



Trabajo de Fin de Grado

Revisión Bibliográfica

**Características Antropométricas en Deportes de Larga
Distancia: IRONMAN**

Titulación: Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Alumna: Amparo Chapa Lloret

Tutor académico: Enrique Roche Collado

Curso Académico: 2014-2015

2. ÍNDICE

1. Portada	1
2. Índice	2
3. Introducción	3
3.1. ¿Qué es el Triatlón?	3
3.2. ¿Qué es el Ironman?	3
3.3. Historia	4
3.4. Modalidades	4
4. Procedimiento de revisión (Metodología)	5
5. Revisión bibliográfica (Desarrollo)	5
6. Discusión	11
7. Conclusión	14
8. Bibliografía	14
9. Anexos	19

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿Qué es el triatlón?

El triatlón es un deporte que pertenece al grupo de modalidades de carácter individual y de resistencia. Está formado por tres disciplinas deportivas: la natación, el ciclismo y la carrera a pie, por ese orden de actuación. En la modalidad de sprint consta de 750 m de natación, 20 km de bicicleta y 5 km de carrera a pie mientras que la modalidad larga consta de 1500 m de natación, 40 km de bicicleta y 10 km de carrera a pie (Wu et al., 2015).

Este deporte nace en Francia durante los años 1920-1930 en una carrera llamada “Les trois sports” (los tres deportes), una carrera que constaba de 3 km a pie, 12 km en bicicleta y terminaba nadando por el canal del Marne. Desde 1930 y hasta 1974 no se volvió a escuchar mucho de este deporte. En San Diego, California, celebraron la Mission Bay Triathlon, con un orden inverso al actual.

Fue en el año 2000 cuando apareció en los Juegos Olímpicos de Sidney, y marcó la que hasta ahora es la distancia olímpica: 1500 m de natación, 40 km de bicicleta y 10 km de carrera a pie.

1.2. ¿Qué es el Ironman?

El Ironman es la prueba más exigente, dura y sacrificada del triatlón. Sus distancias son: 3'86 km de natación, 180 km de ciclismo y 42'2 km de carrera a pie (una maratón). Cada participante tiene que terminar la distancia completa en un tiempo máximo de 17 horas. La alta exigencia de este tipo de pruebas obliga al deportista a tener una elevada preparación física, al igual que psicológica. Normalmente el deportista puede llegar a perder entre 2 y 3 kg tras cada competición. Podría ser peligroso si sobrepasa ese límite, al igual que llegar a un estado de deshidratación o un golpe de calor, que son muy comunes en estas pruebas. Por ello, los atletas de ironman deben cuidar mucho las estrategias nutricionales antes, durante y después de la prueba

A continuación se detallan las distintas disciplinas que incluyen el Ironman y el triatlón según Sánchez (2014):

Natación: Es el primer segmento de la competición y donde menos tiempo se puede perder con los rivales si se ha llevado a cabo un entrenamiento medio. Esta modalidad tiene más importancia en las competiciones donde está permitido el “drafting” (Sprint u Olímpica) para el segmento de ciclismo. Si se sale muy retrasado del agua, puede que no se forme un grupo fuerte para avanzar posiciones. Además, en este segmento es muy fácil llevarse golpes de otros nadadores, perder las referencias del circuito o incluso tragar agua.

Ciclismo: Es el segmento más largo, tanto por distancia como por tiempo. Es donde más tiempo se puede perder, por tanto, el que cobra más importancia. Si la prueba no permite el “drafting” (ir a rueda) puede llegar a ser la que más desgaste provoque. Es la parte donde se aprovecha para hidratarse y comer correctamente, analizar las condiciones de carrera y evaluar y dosificar las fuerzas.

Carrera a pie: Es el último segmento y el más duro, aquí se ganan o se pierden las carreras. El cuerpo llega muy fatigado, se resiente de cargas en la musculatura y las sensaciones en carrera no suelen ser buenas. Se debe aprovechar todos los puntos de avituallamiento y llevar un alto control mental.

La cuarta disciplina que se conoce en este tipo de deporte son las llamadas transiciones. Esta técnica es la que se utiliza para cambiar de un segmento a otro en el menor tiempo posible. Se realiza dentro de la zona de boxes y cobra mayor importancia cuanto más corta es la competición. En ironman no es la parte más importante, pero sí se tiene en cuenta que salir de la zona de boxes antes que los rivales tiene un efecto psicológico positivo.

1.3. Historia

Los orígenes del Ironman se remontan a 1978 en Hawái, donde los marines americanos apostaron por ver qué deportista era el más completo y duro. Este hecho dio posteriormente el nombre a la prueba: Ironman (hombre de hierro) (Hernández, s.f.) A partir de ahí nace también el Ironman de Hawái, una competición que actualmente sigue con la misma estructura que en sus inicios.

Cada año se disputa en esta misma isla el Campeonato del Mundo, donde compiten entre 1500 y 2000 deportistas profesionales de todos los países. Para poder llegar a esta competición, se realizan a lo largo del año eventos similares con el mismo formato que puntúan para poder participar en el Campeonato del Mundo. El vencedor recibe un premio de 100.000 dólares.

1.4. Modalidades

La variante de la modalidad anteriormente comentada aparece en el 2005, cuando se estableció el Ironman 70.3. Esta versión también es conocida como medio-ironman (half-ironman). Las distancias son más cortas: 1900 m de natación, 90 km de ciclismo y 21 km de carrera a pie (Hernández, s.f.). Esta serie, al igual que el Ironman, tiene diferentes competiciones en distintos países para poder clasificarse para el Campeonato del Mundo, que en este caso se celebra cada año en Las Vegas.

Las más conocidas son las formas básicas del ironman y el triatlón. A continuación se especifican las diferentes modalidades que abarcan la natación, el ciclismo y la carrera a pie en una misma competición (Hernández, s.f.):

Nombre	Natación	Ciclismo	Carrera a pie
Ironkid	200-500 m	5-15 km	1-5 km
Super Sprint	400 m	10 km	2'5 km
Sprint	750 m	20 km	5 km
Olímpica	1'5 km	40 km	10 km

ITU-Larga Distancia	4 km	120 km	30 km
Ironman 70.3	1'9 km	90 km	21 km
Larga Distancia	3'86 km	180 km	42'2 km

Estas competiciones pueden variar también en función de la época del año, cambiando entonces una de las disciplinas, o intercalando sólo dos modalidades, como sería el caso del Duatlón. A continuación se especifican algunas de las variantes (Hernández, s.f.):

Nombre	Secuencia	Distancia
Duatlón	Carrera a pie -ciclismo- carrera a pie	Sprint: 5-20-2'5 km Corta: 10-40-5 km Larga: 14-60-7 km
Duatlón cross	Carrera a pie-BTT-carrera a pie	Sprint: 5-20-2'5 km Corta: 10-40-5 km Larga: 14-60-7 km
Triatlón de invierno	Carrera a pie-ciclismo- esquí de fondo	Corta: 10-25-10 km Larga: 15-40-15 km
Triatlón de montaña	Natación- BTT- carrera a pie	Sprint: 0'75-10-4 km Larga: 1'5-20-8 km
Cuadriatlón	Natación-piragua-ciclismo- carrera a pie	Corta: 2'5-10-50-10 km Larga: 5-20-100-20 km
Acuatlón	Carrera a pie-natación - carrera a pie	Corta: 2'5-1-2'5 km

4. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)

Se realizó una búsqueda en la base de datos "Medline" utilizando las siguientes palabras clave: "Anthropometry, Body composition, Kinanthropometry, Somatotype" combinadas con "Ironman". De las referencias obtenidas, sólo se seleccionaron aquellas que se encontraban en revistas indexadas, en las que los datos publicados eran revisados por evaluadores externos independientes.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO)

En base al apartado anterior, se han encontrado 7 artículos que cumplen con los criterios establecidos. El objetivo del trabajo es extraer de cada artículo información que recoja las características antropométricas que debe tener un deportista para obtener el máximo rendimiento en la modalidad de ironman.

La antropometría es una disciplina que se basa en métodos de medición de pliegues cutáneos, talla, talla sentado, perímetros y diámetros óseos, perímetros musculares, peso y longitud de los segmentos corporales. Permite evaluar la morfología del sujeto. En el mundo del deporte, esta técnica es muy utilizada para conocer los cambios y modificaciones que sufre el deportista con el crecimiento y el entrenamiento. Además la composición corporal depende de algunos parámetros variables que se modifican en función de la dieta y del entrenamiento del sujeto.

A continuación se detallan los 7 artículos:

Artículo 1

Título: "Cycling and running performance, not anthropometric factors, are associated with race performance in a triple iron triathlon"

Autores: B. Knechtle, B. Duff, G. Amtmann y G. Kohler (2007).

Objetivos: Demostrar que los factores antropométricos no están relacionados con el rendimiento en el Ironman.

Material y Método: Participaron 30 atletas de Ironman, 27 hombres y 3 mujeres. Antes de empezar la prueba, se les tomaron las medidas antropométricas y se calcularon los IMC, los porcentajes de grasa y la masa corporal. Más tarde, se correlacionaron las medidas obtenidas con el rendimiento en carrera mediante análisis estadísticos ANOVA. Solo terminaron 16 atletas la prueba, que reunían las siguientes características: $36'2 \pm 8'5$ años, $76'4 \pm 9'2$ kg, 178 ± 7 cm, IMC $23'8 \pm 2'0$ kg/m².

Resultados: Las características antropométricas de los sujetos eran las siguientes: peso 76'4 kg, altura 178 cm, pliegues 8'9 mm, circunferencia superior del brazo 29'9 cm, circunferencia del muslo 53'7 cm, circunferencia de la pantorrilla 39'1 cm, IMC 23'8 kg/m², masa muscular 40 kg, masa grasa 10'2 kg. Los resultados mostraban que no había una correlación directa entre los datos antropométricos y el rendimiento en carrera. En otras palabras, los valores encontrados de composición corporal no estaban asociados al tiempo total de carrera.

Limitaciones: No se tenía en cuenta ni el entrenamiento ni dieta que llevaban diariamente los deportistas, y esto puede tener influencias directas sobre el rendimiento y las características antropométricas de los sujetos. Además de una n muy pequeña para poder sacar conclusiones válidas, ya que solo terminaron la carrera 20 de los 27 hombres, y solo participaron en el estudio 16.

Artículo 2

Título: "Male ironman athletes lose skeletal muscle mass"

Autores: B. Knechtle, B. Baumann, A. Wirth, P. Knechtle y T. Rosemann (2010).

Objetivos: Analizar la pérdida de masa muscular después de la competición de Ironman.

Material y Método: En este estudio participaron 30 atletas varones no profesionales. Se recogieron los datos de masa grasa y masa muscular pre- y post- competición. Los primeros antes de la carrera y los segundos inmediatamente después de finalizarla. Se recogieron también muestras de sangre y orina para estudiar los niveles de hidratación. Al final sólo se analizaron los resultados de 27 atletas porque 3 de ellos no consiguieron finalizar. Después se realizó un análisis estadístico comparando los resultados obtenidos.

Resultados: La masa corporal descendió significativamente ($p < 0.05$) 1.8 kg tras haber finalizado la prueba, es decir, de un total de 77.8 kg al inicio se pasó a 76 kg al final. Se perdió 1 kg de masa muscular ($p < 0.05$), pasando de 41 kg a 40 kg, y 0.5 kg de masa grasa, pasando de 11.6 kg a 11.1 kg. Los cambios no estaban significativamente asociados al tiempo total de carrera. Estas pérdidas fueron debidas a la depleción de glucógeno, la oxidación de grasas y la liberación de agua. En los datos recogidos en el laboratorio, la concentración de urea en el plasma y la gravedad urinaria específica incrementaron significativamente, estando ambos parámetros correlacionados. Los niveles plasmáticos de sodio no cambiaron. Finalmente, no se pudo relacionar el incremento de urea con la pérdida en masa muscular, ni el volumen de plasma con el total de agua corporal.

Limitaciones: No se tuvo en cuenta ni el entrenamiento que llevaban a cabo los deportistas ni la dieta, cosa que pudo influir en los resultados tanto de rendimiento como de pérdida de masa corporal. Los autores comentaron que hubo 4 sujetos en los que se incrementó la masa muscular de 0.2 a 2.6 kg y esto provocó alteraciones en la media con el resto. Pudo ser debido a que el ultra-running conduce a un incremento de agua en determinados segmentos (tipo edema), lo que explicaría el aumento de volumen en la pierna. Comparando este estudio con otros estudios, se observa una disminución en los pliegues correspondientes al tren superior, sin cambios en los pliegues del tren inferior. Estas discrepancias podrían haber llevado a una falsa estimación de algunos pliegues. Además, hubieron cambios en la temperatura ambiente pre y post carrera, lo que también pudo influir en los resultados. Los autores concluyeron que vista la variabilidad que presentaba la antropometría, en próximos estudios se utilizaría el DEXA (absorciometría de rayos-X de doble energía) para determinar la composición corporal y utilizar la resonancia magnética espectroscópica para analizar los cambios energéticos miocelulares.

Artículo 3

Título: “A comparison of fat mass and skeletal muscle mass estimation in male ultra-endurance athletes using bioelectrical impedance analysis and different anthropometric methods”.

Autores: B. Knechtle, A. Wirth, P. Knechtle, T. Rosemann, C.A. Rüst y R. Bescós (2011).

Objetivos: Comparar BIA (Análisis de Impedancia Bioeléctrica) con métodos antropométricos para saber cuál es más útil en condiciones de campo para determinar la composición corporal.

Material y Método: Se reunieron 257 atletas masculinos de ultra-resistencia. Se tomaban las medidas un día antes de empezar la carrera, primero con BIA y después utilizando las ecuaciones antropométricas. Con las mediciones, se estimaba la masa grasa y la masa muscular. Después realizaba un análisis estadístico ANOVA para comparar los datos.

Resultados: BIA dio resultados significativamente mayores ($p < 0'001$) que las ecuaciones antropométricas tanto para masa grasa como para masa muscular. En masa grasa, BIA tenía un valor medio de $14'8 \pm 6'7$ kg, mientras que la antropometría tenía valores de $11'9 \pm 4'3$ kg (ecuación de Ball), $8'4 \pm 4'6$ kg (ecuación de Stewart), $10'2 \pm 3'3$ kg (ecuación de Faulkner), $10'0 \pm 4'8$ kg (ecuación de Wilmore). En cuanto al cálculo de la masa muscular, BIA tenía un valor medio de $44'9 \pm 5'4$ kg, mientras que la antropometría proporcionaba un valor de $39'5 \pm 3'8$ kg (ecuación de Lee) y $32'3 \pm 5'2$ kg (ecuación de Jansen). Al comparar los resultados de BIA con la antropometría, se dedujo que había diferencias significativas entre BIA y las ecuaciones de Ball, Stewart, Faulkner y Wilmore. Además se compararon las ecuaciones entre ellas usando el análisis de Bland-Altman. Para la masa grasa, las ecuaciones de Ball y Stewart eran diferentes significativamente a la de Faulkner y a la de Wilmore. Por otro lado, comparando la masa magra, se encontró también que las ecuaciones de Lee y Jansen tenían diferencias significativas.

Limitaciones: No se controló el entrenamiento que llevaban a cabo los deportistas y tampoco la dieta. Estos dos hechos pudieron influir mucho en los resultados, como ya se ha comentado reiteradamente a lo largo de esta revisión.

Artículo 4

Título: “Personal best time, not anthropometry or training volume, is associated with total race time in a triple Iron Triathlon”

Autores: B. Knechtle, P. Knechtle, T. Rosemann y O. Senn (2011).

Objetivos: Analizar si el entrenamiento y la antropometría están relacionados con el tiempo total de carrera en el Ironman.

Material y Método: Participaron 81 atletas no profesionales, pero sólo pudieron finalizar 64 atletas, los otros 17 se descartaron por problemas médicos. Antes de empezar la competición, se tomaron medidas de los segmentos corporales (longitudes y circunferencias), pliegues cutáneos, peso y altura. Con estos datos, se calculaba el IMC, porcentaje de grasa, suma de pliegues y masa muscular. Después se realizaba el análisis estadístico con los datos.

Resultados: Los “finishers” (sujetos que terminaron la prueba) obtuvieron menor porcentaje de grasa ($13'7\%$ vs $15'1\%$), menores datos en la suma de los 8 pliegues ($72'3\%$ vs $80'8\%$) y menores datos en la suma de los pliegues superiores ($55'4\%$ vs $66'5\%$).

Otras características de interés de los “finishers” son las siguientes: edad 39 años, altura $1'78$ m, peso $76'7$ kg, IMC $24'2$, largo de pierna $85'5$ cm, largo de brazo 79 cm, diámetro

de brazo 30'3 cm, diámetro de muslo 56 cm, diámetro de pantorrilla 38'9 cm, suma de pliegues inferiores 17'8 mm y masa muscular 40'3 kg.

Por tanto, la conclusión fue que había una correlación directa entre un menor peso, un menor grosor de pliegues y un menor porcentaje de grasa corporal. Los sujetos con estas características tenían mayor probabilidad de terminar la prueba. Además, se compararon los resultados con el rendimiento en natación y ciclismo. Los autores observaron que el sumatorio de pliegues estaba correlacionado de forma inversa con la media de velocidad durante el entrenamiento de natación y ciclismo. En otras palabras, las mayores velocidades correspondían a los sujetos con el menor sumatorio de pliegues. Por último, también se analizó la mejor marca personal y encontraron que estaba altamente relacionada con los tiempos correspondientes en carrera.

Limitaciones: Se tuvo en cuenta el entrenamiento semanal, los Ironman que finalizaron y sus mejores marcas personales. Aunque la variable del entrenamiento y la experiencia sí que se analizó, no se evaluaron las dietas seguían los participantes, lo que pudo influir en los resultados de la antropometría.

Artículo 5

Título: “Changes in body composition in triathletes during an Ironman race”

Autores: S.M. Mueller, E. Anliker, P. Knechtle, B. Knechtle y M. Toigo (2013).

Objetivos: Analizar los cambios producidos en la composición corporal tras una carrera de Ironman.

Material y método: Se realizó el estudio a 8 atletas no profesionales de género masculino. Los participantes tenían $43'8 \pm 5'5$ años, pesaban $73'5 \pm 9'9$ kg y su IMC medio era de $22'8 \pm 2'6$ kg·m². Se tomaron los datos de las medidas antropométricas: medición de los segmentos, áreas y densidades usando DEXA y la tomografía cuantitativa computerizada periférica (pQCT). Además, se recogieron muestras de sangre y orina para determinar el nivel de hidratación. La recogida de datos se realizó 2-3 días antes de la competición e inmediatamente después de finalizarla. Al finalizar, los participantes rellenaron un cuestionario sobre la ingesta de energía tomada durante la carrera. Después los resultados se evaluaban con análisis estadísticos ANOVA.

Resultados: Los participantes perdieron $2'4 \pm 1'1$ % de masa corporal, de la cual en términos absolutos correspondía a una pérdida de $1'9 \pm 0'8$ kg de masa corporal. Hubo una pérdida de masa significativa en todos los segmentos excepto en los brazos. La pérdida de masa grasa se centró principalmente en piernas, tronco y la región androide.

Se pueden extraer de este artículo los siguientes datos, que equivalen a las características antropométricas medias del grupo pre-carrera y que sirven para el objetivo de este trabajo:

Región corporal/Pre	Peso total (kg)	Masa grasa (kg)	Masa libre (kg)	Grasa corporal (%)	Masa ósea (kg)
Cuerpo entero	73'5	11'0	59'5	15'1	3'01

Brazos	9'1	1'2	7'5	13'3	0'45
Piernas	25'7	3'8	20'7	15'0	1'23
Tronco	33'9	5'1	28'0	15'0	0'77
Región abdominal (androide)	4'9	0'8	4'0	16'6	0'05
Región gluteofemoral (genoide)	11'2	2'0	8'9	17'7	0'32

Limitaciones: No se les controló la dieta ni se tenía en cuenta el entrenamiento llevado a cabo por los sujetos antes de la prueba. Eso podía influir en los cambios antropométricos a posteriori. El único requisito que se les pedía era terminar la prueba.

Artículo 6

Título: "Somatotype, training and performance in Ironman athletes"

Autores: M. Kandel, J.P. Baeyens y P. Clarys (2014).

Objetivos: Analizar la relación del somatotipo del atleta con el rendimiento en Ironman.

Material y Método: Participaron en este estudio 177 hombres y 23 mujeres atletas de Ironman. Sólo terminaron 165 atletas hombres de 24 a 65 años y las 23 mujeres de 31 a 46 años, con los cuales se hizo el estudio. Se recogieron 10 medidas antropométricas de acuerdo con el protocolo de somatotipo de Carter. Las medidas fueron cogidas 3 días antes del evento. Después se analizaron los resultados con ANOVA.

Resultados: El componente mesomorfo no presentaba ninguna contribución significativa. El componente endomorfo produjo un gran impacto, incrementando mucho el tiempo en carrera (+28 min). El componente ectomorfo descendió el tiempo en carrera en 29'8 min.

En los resultados se pudo comprobar que para el tramo de carrera a pie, el somatotipo interfería un 30'4%. Las tasas de impacto de los componentes endomorfo y ectomorfo fueron significativas ($p < 0'001$ y $0'05$, respectivamente). También influía en el segmento de ciclismo en un 21'7% ($p = 0'001$ y $0'015$ respectivamente), y en el segmento de natación un 7'2% ($p < 0'001$). Se compararon los resultados con el entrenamiento realizado y concluyeron que no era un factor predictor al igual que la edad.

Se analizó el somatotipo de los 20 mejores atletas del grupo ($34'7 \pm 1'2$ años) y se encontró que el somatotipo ideal era de 1'7-4'9-2'8 (endo-meso-ecto) que equivaldría a un atleta ectomorfo. En mujeres, la media del somatotipo que presentaban era 2'4-4'3-2'7, pero no podía ser considerado significativo ya que había solo 23 participantes. Se adjunta en el Anexo 1 la tabla con los datos del somatotipo equivalentes a este estudio.

Limitaciones: Se tenía en cuenta el entrenamiento semanal, pero no la dieta de los atletas. La dieta podía contribuir en gran medida al rendimiento y al somatotipo de los participantes.

Artículo 7

Título: "Predictive variables for half-Ironman triathlon performance"

Autores: N. Gilinsky, K.R. Hawkins, T.N. Tokar y J.A. Cooper (2014).

Objetivos: Investigar qué variables son predictivas del rendimiento en medio-Ironman.

Material y Método: Participaron 209 atletas no profesionales, 155 hombres y 54 mujeres entre 18 y 75 años. Se determinó el peso, las medidas antropométricas y la composición corporal mediante BIA. Se dividieron en 3 grupos: los más rápidos, un grupo medio y los más lentos. Se realizó al final un análisis estadístico descriptivo y un análisis ANOVA para evaluar los datos.

Resultados: Los mejores resultados se obtuvieron en hombres menos pesados y con un IMC menor. El grupo 1 tenía menores valores que el 2 y el 3, siendo el 2 el que tenía valores intermedios. Los más rápidos pesaban $75'2 \pm 7'5$ kg, tenían un IMC de $23'9 \pm 2.0$ kg/m² y un porcentaje de grasa de $8'9 \pm 4'2\%$. El grupo intermedio pesaba $78'0 \pm 8'9$ kg, tenía un IMC de $24'8 \pm 2'3$ kg/m² y $9'5 \pm 3'4\%$ de grasa corporal. Los más lentos (grupo 3) pesaban $80'7 \pm 10'3$ kg, tenían un IMC de $25'8 \pm 2'9$ kg/m² y $11'9 \pm 4'1\%$ de grasa. Además, el grupo 1 llevaba más años de experiencia en competición y tenía menos sesiones de descanso a la semana. Por tanto, se encontró una relación entre las características antropométricas, los años de experiencia, los periodos de acondicionamiento y el tiempo total de carrera. Las mujeres no mostraron diferencias significativas entre ellas, debido a la escasez de la muestra en el estudio.

Limitaciones: Para analizar los resultados, se tenía en cuenta el entrenamiento que llevaban a cabo semanalmente, los hábitos y los años de experiencia. No se tenía en cuenta la dieta y tampoco controlaron el nivel de hidratación, lo que podría haber producido cambios en la composición corporal. Además, utilizaron BIA en el laboratorio, que aunque es lo más fiable, no es lo más seguro para el deportista. Otra limitación fue la desproporcionada muestra masculina frente a la femenina. Por último, los investigadores declararon desconocimiento en las circunstancias del desarrollo de la prueba como por ejemplo duración, presencia de averías mecánicas y fallos de organización, entre otros.

6. DISCUSIÓN

El principal motivo de este trabajo es encontrar cuáles son las características antropométricas de los deportistas de Ironman antes de realizar una competición. Son muchos los factores que intervienen en las características de los sujetos y tras el análisis de los anteriores artículos se pueden discutir algunos aspectos referentes a los resultados.

Según el artículo 1 no se puede confirmar que las características antropométricas previas de los sujetos sean factores que puedan influir en el rendimiento en la prueba de Ironman. Pero en muchos estudios de corredores muestran que los factores antropométricos sí son influyentes. Desafortunadamente, el número de participantes en Ironman es relativamente pequeño en comparación con los triatlones de corta distancia. Por eso, los datos obtenidos no son totalmente significativos y la potencia estadística es menor en comparación con otros estudios.

A la misma conclusión llegaron los autores del artículo 7. Tras analizar los resultados, compararon los resultados de la carrera y las características antropométricas con otros estudios. Los tiempos fueron similares a un estudio de Knechtle et al. (2010) y las características antropométricas (peso, altura, IMC y porcentaje de grasa) fueron similares a las encontradas en los estudios de Rüst et al. (2012) y Knechtle et al. (2010). En hombres, el grupo más rápido tenía menor peso corporal, IMC y porcentaje de grasa. Esto está parcialmente de acuerdo con los datos de Knechtle, Wirth y Rosemann (2010), los cuales encontraron que el IMC estaba relacionado con el tiempo de carrera. En mujeres no había diferencias significativas a causa de tener una n muy pequeña en el estudio. Aun así, los autores concluyeron con que las variables antropométricas no predecían significativamente el rendimiento tal y como lo hizo Knechtle et al. (2010).

En cambio, son muchos los estudios que defienden justo lo contrario. Por ejemplo, en el estudio 4 enfocaron la investigación a la antropometría, la experiencia en carrera y el entrenamiento. Aunque concluyeron que no había relación entre la antropometría y el rendimiento en competición, otros estudios muestran que factores como la baja grasa corporal (Landers et al., 2000; Sleivert y Rowlands, 1996; Bale, Bradbury y Colley, 1986) y bajo grosor de pliegues (Arrese y Ostariz 2006; Legaz y Easton, 2005; Lepers, 2008) sí que influyen en el rendimiento en Ironman.

El artículo 6 estudia el impacto del somatotipo según la disciplina y se puede comprobar que no todos tienen el mismo peso. Los resultados indican que el peso tiene una gran influencia en la parte de carrera a pie. Puede tener hasta una variación del 30'4% en función del somatotipo. El somatotipo en la parte de ciclismo puede tener un impacto del 21'7% mientras que en el segmento de natación un 7'2%. Estos resultados son respaldados por la literatura con resultados similares en los estudios de Landers, Blanksby, Ackland y Smith (2000) y Knechtle et al. (2010; Knechtle, Wirth, Baumann, Knechtle y Rosemann, 2010; Knechtle, Knechtle y Rosemann, 2011) que encontraron que los niveles de masa grasa estaban relacionados con el tiempo total de carrera. Además, en este estudio se obtuvo el somatotipo ideal 1'7-4'9-2'8, exactamente el mismo que describió Wildschutt, Travill, Leach y Burrell (2002) en un estudio con 6 atletas sudafricanos. En cambio, no se pudo llegar a ninguna conclusión con el somatotipo en mujeres por el reducido número de muestra. Tal y como le pasó a Knechtle et al. (2010), que no encontró ninguna correlación por tener sólo una muestra de 16 mujeres.

De ahí, la importancia de las características antropométricas del sujeto en el Ironman. El peso inicial es relativamente significativo y se correlaciona con el tiempo total invertido en la prueba, así como con el tiempo invertido en la prueba de ciclismo y de carrera

(Sharwood et al.2002). Además el somatotipo debe tenerse muy en cuenta, porque no sólo influye en el rendimiento sino que también influye en las pérdidas corporales que se producen a lo largo de la competición.

El artículo 2 muestra que tras una competición de Ironman la masa corporal disminuye significativamente. Como Speedy et al. (2011) ya asumió, esta pérdida podría ser debida a la masa sólida y no a la masa fluida. En otros estudios se ha demostrado que la oxidación de grasas, la liberación de agua y la degradación de glucógeno del músculo, pueden contribuir sustancialmente a los cambios en la masa corporal. Esta pérdida no supera los 2 kg (Pastene et al., 1996). Sin embargo, este estudio no mostró una asociación positiva entre la urea plasmática y masa muscular perdida, y entre la masa corporal y la masa muscular. Sin embargo, un incremento en la urea está asociado con daño muscular en los triatlones (Gastmann et al., 1998). Es posible que otros factores como la deshidratación deban de ser tenidos en cuenta a la hora de interpretar estos resultados.

En el artículo 5 también se analizan las pérdidas que produce la competición, donde los resultados mostraron un descenso de masa grasa en ambas piernas y en el tronco. En las piernas, ocurría especialmente en la zona de los muslos. Con los resultados, DEXA indicaba una pérdida de lípidos mientras que pQCT no mostraba cambios. Se dedujo que la pérdida intracelular provenía del almacenamiento de triglicéridos. Además, la pérdida de masa corporal podía ser atribuida a la pérdida de masa libre. Ésta está compuesta por agua, proteínas, glucógeno y minerales (Pietrobelli, Formica, Wang y Heymsfield, 1996) y la pérdida podría deberse a la reducción de alguno de estos componentes o a una combinación de varios. Por otro lado, la reducción de la densidad muscular puede ser teóricamente (Bushberg, Seigbert, Leidholt y Boone, 2002) atribuida a tres razones: pérdida de glucógeno, degradación de proteínas e incremento en los lípidos intramiocelulares. Los cambios intramusculares del contenido de agua no afectan a la densidad del músculo (Ward y Lieber, 2005).

Por último, otra cosa a tener en cuenta en las características antropométricas del sujeto es cómo medirlas. Cómo y con qué método hacerlo va a influir en el resultado obtenido. El artículo 3 muestra que los valores de BIA son significativamente más altos comparándolos con las ecuaciones antropométricas. La literatura dice que la fiabilidad de BIA es un poco ambigua. Por el contrario, algunos estudios muestran que BIA es más fiable que DEXA (Pickard et al. 1997; Ross et al. 1989; Vasudev et al. 2004), mientras que otros demuestran que BIA desestima la masa grasa (Hortobágyi et al. 1992; Huygens et al. 2002). Lo mismo ocurre con la estimación de la masa muscular: algunos estudios muestran que BIA es un método válido (Lee et al. 2000) y otros como Janssen et al. (2008) que da valores sobreestimados. El estudio revisado encontró que el BIA daba valores sobreestimados tanto en masa grasa como masa muscular. BIA es un método que mide la conductividad del tejido y se basa en la relación entre el volumen de un conductor y la resistencia eléctrica (Abu Khaled et al. 1988). El músculo es un conductor dominante porque es el tejido más largo del cuerpo rico en electrolitos con baja resistencia (Foster y Lukaski, 1996; Zheng, Shao y Webster, 1984). Presuntamente esta resistencia está entrenada en atletas y difiere con los resultados que se puedan obtener en otras poblaciones investigadas. Otra explicación podría ser que en este estudio se

utilizó una frecuencia simple de BIA mientras que en otros estudios se utilizó la multifrecuencia, lo que permite estimar la grasa intramuscular.

7. CONCLUSIÓN

Una vez analizados los artículos y extraída la información necesaria para el objetivo de este trabajo, las conclusiones de la presente revisión bibliográfica son las siguientes:

Las características antropométricas de los deportistas de Ironman son influyentes en el rendimiento. Los Ironman que mejor rendimiento presentan, reúnen valores bajos de IMC, pliegues, peso y porcentaje de masa grasa. El método más fiable para hacer las mediciones es BIA (Análisis de Impedancia Bioeléctrica).

El somatotipo es un factor que puede determinar hasta un 30% el rendimiento en Ironman según en la modalidad en la que se encuentre el sujeto. El segmento donde más impacto tiene es el de carrera (30,4%). El somatotipo ideal para los atletas varones de ironman es 1'7-4'9-2'8 (endo-meso-ecto). El de mujeres no se conoce por el momento.

Aunque hay un número destacado de estudios, el problema principal viene dado por el escaso número de participantes en ellos. La mayoría de estudios están hechos con una muestra pequeña. Además, la participación de mujeres es muy escasa y no se pueden sacar resultados válidos en el género femenino.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abu Khaled, M., McCutcheon, M. J., Reddy, S., Pearman, P. L., Hunter, G. R. & Weinsier, R. L. (1988). Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *Am J Clin Nutr*, 47: 789-792.
- Arrese, A. L. & Ostariz, E. S. (2006). Skinfold thicknesses associated with distance running performance in highly trained runners. *J Sports Sci*, 24: 69-76.
- Bale, P., Bradbury, D. & Colley E. (1986). Anthropometric and training variables related to 10km running performance. *Br J Sports Med*, 20:170-173.
- Bushberg, J. T., Seibert, A. T., Leidholdt, E. M. Jr. & Boone, J. M. (2002). *The essential physics of medical imaging*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.

- Foster, K. R. & Lukaski, H. C. (1996). World body impedance-What does it measure? *Am J Clin Nutr*, 64: 388s-396s.
- García López, D. & Herrero, A. J. (2003). El triatlón: un acercamiento a sus orígenes y a los factores que determinan su rendimiento. *ISSN-e*, 66: 1514-3465.
- Gastmann, U., Dimeo, F., Huonker, M., Böcker, J., Steinacker, J. M., Petersen, K. G., Wieland, H., Keul, J. & Lehmann, M. (1998). Ultra-triathlon-related blood-chemical and endocrinological responses in nine athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 38: 18-23.
- Gilinsky, N., Hawkins, K. R., Tokar, T. N. & Cooper, J. A. (2014). Predictive variables for half-Ironman triathlon performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17: 300-305.
- Hernández, A. (s. f.). Triatlón I: Historia y características. *i-natación.com*. Recuperado de <http://www.i-natacion.com/articulos/modalidades/triatlon1.html>
- Hortobágyi, T., Israel, R. G., Houmard, J. A., O'Brien, K. F., Johns, R. A. & Wells, J. M. (1992). Comparison of four methods to assess body composition in black and white athletes. *Int J Sport Nutr*, 2: 60-74.
- Huygens, W., Claessens, A. L., Thomis, M., Loos, R., Van Langendonck, L., Peeters, M., Philippaerts, R., Meynaerts, E., Vlietinck, R. & Beunen, G. (2002). Body composition estimations by BIA versus anthropometric equations in body builders and other power athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 42: 529-534.
- Janssen, I., Steven, B., Heymsfield, R., Baumgartner, N. & Ross, R. (2000). Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol*, 89: 465-471.

- Kandel, M., Baeyens, J. P. & Clarys, P. (2014). Somatotype, training and performance in Ironman athletes. *European Journal of Sport Science*, Vol. 14, 4: 301-308.
- Knechtle, B., Duff, B., Amtmann, G. & Kohler, G. (2007). Cycling and running performance, not anthropometric factors, are associated with race performance in a triple Iron triathlon. *Research in Sports Medicine*, 15: 257-269.
- Knechtle, B., Knechtle, P. & Rosemann, T. (2011). Upper body skinfold thickness is related to race performance in male Ironman triathletes. *Internacional Journal of Sports Medicine*, 32(1): 20-27.
- Knechtle, B., Knechtle, P., Rosemann, T. & Senn, O. (2011). Personal best time, not anthropometry or training volume, is associated with total race time in a triple iron triathlon. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 25, 4: 1142-1150.
- Knechtle, B., Baumann, B., Wirth, A., Knechtle, P. & Rosemann, T. (2010) Male ironman triathletes lose skeletal muscle mass. *Asia Pac J Clin Nutr*, Vol. 19, 1: 91-97.
- Knechtle, B., Wirth, A., Baumann, B., Knechtle, P. & Rosemann T. (2010). Personal best time, percent body fat, and training are differently associated with race time for male and female ironman triathletes. *Res Q Exerc Sport*, 81: 62-68.
- Knechtle, B., Wirth, A., Baumann, B., Knechtle, P., Rosemann, T. & Senn, O. (2010). Differential correlations between anthropometry, training volume and performance male and female ironman triathletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 24, 10: 2785-2793.
- Knechtle, B., Wirth, A. & Rosemann, T. (2010). Predictors of race time in male ironman triathletes: Physical characteristics, training, or prerace experience? *Percept Mot Skills*, 111: 437-446

- Knechtle, B., Wirth, A., Knechtle, P., Rosemann, T., Rüst, C. A. & Bescós, R. (2011). A comparison of fat mass and skeletal muscle mass estimation in male ultra-endurance athletes using bioelectrical impedance analysis and different anthropometric methods. *Nutr Hosp*, Vol. 26, 6:1420-1427.
- Landers, G. J., Blanksby, B. A., Ackland, T. R. & Smith, D. (2000). Morphology and performance of world championship triathletes. *Ann Hum Biol*, Vol. 27, 4: 387-400.
- Lee, R. C., Wang, Z., Heo, M., Ross, R., Janssen, I., Heymsfield, S. B. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr*, 72: 796-803.
- Legaz, A. & Estone, R. (2005). Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *Br J Sports Med*, 39: 851-856.
- Lepers, R. (2008). Analysis of Hawaii ironman performance in elite triathletes from 1981 to 2007. *Med Sci Sports Exerc*, 40: 1828-1834.
- Mueller, S. M., Anliker, E., Knechtle, P., Knechtle, B. & Toigo, M. (2013). Changes in body composition in triathletes during an Ironman race. *Eur J Appl Physiol*, 113:2343-2352.
- Pastene, J., Germain, N., Allevard, A.M., Gharib, C. & Lacour, J.R. (1996). Water balance during and after marathon running. *Eur J Appl Physiol*, 73: 49-55.
- Pietrobelli, A., Formica, C., Wang, Z. & Heymsfield, S. B. (1996). Dual-Energy X-Ray absorptiometry body composition model: review of physical components. *Am J Physiol*, Vol. 271, 6: E941-E951.

- Pichard, C., Kyle, U. G., Gremion, G., Gervase, M., Slosman, D. O. (1997). Body composition by X-Ray absorptiometry and bioelectrical impedance in female runners. *Met Sci Sports Exerc*, 29: 1527-1534.
- Ross, R., Léger, L., Martin, P. & Roy, R. (1989). Sensitivity of bioelectrical impedance to detect changes in human body composition. *J Appl Physiol*, 67: 1643-1648.
- Rust, C. A., Knechtle, B., Knechtle, P., Wirth, A. & Rosemann, T. (2012). A comparison of anthropometric and training characteristics among recreational male ironman triathletes and ultra-endurance cyclists. *Chin J Physiol*, 55: 114-124.
- Rust, C. A., Knechtle, B., Wirth, A., Knechtle, P., Ellenrieder, B., Rosemann, T. & Lepers, R. (2012). Personal best times in a olympic distance triathlon and a marathon predict and ironman race time for recreational female triathletes. *Chin J Physiol*, 55: 156-162.
- Sleivert, G. G. & Rowlands, D. S. (1996). Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Med*, 22: 8-18.
- Speedy, D. B., Noakes, T. D., Kimber, N. E., Rogers, I. R., Thompson, J. M., Bosswell, D. R., Ross, J. J., Campbell, R. G., Gallagher, P. G., Kuttner, J. A., (2001). Fluid balance during and after and Ironman triathlon. *Clin J Sport Med*, 11: 44-50.
- Vasudev, S., Mohan, A., Mohan, D., Farooq, S., Raj, D. & Mohan, V. (2004). Validation of body fat measurement by skin-folds and two bioelectrical impedance methods with DEXA-The Chennai Urban Rural Epidemiology Study "CURES-3". *J Assoc Physicians India*, 52: 873-871.
- Ward, S. R. & Lieber, R. L. (2005). Density and Hydration of fresh and fixed human skeletal muscle. *J Biochem*, 38: 2317-2320.

Wildschutt, P., Travill, A., Leach, L. & Burrell, L. (2002). Anthropometric and physiological characteristics of South African triathletes. *African Journal for Physical, Health Education Recreation and Dance*, Vol. 8, 2: 297-308.

Wu, S. S., Peiffer, J. J., Brisswalter, J., Nosaka, K. & Abbiss, C. R. (2014). Factors influencing pacing triathlon. *J Sports Med*, 5: 223-234.

Zheng, E., Shao, S. & Webster, J. G. (1984). Impedance of skeletal muscle from 1Hz to 1MHz. *I IEEE Trans Biomed Eng*, 31: 477-481.

9. ANEXOS

El Anexo 1 se adjunta en la siguiente página.



LEYENDAS UTILIZADAS: H=Hombre, M=Mujer, En= Endomorfia, Me= Mesomorfia, Ec= Ectomorfia, MG= Masa grasa, MM= Masa Musuclar

Disciplina	Sexo (H/M)	Edad	Somatotipo			% MG *	% MM **	Referencia (Indicar link o Primer autor y título del artículo)
			En	Me	Ec			
Ironman	H	20-29	2'1	4'8	2'7	C		Michel Kandel "Somatotype, training and performance in Ironman race"
Ironman	H	30-39	2'3	5'2	2'5	C		Michel Kandel "Somatotype, training and performance in Ironman race"
Ironman	H	40-49	2'6	5'6	2'0	C		Michel Kandel "Somatotype, training and performance in Ironman race"
Ironman	H	50-59	2'5	6'3	1'5	C		Michel Kandel "Somatotype, training and performance in Ironman race"
Ironman	H	60-69	3'2	5'0	2'0	C		Michel Kandel "Somatotype, training and performance in Ironman race"
Ironman	H	20-69	2'4	5'4	2'2	C		Michel Kandel "Somatotype, training and performance in Ironman race"
Ironman	M	31-46	2'4	4'3	2'7	C		Michel Kandel "Somatotype, training and performance in Ironman race"

* Indicar ecuación o metodología utilizada: F: Faulkner, C: Carter, S: Siri, D: DEXA, B: BIA, R: RMN

** Indicar ecuación o metodología utilizada: L: Lee, D: DEXA, B: BIA, R: RMN