina con ninguna parte del cuerpo. Los ojos permanecerán abiertos.
34. Mismo ejercicio que el nº 33 con los ojos cerrados.
35. Mismo ejercicio que el nº33 con la tabla bajo la planta del pie izquierdo.
36. Mismo ejercicio que el nº 35 con los ojos cerrados.

iii. SESIÓN TIPO

Sesión tipo del entrenamiento acuático realizado, correspondiente a la sesión número 13 (tabla A.1), desarrollada en la fase 2.

Los ejercicios ROM del calentamiento y los del bloque de fuerza resistencia y potencia se realizaron en la parte central de la piscina, con el agua a una altura situada entre el apéndice xifoides y los hombros.

Tabla A.1. Descripción de la sesión número 13 del protocolo de entrenamiento acuático

| | |
|---|---|
| <p>CALENTAMIENTO (10 min)</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 50 m de nado a crol o espalda 2. Trote en la parte poco profunda de la piscina (4 x 12,5 m) 3. ROM de hombro y cadera; 1 x 10 rep de circunducción hacia adelante y hacia atrás en estático. <ul style="list-style-type: none"> • EEP: 2-3 |
| <p>BLOQUE DE F-R Y POTENCIA (20 min)</p> | <p>FUERZA RESISTENCIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ej F-R: Abertura frontal, abertura vertical, abertura oblicua descendente de hombro, balanceo de brazos lateral. • 2 x 20 rep • Pausa entre series: 30 s (trote estático) • EEP: 6-7 • Material: guantes de silicona/círculos <p>POTENCIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ej: Tracción horizontal y tracción vertical • 2 rep de 30 s (máxima velocidad) • Pausa entre rep: 2 min (activa, Ej de equilibrio) • EEP: 4-5 • Material: círculos • Ej de equilibrio 13 s 20, 4 x 30 s en cada pausa |
| <p>BLOQUE DE RESISTENCIA AERÓBICA (20 min)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Trabajo continuo durante 20 min, combinando 50 m de los 4 Ej a continuación descritos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Posición dorsal, batido de pies espalda con ayuda de brazos. Impulso de brazos simultáneo con brazada y recobro subacuático. 2. Marcha frontal con movimiento de brazos alternativo en la parte poco profunda de la piscina y pedaleo en la zona profunda con movimiento simultaneo de brazos. 3. Nado completo a braza, espalda o crol, con o sin adaptaciones. 4. Marcha hacia atrás acompañada del movimiento simétrico de brazos de atrás hacia delante en la parte poco profunda. En la parte profunda, continuar hacia atrás con el batido de pies del estilo espalda en posición oblicua. Los brazos ayudan al desplazamiento con movimientos simétricos de atrás hacia delante. • Intensidad: 60-65 % FC_{max} |
| <p>VUELTA A LA CALMA (10 min)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Estiramientos estáticos, 2 x 30 s de cada uno de los grupos musculares: <ul style="list-style-type: none"> • Tríceps braquial, deltoides posterior • Región escapular, infraescapular, lumbar y vertebral • Región infraclavicular, mamaria, deltoidea y braquial anterior • Región femoral anterior e inguinal • Región glútea, femoral y crural posterior |

EEP: Nivel de esfuerzo requerido según la escala de esfuerzo utilizada, modificada de Robertson (Robertson et al, 2003); F-R: Fuerza-resistencia; FC_{max}: Frecuencia cardiaca máxima; Ej: Ejercicios; rep: repeticiones

