



Universidad Miguel Hernández de Elche
Programa de Doctorado en Deporte y Salud

VALORACIÓN DE PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS E
ÍNDICES DE SALUD EN DEPORTISTAS CON DISCAPACIDAD

Tesis Doctoral

Doctoranda

D^a. Carmen Doménech Ribes

Director

Dr. Raúl Reina Vaíllo

Codirector

Dr. Jose Manuel Sarabia Marín

Elche, julio de 2024



La presente tesis doctoral, titulada “*Valoración de parámetros antropométricos e índices de salud en deportistas con discapacidad*”, es un compendio de tres artículos publicados en revistas indexadas:

- **Doménech, C.**, Alacid, F., Roche, E., y Reina R. (2020). Morphological characteristics of visually impaired tennis practitioners. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 13(3), 144-149. doi.org/10.33155/j.ramd.2020.02.001

Scimago Journal & Country Rank (SJR), Health Professions: Sports Science, H-index 18, Q4.

- Sarabia, J.M., **Doménech, C.**, Roche, E., Vicente-Salar, N., y Reina, R. (2020). Anthropometrical features of para-footballers according to their cerebral palsy profiles and compared to controls. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 9071. doi.org/10.3390/ijerph17239071

Journal Citation Reports (JCR), Social Sciences Citation Index (SSCI): Public, Environmental and Occupational Health, Impact Factor = 3.39, 42/176, Q1.

Scimago Journal & Country Rank (SJR), Health Professions: Sports Science, H-index 198, Q2.

- **Doménech, C.**, Roche, E., Reina, R., y Sarabia, J.M. (2023). Somatotype analysis of international football players with cerebral palsy: A comparison with non-disabled football players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(4), 166. doi.org/10.3390/jfmk8040166

Journal Citation Reports (JCR), Social Sciences Citation Index (SSCI): Sport Sciences, Impact Factor = 2.6, 31/127, Q1.

Scimago Journal & Country Rank (SJR), Medicine: Anatomy, H-index 28, Q1.



El Dr. *Raúl Reina Vaíllo*, director, y el Dr. *José Manuel Sarabia Marín*, codirector de la Tesis Doctoral titulada *“Valoración de parámetros antropométricos e índices de salud en deportistas con discapacidad.”*

INFORMAN

Que D^a. *Carmen Doménech Ribes* ha realizado bajo nuestra supervisión el trabajo titulado *“Valoración de parámetros antropométricos e índices de salud en deportistas con discapacidad”* conforme a los términos y condiciones definidos en su Plan de Investigación y de acuerdo con el Código de Buenas Prácticas de la Universidad Miguel Hernández de Elche, cumpliendo los objetivos previstos de forma satisfactoria para su defensa pública como Tesis Doctoral.

Lo que firmamos para los efectos oportunos,

En Elche, a 11 de julio de 2024

Director de la Tesis Doctoral
Dr. Raúl Reina Vaíllo

Codirector de la Tesis Doctoral
Dr. José Manuel Sarabia Marín



El Dr. *Francisco Javier Moreno Hernández*, Coordinador del Programa de Doctorado en Deporte y Salud de la Universidad Miguel Hernández de Elche

INFORMA

Que D^a Carmen Doménech Ribes ha realizado bajo la supervisión de nuestro Programa de Doctorado el trabajo titulado “*Valoración de parámetros antropométricos e índices de salud en deportistas con discapacidad*” conforme a los términos y condiciones definidos en su Plan de Investigación y de acuerdo con el Código de Buenas Prácticas de la Universidad Miguel Hernández de Elche, cumpliendo los objetivos previstos de forma satisfactoria para su defensa pública como Tesis Doctoral.

Lo que firmo para los efectos oportunos,

en Elche, a 11 de julio de 2024

Prof. Dr. *Francisco Javier Moreno Hernández*

Coordinador del Programa de Doctorado en Deporte y Salud

Índice

Listado de Tablas	3
Listado de abreviaturas	4
Resumen	7
Abstract	11
1. Introducción	15
1.1. Discapacidad y deporte	15
1.2. Elegibilidad en el deporte de persona con discapacidad	17
1.3. Tenis para personas con ceguera	18
1.4. Fútbol para personas con parálisis cerebral	20
1.4.1. Parálisis cerebral y subtipos	20
1.4.1.1. Hipertonía espástica	20
1.4.1.2. Ataxia	21
1.4.1.3. Atetosis	22
1.4.1.4. Regiones afectadas en la parálisis cerebral	22
1.4.2. Fútbol PC	23
2. Objetivos e Hipótesis	27
2.1. Objetivo general	27
2.2. Objetivos específicos	27
2.3. Hipótesis	28
3. Material y métodos	29
3.1. Participantes	29
3.2. Antropometría	29
3.3. Composición corporal	31
3.4. Somatotipo	33
4. Resultados	39
4.1. Estudio 1	39
4.2. Estudio 2	43
4.2.1. <i>Lados dominante vs no dominante</i>	43
4.2.2. <i>Comparación con el grupo control</i>	43
4.2.3. <i>Comparación de ecuaciones para la estimación de la distribución de masas</i>	43
4.3. Estudio 3	47
5. Discusión	49
5.1. Comparación de perfiles antropométricos	49
5.2. Composición corporal	53
5.3. Somatotipo	55
6. Conclusiones	61

7. Limitaciones	63
8. Agradecimientos	65
9. Bibliografía	67
10. Apéndices	73
10.1. Artículo 1	73
10.2. Artículo 2	81
10.3. Artículo 3	97



Listado de Tablas

Tabla 1. Variables y medidas antropométricas realizadas en los diferentes estudios de la Tesis Doctoral.	30
Tabla 2. Métodos de cálculo de la composición corporal utilizados en los diferentes estudios de la Tesis Doctoral.	32
Tabla 3. Edad, peso, talla y características antropométricas (pliegues cutáneos, perímetros y diámetros) de toda la población y de los dos subgrupos (españoles y resto) de tenistas con ceguera y discapacidad visual participantes en el estudio.	41
Tabla 4. Composición corporal, somatotipo e índices corporales de toda la población y subgrupos (españoles y resto) de tenistas con ceguera y discapacidad visual.	42
Tabla 5. Medidas antropométricas de los cuatro perfiles de futbolistas con parálisis cerebral y futbolistas del grupo control.	44
Tabla 6. Composición corporal de los cuatro perfiles de futbolistas con parálisis cerebral y futbolistas del grupo control.	45
Tabla 7. Puntuaciones Z para los lados corporales dominante y no dominante para cada subgrupo de futbolistas con parálisis cerebral y el grupo control.	46
Tabla 8. Características antropométricas de los diferentes subgrupos.	47
Tabla 9. Variables estadísticas descriptivas de los componentes del somatotipo.	47

Listado de Figuras

Figura 1. Perfiles funcionales de los jugadores de fútbol PC en el momento de la toma de datos.	24
Figura 2. Categorías somatotípicas según Duquet y Carter.	35
Figura 3. Somatopuntos individuales y medios de los tenistas participantes en el estudio. Los puntos grandes muestran el perfil medio de cada grupo.	40

Listado de abreviaturas

A: Pliegue abdominal.

AF: Afroamericano.

B1: Jugador totalmente o casi totalmente ciego.

B2/B3: Jugadores parcialmente videntes con diferencias en agudeza o campo visual.

CA: Caucásico.

Ca: Pliegue pierna.

Ch: Pliegue pectoral.

CPISRA: Asociación Internacional de Deportes y Recreación de la Parálisis Cerebral.

d: Exponente dimensional.

DE: Desviación estándar.

Dom: Lado dominante del cuerpo.

ECTO: Ectomorfia.

ENDO: Endomorfia.

FIFA: Federación Internacional de Fútbol.

FT5: Futbolista de fútbol PC con perfil de diparesia espástica de impacto moderado.

FT6: Futbolista de fútbol PC con perfil de atetosis o ataxia de impacto moderado.

FT7: Futbolista de fútbol PC con perfil de hemiparesia espástica de impacto moderado.

FT8: Futbolista de fútbol PC con perfil funcional de impacto mínimo.

GC: Grupo control.

h: Altura.

HSD: Diferencia honestamente significativa.

IBSA: Asociación Internacional de Deportes para Personas con Ceguera.

IFCPF: Federación Internacional de Fútbol para Personas con Parálisis Cerebral.

IMC: Índice de masa corporal.

IP: Índice ponderal.

ISAK: Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría.

KS: Kolmogorov-Smirnov.

L: La pierna izquierda es la dominante.

MESO: Mesomorfia.

NE: No elegible.

Non-Dom: Lado no dominante del cuerpo.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

P: Valor del Phantom para la variable.

PC: Parálisis cerebral.

R: La pierna derecha es la dominante.

s: Valor de la desviación estándar del Phantom

SAD: Distancia actitudinal del somatotipo.

SAM: Media actitudinal del somatotipo.

SDD: Distancia de dispersión del somatotipo.

SDI: Índice de dispersión del somatotipo.

SM: Somatotipo medio.

Sb: Pliegue subescapular.

Sp: Pliegue supraespinal.

SPSS: Paquete Estadístico para Ciencias Sociales.

TEM: Error técnico de medida.

Th: Pliegue del muslo.

Trp: Pliegue del tríceps.



Resumen

Para las personas con discapacidad, el deporte representa uno de los mejores medios para la promoción de una imagen inclusiva en la sociedad. Desde hace varias décadas, el deporte para las personas con discapacidad ha adquirido una dimensión internacional, ajustándose a las necesidades y cánones del alto rendimiento deportivo. Las técnicas de medidas antropométricas permiten valorar la composición corporal y el somatotipo, variables comúnmente utilizadas para el control y la optimización del rendimiento deportivo. Sin embargo, en la actualidad, algunos para-deportes no disponen de valores de referencia antropométricos en para-deportistas de nivel internacional con una muestra lo suficientemente amplia. Con este fin, la presente Tesis Doctoral proporciona el estudio de los perfiles antropométricos y de composición corporal, así como el somatotipo de jugadores internacionales en dos para-deportes. El primer estudio lo conforma jugadores internacionales de tenis para personas con ceguera o discapacidad visual, cuya muestra representa la primera competición realizada a nivel internacional, siendo ésta la primera oportunidad para reportar los reseñados valores de referencia. Por su parte, los estudios 2 y 3 incluyen jugadores internacionales que practican fútbol para personas con parálisis cerebral (PC), para-deporte que a pesar de que la primera competición internacional fue en los años setenta, se evidencia que hasta la presente Tesis Doctoral no ha habido una estandarización de los valores antropométricos de referencia para diferentes perfiles funcionales.

Los dos para-deportes escogidos tienen un componente tanto aeróbico como anaeróbico, donde son fundamentales tanto los aspectos de resistencia aeróbica como gestos deportivos de alta intensidad (*e.g.*, el saque, el salto o el sprint). Estas características los hacen homogéneos para analizar las exigencias físicas que determinan la idoneidad del perfil antropométrico del jugador. Además, la Tesis Doctoral busca proporcionar sugerencias útiles a entrenadores y preparadores físicos mediante un enfoque práctico de los resultados antropométricos obtenidos, proporcionando nuevas posibilidades de mejora del rendimiento deportivo y para la valoración del estado de salud de los deportistas. Así, en el caso de los tenistas con ceguera o discapacidad visual, se estudian y sugieren diferentes índices obtenidos a partir de las medidas

antropométricas para la evaluación del estado de salud de los jugadores; mientras que en el caso de los jugadores de fútbol PC, se proporciona información atendiendo a diferentes grupos funcionales y a los lados dominante y no dominante.

Concretamente, el primer estudio tiene por objetivo caracterizar el somatotipo y la composición corporal de un grupo de tenistas internacionales con ceguera o discapacidad visual. Para tal propósito, se contó con una muestra de 13 jugadores varones de tenis: 8 españoles (3 de la clase B1 y 5 de la clase B2) y 5 extranjeros (3 de la clase B1 y 2 de la clase B3), durante el primer torneo internacional de esta modalidad adaptada del tenis, realizado en Alicante (España) en 2017. Las medidas antropométricas incluyeron tres diámetros, seis perímetros y ocho pliegues. La composición corporal se midió a través de la masa grasa (fórmula de Durmin y Womersley), la masa muscular (ecuación de Lee) y la masa ósea (ecuación de Rocha). Para el cálculo del somatotipo se empleó el modelo propuesto por Carter (1982). Los deportistas presentaron un somatotipo mesomorfo-endomórfico, no observándose diferencias en la masa grasa y muscular al comparar tenistas españoles con extranjeros. No obstante, los jugadores españoles presentaron valores significativamente mayores en los pliegues del bíceps y medial de la pierna, así como valores inferiores de masa ósea y altura. Del estudio se concluye que todos los participantes presentaron un sobrepeso límite y que los deportistas españoles tendían a acumular más grasa en extremidades superiores e inferiores, lo que podría condicionar su rendimiento. Estos indicadores deberían tenerse en cuenta a la hora de planificar la dieta, el entrenamiento y los objetivos de temporada de este grupo de para-deportistas en un deporte incipiente, donde los parámetros de control del rendimiento pueden no estar considerados.

Los estudios 2 y 3 de la presente Tesis Doctoral se han realizado con una muestra representativa de futbolistas con PC de nivel internacional ($n = 141$) y un grupo control de jugadores de fútbol sin discapacidad con un régimen de entrenamiento equivalente ($n = 39$). El segundo estudio tiene como objetivos describir los perfiles antropométricos y de composición corporal de los futbolistas con PC internacionales de diferentes perfiles funcionales (i.e., diparesia espástica, atetosis/ataxia, hemiparesia espástica y deficiencia mínima elegible), analizar las diferencias entre los lados afectado/no dominante y no afectado/dominante, y comparar la muestra de futbolistas con PC con

una muestra de futbolistas sin discapacidad. Por su parte, el tercer estudio describe el somatotipo de la muestra y los compara con un grupo control. Las medidas antropométricas incluyeron cuatro diámetros, nueve perímetros y seis pliegues. La composición corporal se midió a través de la masa grasa (incluyendo las ecuaciones de Carter, Faulker y Whithers), la masa muscular (ecuación de Lee) y la masa ósea (ecuaciones de Roche y Martin). Se han encontrado diferencias entre los futbolistas con y sin discapacidad de los diferentes perfiles funcionales: diparesia espástica (pliegues); atetosis/ataxia (pierna corregida del lado no dominante, y pliegue de la pierna para ambos lados); y hemiparesia espástica (todas las medidas excepto diámetro del fémur, y perímetro de muslo y tobillo). Sin embargo, no se encontraron diferencias entre los futbolistas con PC con deficiencia mínima elegible y los futbolistas sin discapacidad. Con relación al somatotipo, se observó, al igual que en los tenistas con ceguera y deficiencia visual, un predominio del componente mesomórfico en todos los subgrupos y se encontraron diferencias en el somatotipo entre futbolistas sin discapacidad y los futbolistas con hemiparesia espástica y deficiencia mínima elegible. Se concluye que los futbolistas con deficiencias elegibles de hipertonía espástica, atetosis o ataxia pueden considerarse homogéneos en composición cuando se compara el lado dominante de éstos, además de cierto grado de homogeneidad en términos de somatotipo entre los futbolistas con discapacidad en cualquiera de los perfiles funcionales.

Ambos estudios proporcionan valores de referencia de las medidas antropométricas realizadas, la composición corporal y el somatotipo (en futbolistas con PC) de nivel internacional, que puede ayudar a entrenadores y preparadores físicos a controlar la condición física y salud de sus para-deportistas.

Abstract

For people with disabilities, sports represent one of the best means for promoting an inclusive image of society. For several decades, sports for people with disabilities have acquired an international dimension, adjusting to the needs and standards of high-performance sports. Among the tools for controlling and optimizing sports performance, anthropometric measurement techniques allow for assessing body composition and somatotype, variables commonly used for performance control and optimization. However, currently, some para-sports lack anthropometric reference values in international-level para-athletes with a sufficiently large sample. To this end, this Doctoral Thesis studies the anthropometric and body composition profiles, as well as the somatotype of international players in two para-sports.

The first study comprises international tennis players with blindness or visual impairment, representing the first international competition held in this adapted tennis modality, providing the first opportunity to report these reference values. The second and third studies include international players practising football for people with cerebral palsy (CP), a para-sport whose first international competition was in the 1970s, but for which standardized anthropometric reference values for different functional profiles have not been established until this Doctoral Thesis.

The two chosen para-sports have both aerobic and anaerobic components, where aspects of aerobic endurance and high-intensity sports gestures (e.g., serving, jumping, or sprinting) are fundamental. These characteristics make them relatively homogeneous for analyzing the physical demands that determine the suitability of the player's anthropometric profile. Additionally, this Thesis aims to provide suggestions that could be useful to coaches and physical trainers through a practical approach to the obtained anthropometric results, offering new possibilities for improving sports performance and evaluating the health status of athletes. For blind or visually impaired tennis players, different indices derived from anthropometric measurements are studied and suggested to assess their health status; while for CP football players, information is provided based on different functional groups and dominant and non-dominant sides.

Specifically, the first study aims to characterize the somatotype and body composition of a group of international tennis players with blindness or visual impairment. For this purpose, a sample of 13 male tennis players was used: 8 Spaniards (3 in class B1 and 5 in class B2) and 5 foreigners (3 in class B1 and 2 in class B3), during the first international tournament of this adapted tennis modality, held in Alicante (Spain) in 2017. Anthropometric measurements included three diameters, six circumferences, and eight skinfolds. Body composition was measured through fat mass (Durmin and Womersley formula), muscle mass (Lee equation), and bone mass (Rocha equation). To calculate the somatotype, the model proposed by Carter (1982) was used. The athletes showed a mesomorphic-endomorphic somatotype, with no differences in fat and muscle mass when comparing Spanish with foreign players. However, Spanish players had significantly higher values in biceps and medial calf skinfolds, as well as lower bone mass and height. The study concludes that all participants showed borderline overweight and that Spanish athletes tended to accumulate more fat in their upper and lower limbs, which could affect their performance. These indicators should be considered when planning the diet, training, and seasonal goals of this group of para-athletes in an emerging sport, where performance control parameters may not yet be considered.

The second and third studies of this Doctoral Thesis were conducted with a representative sample of international CP footballers ($n = 141$) and a control group of footballers without disabilities ($n = 39$) with an equivalent training regime. The second study aims to describe the anthropometric and body composition profiles of international CP footballers with different functional profiles (i.e., spastic diplegia, athetosis/ataxia, spastic hemiplegia, and minimally eligible deficiency), analyze the differences between the affected/non-dominant and unaffected/dominant sides, and compare the sample of CP footballers with the sample of footballers without disabilities. The third study describes the somatotype of the sample and compares it with the control group. Anthropometric measurements included four diameters, nine circumferences, and six skinfolds. Body composition was measured through fat mass (including Carter, Faulkner, and Withers equations), muscle mass (Lee equation), and bone mass (Roche and Martin equations). Differences were found between footballers with and without

disabilities in the different functional profiles: spastic diplegia (skinfolts); athetosis/ataxia (corrected calf on the non-dominant side and calf skinfold for both sides); and spastic hemiplegia (all measures except femur diameter and thigh and ankle circumferences). However, no differences were found between CP footballers with minimally eligible deficiency and footballers without disabilities. Regarding somatotype, as with the tennis players with visual impairments, a predominance of the mesomorphic component was observed in all subgroups, and differences in somatotype were found between footballers without disabilities and CP footballers with spastic hemiplegia and minimally eligible deficiency. It is concluded that footballers with eligible deficiencies of spastic hypertonia, athetosis, or ataxia can be considered homogeneous in composition when comparing their dominant side, in addition to a certain degree of homogeneity in somatotype among footballers with disabilities in any functional profile.

Both studies provide reference values for the performed anthropometric measurements, body composition, and somatotype (in CP footballers) at the international level, which can help coaches and physical trainers control the physical condition and health of their para-athletes.

1. Introducción

1.1. Discapacidad y deporte

Las personas con discapacidad son aquellas que presentan algún tipo de deficiencia permanente de estructura o función corporal de tipo físico, orgánico, sensorial, comportamental o cognitivo que, al interactuar con diferentes barreras, puede obstaculizar su participación plena y efectiva en la sociedad en igualdad de condiciones con los demás. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de mil millones de personas, en torno al 15% de la población mundial, presentan algún tipo de discapacidad. En España, se estima que entorno a cuatro millones de personas, es decir, el 9% de la población, se encuentran en situación de discapacidad (OMS, 2021).

En este grupo de población, la participación en el deporte tiene múltiples beneficios para la salud física y mental del colectivo, incluida la mejora de la funcionalidad, la reducción de la ansiedad, así como un mayor grado de inclusión (Bull et al., 2020). Entre los aspectos concretos que mejoran la práctica deportiva en las personas con discapacidad destacan las oportunidades de socialización, el disfrute o la sensación de libertad, así como la creación de un espacio para el desafío de estereotipos (Aitchison et al., 2022). La práctica deportiva se puede enfocar desde distintos puntos de vista en función de las motivaciones individuales, ya sea como actividad terapéutica, como recreación, como ejercicio físico, deporte competitivo o como deporte de élite o profesional (Agudo, 2011). Cada una de estas alternativas quedarían definidas dentro de diferentes etapas (Sanz, Palencia, Reina y Leardy, 2018). En primera instancia, el deporte de base es aquel que se practica en las primeras etapas de iniciación deportiva, con una finalidad de realización de actividad físico-deportiva alejada de cualquier objetivo de mejora del rendimiento. Esta etapa está básicamente vinculada a la adquisición de hábitos de la práctica deportiva, ocupación de tiempo de ocio y mejora de la condición física y psicológica del practicante, si bien en esta población adquiere en ocasiones tintes de carácter terapéutico. Cuando los deportistas comienzan a tener una dedicación más intensa en una modalidad deportiva en concreto aparece el rendimiento junto a la competición, donde hablaríamos de etapas de especialización y/o tecnificación deportiva. Por último, el deporte de alto rendimiento incluye a aquellos

deportistas que participan en competiciones internacionales y, especialmente, deportes incluidos en el programa oficial de los Juegos Paralímpicos o deportes que aspiran a estar en ellos; donde los deportistas tienen una dedicación plena y/o especializada al deporte en cuestión, y donde los parámetros de evaluación y control del rendimiento se tornan fundamentales.

Si bien los beneficios de la práctica deportiva en este grupo de población han sido bien documentados, la incorporación, relativamente reciente, de estos deportistas al deporte de alta competición en nuevas disciplinas deportivas o minoritarias, plantea la pertinencia de estudiar la composición corporal como herramienta de control y potencial mejora del rendimiento deportivo. En este sentido encontramos que, en el caso del tenis, se dispone tanto de estudios previos sobre composición corporal de tenistas adultos sin discapacidad (Martínez-Rodríguez, Roche-Collado, y Vicente-Salar, 2015), así como con deportistas ciegos de otras disciplinas deportivas como el para-atletismo (Torralba et al., 2015). Sin embargo, las publicaciones referidas a la composición corporal de tenistas con ceguera previo a esta Tesis Doctoral son inexistentes, a pesar del auge de este para-deporte en Europa. Con relación a los deportistas con parálisis cerebral (PC) que practican fútbol, también encontramos estudios previos en jugadores de fútbol sin discapacidad que muestran menores niveles de masa grasa en futbolistas de élite en comparación con otros niveles competitivos (Slimani y Nikolaidis, 2019); pero hasta la fecha no se había estudiado específicamente variables antropométricas y de somatotipo en esta población de para-deportistas.

A pesar de estas lagunas de conocimiento en dos deportes no paralímpicos como el tenis para personas con ceguera y el fútbol PC, la composición corporal y las características antropométricas de para-deportistas sí ha sido estudiada en otras disciplinas deportivas paralímpicas como la para-natación (Dingley, Pyne y Burkett, 2015), el para-atletismo (Juzwiak et al., 2016), diferentes deportes en silla de ruedas (Flueck, 2020) o el para-remo (Porto et al., 2008). Sin embargo, cabe reseñar que estos estudios incluyen grupos mixtos de para-atletas, es decir, con diferentes tipos de deficiencias elegibles o incluso incluyendo deportistas procedentes de diferentes para-deportes. Además, sólo se describían medidas antropométricas básicas (*i.e.*, altura, peso e índice de masa corporal).

Considerando la importancia del estudio de la composición corporal en el rendimiento deportivo (Lukasky y Raymond, 2021) y dada la limitada evidencia a este respecto con relación al tenis para personas con ceguera y al fútbol PC, la presente Tesis Doctoral la conforman tres artículos que aportan información novel al respecto. Con anterioridad a la exposición de las metodologías utilizadas y hallazgos específicos, se exponen una serie de aspectos pertinentes para contextualizar su desarrollo.

1.2. Elegibilidad en el deporte de persona con discapacidad

Dentro del deporte de competición practicado por personas con discapacidad, uno de los elementos distintivos del mismo es el proceso de elegibilidad y clasificación, siendo un proceso crucial en la carrera deportiva de cualquier deportista con discapacidad. La elegibilidad se describe en términos de deficiencias elegibles, donde cada deporte determina qué deficiencias de estructura o función corporal son elegibles para cada para-deporte (Reina et al., 2021). En deporte paralímpico, el nuevo *Código de Clasificación del Comité Paralímpico Internacional* (IPC, 2024) determina 5 deficiencias físicas (*i.e.*, deficiencias de coordinación, deficiencia de fuerza muscular, deficiencia de extremidades, deficiencia de rango de movimiento pasivo y corta estatura), la visual y la intelectual. En el caso que nos ocupa, la modalidad de tenis estudiada sólo incluye a aquellos deportistas con deficiencia visual elegible, mientras que el fútbol PC estaría reservado a deportistas con deficiencias de coordinación elegibles, subdividiéndose éstas en las de hipertonia espástica, ataxia motora y discinesia (*i.e.*, atetosis, corea o distonía).

Los sistemas de clasificación deben pues asegurar que el éxito de un deportista provenga de la combinación de sus características antropométricas, fisiológicas y/o psicológicas y de cómo es capaz de sacar el mejor resultado de éstas, pero no porque partan de una situación desventajosa de competición originada por el propio sistema de clasificación (Tweedy y Vanlandewijck, 2011). El nuevo Código de Clasificación del IPC considera que el propósito de la Clasificación es permitir a los deportistas con deficiencias elegibles participar en el para-deporte de competición con aspiraciones de excelencia deportiva, cuyo máximo exponente son los Juegos Paralímpicos. La

Clasificación establece pues un marco único que promueve una competición justa y significativa, minimizando el impacto de las deficiencias de los deportistas en el resultado de la competición, de modo que el resultado venga determinado por factores distintos a la deficiencia. La Clasificación es esencial para el Movimiento Paralímpico, ya que el para-deporte no puede existir sin la clasificación. Para lograr este propósito, la Clasificación desempeña dos funciones fundamentales: (1) la determinación de qué deportistas son elegibles para competir en para-deporte y (2) la agrupación de los deportistas elegibles en Clases Deportivas en función del grado en que su(s) deficiencia(s) afecta(n) a su capacidad para ejecutar las tareas y actividades específicas fundamentales del deporte en cuestión.

Los códigos de elegibilidad están vinculados al *Sistema Internacional de Clasificación de la Funcionalidad, Discapacidad y Salud* (OMS, 2001), donde se define el término *deficiencia* como: “la afectación de la estructura o función de alguna parte del cuerpo que tiene como consecuencia una limitación en alguna actividad”. Dicha limitación estará directamente condicionada por el tipo, magnitud y extensión de la deficiencia, siendo el propósito de la Clasificación el establecer una relación entre la deficiencia y la limitación en la actividad deportivas al realizar las habilidades propias que demanda cada para-deporte. En el caso que nos ocupa, hay habilidades deportivas comunes como los desplazamientos en diferentes direcciones, cambios de dirección o aceleraciones/deceleraciones, si bien el tenis tendrá unas específicas como golpear la pelota con una raqueta, mientras que el fútbol implica también saltos y habilidades de manejo del balón como pase, conducción o chut.

1.3. Tenis para personas con ceguera

Según estimaciones de la OMS, alrededor de 2.200 millones de personas muestran algún tipo de discapacidad visual, de las cuales 39 millones tienen ceguera, lo que supone el 0,7% de la población mundial (OMS, 2021). En España, el número de personas que presenta algún tipo de discapacidad visual es de 84.579, lo que supone el 23,63% de las 357.894 personas con discapacidad en nuestro país (INE, 2023). Debido a la alta prevalencia de esta discapacidad y la aparición de esta con la edad, los beneficios

de práctica deportiva y la posible incorporación a una modalidad adaptada al tenis que se juega en un espacio similar al tenis convencional es de interés para este grupo de población (Lieberman, 2002).

El tenis para personas con ceguera y deficiencia visual (i.e., *blind tennis*) es una adaptación del tenis convencional, pero con la finalidad de utilizar el tenis como herramienta de inclusión social y aumentar el grado de autonomía y empoderamiento de personas con discapacidad visual. Su origen se encuentra en Japón donde, en 1984, fue incorporado por primera vez en una escuela de secundaria para personas con ceguera de la mano de su precursor, el profesor Miyoshi Takei. Actualmente, Japón cuenta con cerca de 300 jugadores y se practica en 29 países más, habiéndose introducido en España gracias a la labor de la Fundación *Sound Tennis* (Twist, 2012).

Atendiendo al nuevo Código de Clasificación del IPC (2024), los deportistas con deficiencias visuales deben presentar un problema de salud subyacente que afecte a la estructura o la función del ojo, el nervio óptico, el quiasma óptico, las vías visuales posteriores al quiasma o la corteza visual del cerebro, provocando una reducción o ausencia de función visual, incluso cuando se utiliza la mejor corrección óptica o refractiva posible. Tradicionalmente, la *International Blind Sports Association* (IBSA) ha estipulado tres clases atendiendo a al grado de agudeza y campo visual de los deportistas, donde el *blind tennis* no es una excepción:

- **B1:** los y las deportistas tienen una agudeza visual muy baja (inferior a LogMAR 2.60) y/o no tienen percepción de la luz.
- **B2:** los y las deportistas de la clase B2 tienen una agudeza visual superior a deportistas que compiten en B1 (LogMAR 1.50 a 2.60) y/o con un campo visual limitado a un diámetro inferior a 10°.
- **B3:** los y las deportistas de la clase B3 (o equivalente) tienen la mínima deficiencia visual para ser elegibles. Tienen la máxima agudeza visual permitida (LogMAR 1 a 1.40, inclusive) y/o un campo visual inferior a 40° de diámetro.

La práctica de esta modalidad adaptada del tenis requiere de ciertas adaptaciones, tal y como así establece IBSA. Las raquetas que se emplean son de un tamaño máximo de 58 cm para los jugadores B1 y de un máximo de 63 cm para los jugadores B2 y B3. La pelota, fabricada en espuma, posee un núcleo en el interior con 5

bolitas de plomo que le aportan la deseada condición sonora. La pelota es ligera, no alcanza grandes velocidades y no produce lesiones al contacto con el cuerpo del jugador/a. Su principal cualidad es que produce sonido al ser golpeada, cuando rebota y cuando se desplaza por la pista, hecho que le permite ser localizada con facilidad por un/a jugador/a con discapacidad visual. Por último, las dimensiones de la pista dependerán del nivel de ceguera del jugador/a. Para los deportistas de la B1, la pista medirá 12,80 x 6,10 m, mientras que los deportistas de las clases B2 y B3 las dimensiones serán de 18,28 x 8,23 m, en ambos casos dividida en dos mitades iguales separadas por una red que tiene una altura de 80 cm en el centro y 85 cm en los laterales.

Debido a las condiciones del juego y las características de los jugadores, normalmente, se juega en interior o bien en pistas protegidas de ruidos y viento. Específicamente, las líneas que delimitan el perímetro de la pista tendrán un relieve de 2 mm para que los jugadores puedan orientarse y así facilitar su posición. Con este mismo objetivo, también se añade una última línea que divide en dos mitades iguales la línea de fondo y que se extiende 50 cm hacia el interior de la pista y 3 m hacia el exterior.

1.4. Fútbol para personas con parálisis cerebral

1.4.1. Parálisis cerebral y subtipos

La PC es un trastorno persistente que afecta a la postura, el movimiento y el equilibrio, causado por un daño del sistema nervioso central durante el período temprano del desarrollo cerebral (Rosenbaum et al., 2007). Los trastornos del movimiento asociados a la PC se clasifican en hipertonía, atetosis y ataxia, siendo la espasticidad el trastorno del movimiento más común, teniendo lugar en el 80% de los niños con PC. Se estima que afecta a entre 2 y 3 niños de cada 1.000 nacimientos con diferentes etiologías, siendo la discapacidad física infantil más común (Kirsten, Heathte y Dakota, 2020). Para comprender los conceptos que conforman los sistemas de clasificación para este colectivo, se describen a continuación los diferentes trastornos del movimiento que, en ocasiones, pueden aparecer de forma combinada.

1.4.1.1. Hipertonía espástica

Se define como el aumento anómalo del tono muscular que resulta en una mayor

resistencia al alargamiento pasivo de la musculatura. El área afectada es la corteza cerebral, pudiendo observarse un incremento de los reflejos tendinosos profundos en las extremidades, temblores, debilidad y un andar característico de puntillas, en los casos que sea posible deambular. La presentan entre el 70 y el 80% de las personas con PC. La hipertonía puede ser causada por espasticidad, distonía, rigidez, o una combinación de éstos, si bien el último Código de Clasificación la define como “un aumento de la tensión muscular que puede depender de la velocidad y/o una reducción de la capacidad de estiramiento del músculo” (IPC, 2024). Por todo ello, se precisan algunas puntualizaciones terminológicas y clínicas de interés para este subtipo de deficiencia elegible dentro de las nuevas denominadas “deficiencias de coordinación” (IPC, 2024):

- **Espasticidad.** Los deportistas con hipertonía espástica presentan un tono muscular incrementado que mantiene los músculos en un estado constante de tensión, lo que condiciona la velocidad y la amplitud de movimiento de la musculatura afectada. La presencia de la espasticidad supone la presencia de hipertonía, por lo que los términos espasticidad e hipertonía espástica se pueden usar indistintamente.
- **Rigidez.** Resistencia a movimientos pasivos, independientemente de la postura y la velocidad del movimiento, siendo relativamente uniforme en todo el rango de movimiento, por lo que podemos definir la rigidez como hipertonía si se dan todas estas circunstancias.
- **Distonía.** Alteración involuntaria en el patrón de activación muscular durante un movimiento voluntario o al mantener una postura, presentando contracciones musculares mantenidas o intermitentes que pueden causar torceduras o retorcimientos de las zonas afectadas. La distonía puede causar hipertonía, pero la hipertonía no siempre está presente en la distonía, de ahí que puede ser considerada a su vez un tipo de discinesia.

1.4.1.2. Ataxia

Es definida como la alteración en el control de movimientos voluntarios por una afectación del equilibrio y la coordinación, pudiendo afectar al patrón de marcha así como presentar hipotonía y temblor. Esto es debido a que está causada por un daño en

el cerebelo, responsable del movimiento muscular para el equilibrio y la coordinación. La PC atáxica afecta generalmente a todo el cuerpo, y está presente en el 5-10% de las personas con PC, siendo el tipo con menor incidencia (Kriger, 2006). El nuevo Código de Clasificación la concreta como Ataxia Motora, definiéndola como una “precisión limitada en la dirección y velocidad del movimiento voluntario” (IPC, 2024).

1.4.1.3. Atetosis

Es definida como la producción involuntaria de contracciones musculares en reposo o durante el movimiento resultante de daños en los centros de control motor del cerebro, con más frecuencia en los ganglios basales. Afecta al 10-20% de las personas afectadas por PC. Está caracterizada por la realización anómala de movimientos lentos y retorcidos, usualmente, en manos, pies, brazos o piernas. En algunos casos, este tipo de PC se caracteriza por un tono muscular y tensión incrementados, donde algunos músculos están demasiado tensos mientras que otros están demasiado relajados, pasando de hipotonía a hipertonía (Kriger, 2006). El nuevo Código de Clasificación del IPC (2024) la concreta ahora como Discinesia (*i.e.*, atetosis, ataxia, corea) y la define como “movimientos involuntarios que interfieren en la realización de movimientos voluntarios”.

1.4.1.4. Regiones afectadas en la parálisis cerebral

Además de los trastornos del tono y el control motor voluntario, los perfiles funcionales en fútbol PC consideran a su vez el número de extremidades afectadas, donde podemos distinguir entre:

- **Monoparesia**, afectando a una sola extremidad, bien de un miembro superior o inferior. Este perfil no sería elegible en fútbol PC si sólo afecta a un brazo, y estaría dentro de la clase FT8¹ si afecta a una pierna.
- **Hemiparesia**, afectando a un hemicuerpo (derecho o izquierdo) y de tipo hipertónica habitualmente. El lado afectado tendrá limitada la producción de fuerza y se verá también afectados el equilibrio y la coordinación en acciones que requieran la participación directa de dicho hemicuerpo para el control del movimiento. Este perfil funcional se materializa en la clase FT7 (*i.e.*,

¹ Para el momento del estudio, las clases deportivas de Fútbol PC se detallan en el epígrafe 1.4.2,

espasticidad 2-3) si el impacto es moderado y en la FT8 si es mínimo (i.e., espasticidad <2).

- **Diparesia**, también de tipo hipertónica, afecta más a las extremidades inferiores. Puede presentar buen equilibrio estático, pero no siempre durante el equilibrio dinámico, presentando un patrón de marcha alterado que afecta a ambos lados. Este perfil es el propio de la clase FT5 en fútbol PC con niveles de espasticidad igual o superior a 2, o clase FT8 si es inferior.
- **Tetraparesia**, afecta a las cuatro extremidades, pudiendo ser de mayor intensidad en miembros superiores o inferiores o en un lado del cuerpo, conocida también como doble hemiparesia en caso de que se presente de forma asimétrica. Dependiendo del impacto de la ataxia o atetosis, este perfil se encuadra en los perfiles FT6 (moderada) o FT8 (leve) de fútbol PC en el momento en que se realizó la toma de datos para el presente estudio.

1.4.2. Fútbol PC

Entre los deportes que pueden practicar las personas ambulantes con PC se encuentra el fútbol PC. Este deporte tiene unas características similares al fútbol convencional con algunas modificaciones respecto a las reglas del fútbol FIFA, siendo la *International Federation of Cerebral Palsy Football* (IFCPF) el órgano encargado de su regulación.

Los partidos tienen una duración de 60 min (2 tiempos de 30 min) con un descanso de 10 min, donde se enfrentan siete jugadores por equipo. Las dimensiones del campo son de un mínimo de 70 x 50 m y un máximo de 75 x 55 m, con porterías que miden 5 x 2 m y donde no existe el fuera de juego. Todos los participantes en competiciones oficiales de fútbol PC deben tener una clasificación oficial de la IFCPF, basada en aspectos de elegibilidad y clasificación específica para el juego. A este respecto, cabe reseñar que, en el momento en que se tomaron los datos de los estudios 2 y 3 de la presente Tesis Doctoral, el sistema de clasificación estaba compuesto por cuatro clases deportivas que van de la FT5 a la FT8 (Reina, 2014), habiéndose producido un cambio estructural en las clases deportivas de este para-deporte en 2018 (ver Figura 1). Durante todo el partido, al menos un jugador de clase FT5 o FT6 debe permanecer

en el campo, limitando como máximo a un jugador en el campo de la clase FT8.

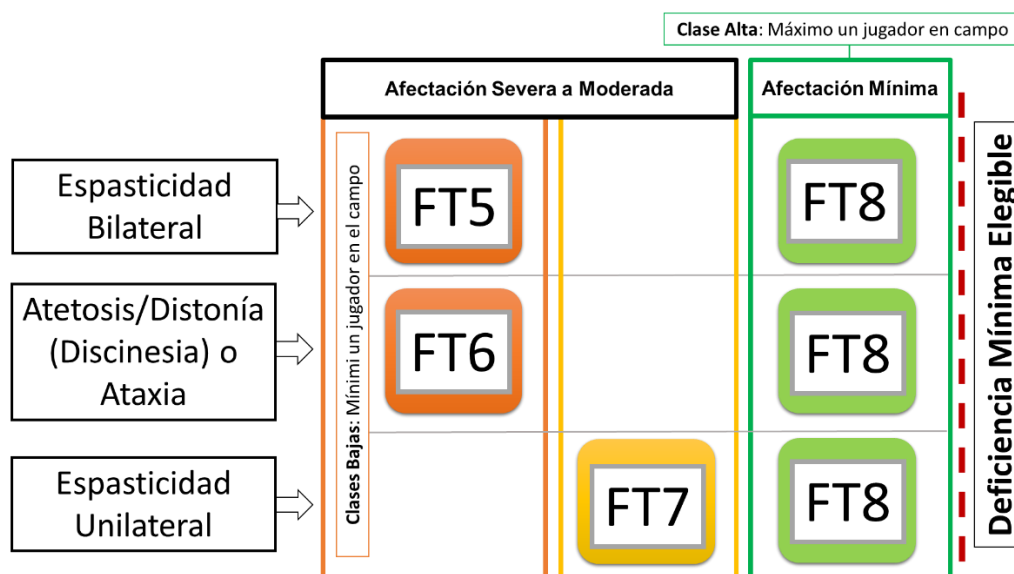


Figura 1. Perfiles funcionales de los jugadores de fútbol PC en el momento de la toma de datos (adaptado de IFCPF, 2018)

- **Clase FT5.** *Diparesia (pudiendo ser asimétrica), doble hemiparesia o distonía.* En estos jugadores, los cambios en la posición del centro de gravedad pueden conducir a pérdidas de equilibrio, ya que tanto la diparesia, como la hemiparesia o distonía suelen afectar en mayor medida a los miembros inferiores que a los superiores. A pesar de tener una alta espasticidad, los jugadores de esta clase deben ser capaces de correr. Suelen presentar un buen equilibrio estático, pero muestran problemas en el equilibrio dinámico. En cuanto a las extremidades superiores, la fuerza funcional suele manifestarse dentro de límites considerados normales, siendo el rango de movimiento y la coordinación las que fluctúan entre limitaciones de mínimas a moderadas durante los gestos deportivos.
- **Clase FT6.** *Atetosis, distonía, ataxia o PC mixta o condiciones neurológicas relacionadas.* En estos jugadores encontramos una afectación moderada en las cuatro extremidades, no necesitando asistencia durante la marcha. Estos deportistas presentan mayores problemas de control en sus miembros superiores que los de la clase FT5, pero tienen mejor funcionalidad en sus extremidades inferiores, especialmente cuando corren. En ocasiones, algunos deportistas, aun presentando espasticidad, pueden ajustarse a este perfil. Los

deportistas con atetosis presentan mejor equilibrio dinámico que estático, pero ambos (atetósicos y atáxicos) presentan problemas de equilibrio, además de problemas durante la aceleración, paradas y giros durante la carrera. Los deportistas con afectación en miembros superiores pueden presentar limitaciones del rango de movimiento, poca coordinación y sincronización de movimientos.

- **Clase FT7. Hemiparesia.** Presentan una alta hipertonía en un hemicuerpo, con una marcha o carrera con cojera causada por la espasticidad en la extremidad inferior. Presentan buena funcionalidad en el lado no afectado del cuerpo, pero dificultades para andar sobre el talón del lado afectado, además de dificultades importantes en los saltos, pasos laterales y equilibrio sobre el lado afectado. El codo y hombro afectados tienen una mayor espasticidad y, por tanto, un menor rango de movimiento. Los músculos afectados tendrán un mayor tono durante la carrera y puede aparecer una inclinación lateral del cuerpo durante la marcha. El entrenamiento no cambia estos patrones, pero si la calidad de los movimientos funcionales. Sin embargo, y debido a la espasticidad, presentan restricciones ante movimientos rápidos y aumentos del tono muscular con el esfuerzo.
- **Clase FT8. Diparesia, hemiparesia, doble hemiparesia, monoparesia o distonía. Atetosis, ataxia o mixta** (todas ellas levemente afectadas con respecto a las clases anteriores). Son jugadores que presentan una funcionalidad cercana a la normal durante la carrera, evidenciando movimientos espásticos, atáxicos, atetósicos o distónicos durante el desarrollo del juego. Pueden presentar una cojera durante la marcha mientras que la carrera es fluida. En cuanto a la espasticidad, aunque leve, debe ser evidente en las extremidades afectadas. La diferencia entre rangos de movimiento activos y pasivos debe ser clara, así como el rango de movimiento pasivo a velocidades rápidas con respecto a lentas. Se pueden recoger diferencias en la longitud de piernas o en la masa muscular de más de 2 cm. En el caso de la monoparesia, ésta debe involucrar al menos dos articulaciones de un mismo segmento corporal y presentar limitaciones comparando en el rango de movimiento activo y pasivo o en el lado derecho e izquierdo. Los jugadores que presenten monoparesia sólo de

miembros superiores no son elegibles para la práctica de fútbol PC. Con respecto a la ataxia o la atetosis, el deportista debe mostrar claros signos de disfunción cerebelosa. Los problemas de equilibrio y coordinación en la ataxia deben ser evidentes durante la evaluación y el juego, es decir, la deficiencia debe tener un impacto demostrable en el desempeño deportivo.



2. Objetivos e Hipótesis

2.1. Objetivo general

Debido a las limitaciones y falta de información previas sobre la composición corporal de deportistas de los para-deportes que son objeto de estudio en la presente Tesis Doctoral, el objetivo general es describir los perfiles de composición corporal y somatotipo de deportistas de competición a nivel internacional en *blind tennis* y fútbol PC.

2.2. Objetivos específicos

El objetivo del primer artículo fue caracterizar el somatotipo y la composición corporal de un grupo de tenistas de competición con discapacidades visuales.

En el segundo artículo, realizado con una muestra representativa de jugadores internacionales de fútbol PC, se abordaron diferentes objetivos específicos:

- Describir los perfiles antropométricos y de composición corporal de los futbolistas con diferentes perfiles de PC: *i.e.*, diparesia espástica, atetosis/ataxia, hemiparesia espástica y mínima deficiencia elegible.
- Analizar las diferencias entre los lados afectados/no dominantes y no afectado/dominante.
- Comparar la muestra de para-futbolistas con un grupo control (GC), formado por una muestra de futbolistas sin discapacidad con un régimen de entrenamiento equivalente.

El tercer y último artículo supone una continuación del anterior, y tiene por objetivo describir el somatotipo de la muestra de futbolistas internacionales con PC, además de compararlo con el GC equivalente.

2.3. Hipótesis

En el primer artículo se esperaba, tras describir el somatotipo y la composición corporal de los tenistas con ceguera o deficiencia visual, encontrar diferencias entre los jugadores españoles (con un supuesto menor volumen de entrenamiento o reciente incorporación al para-deporte) y los jugadores extranjeros (con un supuesto superior volumen de entrenamiento o más experiencia en este para-deporte). A su vez, esperábamos también encontrar diferencias entre la composición corporal de los tenistas con ceguera y deficiencia visual y los tenistas sin discapacidad, debido a las dificultades de movilidad intrínsecas a la propia discapacidad.

En el segundo y tercer artículo esperábamos encontrar diferencias de los futbolistas con PC respecto a los futbolistas sin discapacidad, tanto en la composición corporal como en el somatotipo, debido principalmente a las diferentes limitaciones físicas que implican cada uno de los perfiles funcionales en los que se categoriza esta población de deportistas con discapacidad.



3. Material y métodos

3.1. Participantes

En el primer artículo, la muestra la constituye 13 jugadores internacionales de tenis para personas con ceguera y discapacidad visual, de los cuales 8 eran de nacionalidad española (B1 = 3 y B2 = 5) y 5 extranjeros (B1 = 3 y B3 = 2). La evaluación de los jugadores fue realizada durante el primer torneo internacional de tenis para este colectivo, celebrado en el año 2017 en Alicante (España).

El segundo y tercer artículo lo conforma 141 futbolistas, 102 de los cuales eran para-futbolistas internacionales de diferentes países ($n = 10$) que participaron en la Copa Intercontinental CPISRA de 2013 en Sant Cugat (España), un torneo clasificatorio para el Campeonato Mundial de Fútbol PC de 2015. Atendiendo a los perfiles funcionales descritos en el epígrafe 1.4.2, estos jugadores fueron clasificados como diparesia espástica ($n = 8$), atetosis/ataxia ($n = 14$), hemiparesia espástica ($n = 64$) y deficiencia mínima ($n = 16$). El resto de los jugadores lo conformaba el GC ($n = 39$), todos ellos pertenecientes a dos equipos de la tercera división del fútbol español.

Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito tras una detallada explicación escrita y verbal de los posibles riesgos y beneficios derivados de la participación en los estudios, tal y como se recoge en la Declaración de Helsinki de la World Medical Association (2013).

3.2. Antropometría

Los estudios antropométricos permiten estimar la composición corporal de los deportistas, su morfología, dimensiones, así como la proporcionalidad. La antropometría es un método indirecto para estimar la composición corporal que presenta una serie de ventajas, entre ellas destacan: su bajo coste económico, que su aplicación no requiere mucho tiempo, el material empleado es transportable, es un método no invasivo y se puede aplicar a grandes grupos de población (Alberó et al., 2010). Sin embargo, el método presenta una serie de posibles desventajas debido los posibles errores en las mediciones. Para solventar este inconveniente, y garantizar la

precisión y exactitud requeridas, se empleó el método estandarizado propuesto por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK), que permite disponer de un estándar internacional de mediciones antropométricas.

La Tabla 1 muestra las diferentes medidas realizadas en los estudios 1 (tenistas con ceguera y discapacidad visual) y 2-3 (futbolistas con PC y GC) en cuanto a diámetros, perímetros y pliegues cutáneos.

Tabla 1. Variables y medidas antropométricas realizadas en los diferentes estudios de la Tesis Doctoral.

Variable	Medida	Estudio 1	Estudios 2 y 3
Diámetros	Húmero	•	•
	Muñeca	•	•
	Fémur	•	•
	Tobillo		•
Perímetros	Cuello		•
	Brazo relajado	•	•
	Brazo contraído	•	•
	Cintura	•	
	Cadera	•	
	Muslo	•	•
	Pierna medial	•	•
	Tobillo		•
Pliegues cutáneos	Tríceps	•	•
	Bíceps	•	
	Pectoral		•
	Subescapular	•	•
	Supraespinal	•	•
	Cresta Ilíaca	•	
	Abdominal	•	•
	Muslo	•	•
	Pierna	•	•

Cabe indicar que los pliegues cutáneos de brazo, muslo y pierna “corregida” se calcularon mediante la fórmula:

$$\text{Circunferencia corregida} = \text{circunferencia} - (\pi \text{ pliegue})$$

Para la obtención de las diferentes medidas antropométricas se empleó el siguiente material:

- La **masa corporal** total de los participantes se midió en kilogramos con una báscula digital Tanita (modelo BC-601, Ámsterdam, Países Bajos).
- Para los **diámetros** se empleó un paquímetro (Holtain, Crosswell, Reino Unido).
- Los **perímetros** se midieron con una cinta metálica no extensible (Lufkin, Sparks, NV, EEUU)
- Los **pliegues cutáneos** se midieron con un plicómetro Holtain Tanner/Whitehouse (Holtain, Crosswell, Reino Unido).

Una vez realizada la medición fiable de los sitios anatómicos antropométricos, se han empleado una serie de herramientas utilizando varios cómputos para el análisis de datos. Estos incluyen el somatotipo, el fraccionamiento de la masa corporal en componentes de la masa ósea, muscular, adiposa y residual, así como estimaciones de proporcionalidad (Alberó et al., 2010). En el caso de los estudios 2 y 3, para el estudio de la proporcionalidad se empleó el modelo Phantom propuesto por Ross y Wilson (1974).

3.3. Composición corporal

La estimación de la composición corporal es importante en diferentes aspectos ya que, desde un punto de vista de la salud, permite determinar el estado nutricional en condiciones de salud como de enfermedad (Alberó et al., 2010). Puede ser también empleada para el estudio de asimetrías corporales como resultado de algunas patologías (Szkoda, Szopa, Siwiec, Kwiecien, y Domagalska, 2022), un tema de interés en fútbol PC, donde hay una sobrerrepresentación de futbolistas con hemiparesia espástica (Reina et al., 2020). A su vez, en el ámbito deportivo, es una herramienta para la

optimización del rendimiento deportivo en la medida que permite determinar los perfiles más adecuados a cada deporte, evaluar riesgo de lesiones, analizar el progreso de recuperación en lesiones, u optimizar los entrenamientos (Rodríguez, Flores, Farias, Gutiérrez, y Arce, 2010).

Para la elaboración del primer artículo, la composición corporal se expresó mediante un modelo de cuatro componentes, donde se obtuvo el porcentaje de masa grasa mediante la ecuación de Durnin y Womersley (1974), la masa muscular mediante la ecuación de Lee (Valensise et al., 2000) y la masa ósea mediante la ecuación de Rocha (Marfell-Jones, Stewart, y Ridder, 2012). La masa residual se obtuvo como la diferencia de la masa total respecto a la suma las tres anteriores.

Para determinar la composición corporal en las muestras del segundo y tercer artículo, se utilizó un modelo de tres componentes: masa grasa, masa muscular y contenido mineral óseo. El porcentaje de masa grasa se calculó empleando tres métodos diferentes: la ecuación de Yuhasz modificada por Faulkner (1966), la ecuación de Carter (1983) y las ecuaciones de Whithers (Whithers, Craig, Bourdon, y Norton, 1987). El porcentaje de masa muscular se calculó con la ecuación de Lee (Valensise et al., 2000). Y el porcentaje de masa ósea se calculó según dos ecuaciones diferentes: la ecuación de Rocha (Marfell-Jones et al., 2012) y la de Martin (1991)

La Tabla 2 contrasta los métodos de cálculo de la composición corporal en los estudios de la Tesis Doctoral.

Tabla 2. Métodos de cálculo de la composición corporal utilizados en los diferentes estudios de la Tesis Doctoral.

Parámetros	Estudio 1	Estudios 2 y 3
Componentes modelo	4	3
Masa grasa (1)	Durnin y Womersley (1974)	Yuhasz (Faulkner, 1966) Carter (1982) Whithers et al. (1987)
Masa muscular (2)	Lee (Valensise et al., 2000)	
Masa ósea (3)	Rocha (Marfell-Jones et al. 2012)	
	---	Martin (1991)
Masa residual	Diferencial (1) (2) (3)	---

3.4. Somatotipo

El somatotipo es la descripción cuantitativa de la forma y composición corporal del cuerpo humano en un momento dado, con aplicaciones tales como describir y comparar deportistas en distintos niveles de competición o entrenamiento, para establecer relaciones con datos de composición corporal, o para caracterizar cambios físicos durante el crecimiento, desarrollo y envejecimiento. También se ha utilizado para la comparación entre hombres y mujeres, como herramienta en el análisis de la imagen corporal y para relacionar con ciertas patologías e indicadores de salud (Cabañas y Esparza, 2009). El somatotipo es pues, en realidad, una descripción numérica de la configuración morfológica de una persona en el momento de ser estudiada. En este sentido, el método empleado para el cálculo del somatotipo por Carter (1982) establece que la tipología de somatotipo predominante en la persona evaluada puede estar influida por factores como la edad y el sexo, el crecimiento, la actividad física, la alimentación, así como factores ambientales, el medio sociocultural o la raza (Sillero, 2006).

El somatotipo se expresa por tres componentes: endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, enumerados siempre en este orden. Cada uno de esos tres componentes expresan diferentes características de la persona: la endomorfia expresa la adiposidad relativa, la mesomorfia la robustez o magnitud musculoesquelética relativa, mientras que la ectomorfia expresa la linealidad relativa o delgadez (Carter, 2007). A continuación, se exponen las diferentes ecuaciones para sus cálculos:

- **Endomorfia:**

$$\text{Endo} = 0,7182 + 0,1451 \cdot X + 0,00068 \cdot X^2 + 0,0000014 \cdot X^3$$

donde el valor de X se expresa como:

$$X = \sum \text{Pliegues tríceps, subescapular y supraespinal en mm.}$$

- **Mesomorfia:**

$$\text{Meso} = 0,585 \cdot U + 0,601 \cdot F + 0,188 \cdot B + 0,161 \cdot P - 0,131 \cdot H + 4,5$$

donde:

$$U = \text{Diámetro epicondíleo del húmero (cm)}$$

F = Diámetro biepicondileo del fémur (cm)

B = Perímetro del brazo flexionado – pliegue del tríceps (cm)

P = Perímetro de la pierna - pliegue medial de la pierna (cm)

H = Talla (cm)

- **Ectomorfia**, requiere calcular primero el índice ponderal (IP):

$$IP = Estatura / \sqrt[3]{Peso}$$

En función del resultado obtenido, se obtiene la ectomorfia del siguiente modo:

Si $IP > 40,75$ entonces, $ECTO = (IP * 0,732) - 28,58$

Si $IP < 40,75$ y $> 38,28$ entonces, $ECTO = (IP * 0,463) - 17,63$

Si $IP < 38,28$ entonces, $ECTO = 0,1$ (Valor Fijo)

3.5. Somatocarta

A partir de los valores de cada uno de los componentes del somatotipo se pueden clasificar a las personas en función del componente dominante, seguido de alguna variante dependiendo de la magnitud de los otros componentes, tal y como se muestra a continuación:

- **Endo-mesomórfico**: la endomorfia es dominante y la mesomorfia es mayor que la ectomorfia.
- **Endomorfo-balanceado**: la endomorfia es dominante, y la mesomorfia y ectomorfia son iguales.
- **Endomorfo-mesomorfo**: la endomorfia y mesomorfia son iguales o no se diferencian más de media unidad y la ectomorfia es menor.

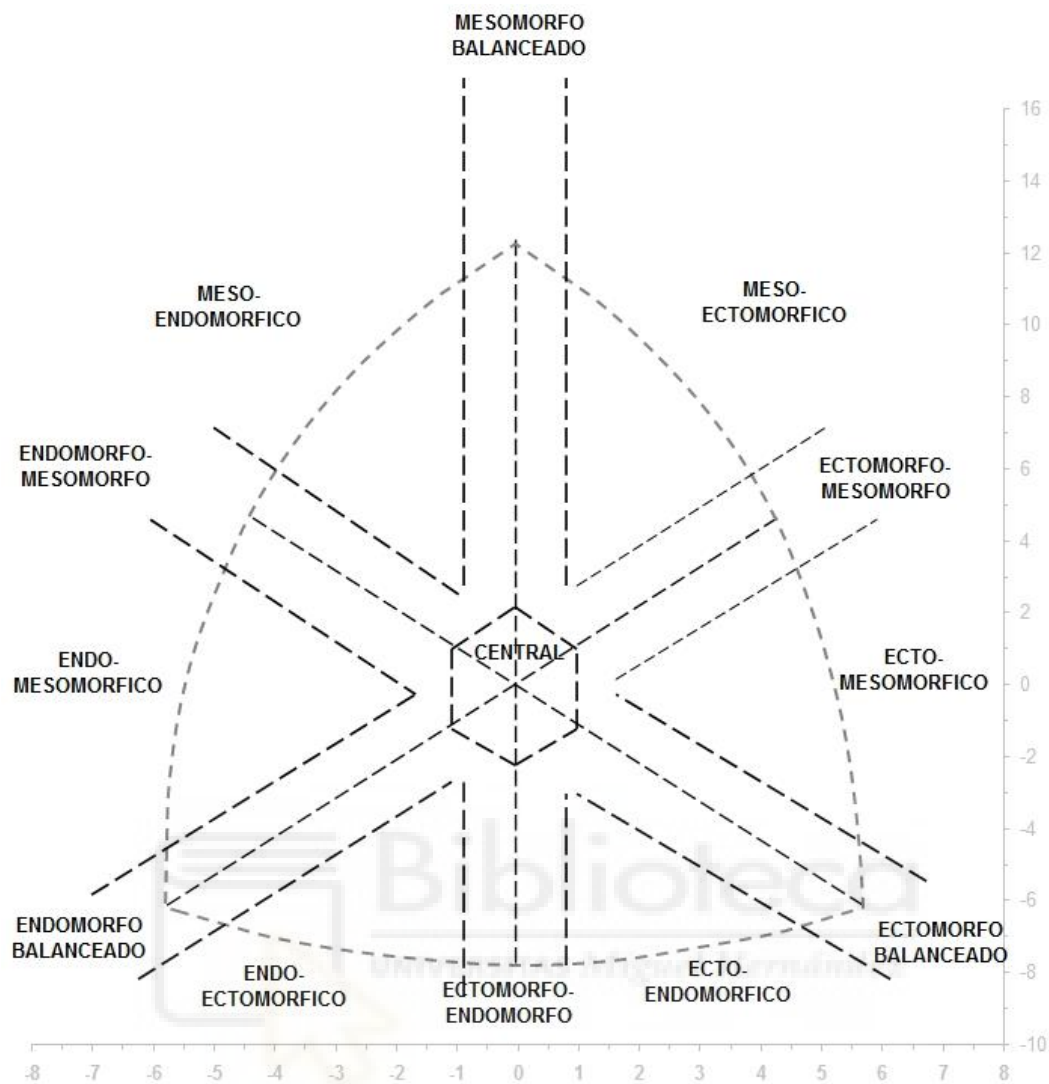


Figura 2. Categorías somatotípicas según Duquet y Carter (Cabañas y Esparza 2009)

La somatocarta es la representación gráfica del somatotipo. Una vez obtenidos los tres componentes del somatotipo y con intención de que se pueden representar en un solo plano, estos deben convertirse en sólo dos (X,Y). Para dicha conversión se emplean las siguientes fórmulas:

$$X = \text{Ectomorfia} - \text{Endomorfia}$$

$$Y = 2 \text{ Mesomorfia} - (\text{Ectomorfia} + \text{Endomorfia})$$

Una vez obtenidos los valores (X,Y), éstos pueden ser expresados como somatopuntos sobre la denominada somatocarta.

3.6. Análisis de resultados

En el artículo de tenistas con ceguera y discapacidad visual, la estadística descriptiva se presenta como medias y desviaciones estándar. Debido a que la muestra es pequeña, se empleó la prueba de Kolgomorov-Smirnov (K-S) para determinar si se ajustaba a una distribución normal. La prueba K-S determinó la idoneidad del uso de técnicas paramétricas para el análisis de los datos y se empleó la prueba de t de Student para variables independientes para detectar las diferencias significativas entre el grupo de para-deportistas españoles y el resto de los participantes con la significación estadística para el rechazo de la hipótesis nula establecida en $p < 0,05$. Para calcular el tamaño del efecto de las diferencias entre grupos se empleó el índice g de Hedges (Hedges y Olkin, 1985). Este índice se basa en el índice de Cohen (1988), pero proporciona una estimación del tamaño del efecto que reduce el sesgo causado por muestras pequeñas ($n < 20$). La interpretación de la g de Hedges fue considerada *grande* para valores superiores a 0,8, *moderada* para diferencias entre 0,5 y 0,8, *pequeña* para diferencias entre 0,2 y 0,5 y *triviales* cuando son inferiores a 0,2.

En el segundo estudio de la Tesis Doctoral, el primero de los dos trabajos aplicados a deportistas de fútbol PC, la distribución de datos se comprobó mediante las pruebas de K-S y Saphiro-Wilk, y el gráfico Q-Q. En esta ocasión, los resultados indicaron que los datos no seguían una distribución normal, ni para la totalidad del grupo ni para los diferentes perfiles de PC (*i.e.*, las diferentes clases deportivas en el momento de la obtención de los datos). Por este motivo, se consideró la mediana como medida de tendencia central y el rango intercuartil (percentiles 25 y 75) como medida de la dispersión de los datos. Se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para explorar las posibles diferencias entre los lados dominante o no afectado y el no dominante o afectado, estableciendo el nivel de $p < 0,05$.

Para analizar las diferencias entre los perfiles de PC se empleó la prueba de Kruskal-Wallis y la corrección de Bonferroni en el caso de encontrar diferencias significativas entre subgrupos. También se empleó la prueba de Friedman para comparar las ecuaciones de masa grasa y de masa ósea dentro de cada perfil de PC. Cuando se encontraron diferencias con la prueba de Friedman, se empleó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para el análisis múltiple con la corrección de

Bonferroni. La significación práctica se evaluó calculando el tamaño del efecto (d), según los valores sugeridos por Cohen (1988): superior a 0,8, entre 0,8 y 0,50, y por debajo de 0,2, considerándose grandes, moderados, pequeños y triviales, respectivamente.

Y en cuanto al tercer artículo de la Tesis y segundo realizado con los jugadores de fútbol PC cabe realizar algunas consideraciones adicionales. Se debe tener en cuenta que el somatotipo de una persona es útil cuando se compara consigo mismo en diferentes etapas de la vida, o con el de otra personas o grupo de personas de referencia. Es por ello por lo que, para el análisis individual del somatotipo, se emplea la Distancia de Dispersión del Somatotipo (SDD) que compara el somatotipo individual con un somatotipo de referencia. Cuando el valor de $SDD \geq 2$ se considera que hay diferencia significativa entre ambos somatotipos. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el hecho de que exista una diferencia no determina en qué se diferencia realmente una persona del resto del grupo, ni tampoco qué tipo de actuación debe abordarse para que su tipología se adapte a la de la media del grupo de referencia. Para ello se utiliza la Distancia Actitudinal del Somatotipo (SAD), donde el análisis toma por separado los componentes en lugar de las coordenadas (X,Y) de la somatocarta. En este caso, el resultado solo arroja una idea de la magnitud de la diferencia, pero no existe un valor límite que indique que la diferencia sea significativa. Por otra parte, cuando lo que se pretende es analizar un grupo en su conjunto, se calcula la Media Actitudinal del Somatotipo (SAM) a partir de la media de cada uno de los componentes de las personas integrantes del grupo. Así, otro valor de interés es el Índice de Dispersión del Somatotipo (SDI) que corresponde a la media de las SDD de los integrantes del grupo estudiado respecto a su Somatotipo Medio (SM). Si el valor de $SDI \geq 2$ se puede entender que la muestra no es homogénea y que existen diferencias significativas entre los somatotipos de las personas que la integran (Carter, 1982).

Así, para poder comparar los componentes del somatotipo, se empleó la SAD como distancia en tres dimensiones entre dos somatopuntos y la SDD como análisis de tipo bidimensional que determina la distancia entre dos somatotipos. La distribución de los datos se realizó mediante pruebas K-S, Shapiro-Wilk y el gráfico Q-Q. Los resultados indicaron que los datos seguían una distribución normal para todo el grupo, así como para los diferentes perfiles PC. Por ello, se utilizó una prueba ANOVA para encontrar

diferencias significativas entre perfiles PC en las variables calculadas del somatotipo. Cuando se encontraron cambios significativos entre subgrupos, se utilizó la corrección de Tukey. El tamaño del efecto para la diferencia media de SAD se fijó en un valor medio unitario (0.5) según Carter (2007). La significación estadística se fijó igualmente en $p < 0.05$.

Para llevar a cabo los análisis estadísticos en esta Tesis se han utilizado tanto el paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS versión 24.0) para Windows (estudios 1 y 2) como el paquete estadístico JASP (JASP versión 0.16) (estudio 3).



4. Resultados

4.1. Estudio 1

Los resultados acerca de las variables antropométricas (*i.e.*, pliegues cutáneos, perímetros y diámetros) se muestran en la Tabla 3, donde no se observaron diferencias significativas al comparar a los participantes según su agudeza visual (B1 vs B2/B3). Al comparar la composición corporal según los años de experiencia, considerando a los jugadores españoles como el grupo con menos experiencia, se observaron diferencias significativas y tamaños del efecto grandes para la edad y la estatura, con puntuaciones más bajas para ambas variables en el grupo con menos experiencia (*i.e.*, jugadores españoles). También se observaron diferencias significativas para las medias de los pliegues cutáneos en las zonas del bíceps y la pierna tamaños del efecto grandes para las zonas subescapular, de la cresta ilíaca y de la parte anterior del muslo. En todas estas mediciones, el grupo con menos experiencia presentó puntuaciones más altas en los pliegues cutáneos. Por lo que respecta a los perímetros, sólo el muslo presenta un tamaño del efecto grande al comparar ambos grupos. Y en cuanto a los diámetros, sólo la medida del fémur muestra un tamaño del efecto grandes, mostrando valores mayores para el grupo con más experiencia.

La composición corporal (*i.e.*, masa grasa, muscular, ósea y residual) se evaluó a partir de los parámetros antropométricos (Tabla 4). En cuanto a la composición corporal, la única diferencia significativa y con un tamaño del efecto grande fue un valor promedio inferior de la masa ósea para los jugadores españoles. En cuanto al somatotipo (Figura 3), los datos indican un somatotipo endomorfo-mesomorfo predominante para toda la muestra estudiada, así como para ambas poblaciones por separado. Sin embargo, se obtuvo una diferencia significativa y un gran tamaño del efecto para la ectomorfia (*i.e.*, mayor puntuación en el grupo con más experiencia) y un gran tamaño del efecto para la endomorfia (*i.e.*, mayor puntuación en el grupo con menos experiencia). En cuanto a la media actitudinal del somatotipo (SAM), como medida de la dispersión media de los somatotipos individuales respecto a la media del grupo, se constata una estructura de homogeneidad menor (*i.e.*, tamaño del efecto moderado) en los jugadores españoles ($1,9 \pm 1,1$) que en el resto de participantes ($1,2 \pm 0,7$). Por último, la Tabla 4 también

muestra los resultados de diferentes indicadores antropométricos relacionados con el estado de salud de los participantes. Aunque no se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos, los jugadores españoles presentaron puntuaciones más altas (*i.e.*, tamaños del efecto grandes) para las ratios IMC, cintura/cadera y cintura/altura en comparación con el resto de participantes del estudio.

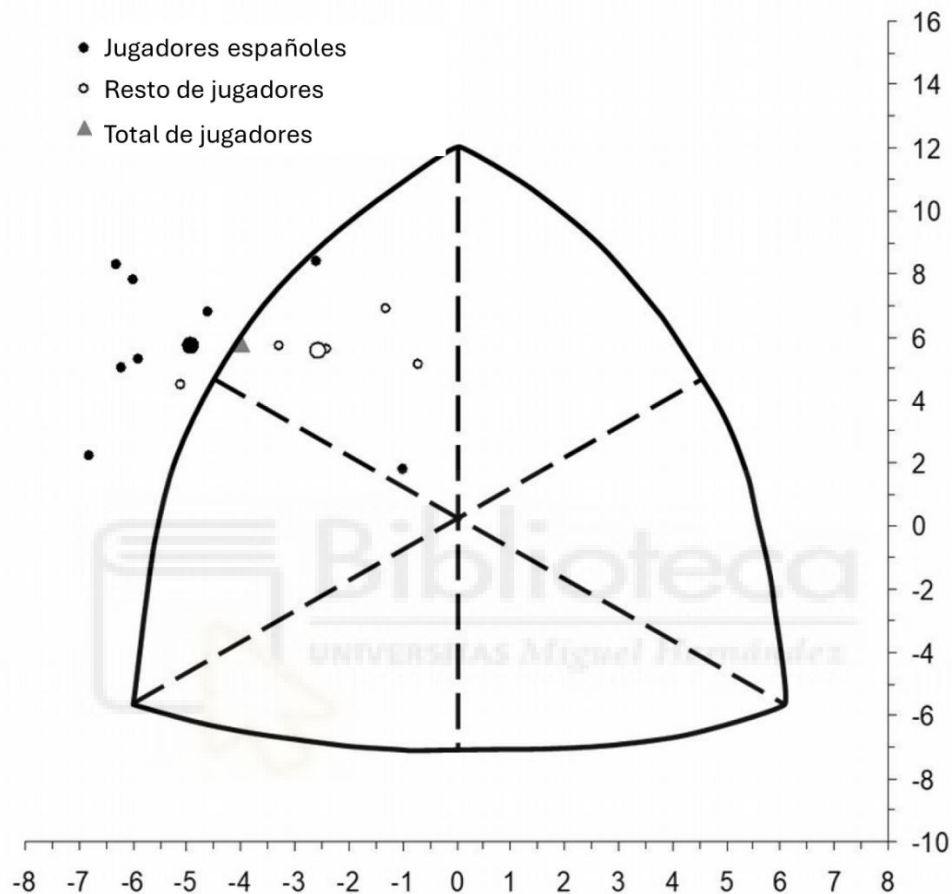


Figura 3. Somatopuntos individuales y medios de los tenistas participantes en el estudio. Los puntos grandes muestran el perfil medio de cada grupo.

Tabla 3. Edad, peso, talla y características antropométricas (pliegues cutáneos, perímetros y diámetros) de toda la población y de los dos subgrupos (españoles y resto) de tenistas con ceguera y discapacidad visual participantes en el estudio.

	Total (n = 13)		Jugadores españoles (n = 8) 2 años de experiencia		Resto de jugadores (n = 5) 4-6 años de experiencias		t	p	d _g	
	Media ± DT	Rango	Media ± DT	Rango	Media ± DT	Rango				
Edad (años)	38.3 ± 10.3	19 – 53	33.2 ± 9.4	19 – 53	46.3 ± 5.3	39 – 53	-2.81	0.017	-1.49	*†
masa corporal (kg)	79.9 ± 11.9	62.2 – 99.8	80.5 ± 11.3	62.2 – 99.8	78.8 ± 12.9	67.3 – 98.4	0.24	0.815	0.13	
Estatura (cm)	169.1 ± 7.1	161 – 185	166.3 ± 4.2	161 – 172	176.5 ± 6.1	171 – 190	-3.49	0.005	-1.90	*†
Pliegues (mm)										
Tríceps	14.3 ± 4.4	7.4 – 19.2	15.0 ± 4.2	8.2 – 19.2	13.1 ± 4.4	7.4 – 18.2	0.77	0.459	0.41	
Subescapular	19.7 ± 6.3	11.2 – 29.6	22.2 ± 5.2	11.2 – 29.6	15.7 ± 5.6	11.4 – 25.2	2.06	0.064	1.13	†
Bíceps	8.9 ± 4.1	4.4 – 19.8	10.6 ± 4.1	6.2 – 19.8	6.1 ± 1.4	4.4 – 7.8	2.22	0.049	1.24	*†
Cresta ilíaca	22.7 ± 4.8	12.2 – 28.6	24.2 ± 3.4	17.2 – 28.6	20.3 ± 5.8	12.2 – 25.2	1.50	0.163	0.82	†
Supraespinal	16.6 ± 7.4	7.8 – 27.4	17.7 ± 7.1	8.8 – 27.4	14.9 ± 7.6	7.8 – 25.6	0.64	0.534	0.34	
Abdominal	24.8 ± 6.2	16.0 – 31.6	25.0 ± 5.1	16.0 – 31.6	24.5 ± 7.9	11.8 – 31.4	0.13	0.898	0.07	
Muslo	23.3 ± 7.9	6.4 – 34.0	26.0 ± 6.2	15.2 – 34.0	18.9 ± 8.6	6.4 – 25.4	1.69	0.119	0.92	†
Pierna	14.3 ± 5.9	3.4 – 22.4	17.2 ± 4.3	9.8 – 22.4	9.6 ± 4.9	3.4 – 16.6	2.86	0.015	1.56	*
perímetros (cm)										
Brazo relejado	31.6 ± 2.4	27.5 – 33.5	32.0 ± 2.7	27.5 – 33.5	30.9 ± 1.5	28.7 – 32.5	0.78	0.454	0.44	
Brazo contraído	32.9 ± 2.5	27.5 – 38.0	33.2 ± 2.8	27.5 – 38.0	32.4 ± 1.5	30.2 – 33.9	0.52	0.614	0.31	
Cintura	91.9 ± 9.4	77.5 – 103.8	93.8 ± 9.6	77.5 – 103.8	88.9 ± 7.8	82.4 – 101.3	0.91	0.380	0.51	
Cadera	100.6 ± 7.9	86.4 – 113.3	100.5 ± 8.0	86.4 – 112.6	100.6 ± 7.8	94.2 – 113.3	-0.01	0.990	-0.01	
Muslo	55.1 ± 4.9	50.0 – 66.5	56.9 ± 4.3	50.4 – 66.5	52.1 ± 3.9	50.0 – 59.0	1.94	0.078	1.07	†
Pierna	39.3 ± 2.7	36.5 – 45.6	39.0 ± 2.8	36.5 – 45.6	39.8 ± 2.4	38.2 – 44.0	-0.49	0.634	-0.27	
Diámetros (cm)										
Húmero	6.9 ± 0.7	5.3 – 7.8	6.7 ± 0.7	5.3 – 7.5	7.2 ± 0.5	6.6 – 7.8	-1.35	0.205	-0.73	
Biestiloideo	5.5 ± 0.2	5.1 – 5.8	5.5 ± 0.2	5.1 – 5.7	5.6 ± 0.2	5.4 – 5.8	-1.13	0.283	-0.47	
Fémur	9.6 ± 0.6	8.6 – 10.6	9.3 ± 0.6	8.6 – 10.6	10.0 ± 0.4	9.6 – 10.3	-2.10	0.060	-1.21	†

(*) Diferencias significativas y tamaños del efecto grandes (†) comparando españoles (menos experimentados) con el resto de los jugadores. DT: desviación típica.

Tabla 4. Composición corporal, somatotipo e índices corporales de toda la población y subgrupos (españoles y resto) de tenistas con ceguera y discapacidad visual.

	Total (n = 13)		Jugadores españoles (n = 8) 2 años de experiencia		Resto de jugadores (n = 5) 4-6 años de experiencia		t	p	d _g	
	Media ± DT	Rango	Media ± DT	Rango	Media ± DT	Rango				
Composición corporal										
Masa grasa (%)	28.1 ± 5.3	17.3 – 34.7	28.5 ± 5.6	17.3 – 34.7	27.6 ± 5.3	19.7 – 33.2	0.91	0.380	0.15	
Masa muscular (%)	37.2 ± 4.1	30.6 – 42.2	36.1 ± 4.2	30.6 – 42.0	38.9 ± 3.7	34.1 – 42.2	-1.22	0.246	-0.65	
Masa ósea (%)	13.9 ± 1.9	11.2 – 16.7	13.3 ± 1.7	11.8 – 16.1	15.4 ± 1.5	13.0 – 16.7	2.57	0.026	-1.20	*†
Masa residual (%)	20.8 ± 6.0	9.7 – 29.5	22.4 ± 5.6	11.0 – 29.5	18.1 ± 6.2	9.7 – 25.6	0.79	0.446	0.69	
Somatotipo										
Endomorfia	5.0 ± 1.4	2.7 – 6.9	5.5 ± 1.4	3.0 – 6.9	4.2 ± 1.3	2.7 – 6.0	1.65	0.127	0.89	†
Mesomorfia	5.9 ± 1.3	3.4 – 9.0	6.1 ± 1.7	3.4 – 9.0	5.7 ± 0.2	5.5 – 5.9	0.49	0.631	0.27	
Ectomorfia	0.9 ± 0.9	0.1 – 2.6	0.5 ± 0.8	0.1 – 2.0	1.6 ± 0.6	0.9 – 2.6	-2.75	0.019	-1.40	*†
SAM	1.6 ± 1.0	0.3 – 3.9	1.9 ± 1.1	0.6 – 3.9	1.2 ± 0.7	0.3 – 1.9	1.29	0.223	0.68	
Índices corporales										
IMC (kg/m ²)	27.7 ± 3.9	22.5 – 34.9	29.3 ± 4.0	23.7 – 34.9	25.2 ± 2.4	22.5 – 28.7	2.04	0.067	1.09	†
Ratio cintura/cadera	0.9 ± 0.05	0.8 – 1.0	0.93 ± 0.05	0.8 – 1.0	0.88 ± 0.03	0.8 – 0.9	1.94	0.078	1.16	†
Ratio cintura/altura	0.5 ± 0.06	0.5 – 0.6	0.56 ± 0.06	0.5 – 0.6	0.50 ± 0.03	0.5 – 0.6	1.97	0.075	1.09	†

(*) Diferencias significativas y tamaños del efecto grandes (†) comparando españoles (menos experimentados) con el resto de jugadores. IMC: índice de masa corporal; SAM: somatotipo actitudinal medio; DT: desviación típica.

4.2. Estudio 2

4.2.1. Lados dominante vs no dominante

Las comparaciones entre los lados dominante (*i.e.*, no o menos afectado) y no dominante (*i.e.*, más afectado) se muestran en las Tablas 5 y 6. Mientras que los grupos de diparesia espástica, deficiencia mínima y GC mostraron diferencias triviales en algunos datos antropométricos, el grupo de atetosis/ataxia mostró diferencias en los perímetros, y el grupo de hemiparesia espástica mostró diferencias en todas las medidas a excepción de los pliegues cutáneos del tronco.

4.2.2. Comparación con el grupo control

Las comparaciones entre cada perfil PC y el grupo control se realizaron comparando las puntuaciones Z (Tabla 7). Todos los subgrupos de futbolistas con PC muestran diferencias en los pliegues cutáneos de ambos lados del cuerpo en comparación con el GC. Además, el subgrupo de hemiparesia espástica mostró diferencias con el GC en muchos de los diámetros y perímetros para el lado no dominante.

4.2.3. Comparación de ecuaciones para la estimación de la distribución de masas

En cuanto a las ecuaciones de masa grasa, la ecuación de Faulkner fue significativamente diferente de las ecuaciones de Withers y Carter para el subgrupo con diparesia espástica ($Z = 2.52$, $p = 0.012$, $d = 0.89$, para ambas comparaciones), deficiencia mínima elegible ($Z = 2.95$ y 3.52 , $p < 0.001$, $d = 0.74$ y 0.88 , respectivamente) y grupo control ($Z = 5.43$ y 5.44 , $p < 0.001$, $d = 0.87$), mientras que en el grupo de atetosis/ataxia sólo fue significativamente diferente de Carter ($Z = 3.11$, $p = 0.002$, $d = 0.83$), y en el grupo de hemiparesia espástica todas las ecuaciones fueron significativamente diferentes de las demás ($Z = 5.74$ – 6.94 , $p < 0.001$, $d = 0.72$ – 0.87).

En cuanto a las ecuaciones de masa ósea, tanto la de Rocha como la de Martin fueron significativamente diferentes para cada subgrupo (diparesia espástica, $Z = 2.52$, $p = 0.012$, $d = 0.89$; atetosis/ataxia, $Z = 3.30$, $p = 0.001$, $d = 0.88$; hemiparesia espástica, $Z = 6.96$, $p < 0.001$, $d = 0.87$; deficiencia mínima elegible, $Z = 3.52$, $p < 0.001$, $d = 0.88$; GC, $Z = 5.44$, $p < 0.001$, $d = 0.87$).

Tabla 5. Medidas antropométricas de los cuatro perfiles de futbolista con parálisis cerebral y futbolistas del grupo de control.

	Diparesia espástica (n = 8)		Atetosis/ataxia (n = 14)		Hemiparesia espástica (n = 64)		Mínima deficiencia elegible (n = 16)		Grupo control (n = 39)	
	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante
Pliegues (mm)										
Tríceps	8.8 (8.3, 10.8)	9.4 (8.1, 11.9)	8.5 (6.5, 10.1)	9.4 (7.1, 12.1)	9.3 (6.7, 11.9)**	10.4 (7.6, 13.6)	8.9 (7.2, 11.1)	9.9 (8.1, 12)	6.9 (6.3, 8.7)	7 (5.3, 8.4)
Subescapular	9.6 (8.9, 11.5)	9.9 (8.3, 11.1)	8.9 (7.8, 10.6)	9.2 (7.6, 11.3)	10 (8.2, 12.8)	10.2 (8.2, 12.5)	9.8 (8.7, 12.5)	10.2 (8.9, 13.3)	8.5 (7.1, 9.2)	7.6 (6.9, 8.6)
Tórax	6.5 (5.6, 9.2)	7 (6.5, 7.5)	6.7 (5.8, 11.2)	7.2 (4.5, 10.9)	7.9 (5.7, 11.7)	8.1 (5.1, 11.8)	8.3 (6, 12)	8.4 (5.6, 11.3)	4.2 (2.9, 4.9)	4.1 (3.1, 4.6)
Supraespinal	7.7 (6.1, 12.0)	8.1 (7.6, 9.8)	7.7 (6.1, 11.3)	7.9 (5, 10.4)	8.6 (6.6, 11.7)	8.6 (6.7, 13.2)	9.9 (7.2, 12.4)	9.7 (6.5, 11.8)	6.3 (5.1, 7.4)*	5.6 (4.8, 7.1)
Abdominal	17.8 (11.5, 20.8)		15.4 (9, 25.2)		18 (10.2, 26.2)		19.3 (12.6, 29.7)		9.2 (7.4, 10.3)	
Muslo	13.4 (11.4, 20.0)	13.1 (11, 18.9)	11.9 (7.6, 17.3)	13.9 (8.1, 16.1)	13.7 (8.5, 17.7)**	15.8 (11.1, 22.4)	15 (10.5, 19.8)	14.7 (11.1, 16.6)	9.3 (7.6, 12)	9 (7.6, 11.1)
Pierna	11.2 (8.5, 12.6)	10.5 (7.5, 15.5)	7.9 (6.6, 12.6)	9.2 (6.2, 11.4)	7.7 (5.9, 12)**	10.1 (7.1, 14.2)	7.7 (6.1, 12)	7.7 (6, 9.5)	4.9 (4.2, 5.9)	5.3 (4.3, 6.4)
Perímetros (cm)										
Brazo relajado	29.2 (26.3, 33.3)	27.8 (26.1, 32)	29.3 (27.6, 30.9)**	27.7 (26.3, 29.1)	29.6 (27.3, 30.6)**	26.9 (25.3, 28.6)	30 (28.1, 32.6)	29 (25.7, 32.9)	30.2 (29.3, 31.7)	30.2 (28.9, 32.1)
Brazo contraído	32.4 (28.7, 33.8)	30.7 (28.7, 33.8)	30.6 (30.3, 33.7)*	29.5 (28.8, 31.7)	31.2 (29.8, 32.6)**	28.7 (27.4, 30.1)	33.3 (30.7, 34.7)	31.8 (27.8, 35)	33.3 (32.3, 34.8)	33.2 (31.3, 34.6)
Cuello	37.0 (36.0, 37.9)		36.8 (35.4, 37.8)		36.5 (35.2, 37.7)		36.4 (35.9, 38.4)		37.2 (35.6, 38.3)	
Muslo	49.9 (49.6, 53.9)	50.2 (45.4, 52.6)	51.7 (49.8, 54.1)*	50.7 (48.3, 53.5)	53.7 (51.3, 56.3)**	50.6 (47.9, 53.7)	54.9 (52.7, 55.8)	54.2 (52.7, 55.2)	54.4 (53.3, 55.7)	54.2 (51.6, 56.2)
Pierna	34.5 (31.5, 37.3)	32.5 (31.3, 35.7)	35.6 (35, 36.9)*	35.1 (34.2, 36)	36.8 (35, 38.2)**	34.2 (32.1, 35.7)	37.1 (36.1, 37.9)	37 (35.7, 38.6)	37.3 (35.9, 38.7)	37.3 (35.7, 38.8)
Tobillo	21.4 (20.3, 22.7)	21 (20.6, 22.4)	22.7 (21.8, 23.2)*	22.2 (21.4, 22.6)	22.3 (21.4, 23.4)**	21.5 (20.7, 22.3)	22.3 (21.6, 23.2)	22.6 (21.3, 23)	22.7 (21.9, 23.1)	22.5 (21.9, 23.4)
Brazo corregido	26.1 (23.5, 29.4)	25.1 (22.6, 27.2)	26.3 (24.9, 28)*	24.5 (23.9, 25.5)	26 (24.8, 27.7)**	23.5 (21.9, 24.9)	26.7 (25.5, 29.9)	26.2 (22.6, 29.8)	28 (26.5, 29.1)	28.2 (26.5, 29.9)
Muslo corregido	45.9 (42.6, 48.7)	44.3 (41, 47.3)	48 (46.4, 50)	47.2 (44.5, 48.9)	49.1 (47.1, 51.4)**	44.8 (43.1, 47.7)	50.2 (47.2, 51.1)	49.7 (47.6, 52.1)	51.5 (49.3, 52.4)	50.8 (49, 52.9)
Pierna corr.	31.1 (28.2, 34.2)	28.7 (27.2, 31.9)	32.7 (31.7, 33.9)	31.9 (31.5, 33.4)	34 (32.6, 35.5)**	30.6 (28.1, 33.2)	34.8 (32.3, 35.4)	34.2 (33.1, 36.7)	35.8 (34.4, 36.9)*	35.3 (33.7, 37.1)
Diámetros (cm)										
Húmero	7.2 (6.8, 7.4)*	7 (6.4, 7.3)	7 (6.8, 7.5)	7.1 (6.8, 7.3)	7 (6.6, 7.3)**	6.6 (6.4, 6.9)	7 (6.6, 7.5)	6.9 (6.4, 7.2)	7.2 (7, 7.5)*	7.2 (6.9, 7.4)
Muñeca	5.9 (5.6, 6.1)	5.9 (5.7, 6)	5.7 (5.5, 6.1)**	5.5 (5.2, 5.7)	5.6 (5.4, 5.9)**	5.4 (5.1, 5.6)	5.9 (5.5, 6)	5.6 (5.4, 5.8)	6 (5.8, 6.2)	5.9 (5.5, 6.1)
Fémur	9.5 (9.3, 10)	9.7 (9.6, 10)	9.7 (9.4, 10)	9.7 (9.2, 9.8)	9.8 (9.5, 10.1)**	9.5 (9.3, 9.8)	10 (9.7, 10.3)**	9.9 (9.5, 10.1)	10.2 (10, 10.5)**	10.1 (9.7, 10.4)
Tobillo	7.5 (7.3, 7.8)	7.4 (7.1, 7.5)	7.5 (7.3, 7.7)	7.5 (7.2, 7.8)	7.4 (7.2, 7.8)**	7.2 (7, 7.5)	7.4 (7.2, 7.8)	7.4 (7.1, 7.7)	7.6 (7.2, 8)	7.6 (7.2, 8)

Los datos se presentan como mediana (percentiles 25 y 75); (*) diferencia significativa con el lado no dominante $p < 0.05$, (**) diferencia significativa con el lado no dominante $p < 0.01$.

Tabla 6. Composición corporal de los cuatro perfiles de futbolista con parálisis cerebral y futbolistas del grupo de control.

	Diparesia espástica (n = 8)		Atetosis/ataxia (n = 14)		Hemiparesia espástica (n = 64)		Mínima deficiencia elegible (n = 16)		Grupo control (n = 39)	
	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante
Masa grasa (%)										
Ecuación de Carter	9.6 (9, 11.6)	9.6 (9.3, 10.1)	9 (7.7, 11.3)	9.2 (7.6, 12.5)	9.7 (7.7, 12.0)**	10.5 (8.2, 13.1)	10.8 (8.9, 12.2)	10.4 (8.6, 11.9)	7.5 (6.6, 8.2)	7.1 (6.6, 8.1)
Ecuación de Faulkner	12.7 (11.1, 13.8)	12.4 (11.7, 13.2)	12.1 (10.7, 14.5)	12.5 (10.2, 14.7)	13.1 (10.9, 15.2)**	13.4 (10.9, 15.5)	13.6 (11.7, 15.2)	13.3 (11.8, 15.8)	10.6 (9.9, 11.2)*	10.3 (9.6, 11.2)
Ecuación de Withers	10 (9, 14)	10.2 (9.6, 12.2)	10 (8.1, 12.5)	9.8 (7.9, 13.8)	10.8 (8.3, 14.0)**	11.7 (8.7, 15.1)	11.9 (9.2, 16.1)	10.7 (9.2, 14.6)	6.7 (6.1, 7.6)	6.7 (6.1, 7.5)
Σ3 pliegues	36.1 (32.1, 51.2)	37.6 (34.6, 38.5)	37.4 (27.4, 50.2)	36.4 (23.1, 52.2)	38.9 (27.5, 54.4)**	41.1 (28.2, 57.9)	43.7 (33.8, 61.3)	41.1 (32.7, 56.5)	23 (18.9, 26.7)	22 (18.7, 26.1)
Σ6 pliegues	67.1 (60.7, 85.6)	66.4 (63.9, 71.4)	61.2 (49.1, 82.6)	63.3 (47.6, 94)	67.7 (48.8, 89.3)**	75.3 (53.6, 100.2)	78.4 (60.3, 91.6)	74.2 (57.6, 88.3)	46.5 (38.2, 53.1)	42.8 (38.5, 52.9)
Σpliegues tren superior	18.7 (16.9, 20.9)	19 (18.2, 19.8)	17.4 (14, 19.9)	18.8 (14.8, 22.6)	19.6 (15.3, 25.7)**	21 (17.1, 25.8)	18.7 (17.6, 22.6)	21 (18.3, 24.1)	15.2 (13.9, 17.5)*	14.9 (12.6, 16.6)
Σpliegues tren inferior	24.1 (19.6, 33.8)	24.7 (19.9, 30)	19.8 (14.8, 32.7)	23.7 (15.7, 28.2)	22.1 (14.5, 31.2)**	25.7 (18.2, 36.3)	25.5 (16.5, 32)	23 (16.8, 25.1)	14.2 (12.2, 18.4)	14 (12.4, 16.2)
Masa muscular (%)										
Ecuación de Lee	43.7 (42.2, 45.4)	41.3 (39.5, 43.6)	43.8 (41.9, 46.8)*	41.5 (38.9, 45.8)	44.8 (42.8, 47.9)**	39 (36, 42.3)	42.9 (41, 43.9)	41.8 (40.1, 43.3)	45.8 (44.4, 47.2)	45.5 (44.1, 47.2)
Masa ósea (%)										
Ecuación de Rocha	17.3 (16.7, 19.8)	17.6 (16.5, 19.7)	17.6 (16, 18.2)*	16.5 (15.3, 17.8)	17.5 (16, 18.6)**	16.3 (15.4, 17.4)	17.1 (16.1, 18.1)*	16.5 (15.2, 17.4)	17.6 (16.9, 18.4)*	17.1 (16.3, 17.9)
Ecuación de Martin	14.4 (13.6, 15.4)	13.7 (12.8, 14.7)	13.6 (13.3, 14.6)*	13.5 (13.1, 14.1)	13.9 (12.6, 15)**	12.7 (12, 13.5)	13.7 (12.4, 14.3)**	12.3 (11.8, 13.5)	13.8 (13.3, 14.4)*	13.6 (12.8, 14)

Los datos se presentan como mediana (percentiles 25 y 75); Σ3 Sk = suma de los pliegues cutáneos del tórax, abdomen y muslos; Σ6 Sk = suma de los pliegues cutáneos del tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo y pierna; Σpliegues tren superior = la suma de los pliegues cutáneos del tríceps y subescapular; Σpliegues tren inferior = la suma de los pliegues cutáneos del muslo y la pierna. (*) diferencia significativa con el lado no dominante $p < 0.05$, (**) diferencia significativa con el lado no dominante $p < 0.01$.

Tabla 7. Puntuaciones Z para los lados corporales dominante y no dominante para cada subgrupo de futbolistas con parálisis cerebral y el grupo control.

	Diparesia espástica (n = 8)		Atetosis/ataxia (n = 14)		Hemiparesia espástica (n = 64)		Mínima deficiencia elegible (n = 16)		Grupo control (n = 39)	
	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante	Dominante	No dominante	Dominante	No dominante	Dominante
Peso corporal	-0.23 (-1.15, 0.63)		-0.11 (-0.76, 0.48)		-0.25 (-0.64, 0.54)		-0.16 (-0.52, 0.71)		-0.15 (-0.45, 0.19)	
Pliegues										
Tríceps	-1.52 (-1.62, -1.01)	-1.35 (-1.66, -0.91)*	-1.63 (-2.02, -1.18)	-1.49 (-1.93, -0.78)	-1.36 (-1.98, -0.88)**	-1.19 (-1.75, -0.54)**	-1.57 (-1.89, -1.15)	-1.18 (-1.77, -0.87)**	-2.01 (-2.15, -1.51)	-1.96 (-2.28, -1.70)
Subescapular	-1.51 (-1.71, -1.14)	-1.51 (-1.74, -1.22)	-1.64 (-1.89, -1.34)	-1.61 (-1.93, -1.24)	-1.44 (-1.84, -0.91)**	-1.39 (-1.83, -0.97)**	-1.53 (-1.77, -0.97)+	-1.53 (-1.73, -0.83)**	-1.86 (-2.09, -1.69)	-1.98 (-2.12, -1.75)
Supraespinal	-1.71 (-2.13, -0.78)	-1.68 (-1.77, -1.29)*	-1.78 (-2.15, -0.87)	-1.69 (-2.33, -1.15)	-1.53 (-1.99, -0.86)**	-1.57 (-2.06, -0.62)**	-1.26 (-1.95, -0.83)**	-1.41 (-2.01, -0.93)**	-2.13 (-2.34, -1.91)	-2.31 (-2.44, -1.95)
Abdominal	-0.99 (-1.86, -0.58)**		-1.3 (-2.12, -0.11)**		-1.03 (-1.96, -0.14)**		-0.96 (-1.83, 0.58)**		-2.14 (-2.38, -1.99)	
Muslo	-1.67 (-1.88, -0.83)	-1.68 (-1.93, -1.10)*	-1.85 (-2.35, -1.19)	-1.63 (-2.32, -1.32)	-1.63 (-2.25, -1.16)**	-1.39 (-1.93, -0.54)**	-1.49 (-2.01, -1.00)**	-1.59 (-1.96, -1.31)+	-2.16 (-2.41, -1.86)	-2.23 (-2.38, -1.96)
Pierna	-1.08 (-1.62, -0.72)**	-1.21 (-1.87, -0.12)**	-1.76 (-2.09, -0.78)**	-1.52 (-2.1, -1.03)**	-1.81 (-2.21, -0.97)**	-1.3 (-1.94, -0.41)**	-1.78 (-2.14, -0.98)**	-1.84 (-2.22, -1.51)+	-2.44 (-2.55, -2.26)	-2.39 (-2.54, -2.18)
Perímetros										
Brazo relajado	0.97 (-0.48, 2.78)	0.4 (-0.82, 2.25)	0.82 (-0.08, 1.58)	-0.09 (-0.64, 1.26)	0.68 (0.13, 1.32)	-0.26 (-0.96, 0.51)**	0.97 (-0.17, 2.01)	0.52 (-1.01, 1.62)	0.82 (0.34, 1.35)	0.86 (0.22, 1.33)
Brazo contraído	0.96 (-0.78, 2.00)	0.65 (-0.86, 1.89)	0.48 (-0.17, 1.71)	-0.29 (-0.7, 1.11)	0.4 (-0.04, 1.1)	-0.77 (-1.29, 0.03)**	0.77 (-0.03, 1.99)	0.27 (-1.38, 1.48)	0.94 (0.47, 1.40)	0.88 (0.29, 1.36)
Cuello	0.82 (0.01, 1.57)		0.52 (-0.25, 1.84)		0.4 (-0.23, 1.19)		0.06 (-0.6, 1.23)		0.02 (-0.67, 0.73)	
Muslo	-0.69 (-1.26, -0.34)	-0.7 (-1.97, -0.22)	-0.56 (-0.96, -0.04)	-0.83 (-1.26, -0.42)	-0.22 (-0.69, 0.53)	-0.92 (-1.43, -0.14)	-0.25 (-0.71, 0.20)	-0.32 (-0.91, 0.03)	-0.37 (-0.70, -0.10)	-0.40 (-0.71, -0.09)
Pierna	-0.47 (-2.07, 0.66)	-1.08 (-2.07, -0.29)	-0.23 (-0.74, 0.60)	-0.34 (-0.67, -0.02)	0.36 (-0.36, 0.78)	-1.07 (-1.68, -0.12)**	0.06 (-0.38, 0.57)	0.03 (-0.43, 0.49)#	-0.03 (-0.44, 0.49)	-0.16 (-0.62, 0.51)
Tobillo	-0.21 (-1.42, 0.05)	-0.58 (-1.43, 0.02)	0.53 (-0.47, 0.93)	0.12 (-0.55, 0.47)	0.08 (-0.50, 0.68)	-0.61 (-1.10, 0.00)	-0.33 (-0.60, 0.16)	-0.35 (-0.60, 0.03)	-0.36 (-0.74, 0.27)	-0.28 (-0.78, 0.09)
Brazo corregido	1.64 (0.83, 2.43)	1.43 (0.53, 1.90)	1.60 (1.04, 2.28)	1.04 (0.83, 1.67)	1.52 (1.01, 1.83)	0.79 (0.26, 1.20)**	1.49 (1.18, 2.52)	1.33 (0.61, 2.07)	1.75 (1.40, 2.12)	1.78 (1.45, 2.18)
Pierna corr.	0.40 (-1.34, 1.51)	-0.68 (-1.70, 0.49)**	0.77 (0.49, 1.44)	0.51 (0.18, 0.96)+	1.44 (0.94, 2.24)	-0.13 (-1.55, 0.83)**	1.13 (0.64, 1.76)	1.24 (0.71, 2.13)##	1.74 (1.08, 2.27)	1.57 (0.99, 2.34)
Diámetros										
Húmero	1.75 (0.38, 2.56)	0.77 (-1.03, 2.43)	1.48 (0.79, 2.2)	1.19 (0.52, 1.89)##	0.94 (0.24, 1.64)	-0.03 (-0.97, 0.7)**	0.55 (-0.24, 1.71)	0.14 (-0.8, 0.6)	1.15 (0.56, 1.68)	0.82 (0.33, 1.35)
Muñeca	1.65 (1.04, 2.74)	1.94 (1.48, 2.37)##	1.48 (0.9, 1.99)	0.81 (-0.25, 1.37)	0.98 (0.03, 1.9)	0.21 (-0.83, 1.03)**	1.31 (-0.02, 1.74)	0.12 (-0.53, 1.31)	1.71 (0.54, 2.36)	1.05 (0.28, 1.98)
Fémur	-0.08 (-0.98, 0.55)	-0.27 (-0.69, 1.1)	-0.06 (-0.78, 0.63)	-0.4 (-1.54, 0.38)	-0.04 (-0.54, 0.76)	-0.54 (-1.03, 0.17)	-0.09 (-0.41, 0.84)	-0.15 (-0.87, 0.8)	0.41 (-0.25, 0.82)	0.07 (-0.61, 0.44)

Los datos se presentan como mediana (percentiles 25 y 75); (**) diferencia significativa entre el grupo de control y el lado dominante $p < 0.01$, # diferencia significativa entre el grupo de control y el lado no dominante $p < 0.05$, ## diferencia significativa entre el grupo de control y el lado no dominante $p < 0.01$.

4.3. Estudio 3

Se encontraron diferencias significativas en las variables antropométricas generales entre el GC y los diferentes perfiles PC (Tabla 8). Sin embargo, no se encontraron diferencias en la comparación entre tales perfiles funcionales (*i.e.*, clases deportivas en fútbol PC).

Tabla 8. Características antropométricas de los diferentes subgrupos.

Variable	Total muestra	Diaresia espástica	Athetosis / Ataxia	Hemiparesia espástica	Mínima deficiencia	Grupo control
N	141	8	14	64	16	39
Edad (años)	24.83 ± 6.26	24.87 ± 7.45	26.07 ± 7.23	25.12 ± 5.96	29.12 ± 8.85**	22.13 ± 3.29
Peso (kg)	70.57 ± 8.44	65.56 ± 7.55**	67.91 ± 7.22**	68.28 ± 8.49**	74.17 ± 8.22	74.85 ± 6.85
Estatura (cm)	176.16 ± 7.17	172.75 ± 5.17	173.71 ± 5.82*	174.42 ± 6.88*	177.56 ± 9.05	180.01 ± 6.04
IMC (kg m ⁻²)	22.72 ± 2.16	22.02 ± 2.85	22.50 ± 2.03	22.44 ± 2.51	23.53 ± 2.06	23.07 ± 1.25

IMC: índice de masa corporal. (*) $p < 0.05$, (**) $p < 0.01$ (diferencia en comparación con el grupo control)

En cuanto a los componentes del somatotipo de los jugadores (Tabla 9), se observa un predominio del componente mesomórfico en todos los subgrupos. Se encontraron diferencias significativas en la endomorfia entre los perfiles de hemiparesia espástica y los jugadores con criterios de deficiencia mínima elegible con respecto al GC. En cuanto a la mesomorfia, se encontraron diferencias entre el GC y los jugadores con hemiparesia espástica. Además, los análisis de la distancia espacial entre somatotipos (*i.e.*, SAD) y la distancia de dispersión del somatotipo (*i.e.*, SDD) revelaron diferencias significativas entre el GC y los jugadores con hipertonía espástica, tanto bilateral (*i.e.*, diparesia) como unilateral (*i.e.*, hemiparesia).

Tabla 9. Variables estadísticas descriptivas de los componentes del somatotipo.

Variable	Total muestra	Diaresia espástica	Athetosis / Ataxia	Hemiparesia espástica	Mínima deficiencia	Grupo control
N	141	8	14	64	16	39
Endomorfia	2.7 ± 1.11	3.07 ± 1.30	2.68 ± 0.84	3.1 ± 1.23**	3.03 ± 0.95*	1.97 ± 0.48
Mesomorfia	3.5 ± 1.16	3.39 ± 1.72	3.60 ± 0.85	3.14 ± 1.17**	3.60 ± 1.15	4.11 ± 0.86
Ectomorfia	2.7 ± 1.06	2.89 ± 1.49	2.66 ± 0.99	2.76 ± 1.22	2.43 ± 1.10	2.72 ± 0.64
SAD	1.53 ± 0.95	2.15 ± 1.26*	1.40 ± 0.55	1.76 ± 1.10**	1.64 ± 0.76	1.03 ± 0.52
SDD	3.58 ± 2.30	4.99 ± 3.04*	3.34 ± 1.35	4.12 ± 2.67**	3.88 ± 1.83	2.36 ± 1.24
Clasificación	Mesomórfico balanceado	Mesomórfico-endomórfico	Mesomórfico balanceado	Mesomórfico-endomórfico	Meso-endomórfico	Meso-ectomórfico

SDD: distancia de dispersión del somatotipo; SAD = distancia actitudinal del somatotipo o distancia espacial entre somatotipos. (*) $p < 0.05$, (**) $p < 0.01$ (diferencia en comparación con el grupo control)

5. Discusión

Los parámetros antropométricos, la composición corporal y el somatotipo son valores fundamentales en los deportistas para poder determinar sus necesidades energéticas (Portal et al., 2010), así como para poder evaluar el rendimiento deportivo y el estado de salud (Deprez et al., 2015). Sin embargo, todavía son pocos los estudios en para-deportes que describan las características de la composición corporal en deportistas con discapacidad. La presente Tesis Doctoral ha proporcionado una visión detallada sobre los perfiles antropométricos y de composición corporal de deportistas de nivel internacional con discapacidad visual y PC. Este análisis es pertinente, ya que la literatura existente carece de datos específicos sobre estos grupos, especialmente en deportes como el tenis para personas con ceguera y el fútbol para personas con PC. A continuación, se discutirán los hallazgos principales, sus implicaciones y cómo se alinean con estudios previos.

5.1. Comparación de perfiles antropométricos

En el caso de los tenistas con ceguera y discapacidad visual, al tratarse del primer estudio antropométrico en este para-deporte, se han considerado como valores de referencia los de estudios previos realizados en jugadores adultos de tenis sin discapacidad (Martínez-Rodríguez et al., 2015; Méndez et al., 2010; Smekal et al., 2001), así como estudios con deportistas con ceguera y/o discapacidad visual en otras disciplinas deportivas (Méndez-Villanueva et al., 2010; Smekal et al., 2001).

El estudio del IMC indica que los jugadores españoles mostraron puntuaciones más altas en este índice. Con relación al grupo extranjero ($29,3 \text{ kg-m}^2$ vs $25,2 \text{ kg-m}^2$, respectivamente). La media de los jugadores presentaba sobrepeso, pero el grupo español estaba cerca de obesidad tipo I, mientras que el grupo extranjero presentaba un ligero sobrepeso (OMS, 2024). Estos valores difieren de los de tenistas sin discapacidad, que generalmente presentan un IMC inferior a $23,6 \text{ kg-m}^2$ (Torralba et al., 2015), aunque este resultado no se extiende a lo observado en otras disciplinas deportivas practicadas por deportistas con ceguera o discapacidad visual. En un estudio realizado con practicantes de goalball, los jugadores presentaron un IMC de $26,05 \text{ kg-m}^2$, mayor que el del presente estudio,

lo cual podría deberse a las características del propio deporte, ya que éste se practica en un área pequeña donde la movilidad requerida al jugador es reducida.

Un correcto IMC se correlaciona con un perfil metabólico saludable y un bajo riesgo de sufrir lesiones en las articulaciones, pudiendo mejorarse con una adecuada planificación de la práctica deportiva (Tyler, McHugh, Mirabella, Mullaney, y Micholas, 2006), aspecto extrapolable a los deportistas con discapacidad. Para valorar el estado de salud, además del IMC y la cantidad de masa grasa, interesa conocer la distribución de esa grasa, debido a que la distribución de ésta se puede asociar a la predisposición a algunas patologías (Hernández y Duchi, 2015). En el estudio con tenistas, el grupo más experimentado presentó menor acumulación de grasa medida a través de los pliegues en brazos y piernas, con relación al grupo español (*i.e.*, bíceps, subescapular, cresta ilíaca, muslo). Por su parte, el índice cintura/cadera también proporciona información útil acerca de la distribución de la grasa corporal. En un estudio con jugadores de goalball se incluye esta relación para definir el perfil morfológico de los para-deportistas (Romanov, Medovic, Stupar, Jezdimirovic, y Garunovic, 2017). En nuestro estudio, sólo el grupo español superó el punto de corte de 0,93 para riesgo cardiovascular (Hernández et al., 2020), cuando la puntuación reportada en tenistas sin discapacidad ha sido del 0.8 (Martínez-Rodríguez et al., 2015) y de 0,96 en jugadores de goalball (Valdés-Badilla, Godoy-Cumillaf, y Valenzuela-Herrera, 2014).

Además del índice cintura/cadera, la Asociación Americana de Diabetes establece un límite de 94 cm para el perímetro de cintura para los hombres, donde valores más altos se correlacionan con un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular (Hernandez y Duchi, 2015). Considerando el conjunto de la muestra del estudio realizado con tenistas con ceguera, los jugadores no alcanzaron este valor, aunque el grupo español con un valor promedio de 93,8 estaba cerca del límite. En comparación con otras disciplinas deportivas, el valor promedio del perímetro de cintura fue de 90 cm para jugadores de goalball (Valdés-Badilla et al, 2014) y de 80,5 cm para jugadores de tenis sin discapacidad (Martínez-Rodríguez et al., 2015). Por último, el índice cintura/talla se ha presentado también como un buen predictor de diabetes tipo 2 y riesgo cardiovascular (Hernández y Duchi, 2015). El punto de corte de 0,55 indica que se recomienda evitar un perímetro de cintura abdominal superior a la mitad de la altura de la persona (Rodríguez-Pérez et al., 2010). El valor de este índice en el grupo español fue de 0,56 frente a 0,50 para el resto de los participantes. Aunque este índice no se presenta en otros

estudios, los datos para calcularlo sí se proporcionan y los jugadores de goalball mostraron un índice de 0,53 (Valdés et al., 2014), siendo de 0,44 para los jugadores de tenis sin discapacidad (Martínez-Rodríguez et al., 2015). Estos resultados sugieren nuevamente que el tiempo de entrenamiento podría ser un factor clave para mejorar los parámetros antropométricos relacionados con la salud, obteniendo mejores índices corporales relacionados con el estado de salud para aquellos con mayor experiencia o volumen en la práctica deportiva del tenis.

Analizando las medidas básicas de peso y altura por separado, ya que la altura es una característica muy relacionada con el rendimiento en el tenis convencional, se observó que, aunque los deportistas con discapacidad visual mostraban pesos similares a los tenistas sin discapacidad visual, sí había una diferencia de en torno a 20 cm en la altura (Méndez et al., 2010), mostrando que, probablemente, la altura no tenga tanta relevancia en el rendimiento en el tenis para personas con ceguera como en el tenis convencional. Cabe aquí indicar que el tenis para el colectivo de personas con discapacidad discurre con trayectorias a ras de suelo para facilitar el sonido de la pelota, con saques por debajo de la cintura y sin presencia de voleas durante el juego. Además, la comparación del perfil antropométrico según los años de experiencia mostró que el grupo con menos experiencia presentó valores más altos en algunos pliegues (*i.e.*, bíceps, pierna, subescapular, cresta ilíaca y muslo). Al comparar la muestra de estudio con los tenistas sin discapacidad, se observa que estos últimos presentan valores inferiores para todos los pliegues (Martínez et al., 2015).

Por su parte, en el caso de los jugadores de fútbol con PC, sólo unos pocos estudios han analizado la composición corporal en estos para-deportistas, pero en la mayoría de los casos se combinaban diferentes deficiencias elegibles y solo uno de ellos compara sus resultados con un grupo control o sin discapacidad (Juzwiak et al., 2016; Lemos et al., 2016; Medeiros et al., 2016; Runciman et al., 2016)). Hasta la presente Tesis Doctoral, sólo se han encontrado dos estudios que han incluido a deportistas de nivel internacional con PC (Runciman et al., 2016; Gorla et al., 2019), pero solo Runciman comparó a seis para-deportistas con un GC.

Los jugadores con PC presentaron un IMC similar en todos los subgrupos (21,9 a 23,4 kg-m²), si bien los futbolistas sin discapacidad eran 9 cm más altos y superaban en 6 kg de masa total a los futbolistas con PC, valores similares a los mostrados en otros estudios con futbolistas PC (Gorla et al., 2019). Esta diferencia en altura probablemente esté relacionada

con la mayor importancia del juego aéreo en el fútbol convencional con relación al fútbol PC (Reina, Elvira, Valverde, Roldan, y Yanci, 2019), asociando la mayor masa corporal a la diferencia de masa muscular, como más adelante se detalla. Sin embargo, los perfiles de ambos tipos de futbolistas eran similares en apariencia cuando las tallas se igualaban proporcionalmente. Esto indica que, ya sea por el entrenamiento o por autoselección, las características específicas de proporcionalidad dominan la morfología de los futbolistas de nivel internacional. La principal diferencia encontrada (*i.e.*, la medida de la masa grasa a través de los pliegues cutáneos) podría justificarse por el profesionalismo en la preparación física, tal y como demostraron Ackland et al. (2003) en remeros en canoa y kayak.

En cuanto al perfil antropométrico, al igual que en el estudio de Runciman et al. (2016), nuestros resultados sugieren que las medidas antropométricas y de composición corporal de los jugadores con PC eran muy parecidas a las de los jugadores sin discapacidad, aunque presentaron pliegues cutáneos mayores que el GC. A pesar de que se encontraron algunas diferencias en el lado afectado/no dominante, estos resultados se acercan a la media de la población general representada por el Phantom (*i.e.*, puntuaciones Z entre -2 y 2).

Concretamente, el GC de jugadores de fútbol lo conformaba deportistas con un régimen de entrenamiento complementario fuera del campo (*i.e.*, entrenamiento de fuerza y aeróbico) y, en algunos casos, una planificación nutricional controlada. Sin embargo, los futbolistas con PC procedían de diferentes países y, en algunos de ellos este para-deporte aún no está profesionalizado, teniendo menores recursos y menor acceso a este tipo de aspectos complementarios para la mejora del rendimiento, sugiriendo pues una menor cantidad de entrenamiento fuera del campo o un adecuado seguimiento nutricional. Algo similar ocurre con los tenistas con ceguera y discapacidad visual, donde el grupo extranjero mostraba un número de horas de entrenamiento mayor al grupo español. Por ello, ambos estudios sugieren que uno de los factores que se constata como determinante en la mejora de los resultados antropométricos es el número de horas de entrenamiento complementario o la tecnificación y seguimiento de éste (Oliveira et al., 2017).

5.2. Composición corporal

En el caso de los tenistas con discapacidad visual, el estudio de la composición corporal se dificulta cuando se intenta comparar los resultados obtenidos con los de otros estudios realizados en deportistas con discapacidad visual debido al empleo de fórmulas diferentes, concretamente, para el cálculo de la masa grasa. Así, los deportistas de nuestro estudio presentaron un porcentaje de masa grasa del 28,1% de media según la fórmula de Durnin y Womersley (1974), si bien al aplicar la fórmula de Faulkner, utilizada en el estudio de Torralba et al. (2015), el porcentaje fue del 18% para los jugadores españoles y del 16% para el grupo extranjero. Sin embargo, a pesar del ajuste de la fórmula, el resultado fue mayor al 12,3% obtenido para jugadores con ceguera que practican otras disciplinas deportivas (Torralba et al., 2015). Con relación a la masa muscular, el grupo español presentó un porcentaje del 36% frente a un 39% en el grupo extranjero. Estas cifras están por debajo del valor medio de 44,4% obtenido en tenistas sin discapacidad (Martínez-Rodríguez et al., 2015) y del observado en deportistas con ceguera que practican otros para-deportes (Torralba et al., 2015; Valdés et al., 2014).

En el caso de los futbolistas con PC, debido a cómo la discapacidad puede afectar de manera heterogénea a cada hemicuerpo, el estudio de la composición corporal se hizo teniendo en cuenta los lados dominante/menos afectado y no dominante/más afectado. Como era de esperar, no se encontró ninguna asimetría en los futbolistas sin discapacidad, tal como se refleja en estudios anteriores (Sanchis y Calbet, 2016). Además, sólo una medida antropométrica fue diferente al comparar los lados en el subgrupo de diparesia espástica (*i.e.*, diámetro del húmero). Esto pone de manifiesto la homogeneidad del deterioro para ambos lados en estos para-deportistas. Aunque este subgrupo mostró un perfil similar en proporcionalidad al GC, mostrando diferencias solo en los pliegues cutáneos, se observa una alta dispersión de los pliegues de la pierna en ambos lados. Mientras que la mediana (percentiles 25 y 75) del GC para la pierna corregida fue de 1,74 (1,08; 2,27), los lados dominante y no dominante del grupo con diparesia espástica fueron de 0,4 (-1,34; 1,51) y -0,68 (-1,7; 0,49), respectivamente. Esto refleja la atrofia provocada por la hipertonía espástica en la musculatura de la pierna (Oberhofer, Stott, Mithraratne, y Anderson, 2010). Sin embargo, el perfil de proporcionalidad de los perímetros en miembros inferiores fue similar a los del GC, sugiriendo un efecto equivalente del entrenamiento en la parte inferior del cuerpo.

Aun así, el reducido número de jugadores de este subgrupo y la alta heterogeneidad de la discapacidad impiden que estos datos muestren una clara diferencia con relación a los jugadores sin discapacidad.

Por su parte, el grupo de atetosis/ataxia mostró medidas antropométricas más altas en el lado dominante que en el no dominante, tanto en la parte superior del cuerpo (*i.e.*, diámetro de muñeca y el perímetro de brazo relajado, contraído y corregido), como en la parte inferior (*i.e.*, perímetro de muslo, pierna y tobillo). En consecuencia, los porcentajes de masa muscular y ósea fueron mayores cuando se calcularon con las medidas del lado dominante. Sin embargo, no se encontraron diferencias en los pliegues cutáneos y porcentaje de masa grasa. La dificultad de los jugadores con atetosis o ataxia para controlar su tono muscular y reducir la actividad muscular involuntaria (Monbaliu, de Cock, Mailleux, Dan, y Feys, 2017) podría ser el motivo de esas diferencias. Podemos ver que las diferencias entre el brazo contraído y relajado para los lados dominante y no dominante fueron de 1,3 cm y 1,8 cm, respectivamente, mientras que esa diferencia fue mayor para ambos lados en los otros subgrupos. Este mayor perímetro se traduce en un mayor porcentaje de masa muscular cuando se calcula para el lado dominante del cuerpo. Cuando se compara este subgrupo con el GC, sólo se encontraron diferencias significativas en el perímetro de pierna corregido para el lado no dominante y los pliegues de la pierna para ambos lados, lo que sugiere que pueda deberse nuevamente al diferente régimen de entrenamiento complementario entre los subgrupos.

Por lo que respecta al grupo de hemiparesia espástica, éste mostró las mayores diferencias entre lados de todos los subgrupos objeto de estudio. Como se esperaba, todas las medidas antropométricas fueron diferentes entre el lado dominante y no dominante excepto los pliegues del tronco (*i.e.*, pliegue subescapular, pectoral y supraespinal). Por lo tanto, las estimaciones de los porcentajes de grasa corporal, muscular y ósea fueron mayores para el lado dominante que para el lado no dominante. Por el contrario, Runciman et. al. (2016) encontraron simetría en la masa grasa y ósea en velocistas paralímpicos de élite con hemiplejía. Sin embargo, sólo incluyeron cinco atletas con hemiplejía y la tendencia hace sospechar que es diferente cuando los datos se normalizan con el Phantom (*i.e.*, la puntuación Z del diámetro del fémur fue de $0,4 \pm 0,63$ y $0,05 \pm 0,91$ para los lados no afectado y afectado, respectivamente). Además, la literatura había mostrado una menor masa ósea y libre de

grasa, así como una masa grasa similar (medida con absorciómetro de rayos X de doble energía) en personas con PC en comparación con controles (Chad et al., 2000), reduciéndose estas diferencias cuando los atletas con hemiplejía se compararon con un GC (Runciman et al., 2016). En nuestros resultados, el lado no dominante en las personas con espasticidad unilateral mostraba menor diámetro, perímetro y masa muscular, así como mayores pliegues cutáneos y masa grasa que el GC, pero el lado dominante era mayor sólo en masa grasa (*i.e.*, *pliegues cutáneos*). Al igual que en estudios anteriores (Runciman et al., 2016), y aunque algunas medidas eran diferentes a las del GC, las puntuaciones Z del estudio en futbolistas con PC estaban cerca de 0, mostrando un perfil similar a la población media. Por todo ello, se propone que las diferencias reportadas en personas con PC no deportistas en otros estudios como el de Chad et al. (2000) pueden ser resultado de unos menores volúmenes de deambulación, con la consiguiente menor carga ósea y muscular (Verschuren, Peterson, Balemans, y Hurvitz, 2016), alentando la participación en actividades deportivas como el fútbol que incluye acciones como carreras, saltos y cambios de dirección.

Finalmente, solo una medida antropométrica fue diferente entre los lados en el subgrupo de deficiencia mínima elegible (*i.e.*, diámetro del fémur). Aunque este subgrupo estaba compuesto por jugadores con diferentes perfiles de PC con una afectación mínima, éstos no mostraron diferencias con el GC, ni para el lado dominante ni para el no dominante. Esto refleja el bajo impacto de la deficiencia elegible en estos jugadores, mostrando perfiles antropométricos similares a los de los futbolistas sin discapacidad. Estos resultados se corresponden con estudios anteriores en los que se comparó el rendimiento de este subgrupo de jugadores con deficiencia mínima con un GC, mostrando un rendimiento deportivo similar (Reina, Sarabia, Yanci, García, y Campayo, 2016), pero también al comparar a los para-futbolistas con los diferentes perfiles de PC incluidos en este estudio (Gorla et al., 2019).

5.3. Somatotipo

El estudio del somatotipo dio como resultado un predominio del componente mesomórfico, tanto en los tenistas con discapacidad visual como en los diferentes perfiles funcionales de fútbol PC. En concreto, los jugadores de tenis del estudio 1, presentaron un perfil mesomorfo-endomórfico 5,0-5,9-0,9 para la totalidad de la muestra y para los dos subgrupos, pero con predominio del componente ectomórfico y endomórfico en los grupos

con mayor y menor experiencia deportiva, respectivamente. Cuando se compara con tenistas sin discapacidad, se observa que éstos presentan un somatotipo mesomorfo balanceado 3,3-4,3-2,5 (Martínez-Rodríguez et al., 2015). Sin embargo, el somatotipo de los participantes en este estudio fue muy similar al observado en otros estudios en atletas con discapacidad visual de otras disciplinas deportivas como atletismo, alpinismo, ciclismo, goalball, fútbol y natación, con una composición 4,0-5,2-2,3 (Torralba et al., 2015). En este contexto, los tenistas sin discapacidad, así como los deportistas con ceguera de otras disciplinas deportivas invierten un número de horas de entrenamiento superior a las tres horas declaradas por los participantes en el presente estudio (Valdés et al., 2014). Un segundo factor que considerar podría ser la edad, ya que los tenistas sin discapacidad presentaban una edad media de 23 años en el estudio de Valdés et al. (2014) frente a los 33 años del grupo español y los 46 del resto de participantes en nuestro estudio. Sin embargo, jugadores de goalball, con una edad media de 42 años, presentaron mejores valores antropométricos. El tercer parámetro clave que podría influir en los parámetros antropométricos podría ser la dieta y el estilo de vida sedentario predominante en personas con discapacidad, pero desafortunadamente estos resultados no fueron registrados en el presente estudio. Sin embargo, no podemos descartar la posibilidad de que la propia discapacidad, por sí sola, pueda favorecer un estilo de vida sedentario que podría correlacionarse con una ingesta desequilibrada y una reducida actividad física (Jaarsma, Dekker, Dijkstra, Geertzen, y Koopmans, 2014). Esta situación puede dar lugar a un perfil antropométrico con mayor susceptibilidad a sufrir determinadas patologías o comorbilidades.

En el caso de los futbolistas con PC, los resultados revelaron un predominio constante del componente mesomórfico en todos los subgrupos de futbolistas con PC. Se observaron diferencias significativas en endomorfia, mesomorfia, SAD y SDD entre varios perfiles PC y el GC. Los jugadores con hemiparesia espástica mostraron el somatotipo más diferente respecto al GC. Estos hallazgos destacan las variaciones del somatotipo dentro de los diferentes perfiles de PC, enfatizando la necesidad de enfoques personalizados del entrenamiento deportivo. Existen pocos estudios que describan el somatotipo de futbolistas PC de nivel internacional atendiendo a los diferentes perfiles de deficiencia, debido quizá a la dificultad de obtener datos en grandes muestras representativas. Por tanto, una de las principales aportaciones de este estudio es la descripción del somatotipo para cada perfil funcional de jugadores de fútbol

PC en una amplia muestra de para-deportistas de nivel internacional.

Como se expuso anteriormente, los resultados de este estudio indican que no existen diferencias significativas entre las variables antropométricas de los diferentes perfiles funcionales de los jugadores de fútbol PC. Se observa un predominio del componente mesomórfico en todos los perfiles funcionales, que se alinea con los resultados obtenidos por Gorla et al. (2019) en una muestra de deportistas brasileños en este para-deporte de equipo. Este estudio enfatizó en que esta característica del somatotipo favorece la realización de esfuerzos con altas exigencias musculares y de velocidad. Estas variables están, a su vez, asociadas con exigencias de otros deportes, como la resistencia y la fuerza, determinantes del rendimiento en acciones de sprint, cambio de dirección, salto o esfuerzos rápidos y de alta intensidad durante el partido (Yanci et al., 2021) o juego reducido (Henríquez et al., 2021).

Sin embargo, cuando se analizaron de forma independiente los componentes del somatotipo se observaron varias diferencias. En el grupo con atetosis o ataxia hubo un equilibrio entre endomorfia y ectomorfia mientras en el resto de los grupos se observó un predominio de la endomorfia frente a la ectomorfia. Este hallazgo se corresponde con el obtenido por Roquetti y Filho (2004), donde los jugadores presentaron un somatotipo mesomorfo equilibrado (2,46–4,97–2,69), si bien cabe señalar que este estudio presentó una muestra pequeña de participantes sin diferenciar los perfiles funcionales. Cabe aquí reseñar que los participantes con PC espástica presentan un aumento del tono muscular, causando tensión persistente, mientras que los jugadores con ataxia no muestran hipertonía muscular (Iversen, Hassager, y Christiansen, 1989).

Dado el predominio mesomórfico observado en todos los perfiles de jugadores de fútbol PC, los entrenadores y preparadores físicos pueden incorporar programas de entrenamiento de fuerza personalizados en función del somatotipo de cada deportista. Enfatizar en ejercicios que mejoren el desarrollo muscular y la velocidad estaría alineado con las características del somatotipo identificadas tanto la presente Tesis Doctoral como en estudios previos (Gorla et al., 2019). Específicamente, se podrían diseñar entrenamientos para mejorar los desplazamientos en velocidad o los cambios de dirección, así como las acciones explosivas como los saltos o las aceleraciones y deceleraciones. Esta aplicación garantiza un enfoque de entrenamiento deportivo específico que se alinea con el somatotipo identificado, optimizando potencialmente el rendimiento general de los jugadores en el campo. Para los

jugadores en grupos donde predomina la endomorfia, el entrenamiento podría estar dirigido a controlar la adiposidad y mejorar la masa corporal magra. Adaptar las intervenciones de entrenamiento basadas en estas variaciones del somatotipo garantizaría un enfoque más preciso y eficaz para satisfacer las necesidades específicas de los diferentes perfiles funcionales dentro del fútbol PC.

Al comparar los diferentes perfiles funcionales con el GC, encontramos diferencias significativas en el componente de endomorfia para los jugadores con hemiparesia espástica y deficiencia mínima elegible, así como en el componente de mesomorfia entre el GC y los jugadores con hemiparesia espástica. Cabe aquí señalar que el resultado obtenido por Gorla et al. (2019) para la mesomorfia del subgrupo con hemiparesia espástica (3,87) es más cercano al de nuestro GC. Aunque se trató de una muestra más pequeña de futbolistas con PC brasileños, cabe destacar que este país tradicionalmente ocupa de los primeros lugares del ranking mundial de este para-deporte. Otra posible explicación a estas diferencias podría ser la heterogeneidad de los jugadores ya que, en el estudio de fútbol PC, los jugadores pertenecían a diferentes selecciones nacionales, siendo una muestra más homogénea en cuanto a nivel de rendimiento que los jugadores estudiados por Gorla et al. (2019).

Al igual que se plantea en los jugadores con discapacidad visual, esto podría explicarse por diferentes hábitos nutricionales y grados de entrenamiento entre los subgrupos (Oliveira et al., 2017). Los jugadores del GC eran futbolistas con un mayor volumen de entrenamiento complementario fuera del campo y, en algunos casos, con una planificación nutricional controlada. La implementación de intervenciones específicas puede mejorar la condición física y el bienestar general del futbolista con PC, de manera que los entrenadores y nutricionistas deportivos pueden considerar desarrollar planes nutricionales personalizados y programas de entrenamiento fuera del campo para esta población de para-deportistas. Además, los jugadores con PC, al igual que en el estudio con tenistas con deficiencia visual, procedían de diferentes países donde, en algunos casos, estos para-deportes no están profesionalizados y donde también puede darse una dificultad de acceso para la práctica de actividad física o deportiva complementaria derivada de la propia discapacidad (Jaarsma et al., 2014). Los esfuerzos por profesionalizar estos deportes podrían contribuir a prácticas de entrenamiento más estandarizadas y un mejor acceso a recursos, beneficiando en última instancia al desarrollo físico de estos para-deportistas (Peña, Javaloyes, Sarabia, y Moya, 2023)

En este sentido, cabe mencionar que, en el estudio con tenistas con ceguera, en el torneo donde se tomaron las medidas antropométricas, se pudo observar que la representación de tenistas japoneses, los de mayor tradición en la práctica de este deporte, presentaban a priori una mejor composición corporal que la muestra del estudio. Desafortunadamente, quizá por motivos culturales, no se prestaron a formar parte del estudio.



6. Conclusiones

Esta Tesis Doctoral ha aportado conocimientos novedosos sobre los perfiles antropométricos y de composición corporal de deportistas con ceguera y PC. Los hallazgos subrayan la importancia de considerar las particularidades de cada tipo de discapacidad y modalidad deportiva al diseñar programas de entrenamiento y estrategias nutricionales. Proporcionar referencias antropométricas específicas para estos para-deportistas no solo ayudará a mejorar su rendimiento deportivo, sino también a alcanzar a una mejor salud general y bienestar.

En resumen, la investigación presentada aquí cubre algunas lagunas de la literatura específica y ofrece una base sólida para futuras investigaciones y prácticas en el ámbito del deporte para personas con discapacidad. Estos hallazgos destacan la importancia de un enfoque individualizado en la preparación física y nutricional de los deportistas con discapacidad, promoviendo tanto su rendimiento deportivo como su salud integral, así como que la práctica de deporte a nivel competitivo puede ser beneficiosa para reducir las descompensaciones en la distribución de masas corporales (*i.e.*, alta masa grasa y baja masa muscular) a pesar de la discapacidad.

7. Limitaciones

La principal limitación del estudio con tenistas con ceguera y discapacidad visual es el bajo número de participantes, el cual debe incrementarse para validar los resultados presentados. Sin embargo, también sería pertinente monitorizar los tipos y volúmenes de entrenamiento (*i.e.*, general o complementario y específico o técnico-táctico) y revisar los patrones o hábitos nutricionales de los tenistas con el objetivo de mejorar sus parámetros antropométricos de salud.

En el caso de los futbolistas con PC, aunque el número de futbolistas con PC incluidos en el estudio es representativo de los jugadores internacionales de este para-deporte, el tamaño de la muestra de algunos subgrupos fue dispar, condicionado por la sobrerrepresentación de deportistas con hemiparesia espástica (*i.e.*, FT7) y las limitaciones del reglamento a la hora de incluir jugadores de clase funcional. En segundo lugar, se utilizaron las ecuaciones generales para el cálculo del somatotipo ya que no existen ecuaciones específicas para las diferentes deficiencias incluidas en el estudio, por lo que los resultados deben interpretarse con precaución. También puede considerarse como limitación el hecho de que la recolección de datos se realizó antes del inicio de un campeonato internacional con un diseño descriptivo transversal, por lo que no se dispone de los registros dietéticos ni de las horas de entrenamiento de los jugadores con PC, al igual que en el estudio con tenistas con ceguera.

En conjunto, estos matices sugieren que considerar los factores moduladores del somatotipo como el tipo y horas de entrenamiento o la dieta adaptada al tipo o perfil de discapacidad mejorarían los perfiles de referencia. Finalmente, debido a que se trata de estudios transversales con muestras de conveniencia, no es posible inferir causalidad y faltan datos de representación femenina.

8. Agradecimientos

Creo que cuando presentas tu Tesis Doctoral a partir de los cincuenta, a quien primero debes estar agradecida es a la vida por la oportunidad de poder vivir la experiencia.

Esta Tesis ha sufrido numerosos contratiempos, pero supongo que algunas cosas suceden porque así deben ser. Para mí la Tesis ha sido como una carrera de fondo, con su ver demasiado lejos la meta, con las ganas de abandonar por momentos, con el orgullo de no querer hacerlo y con las dudas por saber si se logrará, pero ahora que atisbo la meta, lo único que puedo sentir es agradecimiento.

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a Enrique Roche por ser el responsable directo de que este momento haya sido posible. La casualidad hizo que nos conociéramos y ha sido para mí una bendición, infinitamente generoso hasta el final. Nunca podré agradecerle bastante su preocupación y apoyo mucho más allá de su responsabilidad. Creo que el mundo anda muy necesitado de personas como él.

A continuación, quisiera dar las gracias a mi director, Raúl Reina y Co-director, José Manuel Sarabia, por el tiempo de camino compartido. Hemos tenido que salvar la dificultad de vivir en ciudades diferentes y una inesperada pandemia, pero a pesar de ello han sabido guiar este proyecto a buen puerto.

A Raúl tengo numerosos motivos para estarle agradecida: por aceptar dirigir mi doctorado que era un proyecto ya iniciado y, seguro, no era la opción más fácil que tenía para aceptar, por su compromiso con este proyecto a pesar de sus responsabilidades, y por su nivel de autoexigencia con el trabajo que empuja a los demás a querer hacer las cosas lo mejor posible. Ha hecho que este sueño sea realidad y se lo agradezco de corazón.

En cuanto a José Manuel, creo que no habría sido posible un mejor codirector. Me gustaría resaltar su vocación docente. Creo que es el profesor que a cualquiera le encantaría tener y, dada mi edad, puedo decir que he conocido a muchos de ellos. Su capacidad para hacer fácil lo difícil es admirable, y es lo que muchas veces necesita cualquier alumno dispuesto a aprender. Le agradezco mucho sus aportaciones y su trato siempre amable, pero sobre todo su infinita paciencia y saber llevar los acontecimientos siempre con una sonrisa.

Por último, agradecerles, a mi marido y a mis hijos, su apoyo incondicional y, sobre todo, el no haberme permitido abandonar. En especial, quisiera dar las gracias a mi hija Gisela por ser, en todo momento, el faro en mi tormenta. Que madre e hija coincidan en el tiempo haciendo doctorado y máster ha sido muy especial, enriquecedor y una experiencia inolvidable.



9. Bibliografía

- Ackland, T. R., Ong, K. B., Kerr, D. A., y Ridge, B. (2003). Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(3), 285-294. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(03\)80022-1](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(03)80022-1)
- Agudo, A. M. G. (2011). Avances en la investigación del deporte para personas con discapacidad. *Archivos de Medicina del Deporte*, 28(143), 165-167.
- Aitchison, B., Rushton, A., Martin, P., Barr, M., Soundy, A., y Heneghan, N. (2022). The experiences and perceived of individuals with a disability participating in sport: A systematic review and narrative synthesis. *Disability and Helath Journal*, 15(1). <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2021.101164>
- Alberó, J. R., Cabañas, M. D., Herrero, A., Martínez, L., Moreno, C., y Manzanido, J. (2010). 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*, 27(139), 330-334.
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., ... Willumsen, J.F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451-1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Cabañas, M. y Esparza, F. (2009). *Compendio de cineantropometría*. España: CTO editorial, pp. 32-35.
- Carter, J. E., Ross, W. D., Duquet, W., y Aubry, S. P. (1983). Advances in somatotype methodology and analysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 26, 193-213. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330260509>
- Carter, J. E. (2007). *The Heath-Carter Anthropometric Somatotype. Instruction Manual*. San Diego, CA, USA.
- Carter, J. L. (1982). Body composition of Montreal Olympic athletes. En J. E. L. Carter (Ed.), *Physical Structure of Olympic Athletes*. Basel, Switzerland: Karger Publishers, pp. 107-116.
- Chad, K. E., McKay, H. A., Zello, G. A., Bailey, D. A., Faulkner, R. A., y Snyder, R. E. (2000). Body composition in nutritionally adequate ambulatory and non-ambulatory children with cerebral palsy and a healthy reference group. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 42(5), 334-339. <https://doi.org/10.1017/s001216220000058x>
- Cohen, J. (1988). *Análisis de poder estadístico para las ciencias del comportamiento*. Hillsdale: Asociados de Lawrence Erlbaum.
- CPE, Página Oficial del Comité Paralímpico Español (s.f.). <https://www.paralimpicos.es>
- Deprez, D., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., Lenoir, M., Philippaerts, R., y Vaeyens, R. (2015). Longitudinal development of explosive leg power from childhood to adulthood in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 36, 672-679. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398577>

- Dingley, A. A., Pyne, D. B., y Burkett, B. (2015). Relationships between propulsion and anthropometry in paralympic swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, 978-985. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0186>
- Durnin, J. y Womersley, J. (1974). 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. *British Journal of Nutrition*, 32, 77-97. <https://doi.org/10.1079/bjn19740060>
- Faulkner, J. A. (1966). Physiology of swimming. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 37, 41-54. <https://doi.org/10.1080/10671188.1966.10614734>
- Flueck, J. L. (2020). Body composition in Swiss elite wheelchair athletes. *Frontiers in Nutrition*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00001>
- Gorla, J., Nogueira, C. D., Gonçalves, H. R., De Faria, F. R., Buratti, J. R., Nunes, N., ... Roca, V. L. (2019). Composición corporal y perfil somatotípico de jugadores brasileños de fútbol siete con Parálisis Cerebral de acuerdo con la clasificación funcional. Contribución al Deporte Paralímpico. *Retos*, 35, 326-328. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i35.58931>
- Hedges, L. V. y Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. San Diego: Academic Press.
- Henríquez, M., Iturricastillo, A., González-Olguín, A., Herrera, F., Riquelme, S., y Reina, R. (2021). Time-motion characteristics and physiological responses of para-footballers with cerebral palsy in two small-sided games and a simulated game. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 38(2), 232-247. <https://doi.org/10.1123/apaq.2020-0077>
- Hernández, J., Moncada, O., Domínguez, E., Díaz, O., Arnold, Y., García, D., y Martínez, I. (2020). Valor de corte del índice cintura/cadera como predictor independiente de disglucemias. *Revista Cubana de Endocrinología*, 30(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532019000300001
- Hernández-Rodríguez, J. y Duchi-Jimbo, P. N. (2015). Índice cintura/talla y su utilidad para detectar riesgo cardiovascular y metabólico. *Revista Cubana de Endocrinología*, 26, 1-8. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532015000100006
- IBSA, International Blind Sports Association. (2017). *Classification manual for classifiers*. <https://www.internationalblindtennis.org/rules-of-play/>
- IFCPF, International Federation of Cerebral Palsy Football. (2018). *Classification rules and regulations*. <https://www.ifcpf.com/about-classification>
- INE, Instituto Nacional de Estadística. (2023). *Encuesta de discapacidad, autonomía personal y situaciones de dependencia*. <http://hdl.handle.net/10261/34185>
- IPC, International Paralympic Committee. (2024). International Standard for Eligible Impairments. <https://www.paralympic.org/classification-code>
- Iversen, E., Hassager, C., y Christiansen, C. (1989). The effect of hemiplegia on bone mass and soft tissue body composition. *Acta Neurologica Scandinavica*, 79, 155-159.
- Jaarsma, E. A., Dekker, R., Dijkstra, P. U., Geertzen, J. H. B., y Koopmans, S. A. (2014). Barriers to and facilitators of sports participation in people with visual impairments. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 31, 240-264. <https://doi.org/10.1123/2013-0119>

- Juzwiak, C. R., Winckler, C., Joaquim, D. P., Silva, A., y De Mello, M. T. (2016). Comparison of measured and predictive values of basal metabolic rate in Brazilian paralympic track and field athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26, 330-337. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0015>
- Kirstein, V., Heather, D., y Dakota, B. (2020). Cerebral Palsy: An Overview. *American Family Physician*, 101(4), 213-220. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32053326>
- Krigger, K. (2006). Cerebral palsy: An overview. *American Family Physician*, 73(1), 91-100. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16417071>
- Lemos, V. D. A., Alves, E. D. S., Schwingel, P. A., Rosa, J. P. P., Da Silva, A., Winckler, C., ... De Mello, M. T. (2016). Analysis of the body composition of Paralympic athletes: Comparison of two methods. *European Journal of Sport Science*, 16, 955-964. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1194895>
- Lieberman, L. J. (2002). Fitness for individuals who are visually impaired or deafblind. *Heldref*, 34(1), 13-23. <https://doi.org/10.1080/02701367.2002.10609056>
- Lukaski, H. y Raymond, C. (2021). New frontiers of body composition in sport. *International Journal of Sports Medicine*, 42(7), 588-601. <https://doi.org/10.1055/a-1373-5881>
- Marfell-Jones, M., Stewart, A., y De Ridder, J. (2012). *International standards for anthropometric assessment*. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Potchefstroom, South Africa.
- Martin, A. (1991). Anthropometric assessment of bone mineral. En J. Himes (Ed.), *Anthropometric assessment of nutritional status*. Wiley-Liss, pp. 185-196.
- Martínez-Rodríguez, A., Roche-Collado, E., y Vicente-Salar, N. (2015). Body composition assessment of paddle and tennis adult male players. *Nutrición Hospitalaria*, 31, 1294-1301. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.3.8004>
- Medeiros, R. M. V., Alves, E. S., Lemos, V. A., Schwingel, P. A., Da Silva, A., Vital, R., ... Tufik, S. (2016). Assessment of body composition and sport performance of Brazilian paralympic swim team athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25, 364-370. <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0036>
- Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Fernández, J., Bishop, D., y Fernandez-Garcia, B. (2010). Ratings of perceived exertion-lactate association during actual singles tennis match play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 165-170. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a5bc6d>
- Monbaliu, E., De Cock, P., Mailleux, L., Dan, B., y Feys, H. (2017). The relationship of dystonia and choreoathetosis with activity, participation and quality of life in children and youth with dyskinetic cerebral palsy. *European Journal of Paediatric Neurology*, 21, 327-335. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2016.09.003>
- Oberhofer, K., Stott, N. S., Mithraratne, K., y Anderson, I. A. (2010). Subject-specific modelling of lower limb muscles in children with cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 25, 88-94. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.09.007>
- Oliveira, C., Ferreira, D., Caetano, C., Granja, D., Pinto, R., Mendes, B., y Sousa, M. (2017). Nutrition and supplementation in soccer. *Sports*, 5, 28. <https://doi.org/10.3390/sports5020028>

- OMS, Organización Mundial de la Salud (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud*. https://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43360/1/9241545445_spa.pdf
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2021). *Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation on Obesity*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- OMS, Organización Mundial de la Salud (2024). *Obesidad y sobrepeso*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Peña-González, I., Javaloyes, A., Sarabia, J. M., y Moya-Ramón, M. (2023). Changes in sprint force-velocity profile in international para footballers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 18, 495-502. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0317>
- Portal, S., Rabinowitz, J., Adler-Portal, D., Burstein, R. P., Lahav, Y., Meckel, Y., ... Eliakim, A. (2010). Body fat measurements in elite adolescent volleyball players: Correlation between skinfold thickness, bioelectrical impedance analysis, air-displacement plethysmography, and body mass index percentiles. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 23, 395-400. <https://doi.org/10.1515/jpem.2010.061>
- Porto, Y. C., Almeida, M., Da Sá, C. C., Schwingel, P. A., y Zoppi, C. C. (2008). Anthropometric and physical characteristics of motor disabled Paralympic rowers. *Research in Sports Medicine*, 16, 203-212. <https://doi.org/10.1080/15438620802103437>
- Reina, R. (2014). Evidence-based classification in Paralympic sport: Application to football-7-a-side. *European Journal of Human Movement*, 32, 161-185.
- Reina, R., Sarabia, J. M., Yanci, J., García-Vaquero, M. P., y Campayo-Piernas, M. (2016). Change of direction ability performance in cerebral palsy football players according to functional profiles. *Frontiers in Physiology*, 6, 409. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00409>
- Reina, R., Elvira, J. L. L., Valverde, M., Roldán, A., y Yanci, J. (2019). Kinematic and kinetic analyses of the vertical jump with and without header as performed by para-footballers with cerebral palsy. *Sports*, 7. <https://doi.org/10.3390/sports7090209>
- Reina, R., Barbado, D., Soto-Valero, C., Sarabia, J. M., y Roldan, A. (2020). Evaluation of the bilateral function in para-athletes with spastic hemiplegia: a model-based clustering approach. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23, 710-714. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.01.003>
- Reina, R., Vivaracho, I., Garcia-Alaguero, y Roldán, A. (2021). *Guía sobre clasificación en el deporte paralímpico*. Elche: Limencop S.L.
- Rodríguez, F., Flores, A., Farias, T., Gutierrez, O., y Arce, P. (2019). Body composition and referential somatotype of physically active subjects. *International Journal of Morphology*, 28, 1159-1165. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022010000400028>
- Rodríguez-Pérez, M. C., Cabrera de León, A., Aguirre-Jaime, A., Domínguez-Coello, S., Brito-Díaz, B., Almeida-González, D., ... Alemán-Sánchez, J. J. (2010). El cociente perímetro abdominal/estatura como índice antropométrico de riesgo cardiovascular y de diabetes. *Medicina Clínica*, 134, 386-391. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2009.09.047>
- Romanov, R., Medovic, B., Stupar, D., Jezdimirovic, T., y Garunovic, B. (2017). The connection between certain morphological parameters and results in goalball players. *International*

- Journal of Morphology*, 35, 1396-1402. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000401396>
- Roquetti, P. y Filho, J. (2004). Comparative study of the dermatoglyphic, somatotype and of maximum oxygen consumption of the Brazilian national soccer team athletes, carriers of cerebral paralysis and professional athletes of soccer not carrying cerebral paralysis. *Fitness and Performance Journal*, 3, 157-164. <https://doi.org/10.3900/fpj.3.3.157.p>.
- Ross W., y Wilson N. (1974). A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediatrica Belgica*, 28, 169-182.
- Rosenbaum, P., Paneth, N., Leviton, A., Goldstein, M., Bax, M., Damiano, D., Dan, B., y Jacobsson, B. (2007). A report: The definition and classification of cerebral palsy April 2006. *Developmental Medicine and Child Neurology, Supp* 109, 8-14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17370477>
- Runciman, P., Tucker, R., Ferreira, S., Albertus-Kajee, Y., Micklesfield, L., y Derman, W. (2016). Site-specific bone mineral density is unaltered despite differences in fat-free soft tissue mass between affected and nonaffected sides in hemiplegic paralympic athletes with cerebral palsy: Preliminary findings. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95, 771-778. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000532>
- Sanchis-Moysi, J. y Calbet, J. A. (2016). Ghost or real musculoskeletal asymmetries in football players? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(12), 2580. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001032>
- Sanz, D., Palencia, I., Reina, R., y Leardy, R. (2018). Deporte base y deporte de competición en personas con discapacidad en España. En *Libro blanco del deporte de personas con discapacidad en España*. Madrid: Cinca, pp. 216-222.
- Sillero, M. (2006). El somatotipo. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte. Universidad Politécnica de Madrid, 43-58. https://www.academia.edu/9786600/Manuel_Sillero_Quintana
- Slimani, M. y Nikolaidis, P. T. (2019). Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level, playing position and age group: A systematic review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59, 141-163. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07950-6>
- Smekal, G., Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., y Baron, R. (2001). Perfil fisiológico del juego de tenis. *Ejercicio Deportivo de Ciencia Médica*, 33, 999-1005. <https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00020>
- Szkoda, L., Szopa, A., Siwiek, A., Kwiecien, I., y Domagalska, M. (2022). Body composition and spasticity in children with unilateral cerebral palsy. *Children*, 9, 1904. <https://doi.org/10.3390/children9121904>
- Torralba, M. A., Vives, J., Vieira, M. B., y Nikic, M. (2015). Control fisiológico para valorar las capacidades y características de deportistas con discapacidad visual. *Apunts Medicina de l'Esport*, 50, 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2015.02.003>
- Tweedy, S., Beckman, E., y Connick, M. (2014). Paralympic classification: Conceptual basis, current methods, and research update. *PM&R*, 6(8), 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.pmri.2014.04.013>

- Tweedy, S. y Vanlandewijck, Y. (2011). International Paralympic Committee position stand-background and scientific principles of classification in Paralympic sport. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 259-269. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.065060>
- Twist, A. (2012). A twist on tennis allows the blind to play. ZDNet. <http://www.zdnet.com/article/a-twist-on-tennis-allows-the-blind-to-play/>
- Tyler, T. F., McHugh, M. P., Mirabella, M. R., Mullaney, M. J., y Nicholas, S. J. (2006). Risk factors for noncontact ankle sprains in high school football players: the role of previous ankle sprains and body mass index. *American Journal of Sports Medicine*, 34, 471-475. <https://doi.org/10.1177/0363546505280429>
- Valdés-Badilla, P. A., Godoy-Cumillaf, A. E., y Valenzuela-Herrera, T. (2014). Somatotipo, composición corporal, estado nutricional y condición física en personas con discapacidad visual que practican goalball. *International Journal of Morphology*, 32, 183-189. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000100031>
- Valensise, H., Andreoli, A., Lello, S., Magnani, F., Romanini, C., y De Lorenzo, A. (2000). Total-body skeletal muscle mass: Development and cross-validation of anthropometric prediction models. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72, 796-803. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.796>
- Verschuren, O., Peterson, M. D., Balemans, A. C. J., y Hurvitz, E. A. (2016). Exercise and physical activity recommendations for people with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 58, 798-808. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13053>
- Withers, R., Craig, N., Bourdon, P., y Norton, I. (1987). Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56, 191-200. <https://doi.org/10.1007/BF00640643>
- World Medical Association (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Journal of American Medical Association*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Yanci, J., Castillo, D., Iturricastillo, A., Aracama, A., Roldan, A., y Reina, R. (2021). Performance analysis in football-specific tests by para-footballers with cerebral palsy: Implications for evidence-based classification. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16, 1328-1334. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0370>

10. Apéndices

10.1. Artículo 1

Doménech, C., Alacid, F., Roche, E., y Reina R. (2020). Morphological characteristics of visually impaired tennis practitioners. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 13(3), 144-149. <https://doi.org/10.33155/j.ramd.2020.02.001>





Junta de Andalucía
Consejería de Educación y Deporte

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs>



Original



Morphological characteristics of visually impaired tennis practitioners

C. Doménech^a, F. Alacid^b, E. Roche^c, R. Reina^a

^a Sport Research Centre. Miguel Hernandez University. Elche. Spain.

^b Department of Education. Health Research Centre. University of Almería. Spain.

^c Department of Applied Biology-Nutrition. Institute of Bioengineering. Miguel Hernandez University. Elche. Alicante Institute for Health and Biomedical Research (ISABIAL Foundation). Alicante. CIBERobn (Fisiopatología de la Obesidad y la Nutrición CB12/03/30038) Instituto de Salud Carlos III. Madrid. Spain.

ARTICLE INFORMATION: Received 11 October 2019, accepted 3 February 2020, online 3 February 2020

ABSTRACT

Objective: To evaluate somatotype and body composition of a population of sound-tennis players.

Method: The research included a descriptive, cross-sectional design, with a quantitative focus. The sample consists of 13 male sound-tennis players: eight Spanish and five from other countries that were recruited in an international tournament in May 2017. The Spanish population started the practice of this discipline two years before the data collection, while the other group was more experienced with 4-6 years of sports practice. Anthropometric characteristics and body composition of both populations were determined by the protocols described by the International Society for the Advancement of Kinanthropometry.

Results: All the participants presented an endomorphic mesomorph somatotype. No significant differences were detected regarding fat and muscle masses when comparing Spanish vs others. Spanish players displayed significantly higher values of biceps and medial calf skinfolds, but also lower bone mass and height.

Conclusions: All participants were slightly overweight. The Spanish para-athletes tend to accumulate fat in the upper and lower limbs that could affect their tennis performance. These indicators should be taken into account when planning diet, training and season goals.

Keywords: Blind; Body composition; Visual impairment; Somatotype; Tennis.

Características morfológicas de practicantes de tenis con discapacidad visual

RESUMEN

Objetivo: Caracterizar el somatotipo y la composición corporal de un grupo de tenistas con discapacidad visual.

Método: La investigación contempló un diseño descriptivo, transversal, con un enfoque cuantitativo. La muestra estaba compuesta por 13 jugadores masculinos de tenis: ocho españoles y cinco extranjeros, reclutados en un campeonato internacional en mayo de 2017. La población española comenzó la práctica de esta disciplina dos años antes del momento de la toma de datos, mientras que el grupo de deportistas de otros países tenía un historial de práctica de 4-6 años. Las características antropométricas y la composición corporal de ambas poblaciones fueron determinadas siguiendo los protocolos de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría.

Resultados: Los deportistas presentaron un somatotipo mesomorfo endomórfico. No se observaron diferencias en las masas grasa y muscular al comparar españoles vs extranjeros. No obstante, los jugadores españoles presentaron valores significativamente mayores en los pliegues del bíceps y medial de la pierna, así como valores más bajos de masa ósea y altura.

Conclusiones: Todos los participantes del presente estudio presentaron un sobrepeso límite. Sin embargo, los deportistas españoles tendían a acumular más grasa en las extremidades superiores e inferiores, lo que podría condicionar su rendimiento. Estos indicadores deberían tenerse en cuenta a la hora de planificar la dieta, el entrenamiento y los objetivos de temporada.

Palabras clave: Ceguera; Composición corporal; Discapacidad visual; Somatotipo; Tenis.

* Corresponding author.

E-mail-address: reina@umh.es (R. Reina).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2020.02.001>

Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Características morfológicas de praticantes de tênis com deficiência visual

RESUMO

Objetivo: Caracterizar o somatótipo e a composição corporal de um grupo de tenistas com deficiência visual.

Método: A pesquisa contemplou um delineamento descritivo, transversal, com abordagem quantitativa. A amostra foi composta por 13 tenistas do sexo masculino: oito espanhóis e cinco estrangeiros, recrutados em um campeonato internacional em maio de 2017. A população espanhola iniciou a prática dessa disciplina dois anos antes da época da coleta de dados, enquanto a O grupo de atletas de outros países tinha um histórico de prática de 4-6 anos. As características antropométricas e a composição corporal de ambas as populações foram determinadas seguindo os protocolos da Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria.

Resultados: Os atletas apresentaram um somatótipo endomórfico de mesomorfia. Não foram observadas diferenças na massa gorda e muscular ao comparar espanhóis x estrangeiros. No entanto, jogadores espanhóis apresentaram valores significativamente mais altos nas dobras bíceps e mediais da perna, além de menores valores de massa e altura óssea.

Conclusões: Todos os participantes deste estudo apresentaram um limite de excesso de peso. No entanto, os atletas espanhóis tendiam a acumular mais gordura nas extremidades superior e inferior, o que poderia condicionar seu desempenho. Esses indicadores devem ser levados em consideração ao planejar dieta, treinamento e metas sazonais.

Palavras-chave: Cegueira; Composição corporal; Deficiência visual; Somatótipo; Tênis.

Introduction

According to the World Health Organization (WHO), around 285 million people suffer from some type of visual disability, in which the 0.7% (39 million) is completely blind. This disability has a strong prevalence in developing countries, due mainly to ageing and the strong incidence of chronic diseases.¹ In Spain, around 979200 people suffer from some type of visual impairment, corresponding to a prevalence of 2.14%.²⁻³ Sports practice has positive benefits, since it reinforces functional independence, favours competition and the social integration of this population.⁴ A study by Jaarsma et al.⁵ analyzed the barriers to and facilitators for sports participation by people with visual impairments, concluding that health professionals should try to decrease barriers (e.g., problems with transport, lack of information, and lack of sports peers/buddies) before the start of sports programs. Therefore, the emphasis of a sports program should also be on the positive aspects of sports, such as fun, increasing health, and social contacts, to improve sports participation in people with visual impairments.⁵

Sound-tennis is a specific sport for people with visual impairments, adapting the ball (i.e. a soft sound ball), the court (lines in relief), the racquet (the maximum sizes are established according to the amount of visual loss) and the rules for the game (the ball can bounce until three times). The International Blind Sports Association (IBSA) actually classifies practitioners with visual impairments in three categories:⁶ i) B1, with a visual acuity lower than LogMAR 2.6; ii) B2, with a visual acuity ranging from LogMAR 1.5 to 2.6 (inclusive) and/or visual field constricted to a diameter of fewer than 10 degrees; and iii) B3, with a visual acuity ranging from LogMAR 1.4 to 1.0 (inclusive) and/or visual field constricted to a diameter of fewer than 40 degrees.

Recent studies have demonstrated the lower levels of lifestyle physical activity and higher levels of sedentary time in adolescents and adults with visual impairment than those with normal vision⁷ and it has been associated with locomotor dysfunctions.⁸ Although active people present significant differences regarding body fat mass as well as muscle mass when compared to sedentary subjects,⁹ the presence of the visual impairment or practising a para-sport that requires specific supports would underlie the anthropometric scores of this population. Due to the recent implantation of sound-tennis in Europe, no anthropometric data are available for this group of para-athletes. To the best authors' knowledge, this is the first anthropometric study performed in sound-tennis players. Therefore, the aim of this study was to evaluate the somatotype and the body composition in order to

establish the adequacy and reference scores of these parameters in sound-tennis players.

Method

Subject

Thirteen players with visual impairments participated in the study. Eight (three B1 and five B2) were recruited from the Sound Tennis Foundation (Valencia, Spain), with two years of previous experience. Five players from other countries (Italy, Mexico and the UK; three B1 and two B3) were also recruited during the First International Blind Tennis Tournament celebrated in May 2017 held in Alicante (Spain) and they had a longer training experience (4-to-6 years). Players from both groups trained an average of 3h/week. All participants were Caucasians. Table 1 shows the descriptive data of the participants.

All participants were verbally informed about the aims of the study, signing informed consent and participating on a voluntary basis. Participants did not practice other sports, did not suffer from any pathology nor were under medical treatment, were not following any specific diet nor display muscle-skeletal alterations that could impair their sport activity. The study followed the principles of the Helsinki Declaration for studies with human beings and was approved by the Ethics Committee of the University of Valencia.

Procedures

Anthropometric evaluations were performed according to the methodology described by the International Society for the Advancement of Kineanthropometry¹⁰ by a level 2 anthropometrist. Stretch stature was determined with a stadiometer with a sensibility of 0.1 cm. Body mass was measured with a homologated digital scale Tanita (Tokyo, Japan) with a sensibility of 0.1 kg. Skinfold calliper Holtain (UK) was used to determine eight skinfolds: triceps, subscapular, biceps, iliac crest, supraspinal, abdominal, front thigh and medial calf, with a sensibility of 0.2 mm. Girths were measured with a metallic inextensible tape (Cescrof, Brazil) with a precision of 1 mm: relaxed arm, flexed and tensed arm, waist, gluteal (hip), mid-thigh and calf. Humerus, bi-styloid and femur breadths were taken with a small bone calliper with a precision of 1 mm (Cescrof, Brazil).

All the measurements were taken twice (or three times if the difference between the first two measures was greater than 5% for skinfolds and 1% for the rest of measurements) and the mean

values were used for data analysis. The technical error of measurement scores was less than 5% for skinfolds and less than 1% for the remaining variables.

Fat percentage was calculated using the Durnin and Womersley formula.¹¹ Muscle mass was calculated according to Lee's equation¹² and the bone mass from Rocha's equation.¹³ Residual weight was calculated from the difference between body weight and the addition of fat, muscle and bone compartments.¹⁴ Somatotype was calculated according to Carter and Heath¹⁵ methodology.

Body mass index (BMI) was used to classify overweight and obesity according to WHO.¹⁶ The risk to suffer obesity-related pathologies was evaluated from indicators such as hip-waist ratio, waist perimeter and waist/height index. The cutting point of >1 for hip/waist ratio in men used in this study was proposed by the Spanish Society for the Study of Obesity.¹⁷ Waist girth is used to validate the content of abdominal fat and thereby the cardiovascular risk. Lastly, the waist/height ratio did not present cutting points established by any institution. However, the majority of the studies indicate that the risk associated to different pathologies increase when the values of this index are equal to or more than 0.55, so this was the cutting point considered in the present study.

Statistical analysis

Descriptive statistics presents data as means $\pm$ standard deviations. Since the sample was small, one-sample K-S test (Kolmogorov-Smirnov test) was performed in order to assess if each sample fits a normal distribution. The K-S test determined the appropriateness of using parametric techniques for data analysis and a Student's t-test for independent variables was used to detect significant differences between Spanish and the rest of the participants. To calculate the effect size of between-groups differences, Hedges' g index was used.¹⁸ This index is based on Cohen's d index,¹⁹ but it provides an effect size estimation reducing the bias caused by small samples ($n < 20$). Interpretation of Hedges' g was above 0.8, between 0.5 and 0.8, between 0.2 and 0.5, and lower than 0.2 were considered large, moderate, small, and trivial, respectively. Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS, v.22.0 for Windows). Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results

Anthropometric variables (skinfolds, girths and breadths) of the study participants are shown in Table 1. No significant differences were observed when comparing participants according to their visual acuity (B1 vs B2/B3). Therefore, we decided to compare body composition according to the years of experience, considering the Spanish players as the group with less experience. There were significant differences and large effects sizes for the age and the stretch stature, with lower scores for both variables in the group with less experience (i.e. Spanish players). Significant differences were also observed for skinfold means in biceps and medial calf sites and large effect sizes for the subscapular, iliac crest and front thigh sites. For all these measurements, the group with less experience presented higher skinfolds scores. In the line, regarding girths, only the mid-thigh exhibits a large effect size when comparing both groups. And concerning breadths, only the measurement for the femur exhibits a large effect size but with higher scores for the group with higher experience.

Body composition (fat, muscle, bone and residual masses) was assessed from the anthropometric parameters (Table 2) (Figure 1). Regarding body composition, the only significant difference and large effect size was a lower mean value of bone mass for the Spanish players. Regarding somatotype, data indicate a

predominant endomorphic mesomorph somatotype for the whole population as well as for both populations studied separately. However, a significant difference and a large effect size were obtained for the ectomorphic somatotype (i.e. higher score in the group with more experience) and large effect size for the endomorphic somatotype (i.e. higher score in the group with less experience). With regard to the somatotype attitudinal mean (SAM), as a measure of the average dispersion of individual somatotypes from the group mean, indicated a lower homogeneity structure (i.e. moderate effect size) in the Spanish players (1.9 ± 1.1) than in the rest of participants (1.2 ± 0.7). Finally, Table 2 also shows the results of different anthropometric indicators related to the health status of the participants. Although no significant differences were obtained between groups, the Spanish players exhibit higher scores (i.e. large effect sizes) for the BMI, hip/waist and waist/height ratios compared with the remaining participants of this study.

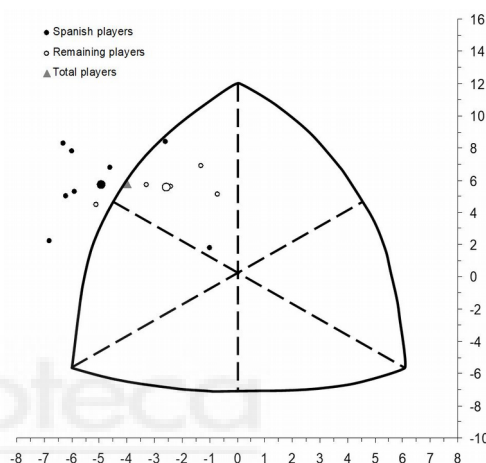


Figure 1. Individual and mean somatopoints of blind tennis players participating in the study. Large points show the mean profile for each group.

Discussion

To the best author's knowledge, this is the first anthropometric and health status report conducted in sound-tennis practitioners. Previous studies performed in able-bodied male adult tennis players,²⁰⁻²² as well as studies on blind practitioners from other sport disciplines,²¹⁻²² were considered as reference scores for comparison.

In this context, body mass (see Table 1) was similar to the values observed in other studies conducted with regular tennis players.²² However, the stature values (Table 1) obtained in the whole sample as well as in each one of the studied subgroups differed from the values observed in regular tennis players: 182.9 ± 5.2 cm.²¹ These differences were determinant for BMI values as well as for somatotype, also considering that the group with higher experience in this para-sport exhibited a mean stature of 10 cm higher compared to the group with less experience.

In general, the sound-tennis practitioners presented an endomorphic mesomorph morphotype for the whole sample as well as for the different subgroups of this study (Figure 1), but with a prevalence of the ectomorphic and the endomorphic morphotypes in the groups with higher and fewer experiences, respectively. The values presented in Table 2 indicate a compensated somatotype when comparing with able-bodied tennis players, being 3.3-4.3-2.5.²⁰ However, the somatotype of the participants in this study was very similar to that observed in studies in visually impaired athletes of other sports disciplines, such as athletics, alpinism, cycling, goalball, judo and swimming, being 4.0-5.2-2.3.²³

Table 1. Age, weight, stretch stature and anthropometric characteristics (skinfolds, girths and breadths) of the whole population and the two subgroups (Spanish and rest) of blind tennis players participating in the study (see text for more details).

	Overall (n=13)		Spanish players (n=8) 2 years of experience		Rest of players (n=5) 4-6 years of experience		t	p	d _g	
	Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range				
Age (years)	38.3 ± 10.3	19 – 53	33.2 ± 9.4	19 – 53	46.3 ± 5.3	39 – 53	-2.81	0.017	-1.49	*†
Body mass (kg)	79.9 ± 11.9	62.2 – 99.8	80.5 ± 11.3	62.2 – 99.8	78.8 ± 12.9	67.3 – 98.4	0.24	0.815	0.13	
Stretch stature (cm)	169.1 ± 7.1	161 – 185	166.3 ± 4.2	161 ± 172	176.5 ± 6.1	171 – 190	-3.49	0.005	-1.90	*†
Skinfolds (mm)										
Triceps	14.3 ± 4.4	7.4 – 19.2	15.0 ± 4.2	8.2 – 19.2	13.1 ± 4.4	7.4 – 18.2	0.77	0.459	0.41	
Subscapular	19.7 ± 6.3	11.2 – 29.6	22.2 ± 5.2	11.2 – 29.6	15.7 ± 5.6	11.4 – 25.2	2.06	0.064	1.13	†
Biceps	8.9 ± 4.1	4.4 – 19.8	10.6 ± 4.1	6.2 – 19.8	6.1 ± 1.4	4.4 – 7.8	2.22	0.049	1.24	*†
Iliac crest	22.7 ± 4.8	12.2 – 28.6	24.2 ± 3.4	17.2 – 28.6	20.3 ± 5.8	12.2 – 25.2	1.50	0.163	0.82	†
Supraspinal	16.6 ± 7.4	7.8 – 27.4	17.7 ± 7.1	8.8 – 27.4	14.9 ± 7.6	7.8 – 25.6	0.64	0.534	0.34	
Abdominal	24.8 ± 6.2	16.0 – 31.6	25.0 ± 5.1	16.0 – 31.6	24.5 ± 7.9	11.8 – 31.4	0.13	0.898	0.07	
Front thigh	23.3 ± 7.9	6.4 – 34.0	26.0 ± 6.2	15.2 – 34.0	18.9 ± 8.6	6.4 – 25.4	1.69	0.119	0.92	†
Medial calf	14.3 ± 5.9	3.4 – 22.4	17.2 ± 4.3	9.8 – 22.4	9.6 ± 4.9	3.4 – 16.6	2.86	0.015	1.56	*
Girths (cm)										
Relaxed arm	31.6 ± 2.4	27.5 – 33.5	32.0 ± 2.7	27.5 – 33.5	30.9 ± 1.5	28.7 – 32.5	0.78	0.454	0.44	
Flexed-tensed arm	32.9 ± 2.5	27.5 – 38.0	33.2 ± 2.8	27.5 – 38.0	32.4 ± 1.5	30.2 – 33.9	0.52	0.614	0.31	
Waist	91.9 ± 9.4	77.5 – 103.8	93.8 ± 9.6	77.5 – 103.8	88.9 ± 7.8	82.4 – 101.3	0.91	0.380	0.51	
Gluteal (hip)	100.6 ± 7.9	86.4 – 113.3	100.5 ± 8.0	86.4 – 112.6	100.6 ± 7.8	94.2 – 113.3	-0.01	0.990	-0.01	
Mid-thigh	55.1 ± 4.9	50.0 – 66.5	56.9 ± 4.3	50.4 – 66.5	52.1 ± 3.9	50.0 – 59.0	1.94	0.078	1.07	†
Calf	39.3 ± 2.7	36.5 – 45.6	39.0 ± 2.8	36.5 – 45.6	39.8 ± 2.4	38.2 – 44.0	-0.49	0.634	-0.27	
Breadths (cm)										
Humerus	6.9 ± 0.7	5.3 – 7.8	6.7 ± 0.7	5.3 – 7.5	7.2 ± 0.5	6.6 – 7.8	-1.35	0.205	-0.73	
Bi-styloid	5.5 ± 0.2	5.1 – 5.8	5.5 ± 0.2	5.1 – 5.7	5.6 ± 0.2	5.4 – 5.8	-1.13	0.283	-0.47	
Femur	9.6 ± 0.6	8.6 – 10.6	9.3 ± 0.6	8.6 – 10.6	10.0 ± 0.4	9.6 – 10.3	-2.10	0.060	-1.21	†

(*) Significant differences and large effect sizes (†) comparing Spanish (less experienced) to the rest of players. Abbreviations used: SD, standard deviation.

Table 2. Body composition, somatotype and body indexes of the whole population and subgroups (Spanish and rest) of blind tennis players participating in the study (see text for more details).

	Overall players (n=13)		Spanish players (n=8) 2 years of experience		Rest of players (n=5) 4-6 years of experience		t	p	d _g	
	Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range	Mean ± SD	Range				
Body composition										
Fat mass (%)	28.1 ± 5.3	17.3 – 34.7	28.5 ± 5.6	17.3 – 34.7	27.6 ± 5.3	19.7 – 33.2	0.91	0.380	0.15	
Muscle mass (%)	37.2 ± 4.1	30.6 – 42.2	36.1 ± 4.2	30.6 – 42.0	38.9 ± 3.7	34.1 – 42.2	-1.22	0.246	-0.65	
Bone mass (%)	13.9 ± 1.9	11.2 – 16.7	13.3 ± 1.7	11.8 – 16.1	15.4 ± 1.5	13.0 – 16.7	2.57	0.026	-1.20	*†
Residual mass (%)	20.8 ± 6.0	9.7 – 29.5	22.4 ± 5.6	11.0 – 29.5	18.1 ± 6.2	9.7 – 25.6	0.79	0.446	0.69	
Somatotype										
Endomorphy	5.0 ± 1.4	2.7 – 6.9	5.5 ± 1.4	3.0 – 6.9	4.2 ± 1.3	2.7 – 6.0	1.65	0.127	0.89	†
Mesomorphy	5.9 ± 1.3	3.4 – 9.0	6.1 ± 1.7	3.4 – 9.0	5.7 ± 0.2	5.5 – 5.9	0.49	0.631	0.27	
Ectomorphy	0.9 ± 0.9	0.1 – 2.6	0.5 ± 0.8	0.1 – 2.0	1.6 ± 0.6	0.9 – 2.6	-2.75	0.019	-1.40	*†
SAM	1.6 ± 1.0	0.3 – 3.9	1.9 ± 1.1	0.6 – 3.9	1.2 ± 0.7	0.3 – 1.9	1.29	0.223	0.68	
Body indexes										
BMI (kg/m ²)	27.7 ± 3.9	22.5 – 34.9	29.3 ± 4.0	23.7 – 34.9	25.2 ± 2.4	22.5 – 28.7	2.04	0.067	1.09	†
Hip/Waist ratio	0.9 ± 0.05	0.8 – 1.0	0.93 ± 0.05	0.8 – 1.0	0.88 ± 0.03	0.8 – 0.9	1.94	0.078	1.16	†
Waist/Height ratio	0.5 ± 0.06	0.5 – 0.6	0.56 ± 0.06	0.5 – 0.6	0.50 ± 0.03	0.5 – 0.6	1.97	0.075	1.09	†

(*) Significant differences and large effect sizes (†) comparing Spanish (less experienced) to the rest of players. Abbreviations used: BMI, body mass index; SAM, somatotype attitudinal mean; SD, standard deviation.

On the other hand, body composition is very influenced by the formula used for assessment, particularly for the fat mass. According to the formula of Durnin and Womersley,¹¹ the fat mass values obtained (see Table 2) for the Spanish individuals and the others were higher than applying the Faulkner's formula, used in other studies. Using this formula, the Spanish players displayed a fat mass of 18%, being 16% for the other participants. However, both values are far from the 12.3% of fat mass obtained for blind subjects practising other para-sport disciplines.²³ Regarding muscle mass, the Spanish and the other players presented 36% and 39%, respectively. These figures are below the mean value of 44.4% obtained for able-bodied tennis players,²⁰ below the 46.6% mean value observed in blind athletes practising other sport disciplines²³ (using Matiegka's strategy), and below the 42.7% mean value observed in goalball paralympic athletes.²⁴

Proper planning of sports practice allows reaching an adequate BMI, correlating with a healthy metabolic profile and a low risk to suffer joint injuries.²⁵ This statement is extensive as well to Paralympic practitioners. In this context, we evaluated the BMI of the participants in this study. As a result, the majority of the athletes in the overweight category (see Table 2) were close to type 1 obesity in the case of the Spanish group and slightly overweight for the remaining participants.¹⁶ This differs from able-bodied tennis players, who generally have a BMI below 23.6

kg m⁻².²⁰ Our results match with those observed by Torralba et al.²³ in blind athletes practising other sport disciplines. However, this result is not extended to other para-sport disciplines practised by blind athletes. In the study of Valdés Badilla et al.²⁴, blind practitioners of goalball presented a BMI of 26.05 kg m⁻², higher than in our study. This result is plausible because goalball is a sport where para-athletes mainly play in a small area (i.e. team area) with reduced movement possibilities.

Since BMI in sports practitioners does not distinguish fat mass from muscle mass, we can infer that the data obtained in the present study may correspond mainly to the high-fat mass component in these subjects. In addition, BMI does not provide information regarding body fat distribution. In this sense, the subjects with normal body weight or slightly overweight may present a fat distribution that may put them at risk of suffering certain pathologies.²⁶ In the present study, the more experienced group presented less fat accumulation in the arms and legs, compared to the Spanish group ($p < 0.05$ in biceps and medial calf skinfolds; $d > 0.8$ in subscapular, iliac crest and front thigh). For all these reasons, the information provided by the BMI has to be taken into account, as well as additional parameters. Accordingly, a recent study by Romanov et al.²⁷ with goalball players demonstrated a relationship of the waist and hip scores with the ranking achievement of the teams, indicating the importance of

the body fat distribution in the defining of the morphological profile of those para-athletes.

Regarding the hip/waist ratio, only the Spanish group surpassed the limit value of 0.93. The score in able-bodied tennis players was 0.8,²⁰ but 0.96 for goalball players.²⁴ Regarding the waist circumference, the mean value in the Spanish group was 93.8 cm vs 88.9 cm for the other group. The American Diabetes Association has established a limit of 94 cm for males, where higher values correlate with an increased risk of cardiovascular disease.²⁸ When taken the sample of this study as a whole, the studied population did not reach this value, although the Spanish subgroup was very close to this limit. Comparing to other sport disciplines, the mean waist circumference value was 90.0 cm for goalball players²⁴ and 80.5 cm in able-bodied tennis players.²⁰ Finally, the waist/height index has been presented in certain studies as a good predictor for type-2 diabetes and cardiovascular risk, completing the information provided by the waist circumference. The cut-off point of 0.55 indicates that it is recommended to avoid an abdominal waist circumference higher than half of the individual's height.²⁹ The value of this index in the Spanish group was 0.56 vs 0.50 for the rest of the participants. Although this index is not presented in other studies, the data to figure out are provided and goalball players display an index of 0.53²⁴ and 0.44 for able-bodied tennis players.²⁰

Altogether, these data suggest that the training time could be a key factor to improve the anthropometric parameters related to health, having obtained better body indexes related with health status for those with more playing experience in sound-tennis. In this context, able-bodied tennis players as well as blind athletes from other para-sport disciplines and Paralympic athletes, invest a higher number of training hours than the 3 h declared by the individuals participating in the present study.²⁴ A second factor to consider could be the age. The able-bodied tennis players present a mean age of 23 years vs the 33 years of the Spanish group and the 46 years for the rest of the participants. However, goalball players presented a mean age of 42 years, while displaying better anthropometric parameters. The third key parameter influencing anthropometric indexes could be the diet and sedentary lifestyle, but unfortunately, these parameters were not registered in the present study. Nevertheless, we cannot discard the possibility that disability by itself could favour a sedentary lifestyle that could correlate with an unbalanced intake and a reduced physical activity.⁵ This situation may give rise to an anthropometric profile with a major susceptibility of suffering certain pathologies.

The main limitation of the study is the low sample number, which must be increased in order to validate the presented results. Nevertheless, the most immediate change is to increase the training time and revise the nutrition patterns of sound-tennis players with the goal of improving their health anthropometric parameters.

Authorship. All the authors have intellectually contributed to the development of the study, assume responsibility for its content and also agree with the definitive version of the article. **Funding.** The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article. **Acknowledgements.** Authors want to thank Fundación Sound Tennis (Spain), Tennis Per Cizchi (Italy), Fundación Miradas de Esperanza (México), Sound Tennis (Sussex, UK) and all participants in this study. Thanks to CIBERobn (Fisiopatología de la Obesidad y la Nutrición CB12/03/30038) Instituto de Salud Carlos III, Spain. **Provenance and peer review.** Not commissioned; externally peer reviewed. **Ethical Responsibilities.** *Protection of individuals and animals:* The authors declare that the conducted procedures met the ethical standards of the responsible committee on human experimentation of the World Medical Association and the Declaration of Helsinki. *Confidentiality:* The authors are responsible for following the protocols established by their respective healthcare centers for accessing data from medical records for performing this type of publication in order to conduct research/dissemination for the community. *Privacy:* The authors declare no patient data appear in this article.

References

1. WHO (World Health Organization). Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation on Obesity. Geneva, Switzerland, 1998. Retrieved from: <http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/>
2. INE (Instituto Nacional de Estadística/Spanish National Institute of Statistics). Encuesta de discapacidad, autonomía personal y situaciones de dependencia (EDAD). 2008. Retrieved from: <http://www.ine.es/>
3. Macías A. Demografía de la baja visión y de la ceguera en España. Revisión bibliográfica. Instituto Universitario de Oftalmología Aplicada. Universidad de Valladolid. 2015.
4. Lieberman LJ. Fitness for individuals who are visually impaired or deafblind. Heldref. 2002. Retrieved from: <https://www.heldref.org/>
5. Jaarsma EA, Dekker R, Koopmans SA, Dijkstra PU, Geertzen JH. Barriers to and facilitators of sports participation in people with visual impairments. *Adapt Phys Activ Q.* 2014;31:240-64.
6. IBSA (International Blind Sports Association). IBSA classification manual for classifiers. 2017. Retrieved from: <http://www.ibsasport.org/documents/files/144-1-IBSA-Classification-Manual-classifiers.pdf>
7. Smith L, Jackson SE, Pardhan S, López-Sánchez GF, Hu L, Cao C, Vancampfort D, Koyanagi A, Stubbs B, Firth J, Yang L. Visual impairment and objectively measured physical activity and sedentary behaviour in US adolescents and adults: a cross-sectional study
8. Inoue S, Kawashima M, Hiratsuka Y, Nakano T, Tamura H, Ono K, Murakami A, Tsubota K, Yamada M. Assessment of physical inactivity and locomotor dysfunction in adults with visual impairment. *Sci Rep.* 2018;8(1):12032.
9. Blázquez-Simón P. Estudio nutricional, hábitos deportivos y su relación con datos antropométricos en deportistas federados versus sedentarios. Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid, 2018. Tesis doctoral.
10. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, Ridder H. International standards for anthropometric assessment. Lower Hutt: ISAK; 2011.
11. Durnin J, 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.
12. Lee R, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield S. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:796-80.
13. Rocha ML, Drischel IB, Chagas Gomes PS, Dantas Dos Santos JC. Peso óseo do brasileiro de ambos os sexos de 17 a 25 anos. *Arq Anat Antropol.* 1975;447-51.
14. Alvero-Cruz JR, Cabañas-Armesilla MD, Herrero de Lucas A, Martínez-Riaza L, Moreno-Pascual C, Porta-Manzanedo J et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de C
15. Carter JEL, Heath BH. Somatotyping: development and applications. Cambridge: Cambridge University Press; 1990.
16. WHO (World Health Organization) / Organización Mundial de la Salud (OMS). 10 datos sobre la obesidad. 2017. Retrieved from: <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/>
17. SEEDO (Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad/Spanish Society for the Study of Obesity). Consenso SEEDO 2000 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clín (Barc).* 2000;115:587-97.

18. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
19. Hedges LV, Olkin I. Statistical methods for meta-analysis. San Diego: Academic; 1985.
20. [Martínez-Rodríguez A, Roche-Collado E, Vicente-Salar N. Body composition assessment of paddle and tennis adult male players. Nutr Hosp. 2015;31:1294-301.](#)
21. [Méndez-Villanueva A, Fernández-Fernández J, Bishop D, Fernández-García B. Ratings of perceived exertion lactate association during actual singles tennis match play. Strength Con Res. 2010;24:165-70.](#)
22. [Smekal G, Duvillard SP, Rihacek C, Pokan R, Hofmann P, Baron R. Physiological profile of tennis match play. Med Sci Sports Exerc 2001; 33:999-1005.](#)
23. [Torralba MA, Vives J, Vieira MB, Nikic M. Control fisiológico para valorar las capacidades y características de deportistas con discapacidad visual. Apunts Med Sport. 2015;50:85-93.](#)
24. [Valdés-Badilla PA, Godoy-Cumillaf AE, Valenzuela-Herrera T. Somatotipo, composición corporal, estado nutricional y condición física en personas con discapacidad visual que practican goalball. Int J Morphol. 2014;32:183-89.](#)
25. [Tyler TF, McHugh MP, Mirabella MR, Mullaney MJ, Micholas SJ. Risk factors for noncontact ankle sprains in high school football players: the roll of previous ankle sprains and body mass index. Am J Sports Med. 2006;34:471-75.](#)
26. [Hernández-Rodríguez J, Duchi-Jimbo PN. Índice cintura/talla y su utilidad para detectar riesgo cardiovascular y metabólico. Rev Cubana Endocrinología. 2015;26:1-8.](#)
27. [Romanov R, Medovic B, Stupar D, Jezdimirovic T, Garunovic B. The connection between certain morphological parameters and results in goalball players. Int J Morphol. 2017;35:1396-402.](#)
28. [Iglesias-González R, Barutell-Rubio L, Artola-Menéndez S, Serrano-Martín R. Resumen de las recomendaciones de la American Diabetes Association 2014 para la práctica clínica en el manejo de la diabetes mellitus. Diabetes Práctica, 5 \(supl extr 2\). 2014:1-2](#)
29. [Rodríguez-Pérez MC, Cabrera de León A, Aguirre-Jaime A, Domínguez-Coello S, Brito-Díaz B, Almeida-González et al. El cociente perímetro abdominal/estatura como índice antropométrico de riesgo cardiovascular y de diabetes. Med Clín \(Barc\). 2010;134:386-91.](#)



10.2. Artículo 2

Sarabia, J.M., **Doménech, C.**, Roche, E., Vicente-Salar, N., y Reina, R. (2020). Anthropometrical features of para-footballers according to their cerebral palsy profiles and compared to controls. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 9071. <https://doi.org/10.3390/ijerph17239071>





Article

Anthropometrical Features of Para-Footballers According to Their Cerebral Palsy Profiles and Compared to Controls

José M. Sarabia ^{1,2} , Carmen Doménech ¹, Enrique Roche ^{2,3,4} , Néstor Vicente-Salar ^{2,3} and Raul Reina ^{1,*}

¹ Sports Research Centre, Department of Sport Sciences, Miguel Hernández University, 03202 Elche, Spain; jsarabia@umh.es (J.M.S.); carmendomenechribes@live.com.mx (C.D.)

² Alicante Institute for Health and Biomedical Research (ISABIAL Foundation), 03010 Alicante, Spain; eroche@umh.es (E.R.); nvicente@umh.es (N.V.-S.)

³ Department of Applied Biology-Nutrition, Institute of Bioengineering, Miguel Hernandez University, 03202 Elche, Spain

⁴ CIBER Fisiopatología de la Obesidad y Nutrición (CIBEROBN), Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), 28029 Madrid, Spain

* Correspondence: rreina@umh.es; Tel.: +34-96-522-2443

Received: 25 September 2020; Accepted: 1 December 2020; Published: 4 December 2020



Abstract: Cerebral palsy (CP) football is a team para-sport practiced by para-athletes with eligible impairments of hypertonia, athetosis, and ataxia. This study aimed: (1) to describe the anthropometrical and body composition profiles of international CP para-footballers with different CP profiles (i.e., spastic diplegia, athetosis/ataxia, spastic hemiplegia, and minimum impairment); (2) to analyze the differences between both affected/nondominant and nonaffected/dominant sides; and (3) to compare the sample of international-level CP para-footballers ($n = 141$) with a sample of highly trained able-bodied footballers ($n = 39$). Anthropometric measures included four breadths, nine girths, and six skinfolds, while body composition was measured through fat mass (including Carter's, Faulkner's, and Withers' equations), muscle mass (Lee's equation), and bone mass (Rocha's and Martin's equations). This study found differences between the able-bodied footballers and the following impairment profiles: spastic diplegia (skinfolds); ataxia/athetosis (corrected calf of the nondominant side, and calf skinfolds for both sides); and spastic hemiplegia (all measurements excepting femur breadth, and thigh and ankle girths). No differences were found between para-athletes with minimum impairment and the able-bodied footballers. This study demonstrates that football players with or without physical impairments of hypertonia athetosis or ataxia may be considered homogeneous in shape when dominant size is compared. Besides, the study provides reference scores on anthropometric measures and body composition of international-level CP para-footballers that can help sports coaches and physical trainers to monitor physical fitness of their para-athletes.

Keywords: body composition; paralympics; para-sport; brain impairment; soccer; football

1. Introduction

In the field of sports, the assessment of body composition is an essential factor because it has been related to performance and even to success in a specific sport, in combination with other factors such as technical, tactical, physical, and psychological skills [1,2]. In the case of football, body composition is among the key fitness elements to football players' performance not only in adults but also in young football players [3]. While fat-free mass has been strongly correlated to strength and power performance [4], body fat might increase the injury risk [5] and negatively influence players'

performance [6]. Hence, for football staff and researchers, a better understanding of the determinants of success—such as the specific anthropometric characteristics of the players—may be crucial for training and talent identification. Previous studies on able-bodied football players have disclosed significant differences in anthropometric and fitness measures between playing levels [7], across playing positions, and between age categories [8].

The body composition and anthropometrical characteristics of the para-athletes have also been previously described and in some cases related to performance in swimming [9–11], blind sports [11,12], track and field [11,13,14], wheelchair sports [15–17], or rowing [18]. However, most of these previous studies included a mixed pool of para-athletes with different types of impairment and from different para-sports. In addition, to the best of the authors' knowledge, the previous studies with cerebral palsy (CP) athletes only described the basic anthropometry measures (i.e., height, weight, and body mass index) [19,20] or somatotype [21]. Only the study by Yanci et al. [22] compared anthropometry measures with the physical performance (i.e., jump capacity), but body composition and anthropometrical characteristics of CP football players have not been previously described and compared to able-bodied football players.

CP football is a seven-a-side modality of football, played by ambulant athletes with CP or acquired brain injury. Para-footballers are classified into sport classes giving a special relevance to their CP profile and impairment severity. Over the last decades, CP football has used a functional classification system for their para-athletes developed by the Cerebral Palsy International Sports and Recreation Association (CPISRA) [23]. Specifically, those with moderate spastic diplegia, moderate athetoid or ataxic profile, and moderate spastic hemiplegia are grouped in FT5, FT6, or FT7, respectively. In addition, the mild forms of these impairments—also called “minimum impairment criteria” to be eligible for competing in this team para-sport—are classified together in the FT8 sport class [24].

The literature shows that both children and adults with CP tend to have below-average weight, linear growth, muscle mass, and fat mass compared with their peers [25–27]. Indeed, people with hemiplegia might show an increased bone loss and muscle atrophy, especially on the hemiplegic side [28] and more common in the upper body [29]. It has also been suggested that exercise may modify or reverse skeletal muscle abnormalities [30].

Knowing the anthropometric attributes of highly trained CP football players in relation to impairment/sport classes would provide the basis upon which practitioners could provide individualized practice, in an attempt to evaluate and develop the specific attributes and optimize players' performance. Thus, the aims of this study were (1) to describe the anthropometrical and body composition profiles of international CP football players for each CP profile; (2) to analyze the differences between both affected/nondominant and nonaffected/dominant sides; and (3) to compare them with a sample of highly trained able-bodied football players.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

One hundred and forty-one footballers (age = 24.8 ± 6.3 years) with more than seven years of experience in football participated in the study (Table 1). Of those, 102 were international para-footballers from different countries who participated at the 2013 CPISRA Intercontinental Cup (Barcelona, Spain), a qualifying tournament for the 2015 CP-Football World Championships. These players were classified as spastic diplegia ($n = 8$), athetosis/ataxia ($n = 14$), spastic hemiplegia ($n = 64$), or minimum impairment ($n = 16$). The rest of the players were the control group (CG), that is, a group of 39 able-bodied footballers who were playing in the third Spanish football division. Prior to involvement in the investigation, all participants gave written informed consent after a detailed written and oral explanation of the potential risks and benefits resulting from participation in this study, as outlined in the Declaration of Helsinki (2013). Approval by the institutional review board (Office for Projects Evaluation, OEP) was obtained before the study began (Ref. DPS.RRV0.01.14).

Table 1. Characteristics of the sample and general body measurements.

Variable	Total Sample	Spastic Diplegia	Athetosis/Ataxia	Spastic Hemiplegia	Minimum Impairment	Control Group
<i>n</i>	141	8	14	64	16	39
Laterality (R/L)	77/64	3/5	8/6	24/40	9/7	33/6
Ethnicity (CA/AF)	135/6	8/0	13/1	62/2	16/0	36/3
Training experience (year)	11 (6, 16)	12 (5, 15)	10 (10, 12)	10 (5, 14)	17 (5, 22)	15 (15, 16)
Age (year)	23 (20, 29)	23.5 (18, 33.3)	24.5 (19.8, 34)	23 (21, 30)	26.5 (21.3, 38.3)	22 (20, 23)
Weight (kg)	70.9 (64, 76.7)	63.4 (60.1, 73.3) [†]	68.1 (62.2, 73)	67.3 (62.4, 75) ^{††}	73.6 (69.4, 78.7) [†]	74.5 (69.3, 80)
Height (cm)	176 (172, 181)	171.5 (168.3, 178.8)	173 (170.8, 179.3) [†]	174 (172, 178.9) ^{††}	179 (170.4, 183.8)	181 (176, 184)
BMI (kg·m ⁻²)	22.6 (21.5, 23.9)	21.9 (19.7, 24.4)	22.5 (20.4, 23.9)	22.1 (21, 23.7)	23.4 (21.6, 25.6)	23.2 (22.1, 24)

R = the right leg is dominant; L = the left leg is dominant; CA = Caucasian; AF = Afro-American. Data are delivered as median (25th and 75th percentiles). [†] significant difference with the control group $p < 0.05$; ^{††} significant difference with the control group $p < 0.01$.

2.2. Anthropometric Determinations

All variables were measured by a Level 2 anthropometrist certified by the International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) with an individual technical error of measurement (TEM) of 0.76–0.39% for skinfolds and 0.12% for the remaining parameters. The errors were considered acceptable for ISAK standards (<7.5% for skinfolds and <1.5% for the remaining measurements). All measurements were made following the guidelines stated by ISAK [31] except for chest skinfold, which was according to Heyward and Stollarczyk [32]. The limb measurements were obtained for both body sides (except for neck girth and abdominal skinfold) in all the participants and taken in duplicate. An average of the two measurements was recorded.

The total body mass of each participant was measured in kilograms using a Tanita digital scale (model BC-601), breadths with a Holtain bicondylar caliper (Holtain, Crosswell, UK), girths with a metallic nonextensible tape (Lufkin, Sparks, NV, USA), and skinfolds with a Holtain Tanner/Whitehouse skinfold caliper (Holtain, Crosswell, UK). The following four breadths were measured: humerus, wrist, femur, and ankle. Regarding girths, six were measured: relaxed arm; flexed and tensed arm; neck; thigh; medial calf; and ankle. Finally, seven skinfolds were also measured: triceps (Tr); chest (Ch); subscapular (Sb); supraspinale (Sp); abdominal (A); thigh (Th); and medial calf (Ca). In addition, the corrected arm, thigh, and calf were calculated using the formula:

$$\text{Corrected Girth} = \text{Girth} - (\pi \text{ Skinfold}) \quad (1)$$

2.3. Body Composition

Three-component models of body composition were used, dividing fat-free mass into lean tissue mass and bone mineral content. Due to specific equations to calculate the different body mass types not having been developed for para-athletes with CP or other related neurological conditions, the equations recommended for athletes to calculate the components of body mass have been used [33]. Percentage of body fat mass was calculated using three different methods: Yuhasz's equation modified by Faulkner [34], Carter's equation [35], and calculating the body density with Withers' equations [36] and converting to body fat percentage using Siri's equation [37]. Percentage of bone mass was calculated according to two different equations: Rocha's [31] and Martin's [38] equations. Percentage of muscle mass was calculated from Lee's equation [39]. In addition, the following sums were considered for fat content calculations [40]:

- Three skinfolds

$$\sum 3Sk = Ch + A + Th \quad (2)$$

- Six skinfolds

$$\sum 6Sk = Tr + Sb + Sp + A + Th + Ca \quad (3)$$

- Upper body skinfolds

$$\sum UpSk = Tr + Sb \quad (4)$$

- Lower body skinfolds

$$\sum LowSk = Th + Ca \quad (5)$$

2.4. Body Proportionality

Body proportionality analyses were conducted using the Phantom stratagem proposed by Ross and Wilson [41], which has been previously applied in other sports with able-bodied athletes [42,43]. The Phantom is a unisex, bilaterally symmetrical conceptual model that was derived from reference data of men and women [44]. The Phantom-Z scores (Z-Scores) for each anthropometric variable were used to demonstrate the number and direction of standard deviations that each of the groups varied against the Phantom. Each variable was transformed in a Z-Score adjusting it to the Phantom size using the following equation:

$$Z\text{-Score} = (1/s) v [(170.18/h)^d - P] \quad (6)$$

where v is the size of any variable, 170.18 is the Phantom height constant, h is the subject's height, d is a dimensional exponent, P is the Phantom value for variable v , and s is the Phantom standard deviation value. These Z-Scores have a 0 mean, so a Z-Score higher than 0 means that the subject is proportionally greater than the Phantom, and Z-score lower than 0 means the opposite. This allows data standardization, providing a reference profile for each type of impairment and allowing future comparisons of individual scores with the results of this study.

2.5. Statistical Analyses

Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS Inc., version 24.0 for Windows, Chicago, IL, USA). Statistical significance was set at the α -level of 0.05 for two-tailed tests. Distribution of the data was tested by using the Kolmogorov–Smirnov and the Shapiro–Wilk tests, and the Q–Q plot.

The results indicated that data were not normally distributed for the whole group or for the CP profiles (i.e., sport classes). For this reason, the median as central tendency measure and the interquartile range (25th and 75th percentiles) as a measure of the spread of the data have been considered in this study. Therefore, the nonparametric Wilcoxon test was used to detect significant differences between dominant and nondominant sides.

In addition, differences among the CP profiles were identified using the Kruskal–Wallis test and the Bonferroni correction in case of significant findings between groups. Finally, Friedman's comparisons were used to compare body fat mass equations and body bone mass equation between them inside each CP profile. When we found differences in Friedman's comparisons, we performed the Wilcoxon matched-pairs test for multiple analysis with Bonferroni's correction. Practical significance was assessed by calculating effect size (d) [45], according to the values suggested by Cohen [46]: above 0.8, between 0.8 and 0.50, between 0.50 and 0.2, and lower than 0.2 were considered as large, moderate, small, and trivial, respectively.

3. Results

3.1. Dominant vs. Nondominant Sides

Comparisons between the dominant and nondominant sides are shown in Tables 2 and 3. While spastic diplegia, minimum impairment, and control groups showed trivial differences in some anthropometrical data, the athetosis/ataxia group showed differences in girths, and the spastic hemiplegia group showed marked differences in all measures except for the trunk skinfolds.

3.2. Comparison with the Control Group

The comparisons between each CP group and the control group were made comparing Z-Scores. The Z-Scores are shown in Figure 1 and fully detailed in Table S1. All CP groups show differences in skinfolds of both sides of the body with the CG. In addition, the spastic hemiplegia group showed differences with the CG on many of the breadths and girths for the nondominant side.

3.3. Equation Comparison

Regarding body fat mass equations, Faulkner's equation was significantly different from Withers' and Carter's equations for spastic diplegia ($Z = 2.52$, $p = 0.012$, $d = 0.89$, for both comparisons), minimum impairment ($Z = 2.95$ and 3.52 , $p < 0.001$, $d = 0.74$ and 0.88 , respectively) and control group ($Z = 5.43$ and 5.44 , $p < 0.001$, $d = 0.87$), while in the athetosis/ataxia group, it was significantly different only from Carter ($Z = 3.11$, $p = 0.002$, $d = 0.83$), and in the spastic hemiplegia group, all equations were significantly different from the others ($Z = 5.74$ – 6.94 , $p < 0.0001$, $d = 0.72$ – 0.87).

Regarding body bone mass equations, both Rocha's and Martin's equations were significantly different for each group (spastic diplegia, $Z = 2.52$, $p = 0.012$, $d = 0.89$; athetosis/ataxia, $Z = 3.30$, $p = 0.001$, $d = 0.88$; spastic hemiplegia, $Z = 6.96$, $p < 0.001$, $d = 0.87$; minimum impairment, $Z = 3.52$, $p < 0.001$, $d = 0.88$; CG, $Z = 5.44$, $p < 0.001$, $d = 0.87$).

Table 2. Anthropometric measures and body composition of the four CP profiles and the able-bodied football players (control group).

	Spastic Diplegia (n = 8)		Athetosis/Ataxia (n = 14)		Spastic Hemiplegia (n = 64)		Minimum Impairment (n = 16)		Control Group (n = 39)	
	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom
Breadths (cm)										
Humerus	7.2 (6.8, 7.4) *	7 (6.4, 7.3)	7 (6.8, 7.5)	7.1 (6.8, 7.3)	7 (6.6, 7.3) **	6.6 (6.4, 6.9)	7 (6.6, 7.5)	6.9 (6.4, 7.2)	7.2 (7, 7.5) *	7.2 (6.9, 7.4)
Wrist	5.9 (5.6, 6.1)	5.9 (5.7, 6)	5.7 (5.5, 6.1) **	5.5 (5.2, 5.7)	5.6 (5.4, 5.9) **	5.4 (5.1, 5.6)	5.9 (5.5, 6)	5.6 (5.4, 5.8)	6 (5.8, 6.2)	5.9 (5.5, 6.1)
Femur	9.5 (9.3, 10)	9.7 (9.6, 10)	9.7 (9.4, 10)	9.7 (9.2, 9.8)	9.8 (9.5, 10.1) **	9.5 (9.3, 9.8)	10 (9.7, 10.3) **	9.9 (9.5, 10.1)	10.2 (10, 10.5) **	10.1 (9.7, 10.4)
Ankle	7.5 (7.3, 7.8)	7.4 (7.1, 7.5)	7.5 (7.3, 7.7)	7.5 (7.2, 7.8)	7.4 (7.2, 7.8) **	7.2 (7, 7.5)	7.4 (7.2, 7.8)	7.4 (7.1, 7.7)	7.6 (7.2, 8)	7.6 (7.2, 8)
Girths (cm)										
Relaxed arm	29.2 (26.3, 33.3)	27.8 (26.1, 32)	29.3 (27.6, 30.9) **	27.7 (26.3, 29.1)	29.6 (27.3, 30.6) **	26.9 (25.3, 28.6)	30 (28.1, 32.6)	29 (25.7, 32.9)	30.2 (29.3, 31.7)	30.2 (28.9, 32.1)
Flexed arm	32.4 (28.7, 33.8)	30.7 (28.7, 33.8)	30.6 (30.3, 33.7) *	29.5 (28.8, 31.7)	31.2 (29.8, 32.6) **	28.7 (27.4, 30.1)	33.3 (30.7, 34.7)	31.8 (27.8, 35)	33.3 (32.3, 34.8)	33.2 (31.3, 34.6)
Neck	370.0 (360.0, 37.9)		36.8 (35.4, 37.8)		36.5 (35.2, 37.7)		36.4 (35.9, 38.4)		37.2 (35.6, 38.3)	
Thigh	49.9 (49.6, 53.9)	50.2 (45.4, 52.6)	51.7 (49.8, 54.1) *	50.7 (48.3, 53.5)	53.7 (51.3, 56.3) **	50.6 (47.9, 53.7)	54.9 (52.7, 55.8)	54.2 (52.7, 55.2)	54.4 (53.3, 55.7)	54.2 (51.6, 56.2)
Calf	34.5 (31.5, 37.3)	32.5 (31.3, 35.7)	35.6 (35, 36.9) *	35.1 (34.2, 36)	36.8 (35, 38.2) **	34.2 (32.1, 35.7)	37.1 (36.1, 37.9)	37 (35.7, 38.6)	37.3 (35.9, 38.7)	37.3 (35.7, 38.8)
Ankle	21.4 (20.3, 22.7)	21 (20.6, 22.4)	22.7 (21.8, 23.2) *	22.2 (21.4, 22.6)	22.3 (21.4, 23.4) **	21.5 (20.7, 22.3)	22.3 (21.6, 23.2)	22.6 (21.3, 23)	22.7 (21.9, 23.1)	22.5 (21.9, 23.4)
Corrected arm	26.1 (23.5, 29.4)	25.1 (22.6, 27.2)	26.3 (24.9, 28) *	24.5 (23.9, 25.5)	26 (24.8, 27.7) **	23.5 (21.9, 24.9)	26.7 (25.5, 29.9)	26.2 (22.6, 29.8)	28 (26.5, 29.1)	28.2 (26.5, 29.9)
Corrected thigh	45.9 (42.6, 48.7)	44.3 (41, 47.3)	48 (46.4, 50)	47.2 (44.5, 48.9)	49.1 (47.1, 51.4) **	44.8 (43.1, 47.7)	50.2 (47.2, 51.1)	49.7 (47.6, 52.1)	51.5 (49.3, 52.4)	50.8 (49, 52.9)
Corrected calf	31.1 (28.2, 34.2)	28.7 (27.2, 31.9)	32.7 (31.7, 33.9)	31.9 (31.5, 33.4)	34 (32.6, 35.5) **	30.6 (28.1, 33.2)	34.8 (32.3, 35.4)	34.2 (33.1, 36.7)	35.8 (34.4, 36.9) *	35.3 (33.7, 37.1)
Skinfolds (mm)										
Triceps	8.8 (8.3, 10.8)	9.4 (8.1, 11.9)	8.5 (6.5, 10.1)	9.4 (7.1, 12.1)	9.3 (6.7, 11.9) **	10.4 (7.6, 13.6)	8.9 (7.2, 11.1)	9.9 (8.1, 12)	6.9 (6.3, 8.7)	7 (5.3, 8.4)
Subscapular	9.6 (8.9, 11.5)	9.9 (8.3, 11.1)	8.9 (7.8, 10.6)	9.2 (7.6, 11.3)	10 (8.2, 12.8)	10.2 (8.2, 12.5)	9.8 (8.7, 12.5)	10.2 (8.9, 13.3)	8.5 (7.1, 9.2)	7.6 (6.9, 8.6)
Chest	6.5 (5.6, 9.2)	7 (6.5, 7.5)	6.7 (5.8, 11.2)	7.2 (4.5, 10.9)	7.9 (5.7, 11.7)	8.1 (5.1, 11.8)	8.3 (6, 12)	8.4 (5.6, 11.3)	4.2 (2.9, 4.9)	4.1 (3.1, 4.6)
Supraspinale	7.7 (6.1, 120.0)	8.1 (7.6, 9.8)	7.7 (6.1, 11.3)	7.9 (5, 10.4)	8.6 (6.6, 11.7)	8.6 (6.7, 13.2)	9.9 (7.2, 12.4)	9.7 (6.5, 11.8)	6.3 (5.1, 7.4) *	5.6 (4.8, 7.1)
Abdominal	17.8 (11.5, 20.8)		15.4 (9, 25.2)		18 (10.2, 26.2)		19.3 (12.6, 29.7)		9.2 (7.4, 10.3)	
Thigh	13.4 (11.4, 200.0)	13.1 (11, 18.9)	11.9 (7.6, 17.3)	13.9 (8.1, 16.1)	13.7 (8.5, 17.7) **	15.8 (11.1, 22.4)	15 (10.5, 19.8)	14.7 (11.1, 16.6)	9.3 (7.6, 12)	9 (7.6, 11.1)
Calf	11.2 (8.5, 12.6)	10.5 (7.5, 15.5)	7.9 (6.6, 12.6)	9.2 (6.2, 11.4)	7.7 (5.9, 12) **	10.1 (7.1, 14.2)	7.7 (6.1, 12)	7.7 (6, 9.5)	4.9 (4.2, 5.9)	5.3 (4.3, 6.4)

Data are delivered as median (25th and 75th percentiles); Dom = dominant side of the body; Non-Dom = nondominant side of the body. * significant difference with the nondominant side $p < 0.05$, ** significant difference with the nondominant side $p < 0.01$.

Table 3. Body composition of the four CP profiles and the able-bodied football players (control group).

	Spastic Diplegia (<i>n</i> = 8)		Athetosis/Ataxia (<i>n</i> = 14)		Spastic Hemiplegia (<i>n</i> = 64)		Minimum Impairment (<i>n</i> = 16)		Control Group (<i>n</i> = 39)	
	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom	Dom	Non-Dom
Fat mass (%)										
Carter's equation	9.6 (9, 11.6)	9.6 (9.3, 10.1)	9 (7.7, 11.3)	9.2 (7.6, 12.5)	9.7 (7.7, 120.0) **	10.5 (8.2, 13.1)	10.8 (8.9, 12.2)	10.4 (8.6, 11.9)	7.5 (6.6, 8.2)	7.1 (6.6, 8.1)
Faulkner's equation	12.7 (11.1, 13.8)	12.4 (11.7, 13.2)	12.1 (10.7, 14.5)	12.5 (10.2, 14.7)	13.1 (10.9, 15.2) **	13.4 (10.9, 15.5)	13.6 (11.7, 15.2)	13.3 (11.8, 15.8)	10.6 (9.9, 11.2) *	10.3 (9.6, 11.2)
Withers' equation	10 (9, 14)	10.2 (9.6, 12.2)	10 (8.1, 12.5)	9.8 (7.9, 13.8)	10.8 (8.3, 140.0) **	11.7 (8.7, 15.1)	11.9 (9.2, 16.1)	10.7 (9.2, 14.6)	6.7 (6.1, 7.6)	6.7 (6.1, 7.5)
Σ3 Sk	36.1 (32.1, 51.2)	37.6 (34.6, 38.5)	37.4 (27.4, 50.2)	36.4 (23.1, 52.2)	38.9 (27.5, 54.4) **	41.1 (28.2, 57.9)	43.7 (33.8, 61.3)	41.1 (32.7, 56.5)	23 (18.9, 26.7)	22 (18.7, 26.1)
Σ6 Sk	67.1 (60.7, 85.6)	66.4 (63.9, 71.4)	61.2 (49.1, 82.6)	63.3 (47.6, 94)	67.7 (48.8, 89.3) **	75.3 (53.6, 100.2)	78.4 (60.3, 91.6)	74.2 (57.6, 88.3)	46.5 (38.2, 53.1)	42.8 (38.5, 52.9)
ΣUpper body Sk	18.7 (16.9, 20.9)	19 (18.2, 19.8)	17.4 (14, 19.9)	18.8 (14.8, 22.6)	19.6 (15.3, 25.7) **	21 (17.1, 25.8)	18.7 (17.6, 22.6)	21 (18.3, 24.1)	15.2 (13.9, 17.5) *	14.9 (12.6, 16.6)
ΣLower body Sk	24.1 (19.6, 33.8)	24.7 (19.9, 30)	19.8 (14.8, 32.7)	23.7 (15.7, 28.2)	22.1 (14.5, 31.2) **	25.7 (18.2, 36.3)	25.5 (16.5, 32)	23 (16.8, 25.1)	14.2 (12.2, 18.4)	14 (12.4, 16.2)
Muscle mass (%)										
Lee's equation	43.7 (42.2, 45.4)	41.3 (39.5, 43.6)	43.8 (41.9, 46.8) *	41.5 (38.9, 45.8)	44.8 (42.8, 47.9) **	39 (36, 42.3)	42.9 (41, 43.9)	41.8 (40.1, 43.3)	45.8 (44.4, 47.2)	45.5 (44.1, 47.2)
Bone mass (%)										
Rocha's equation	17.3 (16.7, 19.8)	17.6 (16.5, 19.7)	17.6 (16, 18.2) *	16.5 (15.3, 17.8)	17.5 (16, 18.6) **	16.3 (15.4, 17.4)	17.1 (16.1, 18.1) *	16.5 (15.2, 17.4)	17.6 (16.9, 18.4) *	17.1 (16.3, 17.9)
Martin's equation	14.4 (13.6, 15.4)	13.7 (12.8, 14.7)	13.6 (13.3, 14.6) *	13.5 (13.1, 14.1)	13.9 (12.6, 15) **	12.7 (12, 13.5)	13.7 (12.4, 14.3) **	12.3 (11.8, 13.5)	13.8 (13.3, 14.4) *	13.6 (12.8, 14)

Data are delivered as median (25th and 75th percentiles); Dom = dominant side of the body; Non-Dom = nondominant side of the body; Σ3 Sk = the sum of chest, abdominal, and thigh skinfolds; Σ6 Sk = the sum of triceps, subscapular, supraspinale, abdominal, thigh, and calf skinfolds; ΣUpper body Sk = the sum of triceps and subscapular skinfolds; ΣLower body Sk = the sum of thigh and calf skinfolds. * significant difference with the nondominant side $p < 0.05$, ** significant difference with the nondominant side $p < 0.01$.

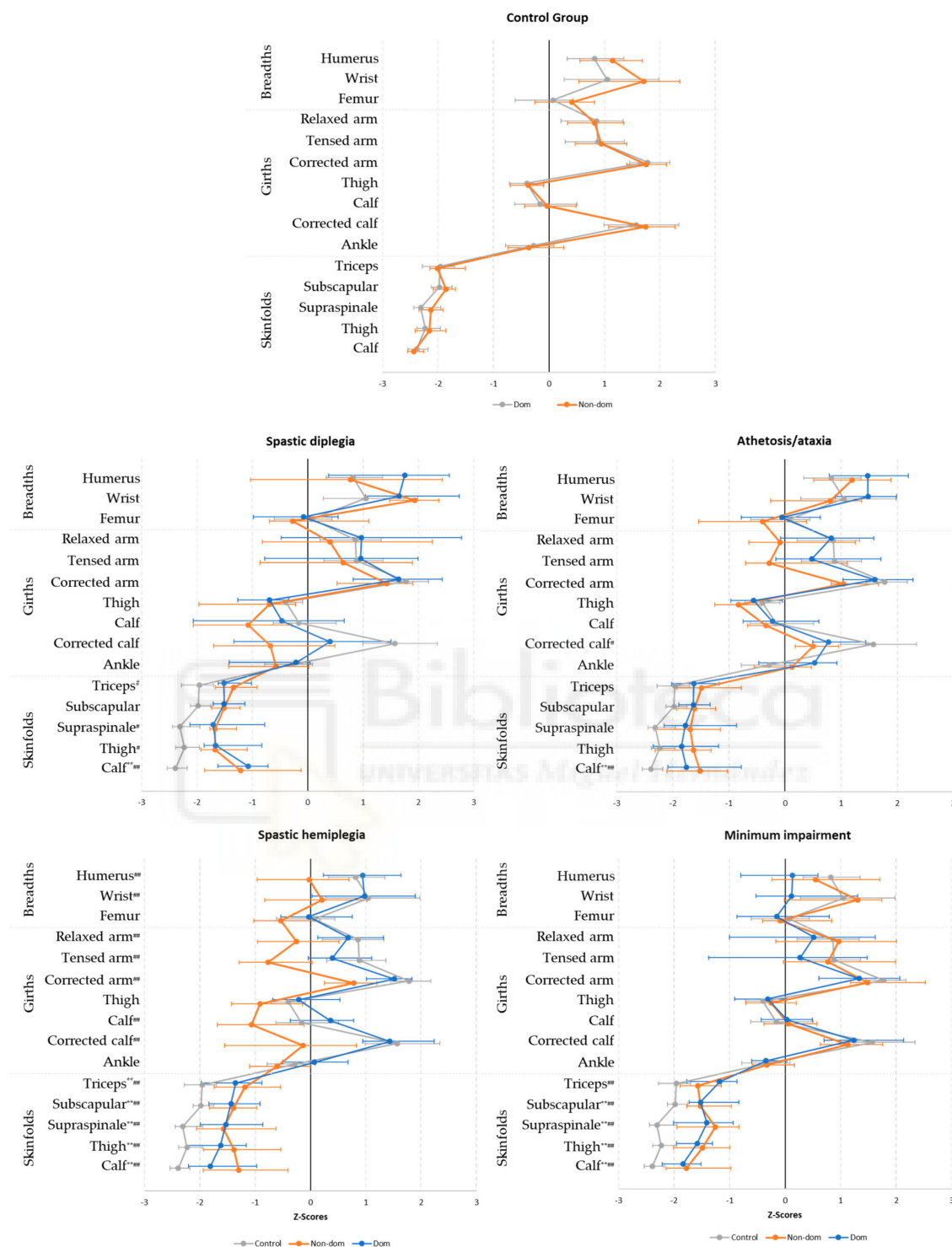


Figure 1. Z-Scores for dominant (dom) and nondominant (non-dom) sides of the body for each group and their comparison from the control group. ** significant difference between the control group and the dominant side $p < 0.01$, # significant difference between the control group and the nondominant side $p < 0.05$, ### significant difference between the control group and the nondominant side $p < 0.01$.

4. Discussion

Anthropometric and body composition parameters are of top importance in determining energy requirements [47] and are related with performance in sports [4]. However, there are still few studies describing body composition characteristics of athletes with a varied impairment and from different

para-sports. The difficulty in collecting data is due to the different classes and degrees of impairment, which makes it challenging to establish a representative sample. Therefore, the main contributions of the current study are the descriptive anthropometrical data and proportionality characteristics for each impairment profile for elite CP footballers.

Previous studies have reported a broad range of fatness and leanness in adults with CP [26,48]. However, these studies have used a small and heterogeneous (i.e., different motor impairments and ambulation status) sample of sedentary people with CP, and in most cases with children. Only a few studies have studied the body composition of athletes with CP, but in most cases they mixed athletes with other different eligible impairments (e.g., vision impairment, limb deficiency), and they did not compare the results of para-athletes with an able-bodied group [10,11,14]. To the best of the authors' knowledge, only two previous studies have included only elite athletes with CP [13,21] but only Runciman [13] compared the six para-athletes included with a control group. Like this study, our results suggest that the anthropometrical measures and body composition of players with CP were closely matched to the able-bodied players in anthropometrical measures and body composition estimations. Although some differences in the affected/nondominant side appeared, these results are close to the average population (i.e., Z-Scores between -2 and 2).

In contrast with the fatness found in previous studies [26,48], all CP subgroups in the current study showed higher skinfolds than the CG. The authors hypothesize that this could be due to different nutritional habits and grades of training between groups [49]. While all players in the CG group were professional or semi-professional football players and included a considerable amount of off-field training (e.g., strength and aerobic training at the gym) and in some cases a nutritional controlled planning, the CP footballers were from different countries and, in some of them, this para-sport is not yet professionalized. In addition, the amount of the off-field training was in some cases reduced, mainly due to the impairment. Overall, able-bodied players were 6 kg heavier and 9 cm taller on average than the CP footballers, but with similar BMI for all groups (from 21.9 to 23.4 kg·m²) and in the ranges showed by other studies [21]. In addition, the profiles for both types of footballers were similar in appearance when the dominant sizes were matched proportionally (Figure 1). This indicates that, whether through training or self-selection, specific proportionality characteristics dominate the preferred morphology for elite football players. The main difference (i.e., the body fat mass measure through skinfolds) could be justified by the professionalism in physical preparation as shown by Ackland et al. [50] in canoe and kayak paddlers.

Moving to comparison for dominant and nondominant sides, any asymmetry was found in able-bodied footballers as supporting previous studies [51]. In addition, only one anthropometric measure was different between sides for the spastic diplegia subgroup (i.e., humerus breadth). This reveals the homogeneity of the impairment for both sides in these para-athletes. Even though this group showed a similar profile in proportionality to the CG, showing differences only in skinfolds, it is possible to see a high dispersion of calf data on both sides. While the median (25th and 75th percentiles) of the CG for the corrected calf was 1.74 (10.08, 2.27), dominant and nondominant sides of the spastic diplegia group were 0.4 (-1.34 , 1.51) and -0.68 (-1.7 , 0.49), respectively. This reflects the atrophy of the calf muscles [52]. However, the proportionality profile of girths in the lower limbs were like the CG despite the impairment, showing a similar effect of training in lower body. Still, the low number of players in this group and the high heterogeneity of the impairment prevent these data from showing a clear difference with the able-bodied players. However, the rest of the measures showed a very similar profile to the CG.

The athetosis/ataxia group showed higher anthropometric measures in the upper body (i.e., wrist breadth and relaxed, tensed, and corrected arm girth) and lower body (i.e., thigh, calf, and ankle girths) for the dominant side than for the nondominant side. Consequently, body muscle and bone mass percentages were higher when they were calculated with the dominant-side measures. However, no differences between sides were found for skinfolds and body fat mass percentage. The difficulty of the players with athetosis or ataxia to control their muscle tone and to reduce involuntary

muscle activity [53] could be a consequence of this difference. Thus, we can see that the differences between tensed and relaxed arm for the dominant and nondominant sides were 1.3 cm and 1.8 cm, respectively, while it was higher and more homogeneous for both sides in the other groups. These increased girths result in a higher percentage of muscle mass when it is calculated for the dominant side of the body. When this group is compared with the CG, only corrected calf (for nondominant side) and calf skinfolds for both sides showed significant differences, suggesting that they may be due to the different training regimen between groups.

The spastic hemiplegia group showed the highest differences between sides of all groups. As expected, all anthropometrical measures were different between dominant and nondominant sides except the trunk skinfolds (i.e., subscapular, chest, and supraspinale skinfolds). Hence, estimations of body fat, muscle, and bone percentages were higher for the dominant side than for the nondominant side. By contrast, Runciman et al. [13] found symmetry in fat and bone mass in elite paralympic track sprinters with hemiplegia. However, they included only five athletes with hemiplegia and the tendency raises the suspicion of a trend to be different when the data are normalized by age (e.g., femoral neck Z-score was 0.40 ± 0.63 and 0.05 ± 0.91 for nonaffected and affected, respectively) [13]. In addition, the literature had shown a lower total bone and fat-free mass and a similar fat mass—measured with dual-energy X-ray absorptiometry—in people with CP compared with controls [54], reducing these differences when athletes with hemiplegia were compared with a control group [13]. In our results, the nondominant side of those with unilateral spasticity showed smaller breadths, girths, and muscle mass, and higher skinfolds and fat mass than the CG, but the dominant side was higher only in fat mass (i.e., skinfolds). Like previous studies [13], even though some measures were different from the CG, the Z-Scores of the current study were near to 0, showing a similar profile of average population. It was proposed that the differences reported in these individuals with CP were the result of low volumes of ambulation, and subsequent lower bone and muscle loading [55]. Hence, participation in sport activity could reduce these differences with able-bodied people.

Only one anthropometric measure was different between sides for the minimum impairment group (i.e., femur breadth). Even though this group was composed of players with different CP profiles, they showed no differences with the CG either for the dominant or the nondominant side. This reflects the low impact of impairment on these players, showing similar anthropometrical profiles to those of able-bodied football players. These results are in line with previous studies which compared the performance of this group of players with minimum impairment with a control group, showing similar sports performance [56], but also when comparing para-footballers with the different CP profiles included in this study [21].

The combination of these findings has an important implication for the necessity for people with CP to perform exercise [55]. It seems that elite athletes with CP who have undertaken physical exercise over many years may achieve similar adaptations to able-bodied athletes from the same sport. However, the finding that the anthropometrical measures were lower on the affected areas in these groups of athletes indicate that there may be an upper limit for the adaptations that occur and, as the differences showed by the minimum impairment and the other groups, this limit seems dependent on the grade of impairment.

Some limitations should be mentioned. Although the number of players with cerebral palsy included in the study is a good representation of elite CP footballers even for each impairment, the sample size of some groups is too small to achieve high statistical power. In addition, the equations used to estimate the body composition have not been previously validated in people with CP. For those reasons, results should be interpreted with caution.

5. Conclusions

This study was conducted with para-athletes from 12 different national teams that took part in a world-level competition. It has been demonstrated that there are no major differences between a group of able-bodied football players and the moderately impaired CP football sport profiles when

the dominant size is measured and the data are relativized to the player's height beyond the fat mass. No differences were found between those para-athletes belonging to the sport class categorized as minimum (i.e., mild) impairment and the able-bodied football players. When comparing body sides, the most common profile in this para-sport (i.e., spastic hemiplegia) [57] was the group with more significant differences between dominant (i.e., nonaffected) and nondominant (i.e., affected) body sides, that is, all the variables measured excepting trunk skinfolds (i.e., subscapular, chest, and supraspinale skinfolds). Besides, this study demonstrates that football players with or without a physical impairment (i.e., hypertonia, athetosis, or ataxia) may be considered homogeneous in shape when dominant size is compared. This reflects the importance of measuring both or dominant side in people with CP and not only the right side as the recommendations for general populations say [31]. In addition, we provide reference scores of anthropometric measures and body composition scores of international-level CP footballers that can help sports coaches and physical trainers to monitor the physical fitness of their para-athletes. This study provides a proportionality profile to compare para-athletes' anthropometry which could help, for example, in the selection process—choosing players with the best match with the elite profile—or monitoring the evolution of players' body composition. Coaches would also monitor and guide their athletes' training to achieve the reference values of elite para-footballers.

Supplementary Materials: The following are available online at <http://www.mdpi.com/1660-4601/17/23/9071/s1>, Table S1: Z-Scores for dominant (dom) and nondominant (non-dom) sides of the body for each group and their comparison from the control group.

Author Contributions: Conceptualization, J.M.S. and R.R.; methodology, J.M.S. and C.D.; software, J.M.S.; validation, J.M.S., E.R., and N.V.-S.; formal analysis, J.M.S.; investigation, J.M.S., N.V.-S., and R.R.; resources, R.R.; data curation, C.D. and J.M.S.; writing—Original draft preparation, J.M.S. and C.D.; writing—Review and editing, J.M.S. and R.R.; visualization, R.R.; supervision, J.M.S.; project administration, R.R.; funding acquisition, R.R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: Data collection at the 2013 CPISRA Intercontinental Cup was supported by CPISRA. Transport was provided by the Spanish Paralympic Committee. This study was supported by the official funding agency for biomedical research of the Spanish government, Institute of Health Carlos III (ISCIII) through CIBEROBN CB12/03/30038), which is co-funded by the European Regional Development Fund. This study was supported by ISABIAL (grant number 190290).

Acknowledgments: The authors thank the Cerebral Palsy International Sports and Recreation Association (CPISRA) board members and their Football Committee for their support in the data collection during the 2013 CPISRA Intercontinental Cup. We also acknowledge players, coaches, and team managers who cooperated and participated in the data collection. We also thank Carmen Carpena for her support during data collection. CIBEROBN is an initiative of Instituto de Salud Carlos III, Spain.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Gil, S.M.; Gil, J.; Ruiz, F.; Irazusta, A.; Irazusta, J. Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: Relevance for the selection process. *J. Strength Cond. Res.* **2007**, *21*, 438–445. [\[CrossRef\]](#)
2. Rodríguez, F.J.R.; Flores, A.A.A.; Farias, T.Y.; Gutierrez, O.B.; Arce, P.L. Body composition and referential somatotype of physically active subjects. *Int. J. Morphol.* **2010**, *28*, 1159–1165. [\[CrossRef\]](#)
3. Munguía-Izquierdo, D.; Suárez-Arrones, L.; Di Salvo, V.; Paredes-Hernández, V.; Ara, I.; Mendez-Villanueva, A. Estimating fat-free mass in elite youth male soccer players: Cross-validation of different field methods and development of prediction equation. *J. Sports Sci.* **2019**, *37*, 1197–1204. [\[CrossRef\]](#)
4. Deprez, D.; Valente-Dos-Santos, J.; Coelho-E-Silva, M.J.; Lenoir, M.; Philippaerts, R.; Vaeyens, R. Longitudinal development of explosive leg power from childhood to adulthood in soccer players. *Int. J. Sports Med.* **2015**, *36*, 672–679. [\[CrossRef\]](#)
5. Kemper, G.L.J.; Van Der Sluis, A.; Brink, M.S.; Visscher, C.; Frencken, W.G.P.; Elferink-Gemser, M.T. Anthropometric injury risk factors in elite-standard youth soccer. *Int. J. Sports Med.* **2015**, *36*, 1112–1117. [\[CrossRef\]](#)
6. Nikolaidis, P.T. Association between body mass index, body fat per cent and muscle power output in soccer players. *Cent. Eur. J. Med.* **2012**, *7*, 783–789. [\[CrossRef\]](#)

7. Slimani, M.; Nikolaidis, P.T. Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level, playing position and age group: A systematic review. *J. Sports Med. Phys. Fit.* **2019**, *59*, 141–163. [\[CrossRef\]](#)
8. Torres-Luque, G.; Calahorra-Cañada, F.; Lara-Sánchez, A.J.; Garatachea, N.; Nikolaidis, P.T. Body composition using bioelectrical impedance analysis in elite young soccer players: The effects of age and playing position. *Sport Sci. Health* **2015**, *11*, 203–210. [\[CrossRef\]](#)
9. Dingley, A.A.; Pyne, D.B.; Burkett, B. Relationships between propulsion and anthropometry in paralympic swimmers. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2015**, *10*, 978–985. [\[CrossRef\]](#)
10. Medeiros, R.M.V.; Alves, E.S.; Lemos, V.A.; Schwingel, P.A.; da Silva, A.; Vital, R.; Vieira, A.S.; Barreto, M.M.; Rocha, E.A.; Tufik, S.; et al. Assessment of body composition and sport performance of brazilian paralympic swim team athletes. *J. Sport Rehabil.* **2016**, *25*, 364–370. [\[CrossRef\]](#)
11. Lemos, V.D.A.; Alves, E.D.S.; Schwingel, P.A.; Rosa, J.P.P.; Da Silva, A.; Winckler, C.; Vital, R.; De Almeida, A.A.; Tufik, S.; De Mello, M.T. Analysis of the body composition of Paralympic athletes: Comparison of two methods. *Eur. J. Sport Sci.* **2016**, *16*, 955–964. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Oliveira, G.L.; Oliveira, T.A.P.; Penello, F.M.; Fernandes Filho, J. Anthropometric characteristics and aerobic fitness of blind athletes of 5-a-side football. *Rev. Peru. Cienc. Act. Física Deporte* **2020**, *7*, 10.
13. Runciman, P.; Tucker, R.; Ferreira, S.; Albertus-Kajee, Y.; Micklesfield, L.; Derman, W. Site-specific bone mineral density is unaltered despite differences in fat-free soft tissue mass between affected and nonaffected sides in hemiplegic paralympic athletes with cerebral palsy: Preliminary findings. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* **2016**, *95*, 771–778. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Juzwiak, C.R.; Winckler, C.; Joaquim, D.P.; Silva, A.; De Mello, M.T. Comparison of measured and predictive values of basal metabolic rate in brazilian paralympic track and field athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **2016**, *26*, 330–337. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
15. Flueck, J.L. Body composition in Swiss elite wheelchair athletes. *Front. Nutr.* **2020**, *7*. [\[CrossRef\]](#)
16. Keil, M.; Totossy de Zepetnek, J.O.; Brooke-Wavell, K.; Goosey-Tolfrey, V.L. Measurement precision of body composition variables in elite wheelchair athletes, using dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur. J. Sport Sci.* **2016**, *16*, 65–71. [\[CrossRef\]](#)
17. Willems, A.; Thomas, T.A.; Keil, M.; Brooke-Wavell, K.; Goosey-Tolfrey, V.L. Dual-energy X-ray absorptiometry, skinfold thickness, and waist circumference for assessing body composition in ambulant and non-ambulant wheelchair games players. *Front. Physiol.* **2015**, *6*. [\[CrossRef\]](#)
18. Porto, Y.C.; Almeida, M.; De Sá, C.C.; Schwingel, P.A.; Zoppi, C.C. Anthropometric and physical characteristics of motor disabled paralympic rowers. *Res. Sports Med.* **2008**, *16*, 203–212. [\[CrossRef\]](#)
19. Reina, R.; Sarabia, J.M.; Caballero, C.; Yanci, J. How does the ball influence the performance of change of direction and sprint tests in para-footballers with brain impairments? Implications for evidence-based classification in CP-Football. *PLoS ONE* **2017**, *12*, 1–16. [\[CrossRef\]](#)
20. Reina, R.; Iturricastillo, A.; Sabido, R.; Campayo-Piernas, M.; Yanci, J. Vertical and horizontal jump capacity in international cerebral palsy football players. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2018**, *13*, 597–603. [\[CrossRef\]](#)
21. Gorla, J.; Nogueira, C.D.; Gonçalves, H.R.; De Faria, F.R.; Buratti, J.R.; Nunes, N.; do Rêgo, J.T.P.; Borges, M.; Vieira, I.B.; Roca, V.L. Composición corporal y perfil somatotípico de jugadores brasileños de fútbol siete con Parálisis Cerebral de acuerdo con la clasificación funcional. Contribución al deporte paralímpico. *Retos Nuevas Tendencias en Educación física Deporte y Recreación* **2019**, *35*, 326–328.
22. Yanci, J.; Los Arcos, A.; Grande, I.; Santalla, A.; Figueroa, J.; Gil, E.; Cámara, J. Jump capacity in cerebral palsy soccer players. *Int. J. Med. Sci. Phys. Act. Sport* **2014**, *14*, 199–211.
23. Durstine, J.L.; Moore, G.E.; Painter, P.L.; Roberts, S.O. *ACSM's Exercise Management for Persons with Chronic Diseases and Disabilities*, 3rd ed.; ACSM: Champaign, IL, USA, 2009.
24. Reina, R.; Elvira, J.; Valverde, M.; Roldán, A.; Yanci, J. Kinematic and kinetic analyses of the vertical jump with and without header as performed by para-footballers with cerebral palsy. *Sports* **2019**, *7*, 209. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
25. Oftedal, S.; Davies, P.S.W.; Boyd, R.N.; Stevenson, R.D.; Ware, R.S.; Keawutan, P.; Benfer, K.A.; Bell, K.L. Body composition, diet, and physical activity: A longitudinal cohort study in preschoolers with cerebral palsy. *Am. J. Clin. Nutr.* **2017**, *105*, 369–378. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

26. Hildreth, H.G.; Johnson, R.K.; Goran, M.I.; Contompasis, S.H. Body composition in adults with cerebral palsy by dual-energy X-ray absorptiometry, bioelectrical impedance analysis, and skinfold anthropometry compared with the ^{18}O isotope-dilution technique. *Am. J. Clin. Nutr.* **1997**, *66*, 1436–1442. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Snik, D.A.C.; de Roos, N.M. Criterion validity of assessment methods to estimate body composition in children with cerebral palsy: A systematic review. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* **2020**. [[CrossRef](#)]
28. Iversen, E.; Hassager, C.; Christiansen, C. The effect of hemiplegia on bone mass and soft tissue body composition. *Acta Neurol. Scand.* **1989**, *79*, 155–159. [[CrossRef](#)]
29. De Brito, C.M.M.; Garcia, A.C.F.; Takayama, L.; Fregni, F.; Battistella, L.R.; Pereira, R.M.R. Bone loss in chronic hemiplegia: A longitudinal cohort study. *J. Clin. Densitom.* **2013**, *16*, 160–167. [[CrossRef](#)]
30. Hafer-Macko, C.E.; Ryan, A.S.; Ivey, F.M.; Macko, R.F. Skeletal muscle changes after hemiparetic stroke and potential beneficial effects of exercise intervention strategies. *J. Rehabil. Res. Dev.* **2008**, *45*, 261–272. [[CrossRef](#)]
31. Marfell-Jones, M.J.; Stewart, A.; De Ridder, J. *International Standards for Anthropometric Assessment*; International Society for the Advancement of Kinanthropometry: Potchefstroom, South Africa, 2012.
32. Heyward, V.H.; Wagner, D.R. *Applied Body Composition Assessment*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 2004; ISBN 0736046305.
33. Alvero Cruz, J.R.; Cabañas Armesilla, M.D.; Herrero de Lucas, A.; Martínez Riaza, L.; Moreno Pascual, C.; Porta Manzanino, J.; Sillero Quintana, M.; Sirvent Belando, J.E. 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. *Rev. Arch. Med. Deporte* **2009**, *16*, 166–179.
34. Faulkner, J.A. Physiology of swimming. *Res. Q. Am. Assoc. Heal. Phys. Educ. Recreat.* **1966**, *37*, 41–54. [[CrossRef](#)]
35. Carter, J.L. Body composition of Montreal olympic athletes. In *Physical Structure of Olympic Athletes*; Carter, J.E.L., Ed.; Basel Karger Publishers: Basel, Switzerland, 1982; pp. 107–116.
36. Withers, R.T.; Craig, N.P.; Bourdon, P.C.; Norton, K.I. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **1987**, *56*, 191–200. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Siri, W.E. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. *Tech. Meas. Body Compos.* **1961**, *61*, 223–244.
38. Martin, A. Anthropometric assessment of bone mineral. In *Anthropometric Assessment of Nutritional Status*; Himes, J., Ed.; Wiley-Liss: New York, NY, USA, 1991; pp. 185–196.
39. Valensise, H.; Andreoli, A.; Lello, S.; Magnani, F.; Romanini, C.; De Lorenzo, A. Total-body skeletal muscle mass: Development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am. J. Clin. Nutr.* **2000**, *72*, 796–803. [[CrossRef](#)]
40. Garrido-Chamorro, R.; Sirvent-Belando, J.E.; González-Lorenzo, M.; Blasco-Lafarga, C.; Roche, E. Sumatorio de Pliegues Subcutáneos: Valores de Referencia para Atletas de Élite. *Int. J. Morphol.* **2012**, *30*, 803–809. [[CrossRef](#)]
41. Ross, W.D.; Wilson, N.C. A stratagem for proportional growth assessment. *Acta Paediatr. Belg.* **1974**, *28*, 169–182.
42. Bacciotti, S.; Baxter-Jones, A.; Gaya, A.; Maia, J. Body physique and proportionality of Brazilian female artistic gymnasts. *J. Sports Sci.* **2018**. [[CrossRef](#)]
43. Alacid, F.; Marfell-Jones, M.; Muyor, J.M.; López-Miñarro, P.A.; Martínez, I. Kinanthropometric comparison between young elite kayakers and canoeists. *Coll. Antropol.* **2015**, *39*, 119–124.
44. Ross, W.D. Kinanthropometry. In *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 1991.
45. Tomczak, M.; Tomczak, E. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. *Trends Sport Sci.* **2014**, *1*, 19–25.
46. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Routledge: Abingdon, UK, 2013.
47. Portal, S.; Rabinowitz, J.; Adler-Portal, D.; Burstein, R.P.; Lahav, Y.; Meckel, Y.; Nemet, D.; Eliakim, A. Body fat measurements in elite adolescent volleyball players: Correlation between skinfold thickness, bioelectrical impedance analysis, air-displacement plethysmography, and body mass index percentiles. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.* **2010**, *23*, 395–400. [[CrossRef](#)]
48. Ferrang, T.M.; Johnson, R.K.; Ferrara, M.S. Dietary and anthropometric assessment of adults with cerebral palsy. *J. Am. Diet. Assoc.* **1992**, *92*, 1083–1086. [[PubMed](#)]
49. Oliveira, C.; Ferreira, D.; Caetano, C.; Granja, D.; Pinto, R.; Mendes, B.; Sousa, M. Nutrition and supplementation in soccer. *Sports* **2017**, *5*, 28. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

50. Ackland, T.R.; Ong, K.B.; Kerr, D.A.; Ridge, B. Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *J. Sci. Med. Sport* **2003**. [\[CrossRef\]](#)
51. Sanchis-Moysi, J.; Calbet, J.A.L. Ghost or real musculoskeletal asymmetries in football players? *Med. Sci. Sports Exerc.* **2016**, *48*. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
52. Oberhofer, K.; Stott, N.S.; Mithraratne, K.; Anderson, I.A. Subject-specific modelling of lower limb muscles in children with cerebral palsy. *Clin. Biomech.* **2010**, *25*, 88–94. [\[CrossRef\]](#)
53. Monbaliu, E.; De Cock, P.; Mailleux, L.; Dan, B.; Feys, H. The relationship of dystonia and choreoathetosis with activity, participation and quality of life in children and youth with dyskinetic cerebral palsy. *Eur. J. Paediatr. Neurol.* **2017**, *21*, 327–335. [\[CrossRef\]](#)
54. Chad, K.E.; McKay, H.A.; Zello, G.A.; Bailey, D.A.; Faulkner, R.A.; Snyder, R.E. Body composition in nutritionally adequate ambulatory and non-ambulatory children with cerebral palsy and a healthy reference group. *Dev. Med. Child Neurol.* **2000**. [\[CrossRef\]](#)
55. Verschuren, O.; Peterson, M.D.; Balemans, A.C.J.; Hurvitz, E.A. Exercise and physical activity recommendations for people with cerebral palsy. *Dev. Med. Child Neurol.* **2016**, *58*, 798–808. [\[CrossRef\]](#)
56. Reina, R.; Sarabia, J.M.; Yanci, J.; García-Vaquero, M.P.; Campayo-Piernas, M. Change of direction ability performance in cerebral palsy football players according to functional profiles. *Front. Physiol.* **2016**, *6*, 409. [\[CrossRef\]](#)
57. Cans, C. Surveillance of cerebral palsy in Europe: A collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Dev. Med. Child Neurol.* **2000**, *42*, 816–824. [\[CrossRef\]](#)

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

UNIVERSITAS Miguel Hernández

10.3. Artículo 3

Doménech, C., Roche, E., Reina, R., y Sarabia, J.M. (2023). Somatotype analysis of international football players with cerebral palsy: A comparison with non-disabled football players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(4), 166.
<https://doi.org/10.3390/jfmk8040166>





Article

Somatotype Analysis of International Football Players with Cerebral Palsy: A Comparison with Non-Disabled Football Players

Carmen Doménech ¹, Enrique Roche ^{2,3,4} , Raul Reina ^{1,*} and José Manuel Sarabia ^{1,2}

¹ Sports Research Centre, Department of Sport Sciences, Miguel Hernández University of Elche, 03202 Elche, Spain; carmendomenechribes@live.com.mx (C.D.); jsarabia@umh.es (J.M.S.)

² Alicante Institute for Health and Biomedical Research (ISABIAL), 03010 Alicante, Spain; eroche@umh.es

³ Department of Applied Biology-Nutrition, Institute of Bioengineering, University Miguel Hernández, 03202 Elche, Spain

⁴ CIBER Pathophysiology of Obesity and Nutrition (CIBEROBN), Carlos III Health Institute, 28029 Madrid, Spain

* Correspondence: rreina@umh.es

Abstract: Football for people with cerebral palsy is a para-sport involving ambulant athletes with impairments, such as hypertonia, ataxia, or athetosis. The objective of the present study was to describe the somatotype of a representative sample of international football players according to different functional profiles of cerebral palsy, including spastic diparesis, athetosis/ataxia, spastic hemiparesis, and minimum impairment criteria, and to compare it with non-disabled football players. A total of 144 international para-footballers and 39 non-disabled footballers participated in the study, and their somatotype was calculated using anthropometric measurements. A Kruskal–Wallis test was used to compare the groups to determine and assess the differences between the different functional profiles, and the analysis of anthropometric variables and body composition showed no differences. Regarding somatotype, a predominance of the mesomorphic component was observed in all subgroups, and differences in somatotype were also found between non-disabled footballers and para-footballers with spastic hemiparesis and minimum impairment criteria. This study suggests that there may be a degree of homogeneity in terms of somatotype among footballers with or without physical impairments, such as hypertonia, athetosis, or ataxia. Furthermore, it provides reference values of international-level para-football players for the different sport classes, which can help coaches and trainers monitor athletes' physical conditions.

Keywords: anthropometry; body composition; brain impairment; paralympic; para sport; adapted sport; soccer



Citation: Doménech, C.; Roche, E.; Reina, R.; Sarabia, J.M. Somatotype Analysis of International Football Players with Cerebral Palsy: A Comparison with Non-Disabled Football Players. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* **2023**, *8*, 166. <https://doi.org/10.3390/jfmk8040166>

Academic Editor: Giuseppe Musumeci

Received: 2 November 2023

Revised: 3 December 2023

Accepted: 7 December 2023

Published: 11 December 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Cerebral palsy (CP) is a non-progressive health condition that can manifest at various stages, including before, during, or after birth, leading to the loss or impairment of voluntary muscle control [1]. Its diverse symptoms can result in permanent disability due to brain damage affecting motor control [2]. Within the realm of sports for individuals with CP, seven-a-side football, governed by the International Federation of Cerebral Palsy Football (IFCPF), has gained prominence. This adapted sport integrates rules from the *Fédération Internationale de Football Association* (FIFA), involving a smaller playing field, the absence of offside rules, and the option for one-handed throw-ins with the ball below head height. Aligning with paralympic sports, CP football employs a classification system rooted in eligibility criteria. This system considers the presence and severity of deficiencies, such as spasticity, athetosis, or ataxia, and their influence on game skills, including passing, shooting, running, changing direction, or jumping.

One of the primary challenges in competitive sports for individuals with CP is the classification system, which categorizes para-athletes based on their impairments to ensure equitable competition. The aim is to highlight athletes' anthropometric, physiological, and psychological attributes and how they utilize these, thus preventing disadvantageous competitive scenarios due to classification [3]. Players with eligible impairments that significantly affect their sporting performance meet the eligibility criteria for this para-sport. If an impairment is unclear or its impact on performance is not evident, the player's ineligibility is categorized as "not eligible" (NE) [4].

The Classification Rules and Regulations of CP football [4] indicate that the eligible impairments primarily encompass neuromusculoskeletal and movement-related disorders [3], including spasticity, athetosis, and ataxia. Spasticity entails increased muscle tone, leading to constant muscle tension affecting speed and range of motion [5]. Ataxia presents as impaired control over voluntary movements, affecting balance and coordination [2]. Athetosis involves involuntary muscle contractions, typically resulting in slow, writhing movements in the hands, feet, arms, or legs [6]. In some cases, mixed muscle tone can occur, with some muscles too tense and others too relaxed, oscillating between hypotonia and hypertonia.

Additional considerations for players depend on the number of affected limbs. Monoparesis affects a single limb, while hemiparesis affects one half of the body and often presents with hypertonicity. In diplegia, frequently hypertonic, the lower extremities are affected, impacting static and dynamic balance and gait. Finally, tetraparesis encompasses all four limbs, with varying intensity in the upper and lower limbs, and may manifest as double hemiparesis when asymmetrical [7].

Moving away from the domain of cerebral palsy and sport, anthropometric studies play a pivotal role in evaluating athletes' body composition and somatotype. These measurements offer valuable insights into their physical structure and serve various purposes, including tracking changes over time, comparing individuals, and analyzing the impact of specific pathologies [8].

The somatotype provides a quantifiable description of an athlete's physique [9]. Coaches can leverage this information to tailor training programs, monitor rehabilitation progress, and achieve desired objectives. These studies encompass the estimation of body composition, morphology, dimensions, and proportionality through measurements taken at various anatomical sites and subsequently facilitate the calculation of the somatotype and somatochart [10]. The assessment of body composition is valuable not only for health-related applications, including nutritional status assessment in both healthy and diseased conditions, but also for studying body asymmetry resulting from certain pathologies [2].

The somatotype, which is viewed as a numerical representation of an individual's morphological configuration, is expressed as endomorphy, mesomorphy, and ectomorphy components, listed in that order. Each component reflects distinct characteristics, with endomorphy indicating relative adiposity, mesomorphy representing relative muscular-skeletal robustness, and ectomorphy conveying relative linearity or thinness. On the other hand, the somatochart serves as a graphical representation of the somatotype [9].

The calculation of the somatotype is a versatile tool, allowing comparisons at different life stages and between individuals or groups. Additionally, individual somatotype analysis employs parameters, such as Somatotype Dispersion Distance (SDD) to compare with a reference somatotype. In addition, Somatotype Morphogenic Distance (SAD) dissects the components separately, providing insights into the magnitude of observed differences.

The somatotype and somatochart are useful in describing and comparing athletes at various competition or training levels; establishing connections with body composition data; characterizing physical changes during growth, development, and aging; aiding in gender comparisons; analyzing body image; and relating findings to specific pathologies and health indicators. Coaches can utilize this information to assess player progress over time,

adapt training regimens according to intended goals, and monitor injury rehabilitation, among other applications [11].

Despite extensive research in the field of anthropometrics, studies on somatotypes in the context of CP football are limited. Existing research has focused on different sports disciplines, including swimming [12], sports for the visually impaired [13], athletics [14], and wheelchair sports [15]. However, these studies often involved mixed groups of para-athletes with diverse eligible impairments. In contrast, studies specifically addressing somatotype components in the context of CP football are scarce. From our knowledge, only three published studies have previously defined the somatotype components in this para-sport. Sarabia et al. [16] described the anthropometric profiles of CP football players according to their functional profile for the first time, although data from the somatochart were not included. Gomes de Macedo et al. [17] presented an anthropometric description considering only players with spastic hemiplegia, while Gorla et al. [18] described the somatotype of different sports classes. In both cases, the studies were performed with para-footballers at the national level.

To address these gaps in the specialized literature, the purpose of this study was to expand the existing knowledge about the somatotype profile and body composition of a representative sample of international para-footballers with CP. Specifically, this research aimed to consider different functional profiles based on the eligible impairment and its severity, offering valuable insights into the physical attributes and characteristics of these para-athletes and contributing to a more comprehensive understanding of somatotype within this specific para-sport. Moreover, the data provided by this work could aid coaches, athletes, and researchers in tailoring training regimens, monitoring progress, and enhancing performance within the context of CP football. By shedding light on the somatotype and body composition of these para-athletes, this research can be a valuable resource for both the scientific and sporting communities.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

A total of 141 participants were involved in this study, encompassing individuals with CP and a control group (see descriptive data in Table 1). The selection of participants with CP was performed using a purposive sampling method, specifically targeting players actively involved in an international qualifying competition for the IFCPF World Cup. The CP group, with an average age of 25.9 ± 6.8 years, comprised 102 players from 12 different countries (45.5% of all the players from the 16 national teams that participated in that competition). They were categorized based on their CP profiles and severity [2], including spastic diparesis ($n = 8$), athetosis/ataxia ($n = 14$), spastic hemiparesis ($n = 64$), and those meeting the minimum impairment criteria ($n = 16$). The latter category referred to participants with a “minimal” alteration in muscle tone, postural control, and coordination compared to a “moderate” deficiency found in the previous profiles. In addition, a convenience control group (CG) was also established, comprising 39 players without disabilities actively participating in the third division of the Spanish football league. These players were recruited from football clubs in the province of the researchers’ center.

The selection of participants with CP was driven by the need to create a sample that accurately represented the international football landscape for this specific para-sport, ensuring a diverse representation of CP profiles and severity levels. On the other hand, the control group was strategically chosen to provide a relevant benchmark for comparisons, based on the total volume of training, to enhance the comparability and external validity of the study.

Before their involvement in the research, all participants provided written informed consent after receiving a comprehensive explanation, both written and oral, regarding the potential risks and benefits associated with their participation. This process adhered to the principles outlined in the Helsinki Declaration. The study received ethical approval from the Project Evaluation Office of the principal investigator university (Ref. DPS.RRV.01.14).

Table 1. Descriptive sample characteristics.

Variable	Total Sample	Spastic Diparesis	Athetosis/Ataxia	Spastic Hemiparesis	Minimal Eligible Deficiency	Control Group
<i>n</i>	141	8	14	64	16	39
Age (years)	24.83 ± 6.26	24.87 ± 7.45	26.07 ± 7.23	25.12 ± 5.96	29.12 ± 8.85	22.13 ± 3.29
Body mass (kg)	70.57 ± 8.44	65.56 ± 7.55	67.91 ± 7.22	68.28 ± 8.49	74.17 ± 8.22	74.85 ± 6.85
Stretch stature (cm)	176.16 ± 7.17	172.75 ± 5.17	173.71 ± 5.82	174.42 ± 6.88	177.56 ± 9.05	180.01 ± 6.04
BMI (kg m ⁻²)	22.72 ± 2.16	22.02 ± 2.85	22.50 ± 2.03	22.44 ± 2.51	23.53 ± 2.06	23.07 ± 1.25
Endomorphy	2.7 ± 1.11	3.07 ± 1.30	2.68 ± 0.84	3.1 ± 1.23	3.03 ± 0.95	1.97 ± 0.48
Mesomorphy	3.5 ± 1.16	3.39 ± 1.72	3.60 ± 0.85	3.14 ± 1.17	3.60 ± 1.15	4.11 ± 0.86
Ectomorphy	2.7 ± 1.06	2.89 ± 1.49	2.66 ± 0.99	2.76 ± 1.22	2.43 ± 1.10	2.72 ± 0.64
SAD	1.53 ± 0.95	2.15 ± 1.26	1.40 ± 0.55	1.76 ± 1.10	1.64 ± 0.76	1.03 ± 0.52
SDD	3.58 ± 2.30	4.99 ± 3.04	3.34 ± 1.35	4.12 ± 2.67	3.88 ± 1.83	2.36 ± 1.24
Somatotype Classification	Balanced mesomorph	Mesomorph-endomorph	Balanced mesomorph	Mesomorph-endomorph	Mesoendomorph	Mesoectomorph

BMI = body mass index, SAD = Somatotype Attitudinal Distance, SDD = Somatotype Dispersion Distance.

2.2. Anthropometric Determinations

All variables were determined by a level 2 anthropometrist certified by the International Society for the Advancement of Kineanthropometry (ISAK) [19]. All measurements were made following the guidelines established by ISAK [20] with an individual technical error of 0.76–0.39% for skinfolds and 0.12% for the remainder of the parameters, representing acceptable errors for ISAK standards (<7.5% for skinfolds and <1.5% for the remainder of parameters). All measurements were taken twice, and the mean of the two measurements for each body side was calculated. If measurements had a difference greater than 1%, a third measurement was performed.

Each participant's body mass was measured in kilograms using a digital scale (Tanita BC-601; Arlington Heights, IL, USA), breadths with a Holtain bone caliper (Holtain; Crosswell, UK), girths with a non-extensible metal tape (Lufkin; Missouri City, TX, USA), and skinfolds with a Holtain Tanner/Whitehouse skinfold caliper (Holtain; Crosswell, UK). Breadths from the humerus and femur were measured. Girths were measured on the relaxed arm and medial calf. Finally, four skinfolds were measured: triceps, subscapular, supraspinal, and medial calf.

2.3. Somatotype

The somatotype is a quantitative representation of an individual's body shape and composition, encompassing three primary components: endomorphy, mesomorphy, and ectomorphy [9]. Each of these components provides distinct insights into an individual's physical characteristics and plays a crucial role in understanding their body composition [17]. The three somatotype components were computed according to the Heath-Carter Anthropometric Somatotype Instruction Manual [21].

Endomorphy: Endomorphy quantifies the adiposity component of an individual's body composition. It is calculated using the following equation:

$$\text{Endomorphy} = -0.7182 + 0.1451 (X) - 0.00068 (X^2) + 0.0000014 (X^3) \quad (1)$$

Here, X represents the sum of skinfolds from triceps, subscapular, and supraspinal sites in millimeters, multiplied by 170.18 and divided by the individual's stretch stature in centimeters.

Mesomorphy: Mesomorphy characterizes the robustness and muscularity of an individual's physique. The equation for calculating mesomorphy is as follows:

$$\text{Mesomorphy} = 0.858 \times \text{humerus breadth} + 0.601 \times \text{femur breadth} + 0.188 \times \text{corrected girth from tensed arm} + 0.161 \times \text{corrected girth from medial calf} - \text{stretch stature} 0.131 + 4.5 \quad (2)$$

Ectomorphy: Ectomorphy relates to the linearity and leanness of an individual's body. The calculation of ectomorphy is determined by considering the ponderal index (PI), which is defined as the ratio of stretch stature to the cube root of weight as follows: $PI = \text{stretch} / \sqrt[3]{\text{weight}}$.

Ectomorphy is computed based on the following formulas:

If $PI > 40.75$, then

$$\text{Ectomorphy} = (PI \times 0.732) - 28.58 \quad (3)$$

If $PI < 40.75$ and >38.25 , then

$$\text{Ectomorphy} = (PI \times 0.463) - 17.63 \quad (4)$$

If $PI < 38.25$, a minimum value of 0.1 for ectomorphy is assigned.

The somatotype is expressed as a series of numerical figures representing the three components, listed in the same order, namely, endomorphy-mesomorphy-ectomorphy [21]. These figures are expressed with a decimal point and are rounded to the nearest unit of the mean value. Understanding the somatotype provides valuable insights into an individual's body composition, with each component contributing to a comprehensive characterization of their physique.

2.4. Somatochart

The somatochart is a graphical representation used to visually depict and interpret an individual's somatotype [9]. This two-dimensional diagram employs the X and Y axes to represent various somatopoints, which are essential in understanding the individual's body composition and physique. The somatochart provides a unique perspective that complements the numerical representation of the somatotype, offering additional insights into an individual's physical characteristics [17].

The key parameters defining the somatochart are as follows [9].

X Axis: The X axis represents the difference between ectomorphy and endomorphy. This dimension primarily focuses on the balance between leanness (ectomorphy) and adiposity (endomorphy) in an individual's body composition. A higher value on the X axis indicates a more ectomorphic physique, while a lower value signifies a tendency towards endomorphy.

$$X = \text{ectomorphy} - \text{endomorphy} \quad (5)$$

Y Axis: This dimension characterizes the muscularity and robustness (mesomorphy) relative to the individual's adiposity (endomorphy) and leanness (ectomorphy). A higher Y value suggests a more mesomorphic physique, emphasizing the presence of muscle mass and strength.

$$Y = 2 \times \text{mesomorphy} - (\text{endomorphy} + \text{ectomorphy}) \quad (6)$$

2.5. Statistics

The following definitions were used to perform the comparative statistics of the somatotype [21].

Somatotype Attitudinal Distance (SAD): the distance in three dimensions between two somatopoints. It reflects the exact difference between two somatotypes. It is calculated using the values of the three components:

$$SAD_{A,B} = \sqrt{[(ENDO_A - ENDO_B)^2 + (MESO_A - MESO_B)^2 + (ECTO_A - ECTO_B)^2]} \quad (7)$$

considering ENDO = endomorphy, MESO = mesomorphy, and ECTO = ectomorphy. The subscript A corresponds to the somatotype studied, and B refers to the reference somatotype, in this case, the mean of the group. The higher the SAD values, the greater the difference between the somatotypes.

Somatotype dispersion distance (SDD): the distance between two somatopoints on the somatochart in two dimensions:

$$SDD_{A,B} = \sqrt{3(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \quad (8)$$

considering (X_A, X_B) as the coordinates of each participant obtained from the somatotype and (X_B, Y_B) as the mean value of the coordinates for the group.

Statistical analysis was performed using the JASP statistical package (JASP Team version 0.16; Amsterdam, NED). Statistical significance was set at the α level of 0.05. The data distribution was studied using Shapiro–Wilk tests and the Q–Q plot.

The results indicated that the data followed a normal distribution for the entire group as well as for the different profiles and severity of CP. Therefore, two multivariate ANOVAs (MANOVA) were conducted using groups (CP profiles and the control group) as independent variables and three somatotype components (i.e., endomorphy, mesomorphy and ectomorphy) or two somatotype distances (i.e., SAD and SDD) as dependent variables to avoid collinearity between variables. Significant associations were examined further using a univariate test, and, in the case of group interaction, Tukey's honestly significant difference (HSD) test for multiple comparisons was used [22]. In addition, to calculate the effect size for pair comparisons between CP subgroups and CG, practical significance was assessed by calculating Cohen's d , and the size of the effect is reported with the upper and lower 95% confidence intervals. Effect sizes greater than 0.8, between 0.8 and 0.5, between 0.5 and 0.2, and less than 0.2 were considered large, moderate, small, and trivial, respectively [23]. According to Carter [21], it should be considered that an effect size of 0.50 for the SAD mean difference is also considered relevant.

3. Results

MANOVA findings revealed significant associations between the groups and both somatotype components (Roy's largest root = 0.557, $F_{(4, 136)} = 18.94$, $p < 0.001$) and somatotype distances (Roy's largest root = 0.151, $F_{(4, 136)} = 5.12$, $p < 0.001$).

A predominance of the mesomorphic component was true across all subgroups (Table 1) when somatotype components of the players were analyzed. As shown in Figure 1, univariate testing revealed that there was a statistically significant difference in dependent variables between at least two groups for endomorphy ($F_{(4, 136)} = 8.60$, $p < 0.001$), mesomorphy ($F_{(4, 136)} = 5.79$, $p = 0.001$), SAD ($F_{(4, 136)} = 5.10$, $p < 0.001$) and SDD ($F_{(4, 136)} = 5.00$, $p < 0.001$). However, the interaction between groups and ectomorphy was non-significant ($F_{(4, 136)} = 0.38$, $p = 0.824$).

Specifically, Tukey's HSD test for multiple comparisons between the CP subgroups and the control group is shown in Table 2. None of the comparisons between groups of CP footballers showed significant differences. These results demonstrated that the mean value of endomorphy was significantly different between CP subgroups, except athetosis players with the control group. For mesomorphy, only players with hemiparesis showed differences with CG. Furthermore, examinations of the spatial distance between somatotypes (i.e., SAD) and somatotype dispersion distance (i.e., SDD) uncovered notable distinctions between the CG and players with spastic hypertonia, both bilateral (i.e., diparesis) and unilateral (i.e., hemiparesis).

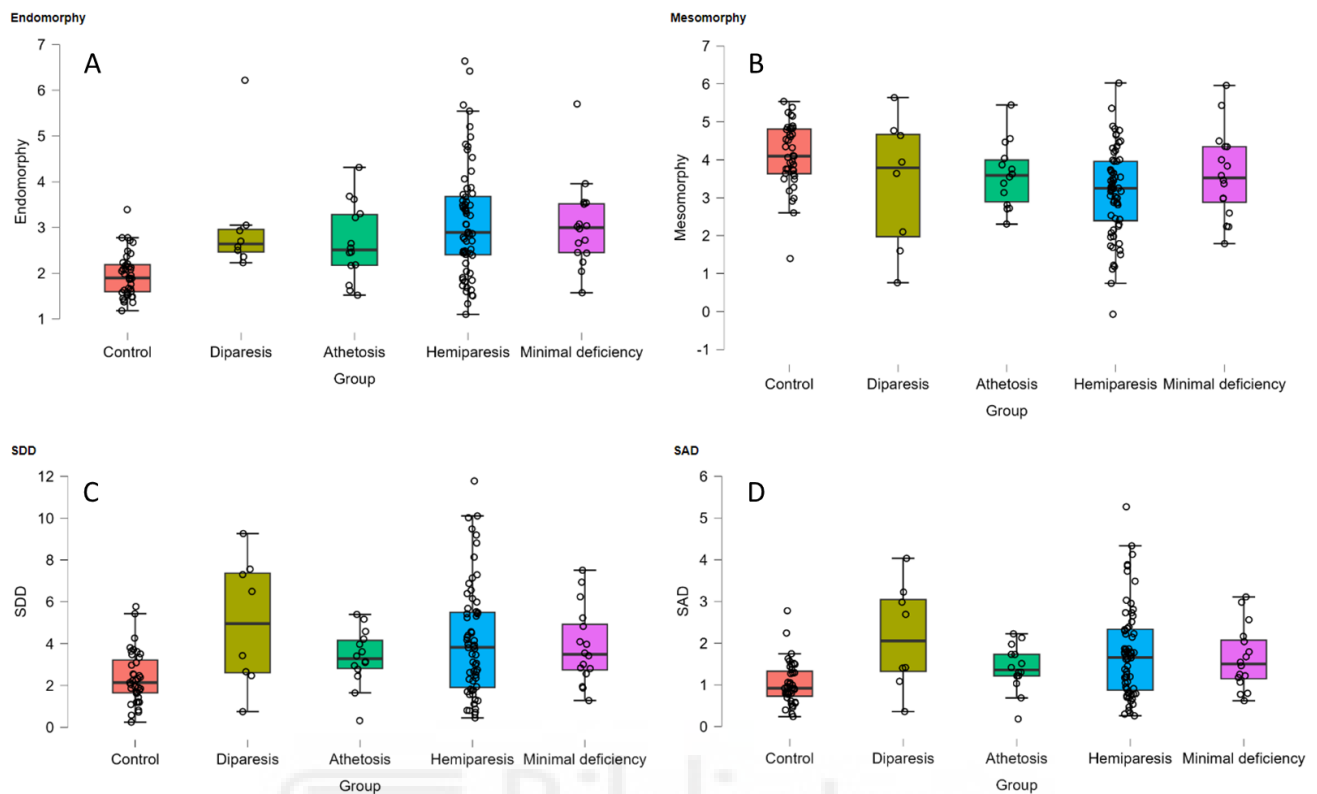


Figure 1. Interaction between groups and (A) endomorphy, (B) mesomorphy, (C) SDD (Somatotype Dispersion Distance), and (D) SAD (Somatotype Morphogenic Distance).

Table 2. Post hoc comparisons between groups for somatotype components and distances.

Dependent Variable	Comparison	Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	<i>t</i>	Cohen's <i>d</i>	95% CI for Cohen's <i>d</i>		<i>p</i> _{Tukey}
			Lower	Upper				Lower	Upper	
ENDO	Control vs. Diparesis	−1.10	−2.18	−0.02	0.39	−2.81	−1.09	−2.22	0.03	0.044 *
	Control vs. Athetosis	−0.71	−1.57	0.16	0.31	−2.25	−0.70	−1.60	0.20	0.169
	Control vs. Hemiparesis	−1.16	−1.72	−0.59	0.21	−5.65	−1.15	−1.76	−0.53	<0.001 ***
	Control vs. Minimal impairment	−1.06	−1.89	−0.23	0.30	−3.54	−1.05	−1.92	−0.19	0.005 **
MESO	Control vs. Diparesis	0.73	−0.455	1.91	0.43	1.70	0.66	−0.45	1.77	0.437
	Control vs. Athetosis	0.51	−0.43	1.46	0.34	1.50	0.47	−0.43	1.36	0.564
	Control vs. Hemiparesis	0.97	0.35	1.59	0.22	4.34	0.88	0.28	1.48	<0.001 ***
	Control vs. Minimal impairment	0.51	−0.40	1.41	0.33	1.55	0.46	−0.39	1.31	0.530
SAD	Control vs. Diparesis	−1.12	−2.09	−0.15	0.35	−3.18	−1.23	−2.36	−0.11	0.016 *
	Control vs. Athetosis	−0.37	−1.15	0.42	0.28	−1.31	−0.41	−1.30	0.48	0.684
	Control vs. Hemiparesis	−0.73	−1.24	−0.23	0.18	−4.00	−0.81	−1.41	−0.22	<0.001 ***
	Control vs. Minimal impairment	−0.61	−1.35	0.14	0.27	−2.25	−0.67	−1.52	0.19	0.167
SDD	Control vs. Diparesis	−2.63	−4.97	−0.29	0.85	−3.11	−1.21	−2.33	−0.08	0.019 *
	Control vs. Athetosis	−0.98	−2.86	0.90	0.68	−1.44	−0.45	−1.34	0.44	0.603
	Control vs. Hemiparesis	−1.76	−2.99	−0.54	0.44	−3.98	−0.81	−1.41	−0.21	0.001 **
	Control vs. Minimal impairment	−1.52	−3.31	0.27	0.65	−2.35	−0.70	−1.55	0.16	0.136

SAD = Somatotype Attitudinal Distance, SDD = Somatotype Dispersion Distance, SE = standard error, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

4. Discussion

This study aimed to enhance our understanding of the somatotype profile in international para-footballers with CP, comparing it with a comparable sample of able-body football players. The results revealed a consistent predominance of the mesomorphic component across all subgroups. Significant differences were observed in endomorphy, mesomorphy, SAD, and SDD among various CP groups and the control group. Players with hemiparesis showed the most different somatotype with respect to the control group. These findings highlight the nuanced somatotype variations within different CP profiles, emphasizing the need for targeted training approaches in CP football.

The somatotype is the quantitative description of the shape and body composition and is expressed in three components, namely, endomorphy, mesomorphy, and ectomorphy, representing the adiposity, robustness, and linearity of the body, respectively. Somatotype offers different applications, such as describing and comparing athletes, characterizing physical changes as a result of training, or relating aspects of these components with health indicators [24]. However, there are few studies describing the somatotype of international-level CP footballers in the different deficiency profiles due to the difficulty of obtaining data in large representative samples. Therefore, the main contribution of the present study is the description of the somatotype for each deficiency profile of elite CP footballers in a large sample of para-athletes at the international level.

The results of this study indicate that there are no significant differences between the anthropometric variables of the different functional profiles of CP football players. Regarding somatotype, a predominance of the mesomorphic component is observed in all functional classes, and this finding is similar to the results obtained by Gorla et al. [18] in a sample of Brazilian athletes of this para-sport. That study emphasized that this characteristic of the somatotype favors the performance of efforts with high muscular and speed demands. These variables are, in turn, associated with other sports demands, such as endurance and strength, determinants of performance in sprint actions, change of direction, jump, or fast and high-intensity efforts during the match [25] or small-sided game [26]. Given the observed mesomorphic predominance across all profiles of CP football players, coaches and trainers can strategically incorporate tailored strength and speed training programs. Emphasizing exercises that enhance muscular development and speed aligns with the somatotype characteristics identified in the study by Gorla et al. [18]. Specifically, targeted training modules can be designed to improve sprinting, change of direction and speed, and explosive actions, such as jumps. This application ensures a sport-specific training approach that aligns with the identified somatotype, potentially optimizing the players' overall performance on the field.

However, when the components of the somatotype were independently analyzed, several differences were observed. In the subgroup with athetosis or ataxia, there was a balance between endomorphy and ectomorphy. However, in the remaining groups, a predominance of endomorphy versus ectomorphy was observed. This finding coincides with the finding obtained by Fernandes and Filho [27], where the studied players displayed a balanced mesomorph somatotype (2.46 – 4.97 – 2.69). Nevertheless, that study presented a small sample with no differences in functional profiles. The latter observation could be due to the fact that participants with spastic CP present increased muscle tone, causing persistent tension, while participants with ataxia do not display muscle hypertonia [7,28]. In our study, the predominance of endomorphy versus ectomorphy in most subgroups overlaps with the results obtained by Gorla et al. [18] for the whole sample, although this was not the case when differentiating between functional profiles.

The observed differences in somatotype components among CP football players subgroups suggest a nuanced approach to training and conditioning. For para-athletes with athetosis or ataxia, emphasizing a balanced regimen that considers both endomorphy and ectomorphy aspects could be beneficial. This may involve customized workout routines that address body composition nuances unique to this subgroup. Conversely, for players in groups where endomorphy predominates, targeted training to manage adiposity and

enhance lean body mass may be particularly relevant. Tailoring training interventions based on these somatotype variations ensures a more precise and effective approach to meeting the specific needs of different functional profiles within CP football.

When comparing the different functional profiles with CG, we found significant differences in the endomorphy component for players with spastic hemiparesis and minimum impairment as well as in the mesomorphy component between the CG and players with spastic hemiparesis. This could be explained by different nutritional habits and degrees of training between groups [29]. The CG players were semi-professional footballers with a higher volume of complementary off-field training and, in some cases, controlled nutritional planning. Implementing targeted interventions can enhance the overall fitness and well-being of CP footballers. Coaches and sports nutritionists may consider developing personalized nutritional plans and off-field training programs for para-footballers. In addition, the players with CP came from different countries where, in some cases, this para-sport is not professionalized, or the recruitment of eligible players in the same geographical area for team training is complex, without prejudice to the possible barriers of access for the practice of complementary physical or sports activity derived from the disability itself [30]. Efforts to professionalize CP football in regions where it is not yet established could contribute to more standardized training practices and improved access to resources, ultimately benefitting the physical development of CP football players [31].

In this context, it should be noted that the result obtained by Gorla et al. [18] for mesomorphy of the subgroup with moderate spastic hemiparesis (3.87) is closer to that of our CG. Although it was a smaller sample of Brazilian para-athletes, it should be noted that this country traditionally ranks at the top of the world for this para-sport. Another possible explanation could be the heterogeneity of the players since, in our study, the players belonged to twelve different national teams, with a more homogeneous sample in terms of performance level compared to the players noted in Gorla et al. [18].

The analysis of body composition data indicated that the para-footballers participating in this study had a mean BMI of $22.62 \pm 2.36 \text{ kg/m}^2$, which is considered suitable for football players [32] and aligned, in turn, with that observed by Gorla et al. [18]. When analyzing this index according to the different functional profiles, we observed that players with minimum impairment criteria had a higher BMI. This result could be associated with the highest mean age of the participants given that age was previously recognized as an influential factor in weight gain [33]. The BMI obtained for most functional classes corresponds to that obtained by Gomes De Macedo et al. [17], but this study only had 10 players of the same class/functional profile (i.e., spastic hemiparesis).

Another aspect to consider is whether the somatotype or BMI obtained in elite CP football players, when used as a reference value for coaches and physical trainers of CP football players, could be susceptible to improvement. In this sense, the article by Sarabia et al. [16] demonstrated that despite the players presenting an adequate BMI, differences were found between the dominant and non-dominant sides in the subgroups with spastic hemiparesis and moderate ataxia/athetosis.

Some limitations of this study should be mentioned. First, although the number of CP footballers included in the study was a good representation of the international players of this para-sport, the sample size of some subgroups was different. This was due to the rules of the game when the study was conducted that established that each team had to have at least two players in FT5 (i.e., moderate spastic hemiparesis) or FT6 (i.e., moderate ataxia/athetosis) sport classes and a maximum of one player in the FT8 sport class (i.e., minimum eligible disability). This has resulted in an overrepresentation of those players with moderate spastic hemiparesis (i.e., FT7) [34]. Second, the equations used for the calculation of the somatotype were not specific for the different pathologies included in the study. Finally, it should be noted that, due to the fact that the data collection was performed before the start of an international championship with a cross-sectional descriptive design, no dietary records or hours of training of players with CP were available. Altogether, these nuances suggest that considering the modulating factors of the somatotype, such as the

type and hours of training or the diet adapted to the pathology, would improve the profiles of reference. Finally, because this is a cross-sectional study with a convenience sample, it is not possible to infer causality, and data from females, a group of CP footballers competing at the international level since 2022, are missing.

5. Conclusions

In conclusion, the extensive examination of somatotype profiles and body composition in a substantial international sample of CP footballers revealed intriguing insights. Contrary to initial expectations, the somatotype profile and body composition did not exhibit significant variances among diverse functional profiles within CP football. However, compared to footballers without disabilities, these elite CP footballers showed some distinctions in their somatotype characteristics.

Moreover, the comprehensive insights gained from the somatotype profiles of international-level CP footballers offer tangible benefits for coaches and physical trainers. For instance, identifying the prevalence of the mesomorphic component highlights the potential for designing targeted strength and conditioning programs. Coaches can leverage this information to develop specialized training regimens that enhance specific muscle groups, fostering improved performance in activities, such as sprinting, changes of direction, and jumps. Additionally, the somatotype data can guide nutritionists in tailoring dietary plans to address the unique physical demands of CP football, optimizing energy levels and supporting muscle development. Overall, these findings offer practical applications for optimizing individualized training, nutrition, and performance strategies for elite CP football players.

Author Contributions: Conceptualization, J.M.S. and R.R.; methodology, J.M.S.; software, J.M.S.; validation, R.R., E.R. and C.D.; formal analysis, C.D.; investigation, R.R.; resources, R.R.; data curation, J.M.S.; writing—original draft preparation, C.D. and J.M.S.; writing—review and editing, C.D., E.R., R.R. and J.M.S.; visualization, E.R.; supervision, R.R.; project administration, R.R.; funding acquisition, R.R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Project Evaluation Office (Ref. DPS.RRV.01.14).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study and teams.

Data Availability Statement: Data are available upon reasonable request to the corresponding author.

Acknowledgments: CIBEROBN is an initiative of Instituto de Salud Carlos III, Spain.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Richards, C.L.; Malouin, F. Cerebral palsy: Definition, assessment and rehabilitation. In *Handbook of Clinical Neurology*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2013; Volume 111, pp. 183–195. [CrossRef]
2. Cans, C.; Dolk, H.; Platt, M.J.; Colver, A.; Prasauskiene, A.; Krägeloh-Mann, I. Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Dev. Med. Child Neurol.* **2007**, *49*, 35–38. [CrossRef] [PubMed]
3. Tweedy, S.; Vanlandewijck, Y. International Paralympic committee position stand- background and scientific principles of classification in Paralympic sport. *Br. J. Sports Med.* **2011**, *45*, 259–269. [CrossRef]
4. International Federation of Cerebral Palsy Football (IFCPF). *Classification Rules and Regulations*. Available online: <https://www.ifcpf.com/about-classification> (accessed on 17 September 2023).
5. Bar-On, L.; Molenaers, G.; Aertbeliën, E.; Van Campenhout, A.; Feys, H.; Nuttin, B.; Desloovere, K. Spasticity and its contribution to hypertonia in cerebral palsy. *Biomed. Res. Int.* **2015**, *2015*, 317047. [CrossRef] [PubMed]
6. Sun, D.; Wang, Q.; Hou, M.; Li, Y.; Yu, R.; Zhao, J.; Wang, K. Clinical characteristics and functional status of children with different subtypes of dyskinetic cerebral palsy. *Medicine* **2018**, *97*, e10817. [CrossRef] [PubMed]
7. Krigger, K. Cerebral palsy: An overview. *Am. Fam. Physician* **2006**, *73*, 91–100. [PubMed]
8. Szkoda, L.; Szopa, A.; Siwiek, A.; Kwiecien, I.; Domagalska, M. Body Composition and Spasticity in Children with Unilateral Cerebral Palsy. *Children* **2022**, *9*, 1904. [CrossRef] [PubMed]

9. Carter, J.E.; Ross, W.D.; Duquet, W.; Aubry, S.P. Advances in somatotype methodology and analysis. *Phys. Anthropol.* **1983**, *26*, 193–213. [CrossRef]
10. Albero, J.R.; Cabañas, M.D.; Herrero, A.; Martínez, L.; Moreno, C.; Manzanido, J.; Sillero, M.; Sirvent, J.E. 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. *Arch. Med. Dep.* **2010**, *27*, 330–334.
11. Sillero, M. *El somatotipo*; Universidad Politécnica de Madrid: Madrid, Spain, 2006.
12. Medeiros, R.M.V.; Alves, E.S.; Lemos, V.A.; Schwingel, P.A.; da Silva, A.; Vital, R.; Vieira, A.S.; Barreto, M.M.; Rocha, E.A.; Tufik, S.; et al. Assessment of body composition and sport performance of Brazilian paralympic swim team athletes. *J. Sport Rehabil.* **2016**, *25*, 364–370. [CrossRef]
13. Oliveira, G.L.; Oliveira, T.A.P.; Penello, F.M.; Fernandes Filho, J. Anthropometric characteristics and aerobic fitness of blind athletes of 5-a-side football. *Rev. Peru. Cienc. Act. Física Deporte* **2020**, *7*, 10.
14. Juzwiak, C.R.; Winckler, C.; Joaquim, D.P.; Silva, A.; De Mello, M.T. Comparison of measured and predictive values of basal metabolic rate in Brazilian paralympic track and field athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **2016**, *26*, 330–337. [CrossRef] [PubMed]
15. Flueck, J.L. Body Composition in Swiss Elite Wheelchair Athletes. *Front. Nutr.* **2020**, *7*, 1. [CrossRef] [PubMed]
16. Sarabia, J.M.; Doménech, C.; Roche, E.; Vicente-Salar, N.; Reina, R. Anthropometrical features of para-footballers according to their cerebral palsy profiles and compared to controls. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 9071. [CrossRef]
17. Gomes de Macedo, O.; Leão Da Cunha, C.; Ferreira, V.M.; Filomena, M.; Vieira, S. Differences in body composition between affected and nonaffected sides in cerebral palsy football athlete. *Retos* **2022**, *44*, 416–420. [CrossRef]
18. Gorla, J.; Nogueira, C.D.; Gonçalves, H.R.; De Faria, F.R.; Buratti, J.R.; Nunes, N.; do Rêgo, J.T.P.; Borges, M.; Vieira, I.B.; Roca, V.L. Composición corporal y perfil somatotípico de jugadores brasileños de fútbol siete con Parálisis Cerebral de acuerdo con la clasificación funcional. Contribución al Deporte Paralímpico. *Retos* **2019**, *35*, 326–328. [CrossRef]
19. Toselli, S.; Campa, F.; Maietta-Latessa, P.; Greco, G.; Loi, A.; Grigoletto, A.; Zaccagni, L. Differences in maturity and anthropometric and morphological characteristics among young male basketball and soccer players and non-players. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 3902. [CrossRef]
20. Marfell-Jones, M.J.; Stewart, A.; De Ridder, J. *International Standards for Anthropometric Assessment*; International Society for the Advancement of Kinanthropometry: Wellington, New Zealand, 2012.
21. Carter, J.E.L. *The Heath-Carter Anthropometric Somatotype-Instruction Manual*; JEL Carter: San Diego, CA, USA, 2007.
22. Thomas, J.R.; Martin, P.; Etnier, J.L.; Silverman, S.J. *Research Methods in Physical Activity*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 2022.
23. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*; Lawrence Erlbaum: Hillsdale, NJ, USA, 1988.
24. Cabañas, M.D.; Esparza, F. *Compendio de Cineantropometría*; CTO Editorial: Madrid, Spain, 2009.
25. Yanci, J.; Castillo, D.; Iturricastillo, A.; Aracama, A.; Roldan, A.; Reina, R. Performance Analysis in Football-Specific Tests by Para-Footballers with Cerebral Palsy: Implications for Evidence-Based Classification. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2021**, *16*, 1328–1334. [CrossRef]
26. Henríquez, M.; Iturricastillo, A.; González-Olguín, A.; Herrera, F.; Riquelme, S.; Reina, R. Time–motion characteristics and physiological responses of para-footballers with cerebral palsy in two small-sided games and a simulated game. *Adapt. Phys. Act. Q.* **2021**, *1*, 232–247. [CrossRef]
27. Roquetti, P.; Filho, J. Comparative study of the dermatoglyphic, somatotype and of maximum oxygen consumption of the brazilian national soccer team athletes, carriers of cerebral paralysis and professional athletes of soccer not carrying cerebral paralysis. *Fitness Perform. J.* **2004**, *3*, 157–164. [CrossRef]
28. International Paralympic Committee. *International Standard for Eligible Impairments*. 2016. Available online: https://www.paralympic.org/sites/default/files/document/161004145727129_2016_10_04_International_Standard_for_Eligible_Impairments_1.pdf (accessed on 4 May 2022).
29. Oliveira, C.; Ferreira, D.; Caetano, C.; Granja, D.; Pinto, R.; Mendes, B.; Sousa, M. Nutrition and supplementation in soccer. *Sports* **2017**, *5*, 28. [CrossRef]
30. Jaarsma, E.A.; Dekker, R.; Dijkstra, P.U.; Geertzen, J.H.B.; Koopmans, S.A. Barriers to and facilitators of sports participation in people with visual impairments. *Adapt. Phys. Act. Q.* **2014**, *31*, 240–264. [CrossRef]
31. Peña-González, I.; Javaloyes, A.; Sarabia, J.M.; Moya-Ramón, M. Changes in sprint force-velocity profile in international para footballers. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2023**, *18*, 495–502. [CrossRef] [PubMed]
32. Fidelix, Y.L.; Berria, J.; Ferrari, E.P.; Ortiz, J.G.; Cetolin, T.; Petroski, E.L. Somatotype of competitive youth soccer players from Brazil. *J. Hum. Kinet.* **2014**, *42*, 259. [CrossRef] [PubMed]
33. Gil, S.M.; Gil, J.; Ruiz, F.; Irazusta, A.; Irazusta, J. Anthropometrical characteristics and somatotype of young soccer players and their comparison with the general population. *Biol. Sport* **2010**, *27*, 17–24. [CrossRef]
34. Reina, R.; Barbado, D.; Soto-Valero, C.; Sarabia, J.M.; Roldán, A. Evaluation of the bilateral function in para-athletes with spastic hemiplegia: A model-based clustering approach. *J. Sci. Med. Sport* **2020**, *23*, 710–714. [CrossRef]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.