



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Körperfett bei Handballspieler*innen: Eine systematische
Übersichtsarbeit und Metaanalyse“ / „Body fat of handball
players: A systematic review and meta-analysis“

verfasst von / submitted by

Clemens Lawugger, Bakk rer. nat.

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2023 / Vienna 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066826

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaften

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Robert Csapo

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Personen aufrichtig bedanken, die mich auf dem Weg zu diesem, für mich sehr wichtigen, Meilenstein begleitet haben.

Hervorheben möchte ich meine Eltern, die mich in jeder noch so schwierigen Situation meines Lebens unterstützten. Dank meiner Großeltern durfte ich eine Wohnung beziehen, in der ich viele Stunden meines Ausbildungsweges verbracht habe, und mich vollkommen auf meine Arbeit und mein Studium konzentrieren durfte.

Im Laufe des Studiums lernte ich eine Person kennen, die meinen beruflichen Werdegang, und mich als Person, positiv geprägt hat. Durch ihn konnte ich bereits früh Erfahrung im Bereich Personaltraining sammeln und lernte im Zuge dessen viele besondere Menschen kennen.

Daher gilt ein besonderer Dank Dr. Pascal Bauer, ohne dem diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre. Ebenso möchte ich mich bei meinem Betreuer der Masterarbeit, Dr. Robert Csapo, für die großartige Unterstützung bedanken. Dieser hatte volles Vertrauen in meine Arbeit und motivierte mich, rasch und sorgfältig zu arbeiten.

Kurzzusammenfassung

Laut wissenschaftlicher Fachliteratur herrscht Einigkeit darüber, dass die Körperzusammensetzung einen großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit von Sportler*innen hat und deswegen monitorisiert werden sollte. Auch im Handballsport lässt sich in den letzten Jahren ein vermehrtes Interesse an diesem Thema beobachten. Speziell der relative Körperfettanteil scheint immer mehr in den Fokus der Wissenschaft zu rücken. Aktuell ist jedoch unklar, ob Handballspieler*innen höherer Leistungsklassen auch einen geringeren Körperfettanteil aufweisen. Neben dem Spielniveau könnte ebenso das Geschlecht und die Messmethode Auswirkungen auf den ermittelten Körperfettanteil von Athlet*innen haben. Trotz einer Vielzahl an Originalstudien zur Körperzusammensetzung im Handballsport scheinen keine klaren Referenzwerte bezüglich des relativen Körperfettanteils etabliert zu sein. Heterogene Studienergebnisse hinsichtlich Körperfettanteil und Spielniveau sowie unklare Differenzierungen zwischen den einzelnen Messmethoden und des Geschlechts der Spieler*innen, erschweren zudem die Interpretation einzelner Studienergebnisse. Daher hat die vorliegende Masterarbeit das Ziel, mithilfe einer systematischen Literaturrecherche und statistischer Verfahren, die bestehende Fachliteratur zum Körperfettanteil im Handballsport zusammenzufassen und auszuwerten. Hierbei wurden potenzielle Unterschiede zwischen Geschlechtern, Spielklassen und Messmethoden statistisch überprüft.

Die durchgeführte systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse wurde sorgfältig auf Basis der PRISMA-Richtlinien verfasst (Moher et al., 2009). Anhand der Datenbanken PubMed, Web of Science, SportDiscus, CINAHL und Scopus wurde nach geeigneten Studien für die Arbeit recherchiert. Unterschiede zwischen den Faktoren Geschlecht, Spielklasse, und Messmethode wurden mit Hilfe eines Paneldatenmodells berechnet. Hierbei wurde die individuelle, unbeobachtete Heterogenität als zufälliger Effekt angenommen.

Die daraus resultierenden Ergebnisse zeigten, dass männliche Handballer einen signifikant niedrigeren relativen Körperfettanteil vorweisen als weibliche (13,1 %, [12,3-14,0 %] vs. 23,2 %, [22,3-24,0 %]; $p < 0,01$). Zudem wiesen Handballspieler*innen, die als „international-level“ (14,9 %, [13,2-16,6 %]), beziehungsweise „national-level“ (15,7 %, [14,2-17,2 %]) kategorisiert wurden, signifikant niedrigere Werte auf als jene der regionalen Leistungsklassen (17,2 %, [15,7-18,8 %]); ($p < 0,01$). Kein signifikanter

Unterschied wurde zwischen den Klassen „international-level“ und „national-level“ gefunden ($p > 0,05$).

Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass Werte, die durch die Hautfaltenmethode (15,2 %, [13,6-16,7 %]) und bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) (15,4 %, [13,1-17,6 %]) ermittelt wurden, signifikant niedriger waren als jene, die mittels „Dual-Röntgen Absorptiometrie“ (DXA) (25,3 %, [19,8-30,7 %]) gemessen wurden ($p < 0,01$). Dieser Unterschied galt allerdings nach dem finalen Metaregressionsmodell, aufgrund des zusätzlich einflussnehmenden Faktors Geschlecht, als nicht signifikant ($p > 0,05$). Ebenso konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Messmethoden BIA und Hautfalten gefunden werden ($p > 0,05$).

Aufgrund der Ergebnisse scheint es notwendig, Referenzwerte hinsichtlich des relativen Körperfettanteils bei Handballspieler*innen immer in Abhängigkeit vom Geschlecht, der Leistungsklasse und Messmethode anzugeben. Der unterschiedliche Körperfettanteil zwischen den Geschlechtern wird durch diese Arbeit bekräftigt. Ob der nicht signifikante Unterschied zwischen den Leistungsklassen „national-level“ und „international-level“ auf die Problematik der korrekten Einteilung in die zugehörigen Leistungsklassen zurückzuführen ist, scheint nicht eindeutig geklärt zu sein. Jedenfalls könnte die Einteilung in die gewählten Leistungsklassen „regional-level“, „national-level“, und „international-level“ ein limitierender Faktor dieser Masterarbeit sein. Die ausgewählte Messmethode scheint die Ergebnisse der relativen Körperfettwerte von Handballspieler*innen nicht zu beeinflussen. Diese Schlussfolgerung lässt sich möglicherweise anhand der Tatsache erklären, dass die prozentualen Körperfettwerte überwiegend mit Feldmethoden evaluiert wurden.

Weiterführende Arbeiten könnten die Werte unterschiedlicher Spielpositionen beobachten und miteinander vergleichen. Ebenso wäre die Beziehung zwischen fettfreier Masse und dem Geschlecht, der Leistungsklasse, und Messmethode ein interessanter Forschungsinhalt für weitere Untersuchungen. Hervorzuheben ist außerdem die geringe Anzahl an Laboruntersuchungen zur Bestimmung des relativen Körperfettanteils. Dies ist die erste Übersichtsarbeit mit Metaanalyse, die sich mit dem relativen Körperfettanteil professioneller Handballspieler*innen befasst. Die veröffentlichten Referenzwerte sollen Verantwortlichen im Sportbereich und wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen bei deren Arbeit unterstützen und als Anregung für weitere Untersuchungen dienen.

Abstract

It is well established in the research literature that body composition has a major impact on the athlete's performance. Recent years have seen a significant rise in the scientific interest in the body composition of various athletic populations, including handball players. Above all, the relative amount of body fat has moved into the focus of scientific research. At present, it is still unclear whether handball players of higher performance would present with a lower body fat fraction. In addition to the level of play, gender and the measurement method could also have an impact on the determined body fat percentage of athletes. Despite numerous original studies about body composition in handball, no clear reference value for the relative percentage of body fat have been established yet. Heterogeneous study results regarding body fat percentage and level of play, as well as unclear differentiations between the individual measurement methods and the gender of the players, also complicate the interpretation of individual study results. Therefore, the aim of this master's thesis is to use a systematic literature search and statistical methods to summarize and evaluate the scientific literature on body fat percentage in handball players. Here, potential differences between genders, divisions, and measurement methods were statistically analyzed.

The systematic review and meta-analysis carried out was carefully written based on the PRISMA guidelines (Moher et al., 2009). The databases PubMed, Web of Science, SportDiscus, CINAHL and Scopus were used to research suitable studies for the work. Differences between the factors gender, league, and measurement method were calculated using a panel data model. Here, the individual, unobserved heterogeneity was assumed to be a random effect.

The results showed that male handball players have a significantly lower relative body fat percentage than females (13.1%, [12.3-14.0%] vs. 23.2%, [22.3-24.0%]; $p < 0.01$). In addition, handball players who were categorized as "international level" (14.9%, [13.2-16.6%]) or "national level" (15.7%, [14.2-17.2%]) had significantly lower values than those engaged in regional classes (17.2%, [15.7-18.8%]); ($p < 0.01$). No significant difference was found between the "international-level" and "national-level" classes ($p > 0.05$).

In addition, it was found that values determined using the skinfold method (15.2%, [13.6-16.7%]) and the bioelectrical impedance analysis (BIA) (15.4%, [13.1-17.6%]) were significantly lower than those determined using "dual-energy x-ray absorptiometry" (DXA) (25.3 %, [19.8-30.7 %]) ($p < 0.01$). However, due to the additional influencing factor gen-

der, this difference was considered non-significant as per the results of the final meta-regression model. Likewise, no significant difference was found between the BIA and skinfold measurement methods ($p>0.05$).

Based on the results, it seems necessary to always specify reference values for the relative percentage of body fat of handball players according to gender, performance class and measurement method. The difference in body fat percentage between the sexes is corroborated by this work. The non-significant difference between the "national level" and "international level" performance classes is possibly due to imprecise assignment of players into the performance classes. Thus, the division into the selected performance classes "regional level", "national level" and "international level" could be a limiting factor of this master's thesis. In any case, the measurement method selected does not seem to affect the results of the relative body fat values of handball players. This conclusion may be explained by the fact that the percentage body fat fractions were predominantly evaluated using field methods.

Future research might assess and compare the body fat values between different playing positions. Similarly, it would be worthwhile to scrutinize the relationship between fat-free mass and gender, performance class and measurement method. The small number of laboratory tests to determine the relative body fat percentage should also be emphasized. This is the first review with a meta-analysis looking at the relative body fat percentage of professional handball players. The published reference values are intended to support those responsible in the sports sector and scientific employees in their work and serve as a suggestion for further investigations.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Problemstellung.....	1
2. Theoretische Grundlagen	3
2.1. Handball	3
2.2. Spielanalyse.....	4
2.3. Physische und Physiologische Indikatoren	5
2.4. Anthropometrische Voraussetzungen	7
2.5. Messmethoden der Körperkomposition	8
2.6. Kompartiment-Modelle	9
2.7. Überblick Messmethoden.....	10
3. Methodisches Vorgehen	16
3.1. Studiendesign	16
3.2. Ein- und Ausschlusskriterien.....	17
3.3. Datenextraktion	17
4. Statistik	21
5. Resultate	25
5.1. Studienauswahl.....	25
5.2. Stichprobenauswertung	35
5.3. Relativer Körperfettanteil.....	35
6. Diskussion.....	37
7. Conclusio	42
8. Literaturverzeichnis	44
9. Tabellenverzeichnis.....	64
10. Abbildungsverzeichnis.....	64

1. Einleitung und Problemstellung

Handball ist eine olympische Teamsportart, die von Millionen Menschen weltweit praktiziert wird (IHF, 2013; Wagner et al., 2014). Der vor allem in Europa professionell etablierte Kontaktsport zeichnet sich durch intensive, intermittierende Aktivitäten wie Sprünge, kurze Sprints und Würfe aus (Luteberget et al., 2015; Marques et al., 2007; Milanese et al., 2012). Das Anforderungsprofil eines Handballspielers oder einer Spielerin verlangt neben technischer und taktischer Raffinesse eine gut entwickelte physische Leistungsfähigkeit (Gorostiaga et al., 2005; Hermassi et al., 2011; Kvorning et al., 2017; Rocessors & Jacobson, 1999). Dabei scheint laut neueren wissenschaftlichen Erkenntnissen speziell die Maximal- und Schnellkraft von großer Bedeutung zu sein (Marques et al., 2007; Sabido et al., 2016; Wagner et al., 2014). Neben diesen durch Training zu erwerbenden Parametern scheinen auch anthropometrische Gegebenheiten die Entwicklung eines Sportlers oder einer Sportlerin zu beeinflussen. So wird die Armspannweite und Körpergröße einer Person häufig zur Talentsélection im Handballsport herangezogen (Fieseler et al., 2017; Mohamed et al., 2009). Auch eine optimale Körperzusammensetzung kann, neben den vorhin erwähnten Parametern, von Vorteil für den sportlichen Erfolg sein. Möglicherweise sind aufgrund der hohen physischen Anforderungen ein geringer Körperfettanteil und eine überdurchschnittliche Muskelmasse wichtige Voraussetzungen für die Karriere eines Handballspielers oder einer Handballspielerin (Chaouachi et al., 2009; Sporiš et al., 2010; Vila et al., 2012). Ob eine vorteilhafte Körperzusammensetzung tatsächlich leistungsbestimmende Eigenschaft oder letztendlich das Produkt eines intensiven Trainings ist, scheint noch nicht geklärt zu sein. So berichteten Carvalho et al. (2014) zum Beispiel von einer Verbesserung der Sprungkraft und einer Reduktion des relativen Körperfettanteils bei männlichen Profihandballern durch spezifische Intervention. Ähnliche Ergebnisse konnten Çıplak et al. (2020) in Bezug auf die Sprungleistung im Kinder und Jugendalter finden. Kvorning et al. (2017) optimierten die Regeneration während eines Handballturniers durch individuelle Vorbereitung mit einhergehender Reduktion des relativen Fettgehaltes. Hinzukommend zeigten Hermassi et al. (2020), dass Leistungstests bei übergewichtigen Profihandballern signifikant schlechter ausfallen als bei jenen mit einem durchschnittlichem Körperfettanteil. Interessanterweise scheint das Spielniveau jedoch positiv mit dem Körpergewicht zu korrelieren (Gorostiaga et al., 2006; Wagner et al., 2014). Ob ein höheres Körpergewicht nun auch mit einem

erhöhten Körperfettgehalt in Verbindung steht, scheint jedoch nicht eindeutig geklärt zu sein. So berichten zum Beispiel Milanese et al. (2011) von niedrigeren Körperfettwerten bei italienischen Elitespielerinnen, im Vergleich zu jenen der Amateurliga, obwohl die Gesamtkörpermasse höher ausfiel. Dieses Ergebnis lässt auf eine stärker ausgeprägte Muskelmasse bei Elitesportlerinnen schließen. Neben dem Muskelgewebe hat auch das Fettgewebe, beziehungsweise der prozentuale Körperfettanteil einen Einfluss auf das Körpergewicht einer Person (Ackland et al., 2012). Ob dieser ebenfalls in Verbindung mit dem Spielniveau gebracht werden kann, scheint noch unklar zu sein. Jedenfalls zeigten Granados et al. (2007), dass der relative Körperfettwert bei Eliteathletinnen niedriger ist, als jener von untersuchten Hobbysportlerinnen. Auch Fernández-Romero et al. (2017) untersuchten diese Hypothese. Sie fanden signifikante Unterschiede der Hautfaltensumme zwischen jugendlichen Handballern und Handballerinnen des regionalen beziehungsweise nationalen Niveaus. Im Gegensatz dazu zeigte die Studie von Lijewski et al. (2021) keine klaren Zusammenhänge zwischen dem Spielniveau und der Hautfaltendicke bei männlichen Handballspielern. Die Untersuchung von Gorostiaga et al. (2005) zeigte einen höheren relativen Körperfettanteil bei Elitespielern als bei Amateurspielern. Aktuell ist noch unklar, ob Spieler*innen höherer Leistungsklassen einen geringeren Körperfettanteil ausweisen. Neben dem Spielniveau könnte auch das Geschlecht und die Messmethode Auswirkungen auf den ermittelten Körperfettanteil von Athleten und Athletinnen haben. Beispielsweise veröffentlichten Cichy et al. (2020) eine Studie, die signifikante Unterschiede des Körperfettgehaltes zwischen weiblichen und männlichen Aktiven auf Eliteniveau zeigte. Obwohl diese Ergebnisse aufgrund der klaren biologischen Unterschiede zwischen den Geschlechtern nicht überraschen, unterstreichen sie die Notwendigkeit, das Geschlecht als wichtige Moderatorenvariable in der Bestimmung und Auswertung des Körperfettanteils zu beachten. Cichy et al. (2020) evaluierten die Körperfettwerte mittels BIA. Cavedon et al. (2018) hingegen verglichen Gleichungen zur Bestimmung des prozentualen Körperfettgehaltes mit Hilfe eines DXA-Scans. Jede der verwendeten Gleichungen unter- oder überschätzte den tatsächlich mittels Röntgenstrahlung erhobenen Wert. Infolgedessen schlossen Ackland et al. (2012) und Ceniccola et al. (2019), dass ermittelte Körperfettwerte unter Berücksichtigung der verwendeten Messmethode interpretiert werden müssen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass trotz einer Vielzahl an wissenschaftlichen Veröffentlichungen zur Körperkomposition im Handballsport keine klaren Referenzwerte

bezüglich des Körperfettanteils etabliert sind. Heterogene Studienergebnisse hinsichtlich Körperfettanteil und Spielniveau sowie unklare Differenzierungen zwischen den einzelnen Messmethoden und dem Geschlecht der Spieler*innen erschweren zudem die Interpretation einzelner Studienergebnisse. Daher hat die vorliegende Masterarbeit das Ziel, mithilfe einer systematischen Literaturrecherche und statistischen Verfahren die bestehende Fachliteratur zum Körperfettanteil im Handballsport zusammenzufassen und auszuwerten. Dabei werden potenzielle Unterschiede zwischen Geschlechtern, Spielklassen, und Messmethoden statistisch überprüft.

2. Theoretische Grundlagen

2.1. Handball

Bereits im frühen 19. Jahrhundert soll sich der Teamsport Handball, damals bekannt als Torball, entwickelt haben. Im Gegensatz zur heutigen olympischen Disziplin, bei der sich sieben Personen gegenüberstehen, wurden damals elf Spieler oder Spielerinnen pro Mannschaft gezählt. Wettkämpfe wurden im Freien auf Rasen ausgetragen. Aufgrund klimatischer Bedingungen waren es vor allem skandinavische Nationalmannschaften, die den Handballsport in der Halle forcierten. Im Jahr 1972 wurde Hallenhandball für Männer und im Jahr 1976 für Frauen als olympische Disziplin deklariert. Der Sport wurde schneller, attraktiver und körperbetonter, weshalb er Feldhandball letztendlich verdrängte (IHF, 2013; Saavedra, 2018).

Obwohl das Spielfeld nun wesentlich kleiner als früher ist, gibt es nach wie vor die gleichen sieben Spielpositionen: Flügelspieler, Rückraumspieler, Kreisspieler und die Position im Tor. Grundsätzlich spielt jede Position Abwehr und Angriff. Es kann vorkommen, dass manche Spieler oder Spielerinnen nur im Angriff oder in der Abwehr eingesetzt werden, da sie in diesem Bereich besonders spezialisiert sind (IHF, 2013).

Das Ziel jedes Wettkampfes ist es, mehr Tore als die gegnerische Mannschaft zu erzielen. Aus diesem Grund muss versucht werden, schnell zum gegnerischen Tor zu gelangen, bevor es der Abwehr des Gegners gelingt, sich erneut zu formieren (Karcher & Buchheit, 2014). Falls das nicht gelingen sollte, kommt es zum sogenannten Positionsangriff, bei dem versucht wird, durch intensiven Körperkontakt zum gegnerischen Wurfbereich durchzubrechen und ein Tor zu erzielen (Massuça et al., 2014; Saavedra, 2018).

Eine zusätzliche Verschärfung der Intensität erfolgte durch eine Regeländerung im Jahr 2000, welche besagt, dass der Anwurf nach einem erhaltenen Tor ohne Anpfiff des

Schiedsrichters erfolgen darf (IHF, 2013). Diese Neuerung könnte in Zukunft einen Einfluss auf anthropometrische und physiologische Parameter von Spieler und Spielerinnen haben. Aufgrund des kontaktreichen und hochintensiven Teamsports, der sich durch viele Sprints, Sprünge, Würfe und Richtungsänderungen auszeichnet, sind genaue Aufzeichnungen gemessener Daten während eines Wettkampfes essenziell für eine wissenschaftlich fundierte Trainingsplanung (Bilge, 2012; Manchado et al., 2013). Hinzukommend bezeichnen Gruić et al. (2006) die Spielanalyse als den Schlüssel zur Trainingssteuerung im Hallenhandball.

2.2. Spielanalyse

Aufgrund des steigenden Interesses an exakten Spielanalysedaten existieren hierzu bereits zahlreiche Untersuchungen. So kamen Michalsik & Aagaard (2015) zum Ergebnis, dass professionelle Handballspieler durchschnittlich nicht mehr als eine Strecke von fünf Kilometern pro Spiel zurücklegen. Im Vergleich dazu erreichen Handballerinnen einen ungefähren Wert von drei Kilometern. Die Autoren berichten weiters von einer summierten Sprintdistanz zwischen 57 und 168 Metern bei männlichen Handballern auf hohem Spielniveau (Michalsik & Aagaard, 2015). Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Povoas et al. (2014) in ihrer Abhandlung. So wird von knapp 60% gehender Tätigkeit während eines Wettkampfes auf höchstem Level im Frauenhandball berichtet. Der Grund für die relativ niedrigen Laufleistungen könnte mit der Spielfeldgröße und mit der hoch angesetzten Anzahl der Spieler und Spielerinnen zusammenhängen (Hill-Haas et al., 2011). Zusätzlich ist die Spieldauer mit zweimal dreißig Minuten wesentlich geringer angesetzt als zum Beispiel bei einem Fußballspiel. Kritisch betrachten Karcher & Buchheit (2014) die summierten Durchschnittswerte und betonen die Notwendigkeit, individueller, positionsspezifische Daten zu erheben.

Obwohl die durchschnittlichen Laufleistungen pro Team im Vergleich zu anderen Sportarten gering ausfallen, gilt der Sport nach wie vor als hochintensiv (Bilge, 2012; Michalsik & Aagaard, 2015; Taylor et al., 2017). Dies lässt sich auf die kurzen Angriffsphasen und der hohen Anzahl an Ballübernahmen zurückführen (Karcher & Buchheit, 2014). Die Autoren Rogulj et al. (2011) schreiben von einer durchschnittlichen Angriffsdauer zwischen 22 und 36 Sekunden in der höchsten kroatischen Männer-Handballliga. Dieser Umstand führt zu vielen Konterangriffen, bei denen hochintensive Läufe stattfinden. Zur Überprüfung dieser Hypothese analysierte Bilge (2012) Turniere der Elite-Mannschaften in den Jahren 2004 bis 2010. Die Ergebnisse zeigten, dass sogenannte

„Konter-Tore“ ungefähr 20% der Gesamtanzahl pro Spiel und Team ausmachen. Dabei erzielen interessanterweise europäische Mannschaften signifikant mehr „Konter-Tore“ gegen nicht-europäische Teams als gegen Verbände des gleichen Kontinents (Bilge, 2012). Ein weiterer großer Aspekt, der den Handballsport als hochintensiven Leistungssport deklariert, sind schnelle und häufige Aktivitätswechsel. Bestätigend berichten Chelly et al. (2011) von durchschnittlich 500 bis 600 wechselnde Tätigkeiten während eines Spiels. Einen großen Teil dieser Aktivitäten machen beschleunigende beziehungsweise abbremsende Bewegungen aus. Hierbei scheinen unklare Ergebnisse hinsichtlich positionsspezifischer Ergebnisse zu existieren (Luteberget & Spencer, 2017; Povoas et al., 2014). Im Gegensatz dazu sind sich Autoren einig, dass laterale Bewegungen im Männerhandball, verglichen mit Frauentteams, dominieren (Michalsik et al., 2014; Michalsik & Aagaard, 2015). Auch zwischen den unterschiedlichen Spielpositionen gibt es nennenswerte Unterschiede. So verzeichnen Flügelspieler signifikant mehr Sprintaktivitäten, jedoch weniger Körperkontakt während des Spiels, im Vergleich zu anderen Spielpositionen (Michalsik & Aagaard, 2015; Povoas et al., 2014; PoVoas et al., 2012). Somit scheint die Kritik von Karcher & Buchheit (2014) an durchschnittlichen Teamwerten berechtigt zu sein, wenn es um exakte Spielanalysedaten geht.

Eine in Untersuchungen eher selten erwähnte, allerdings nicht vernachlässigbare, Aktivität während eines Handballspieles ist die Anzahl der im Spiel durchgeführten Sprünge. Zwei Studienergebnisse liefern hier sehr unterschiedliche Daten. Einerseits berichten Povoas et al. (2000) von 8-20 Sprüngen bei männlichen Handballern auf höchstem Leistungsniveau pro Spiel, während Chelly et al. (2011) wiederum von durchschnittlich 40 Sprüngen pro Halbzeit bei jungen Elitespielern ausgehen.

Ungeachtet dessen, welche intensive Tätigkeit während eines Spieles nun dominiert, kommt es zwangsläufig zu physiologischen Anpassungen des Organismus (Karcher & Buchheit, 2014; Michalsik et al., 2014; Thorlund et al., 2008).

2.3. Physische und Physiologische Indikatoren

Aufgrund der bereits erwähnten Anforderungen während eines Spieles sind gewisse physische und physiologische Leistungsparameter essenziell für Spieler*innen. Der Sport verlangt aerobe und anaerobe Ausdauerfähigkeiten, um auf hohem Niveau über längere Zeit Leistung erbringen zu können (Gabnai et al., 2018). Vor allem führen die häufig wechselnden Aktivitäten zu immer kürzeren Pausen zwischen den Spielaktionen und erfordern möglicherweise ein noch gezielteres Ausdauertraining (Hoff & Almåsbaek,

1995). Die Tatsache, dass laut Hoff & Almåsbaek (1995) die meisten Aktivitäten während eines Wettkampfes ungefähr 80 % der maximalen Sauerstoffaufnahme erfordern, unterstreicht die Notwendigkeit einer hervorragend trainierten anaeroben Ausdauerfähigkeit. Hinzukommend berichten Manchado et al. (2007) von einer mittleren, bezugnehmend auf die maximal mögliche, Herzfrequenz von 85,8% bei Spielerinnen des deutschen Frauennationalteams im Rahmen einer Europameisterschaft. Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass bei einer ähnlichen Studie von Manchado et al. (2013) Spielerinnen mit einer höheren maximalen Sauerstoffaufnahme intensivere Leistungen während eines Spieles erbrachten, obwohl sich die maximalen Herzfrequenzen nicht unterschieden. Aufgrund dessen scheint die maximale Sauerstoffaufnahme bei Handballerinnen ein wichtiger Parameter für die Trainingssteuerung zu sein (Manchado et al., 2013). Auch bei männlichen Athleten scheint der Fokus der Trainingssteuerung auf diesem Parameter zu liegen. Sporiš et al. (2010) untersuchte die maximale Sauerstoffaufnahme während eines Stufentests auf dem Laufband bei männlichen kroatischen Elitespielern. Interessanterweise wurden lediglich zwischen Kreisspielern und Flügelpositionen signifikante Unterschiede in Bezug auf die maximale Sauerstoffaufnahme beobachtet. Andere Ergebnisse wurden allerdings von Rousanoglou et al. (2014) publiziert. Hierbei konnten keinerlei positionsspezifische Unterschiede in der maximalen Sauerstoffaufnahme gefunden werden (Rousanoglou et al., 2014). Eine Abhandlung von Michalsik & Aagaard (2015) verglich die physiologischen Anforderungen zwischen Männern und Frauen. Erwartungsgemäß zeigten sich signifikant bessere Werte bezüglich der maximalen Sauerstoffaufnahme für Männer, was auf die allgemeinen biologischen Unterschiede zwischen Mann und Frau zurückgeführt werden kann (Berndtsson et al., 2007).

Zusätzlich zur Ausdauerfähigkeit sind sich Autoren auch über die Wichtigkeit der Kraftkomponente im Handballsport einig (Chaouachi et al., 2009; Kvorning et al., 2017; Manchado et al., 2013). Kraft und Schnelligkeit beeinflussen nicht nur die Sprintleistung, sondern helfen auch beim Blocken, Springen und Werfen (Granados et al., 2007; Marques et al., 2007; Wagner et al., 2010). Klar ersichtlich wird die Notwendigkeit hoch ausgeprägter Muskelkraft beim Vergleich zwischen unterschiedlichen Leistungsklassen. So beobachteten Granados et al. (2007), dass sich die maximale Bankdrückleistung von Frauen zwischen Elite- und Amateur- Athletinnen um 23% unterscheidet. Zudem waren auch die Kraftwerte der unteren Extremitäten signifikant höher (Granados et al., 2007). Ob dieser Zusammenhang auch im Bezug zum Körperfett besteht, ist Gegenstand der vorliegenden Masterarbeit und wird im Ergebnisteil näher veranschaulicht. Unterschiede

zwischen dem männlichen und weiblichen Geschlecht, und/oder der unterschiedlichen Spielpositionen, beziehungsweise den Spielniveaus spiegeln sich nicht nur im Bereich der physiologischen Anpassungen, sondern auch bei den meisten anthropometrischen Gegebenheiten wider.

2.4. Anthropometrische Voraussetzungen

Anthropometrische Gegebenheiten nehmen im Handballsport eine wichtige Rolle ein. Um Tore zu erzielen oder zu verhindern braucht es gewisse physische Voraussetzungen (Chaouachi et al., 2009; Lijewski et al., 2019; Manchado et al., 2013; Michalsik & Aagaard, 2015; Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013; Ortega-Becerra et al., 2020; Povoas et al., 2012). Wissenschaftler sind sich einig, dass bei Sportarten mit einer hohen Kraftkomponente die Körpergröße eine wichtige Rolle spielt. So finden sich bei Wurfspielarten meist große Personen mit erhöhter Muskelmasse wieder (Chaouachi et al., 2009; Piscitelli et al., 2015). Aufgrund der unterschiedlichen Spielaktionen zwischen den jeweiligen Positionen eines Teams unterscheiden sich diese auch im Hinblick auf deren anthropometrischen Merkmale (Haugen et al., 2016; Nikolaidis et al., 2015; Rousanoglou et al., 2014; Sporiš et al., 2010). So zeigte die Studie von Sporiš et al. (2010), dass die kleinsten Spieler im Team die Flügel-, die schwersten und größten hingegen die Kreispositionen besetzen. Die Armspannweite zwischen Tormännern und Kreisspielern unterschied sich im Gegensatz dazu nicht (Sporiš et al., 2010). Interessanterweise scheinen sich die Handlängen und -breiten aller Positionen ebenfalls nicht zu unterscheiden. Zu diesem Ergebnis kamen jedenfalls Rousanoglou et al. (2014) im Rahmen ihrer Untersuchung. Erwähnenswert sind auch die Ergebnisse von Haugen et al. (2016), die zeigten, dass das Level einer Mannschaft positiv mit dem Körpergewicht und der Körpergröße korreliert. Weiters scheint es auch einen Trend zu immer kleineren Unterschieden zwischen den jeweiligen Spielpositionen zu geben. Es wird erwartet, dass in naher Zukunft alle Spieler*innen eines Teams einen ähnlichen Körperbau besitzen (Haugen et al., 2016).

An der Tatsache, dass bessere Spieler größer und schwerer sind, und mehr Muskelmasse besitzen, wird sich allerdings nicht sofort etwas ändern (Haugen et al., 2016). Ob der Grund des höheren Körpergewichts ausschließlich auf die Muskelmasse zurückzuführen ist oder auch das prozentuale Körperfett dabei eine Rolle spielt, wird in dieser Arbeit untersucht. Ackland et al. (2012) und Ceniccola et al. (2019) sind jedenfalls der Meinung,

dass ermittelte Körperfettwerte in Abhängigkeit zur Messmethode betrachtet werden müssen.

2.5. Messmethoden der Körperkomposition

Unter dem Begriff „Körperkomposition“ versteht man die Zusammensetzung des Organismus aus unterschiedlichen Kompartimenten. Der Körper wird dabei in prozentuelle Anteile differenziert (Norgan, 2005). Eine ungünstige Körperkomposition wird mit unterschiedlichen Krankheiten in Verbindung gebracht (Ackland et al., 2012; Baumgartner et al., 1995). Zu viel Fettmasse kann kardiovaskuläre Krankheiten, Diabetes oder Osteoporose begünstigen. Durch sportliche Aktivität und/oder ein Kaloriendefizit lässt sich die Körperkomposition positiv beeinflussen (Ackland et al., 2012; Baumgartner et al., 1995). Auch das Geschlecht und das Alter sowie die Herkunft einer Person können die Verteilung der Körpermasse beeinflussen (Norgan, 2005). Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt am prozentualen Körperfettanteil von Handballer*innen.

Um die Zusammensetzung des Körpers zu ermitteln, werden unterschiedliche Messmethoden herangezogen. Trotz ihrer inhärenten Unterschiede nutzen alle Methoden sogenannte Kompartiment-Modelle. Bereits Wang et al. (1992) unterschieden zwischen fünf Ebenen, die den Körper in atomare, molekulare, zelluläre und Gewebsbestandteile unterteilten. Jedes dieser Level wird dann erneut in verschiedene Kompartimente segmentiert. Aragon et al. (2017) adaptierte die unterschiedlichen Ebenen folgendermaßen:

1. Atomare Ebene: Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Natrium, Kalium, Chlorid, Phosphor, Calcium, Magnesium, Schwefel
2. Molekulare Ebene (chemisch): Fettmasse, Körperwasser, Körperproteine, Knochenmineralien finden sich im 4K-Modell wieder. Im 3K Modell wird entweder zwischen Fettmasse, Körperwasser und anderen fettfreien Feststoffen, oder Fettmasse, Knochenmineralien und der restlichen Masse unterschieden.
3. Zelluläre Ebene: Das zelluläre 3K-Modell wird in Zellbestandteile, extrazelluläre Flüssigkeiten und extrazelluläre Feststoffe unterteilt. Das 4K-Modell wiederum in Körperzellmasse, Fettmasse, extrazelluläre Flüssigkeiten und extrazelluläre Feststoffe.
4. Gewebs-organische Ebene: Hierbei kommt ausschließlich ein Modell mit vier Kompartimenten zum Einsatz. Dieses setzt sich aus Fettgewebe, Skelettgewebe,

Muskel- und Verbindungsgewebe und etwaigen anderen Gewebsarten, wie zum Beispiel viszerale Organe zusammen.

5. Gesamtkörper-Ebene: Kopf, Rumpf, Gliedmaßen

2.6. Kompartiment-Modelle

Wie bereits angedeutet, orientieren sich alle Messmethoden zur Körperzusammensetzung an einem jeweiligen Kompartiment-Modell. Um dieses Prinzip besser zu verstehen, werden im folgenden Absatz die unterschiedlichen Modelle näher veranschaulicht.

Unter dem Ein-Kompartiment-Modell versteht man die Körpermasse an sich. Eine Unterteilung in andere Komponenten ist nicht möglich. Die Körperwaage wäre ein klassisches Messinstrument für ein 1K-Modell (Norgan, 2005). Beim Zwei-Kompartiment-Modell wird die Gesamtmasse des Organismus in fettfreie, beziehungsweise Fettmasse unterschieden. Eine weitere Möglichkeit der Unterscheidung wäre in Körperwasser und trockene Masse. Die Annahme, dass Körperfett trocken, und der prozentuale Körperwasseranteil jeder Person konstant ist, wird beim 2K-Modell vorausgesetzt (Müller et al., 2016). Nicht nur der Wassergehalt einer Person, sondern auch alle anderen molekularen Komponenten werden als gleichmäßig verteilt angenommen. Jedoch sollte angemerkt werden, dass sich das Wasser, die Proteine, Mineralien und Glykogenspeicher in jedem Körper anders verhalten. So gesehen ist eine tatsächlich konstante Verteilung der fettfreien Masse unrealistisch (Silva & Ludwig, 2015). Oft wird das Körpervolumen durch Verdrängungsmethoden gemessen und danach in Fett- und fettfreie Masse geordnet. Dies ist nur mittels Gleichungen möglich und wird daher immer indirekt berechnet (Ackland et al., 2012). Das Drei-Kompartiment-Modell wird bereits als Multi-Kompartiment-Modell angesehen (Ackland et al., 2012). Hierbei wird zusätzlich eine dritte Komponente des Menschen evaluiert. Oft werden Dilutionsmethoden durchgeführt, um zum Beispiel das Gesamtkörperwasser einer Person zu bestimmen (Norgan, 2005). Folgend wird das Körpergewicht, das Gesamtkörperwasser, und das Körpervolumen gemessen, um die Fettbeziehungsweise fettfreie Masse zu berechnen. Andere 3-K-Modelle verwenden die (DXA) Messmethode, um den Knochenmineralgehalt und daraus die Fett- und fettfreie Masse zu bestimmen. Hierbei zu erwähnen ist allerdings, dass die Dichte der fettfreien Masse als konstant angesehen wird (Ackland et al., 2012). Laut den Autoren Ackland et al. (2012), kann die Fettmasse durch 3-K-Modelle mit einem Standardmessfehler von nur 2,0 - 2,5% berechnet werden. Ein weiteres Multi-Kompartiment-Modell bedient sich drei unterschiedlicher Messmethoden und wird Vier-Kompartiment-Modell genannt. Zusätzlich

zu den bereits bestehenden Untersuchungen wird eine weitere angefügt, um die Körpermasse in vier Kompartimente zu unterteilen. Diese ergänzende Messung fügt sogenannte Mineralien als Komponente hinzu. (Ackland et al., 2012). Das 4-K-Modell wird in den meisten klinischen Studien als Referenzmethode herangezogen (Fuller et al., 1992; Read & Grundy, 2012). Dabei werden häufig Dilutionsmethoden zur Ermittlung des Körperwassers, Densitometrien zur Bestimmung der Körperdichte, duale Röntgenstrahlung, um den Knochenmineralgehalt möglichst genau herauszufinden, und die Körperwaage zur Gewichtsbestimmung verwendet (Ackland et al., 2012).

2.7.Überblick Messmethoden

Die Bestimmung der genauen Körperzusammensetzung ist eine vielfach erforschte Wissenschaft. Unterschiedliche Methoden zur Messung wurden bereits durchgeführt und erprobt (Ackland et al., 2012; Norgan, 2005). Durch die unterschiedlichen Voraussetzungen und Zielsetzungen bei Untersuchungen soll es bislang keinen offiziellen „Gold-Standard“ zur Bestimmung der Körperzusammensetzung geben (Ackland et al., 2012; Norgan, 2005). Ebenso zu erwähnen ist die Tatsache, dass keine der Methoden per se falsch ist. Jede der in der folgenden Tabelle aufgelisteten Messmethoden hat ihre Vor- beziehungsweise Nachteile. Lohman und Milliken (2020) weisen zusätzlich auf die jeweiligen Messfehler (%) der unterschiedlichen Messmethoden hin.

Tabelle 1: Messmethoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung

Level 1 Referenzmethoden (1-2%)	Level 2 Labormethoden (2-3%)	Level 3 Feldmethoden (3-4%)	Level 4 Feldmethoden (5-6%)
Mehrkomponenten-Modelle	Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA)	Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)	Body mass index (BMI)
Magnetresonanztomographie (MRT)	Densitometrie (ADP)	Hautfalten	andere Indizes
Computertomographie (CT)	Hydrometrie	Umfänge	
Kadaverstudien			

Quelle: Übersetzt und angepasst nach Lohman & Milliken, (2020), ACSM's Body Composition Assessment, s. 1-16.

Referenzmethoden werden vor allem in klinischen Studien verwendet. Sie werden manchmal als „Gold-Standard“ unter den Messmethoden bezeichnet und weisen einen sehr geringen Messfehler auf (Ceniccola et al., 2019). Eingesetzt werden sie, wenn es darum geht, unterschiedliche Körper-Kompartimente so genau wie möglich zu messen (Barbieri et al., 2017). Ein weiteres Einsatzgebiet der Referenzmethoden sind Vergleichsstudien, bei denen Ergebnisse neuer Methoden mit etablierten Referenzmethoden verglichen werden (Read & Grundy, 2012). Sehr valide Messmethoden wären unter anderem die Leichendissektion, bildgebende Verfahren wie zum Beispiel die Magnetresonanztomographie oder die Computertomographie sowie das bereits beschriebene 4-K-Modell (Ackland et al., 2012).

Die Leichendissektion ist eine direkte, aber sehr aufwendig und nicht immer ethisch vertretbare Messmethode zur Bestimmung der Körperkomposition. Der Kadaver wird dabei in Haut, Fettgewebe, Muskel und Knochen geordnet (Clarys et al., 1999). Die Überblicksarbeit von Clarys et al. (1999) stellt alle 51 bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten Dissektionen zur Bestimmung der Körperkompartimente unterschiedlicher Studien dar. Nicht zuletzt aufgrund der kleinen Stichprobe scheint es schwierig, die ausgewerteten Daten mit lebenden Personen zu vergleichen (Ackland et al., 2012). Zusätzlich ist weder der Ernährungs- noch der Trainingszustand der untersuchten Personen

bekannt (Norgan, 2005). Grundsätzlich ist die Kadavermethode die direkteste Methode, den menschlichen Organismus zu unterteilen. Sie wird allerdings aufgrund der bereits genannten Problemstellung nicht oft durchgeführt.

Bildgebende Verfahren werden im Zuge der Körperkompositionsmessungen immer häufiger eingesetzt. Die Magnetresonanztomographie ist eine sehr valide bildgebende Messmethode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung (Ackland et al., 2012), die auf der Positionierung des Körpers in einem starken Magnetfeld und der Stimulation des untersuchten Gewebes durch die Einstrahlung hochfrequenter Radioimpulse basiert. Vor allem für die Unterscheidung zwischen subkutanem und viszeralem Fettgewebe scheint die Messmethode sehr genaue Ergebnisse zu liefern (Borga et al., 2020). Meist wird die Magnetresonanztomographie jedoch zur Untersuchung einzelner Körperteile verwendet - Ganzkörperscans können in der Regel nicht genügend hoch aufgelöst werden. Beim CT wiederum wird nicht mit Hilfe eines Magnetfeldes, sondern mit Röntgenstrahlung gearbeitet. Aufgrund dieses Umstandes sind Ganzkörpermessungen wegen der hohen Strahlenbelastung ethisch nicht vertretbar, auch wenn die CT eine ausgezeichnete Differenzierung des Gewebes gestatten würde (Ackland et al., 2012).

Als Multi-Kompartiment-Modelle werden Messverfahren mit mindestens zwei unterschiedlichen Messmethoden zur Bestimmung einzelner Körperkompartimente bezeichnet (Ackland et al., 2012; Silva & Ludwig, 2015). Diese werden dann zusammengeführt, um noch verbleibende Anteile des Körpers zu berechnen (Müller et al., 2016). Auch sie gelten als Referenzmethoden. Wissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass ein 4-K-Modell sehr valide und reliable Ergebnisse zur Schätzung der Körperzusammensetzung liefert (Ackland et al., 2012; Müller et al., 2016; Norgan, 2005; Schubert et al., 2019). Trotz der weitverbreiteten Übereinstimmung werden die besagten Untersuchungen in der Praxis selten durchgeführt. Der Aufwand und die hohen Kosten dieser Verfahren sind im Vergleich zum Nutzen für die breite Masse der Bevölkerung zu hoch (Ackland et al., 2012). Wesentlich günstiger, aber trotzdem reliabel und durch vertretbare Messfehler gekennzeichnet, sind sogenannte Feldmethoden. Unter dem Begriff „Feldmethoden“ werden alle Vermessungen zusammengefasst, die in der Praxis am häufigsten durchgeführt werden (Norgan, 2005). Dazu zählt vor allem die Hautfaltenmessung und die BIA (Ackland et al., 2012; Dörhöfer & Pirlich, 2007). Diese können überall durchgeführt werden und sind weniger kosten- sowie zeitintensiv als Labormethoden (Müller et al., 2016). Tatsächlich bedienen sich die meisten Feldmethoden

des 2K-Modells und sind aus diesem Grund kritisch zu betrachten. Trotzdem liefern sie weitgehend akkurate Ergebnisse und eignen sich auch für den Einsatz im Breitensport (Ackland et al., 2012).

Eine weitverbreitete Feldmethode ist die Hautfaltenmessung. Bei dieser Vermessungsmethode wird mit Hilfe eines Kalipers das subkutane Fettgewebe einer Person in Millimeter Hautfalten gemessen. Anschließend soll die Dichte und der Fettanteil einer Person ermittelt werden (Ackland et al., 2012; Müller et al., 2016). Laut Literaturquellen findet sich 50-70% des menschlichen Fettdepots subkutan wieder (Ackland et al., 2012). Um die Komponenten der Fett- und fettfreien Masse zu ermitteln, finden sich in der Literatur ungefähr 100 Formeln, welche alle zu unterschiedlichen Ergebnissen führen (Norgan, 2005). Nicht nur die verschiedenen Rechenwege können das Ergebnis beeinflussen, auch die genaue Lokalisation und Technik der Entnahme scheinen wichtige Faktoren der Prozedur zu sein (Ackland et al., 2012; Hume & Marfell-Jones, 2008). Um diese zu standardisieren wurde in den 80er Jahren die erste Empfehlung zur Durchführung von Hautfaltenmessungen publiziert (Ackland et al., 2012). Ebenfalls wurde eine internationale Organisation namens „international society advancement kinanthropometry“ (ISAK) gegründet. Diese Gesellschaft rief eine Ausbildung zum Anthropometristen ins Leben. Studien belegen, dass bereits kleine Unterschiede der Entnahmestelle große Ergebnisdifferenzen zur Folge haben können (Hume & Marfell-Jones, 2008). Das kurzbindige „Isak-Protokoll“ besteht aus zwei Basis-Messungen (Größe, Gewicht), acht Stellen zur Entnahme der Hautfalten, fünf Umfängen, und zwei Knochenbreiten (Hume et al., 2017). Dank dieser Ausbildung soll die Intra- und Interreliabilität der Untersuchung gewährleistet werden (Ackland et al., 2012; Hume et al., 2017). Wie beschrieben, findet man in der Literatur einige Formeln zur Berechnung des Körperfettanteils. Aufgrund dessen prüften Sinning & Wilson (1984) verschiedene Gleichungen auf deren Validität. Es zeigte sich, dass lediglich eine geringe Anzahl an Berechnungen keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zu einer Verdrängungsmethode zur Bestimmung des Körperfettanteils aufwiesen. In anderen Textquellen ist beschrieben, dass trotz Standardisierung der Technik jede Haut eine andere Komprimierbarkeit aufweist und deswegen die Hautfaltenmessung mit Bedacht zu verwenden ist. Auch auf sportliche Aktivität, Bäder und Saunagänge sollte vor einer Messung verzichtet werden, da diese die Hautbedingungen verändern (Ackland et al., 2012; Norgan, 2005).

Auch die BIA zählt laut Literatur zu den populärsten, und am häufigsten durchgeführten Messmethoden (Norgan, 2005). Um das Prinzip der Messmethode besser zu verstehen, werden zunächst physikalische Hintergründe dazu erläutert. Grundannahme für die Berechnung gemessener Variablen ist die Tatsache, dass der Körper geometrisch aus fünf Zylindern besteht. Der elektrische Widerstand Z eines Zylinders lässt sich durch die Formel $Z=L/A$ berechnen, wobei L die Länge und A die Fläche des geometrischen Körpers definiert. Das Volumen kann wiederum mit den Variablen $V=A \times L$, wobei A erneut für die Fläche und L für die Länge des Zylinders steht, berechnet werden. Wenn man nun die obige Gleichung nach A umformt und in die Berechnung für das Volumen einfügt, wird klar, dass das Volumen des Körpers von der Größe und dem elektrischen Widerstand abhängig ist (Ackland et al., 2012; Dörhöfer & Pirlich, 2007; Hume et al., 2017). Laut den Autoren ist somit die gemessene Resistenz des Körpers, gleichzusetzen mit dem Gesamtkörperwasser. Die Körperzellmasse kann aufgrund der Reaktanz evaluiert werden (Dörhöfer & Pirlich, 2007). Die Untersuchung ist nach wissenschaftlichen Erkenntnissen eine doppelt indirekte, kostengünstige und schnelle Methode, um den aktuellen Wassergehalt einer Person zu evaluieren (Ackland et al., 2012; Hume et al., 2017; Kerr et al., 2015). Jedoch ist die Annahme, der menschliche Körper sei mit 5 Zylindern gleichzusetzen, bereits von Experten widerlegt worden (Norgan, 2005). Nicht nur dieser Umstand lässt Zweifel in Bezug auf die Genauigkeit der Ergebnisse aufkommen. Heiss et al. (2009) berichten von signifikant unterschiedlichen Ergebnissen der Körperkomposition, gemessen mittels BIA, aufgrund zuvor zugeführter Flüssigkeit. Ebenfalls scheint ein Flüssigkeitsverlust durch sportliche Betätigung den prozentuellen Fettgehalt einer Person höher aussehen zu lassen (Rodriguez-Sanchez & Galloway, 2015). Interessanterweise soll die BIA im Vergleich zu 4K-Modellen bei übergewichtigen Personen einen zu hohen Fettanteil und bei untergewichtigen Personen einen zu niedrigen Wert anzeigen (Ackland et al., 2012). Hinzukommend bevorzugen Personen häufig die BIA gegenüber einer Messung der Hautfaltendicke, aufgrund des geringeren persönlichen Hautkontaktes (Hume et al., 2017). Zusammenfassend scheint die Untersuchung bei normalgewichtigen, gesunden Personen am akkuratesten zu sein (Ackland et al., 2012; Borga et al., 2018). Bei übergewichtigen Person sollte die BIA allerdings nur im Vergleich zu vorherigen Messungen praktiziert werden und nicht um Einzelmessungen einen zu hohen Stellenwert zuzuschreiben (Buchholz et al., 2004). Eine weitere Überkategorie der verschiedenen Messmethoden bilden Laboruntersuchungen. Sie sind, wenn man sie einzeln betrachtet, nicht unbedingt genauer als die zuvor beschriebenen Feldmethoden. Ausgenommen davon

sind bildgebende Verfahren wie MRT, CT und DXA (Borga et al., 2018; Norgan, 2005). Diese finden Hauptanwendung bei Multi-Kompartiment-Modellen, um individuelle Komponenten zu messen (Gallagher et al., 2000). Sie sind jedenfalls kosten- und zeitintensiver als die zuvor vorgestellten Feldmethoden, jedoch bieten sie ein etwas genaueres Ergebnis (Norgan, 2005). Die DXA bedient sich zweier Röntgenstrahlen, um Knochen von Weichteilgewebe zu unterscheiden. Aufgrund der unterschiedlichen Dämpfungen des Gewebes kann somit zwischen Weichteilgewebe und Knochenmasse differenziert werden (Ackland et al., 2012; Slater et al., 2017). Sie liefert sehr genau Ergebnisse im Bereich der Knochendichtemessungen und wird hauptsächlich für Osteoporose Untersuchungen verwendet. Ebenso kann laut wissenschaftlichen Erkenntnissen, auf Fett- und Muskelmasse geschlossen werden (Shih et al., 2000). Vor allem die Differenzierung zwischen subkutanem und viszeralem Fettgewebe ist erwähnenswert (Shepherd et al., 2018; Slater et al., 2017). Ackland et al. (2012) empfehlen die Durchführung maximal vier mal pro Jahr, um einerseits die Strahlenbelastung gering zu halten und andererseits den Messfehler bei zu geringen Veränderungen auf ein Minimum zu reduzieren. Verglichen mit einem Vier-Kompartiment-Modell wird der Körperfettgehalt von Athleten meist unterschätzt (Deurenberg-Yap et al., 2001). Andere Studien zeigten wiederum sehr akzeptable Ergebnisse verglichen mit Multi-Kompartiment-Modellen (Prior et al., 2001).

Zu den am längsten bestehenden Laboruntersuchungen im Rahmen der Messungen zur Körperzusammensetzung zählt die „Densitometrie“ oder auch Verdrängungsmethode (Ackland et al., 2012). Klassische Untersuchungen wären zum Beispiel das „Under water weighing“ (UWW) und die „Air displacement plethysmography“ (ADP). Beide Methoden zielen darauf ab, das Volumen des Körpers mittels Verdrängung zu berechnen. Anschließend wird mit Hilfe der Formel „Masse/Volumen“ die Dichte des gemessenen Objekts berechnet (Fields et al., 2002). Beide Methoden bedienen sich des Zwei-Kompartiment-Modells. Um das Modell anwenden zu können, bedarf es der Annahme einer konstanten Dichte der fettfreien- sowie der Fettmasse (Ackland et al., 2012). Interessanterweise besitzt Fett, als einzige Komponente des Körpers, eine geringere Dichte als Wasser (Ackland et al., 2012). Experten gehen heute davon aus, dass diese Annahme nicht haltbar ist und sich diese Methode daher nicht mehr als Referenzuntersuchung eignet. Der unterschiedliche Wasser und Knochengehalt einer Person beeinflusst die Dichte des Körpers zu sehr (Ackland et al., 2012; Fields et al., 2002).

Im Jahr 1995 wurde ein Gerät vorgestellt (Bod Pod, Life Measurement Inc., Concord, CA, USA), welches nach dem Prinzip der ADP funktioniert, sich jedoch davon unterscheidet, dass während der Messung nicht mehr auf isothermische Bedingungen geachtet werden muss (Ackland et al., 2012). Eine noch immer bestehende Problematik beider Verfahren scheint das Residualvolumen zu sein. Aus diesem Grund sollte vor jedem Messvorgang komplett ausgeatmet werden (Ackland et al., 2012). Auch die Kleidung während der Messung kann diese beeinflussen. Ein enger Schwimmanzug ist zu bevorzugen (Vescovi, Zimmerman, et al., 2002). Wenn Störfaktoren auf das Minimum reduziert werden, liefert der (Bod Pod) reliable Ergebnisse bei der Schätzung des Körperfettanteils von Personen unterschiedlichen Geschlechts und Alters sowie unterschiedlicher Ethnie (Collins et al., 2004; Noreen & Lemon, 2006). Eine andere Untersuchung fand heraus, dass die (ADP) den Körperfettanteil von athletischen Frauen, im Vergleich zu einem (Bod Pod), um ungefähr 8% unterschätzt (Vescovi, Hildebrandt, et al., 2002). Zusammenfassend sind beide Methoden, aufgrund der Annahme einer konstanten Dichte der fettfreien Masse, kritisch und mit Vorsicht zu betrachten (Störchle et al., 2018).

3. Methodisches Vorgehen

3.1. Studiendesign

Die durchgeführte systematische Übersichtsarbeit und Metaanalyse wurde sorgfältig auf Basis der PRISMA-Richtlinien verfasst (Moher et al., 2009). Anhand der Datenbanken PubMed, Web of Science, SportDiscus, CINAHL und Scopus wurde nach geeigneten Studien für die Arbeit recherchiert. Um präzise nach passenden Arbeiten zu suchen, wurden folgende Suchbegriffe mit dem Wort “Handball“ kombiniert: “body composition” OR “body fat*” OR “fat mass” OR “lean body mass” OR “fat free mass” OR “muscle mass” OR skinfold* OR anthropometr* OR “multi-component model” OR “bioelectrical impedance” OR bioimpedance OR “magnetic resonance imaging” OR “computed tomography” OR “dual-energy X-ray absorptiometry” OR “dual x- ray absorptiometry” OR densitometry OR “underwater weighing” OR “air displacement plethysmography” OR hydrometry OR ultrasound OR “3D photonic scanning” (Sansone et al., 2022, S. 2). Um die Suche nach passenden Artikeln von Anfang an zu spezifizieren, wurden “Medline records” der Datenbank CINAHL ausgeschlossen. Zusätzlich wurde die Recherche auf Humanstudien eingegrenzt. Die Literaturrecherche wurde von zwei (CL,PB), und die

Studienselektion von vier Personen (CL, PB, BM, PS) unabhängig durchgeführt; etwaige Unstimmigkeiten wurden durch Absprache geklärt. Die Suche nach Artikeln galt am 06.01.2022 als beendet.

3.2. Ein- und Ausschlusskriterien

Die daraus ermittelten 1102 Datensätze wurden anschließend geordnet und auf Duplikate überprüft. Mit Hilfe des Computerprogramms „Zotero“ und individueller Begutachtung anhand einer Excel-Liste, konnten bereits 571 Abschriften ausgeschlossen werden. Die Titel und Zusammenfassungen der noch vorhandenen Daten wurden sorgfältig auf folgende Kriterien analysiert. (1) Die untersuchten Personen waren volljährige, gesunde Handballspieler*innen; (2) Spieler*innen waren in der regionalen, nationalen, oder internationalen Leistungsklasse aktiv; (3) Die Volltextversion wurde in einem Journal mit Peer-Review Prozess publiziert und auf Englisch, Spanisch, Portugiesisch, oder Deutsch verfasst; (4) Ergebnisse wurden zumindest anhand einer Messung zur Bestimmung des relativen Körperfettanteils erhoben; (5) Die Studien wurden zwischen Jänner 2010 und Jänner 2022 publiziert (Sansone et al., 2022).

Artikel wurden von der Übersichtsarbeit ausgeschlossen, wenn (1) die Teilnehmer*innen im Mittel unter 18 Jahren waren (2) einige oder alle Spieler*innen verletzt waren (3) der Volltext nicht in einer der vorhin deklarierten Sprache zur Verfügung stand; (4) es sich um Freizeitsportler*innen handelte, die nicht an Wettkämpfen teilnehmen, seltener als zweimal pro Woche trainierten und/oder weniger als ein Jahr Erfahrung im Handballsport besaßen; (5) es sich nicht um europäisches Teamhandball, sondern American- oder Beachhandball handelte; (6) der relative Körperfettanteil nicht oder nur unabhängig vom Geschlecht oder der Messmethode angegeben wurde oder die evaluierten Werte bereits in einer anderen publizierten Abhandlung verwendet wurden (Sansone et al., 2022).

Fallstudien, Übersichtsarbeiten, Konferenz- und Meinungsartikel, Präsentationen, Thesen, Buchkapitel oder Poster, wurden ebenfalls ausgeschlossen. Der Prozess der Literaturrecherche ist grafisch in einem Prisma Flussdiagramm zusammengefasst (Abb. 1).

3.3. Datenextraktion

Die noch vorhandenen 531 Studien konnten nach Durchsicht der Abstracts und Titel auf 195 Volltexte reduziert werden. Trotz versuchter Kontaktaufnahme mit den Autor*innen

konnten fünf Volltexte nicht eingeholt werden, weshalb die entsprechenden Arbeiten ausgeschlossen wurden. Die anderen 190 zu Verfügung stehenden Studien wurden von vier unterschiedlichen Untersuchern (CL, PB, BM, PS) nach den bereits genannten Ein- und Ausschlusskriterien sorgfältig analysiert. Aufgabe war es zunächst, die folgenden deskriptiven Informationen zu extrahieren: Autor*innen, Jahr der Publikation und Studiendesign. Anschließend wurden Stichprobencharakteristika extrahiert. Diese umfassten die Stichprobengröße, das Geschlecht und Alter, die Körpergröße, das Körpergewicht und eine nähere Stichprobenbeschreibung. Proband*innen wurden in drei unterschiedliche Kategorien eingeteilt. Teams der dritten nationalen Liga oder darunter wurden als „regional-level“ deklariert. Auch Universitätsmannschaften wurden dieser Kategorie zugeordnet. Spieler*innen, die in der zweiten oder höchsten nationalen Liga des Landes spielten, wurden als „national-level“ gekennzeichnet. Spieler*innen, die sich in internationalen Meisterschaften messen oder ihre Heimatländer in der Nationalmannschaft vertreten, wurden in die Kategorie „international-level“ eingeteilt. Untersuchte Probandinnen der dritten deutschen Liga, wurden gemeinsam mit denen der ersten und zweiten Liga, im Rahmen der Studie von Weber & Wegner (2016), als „national“ kodiert. Hierbei wurde der gewichtete Mittelwert berechnet. Ebenso muss erwähnt werden, dass die Teilnehmer der Studie von Dello Iacono et al. (2015) als „international“ klassifiziert wurden, obwohl im Artikel erwähnt wurde, dass die Teilnehmer mindestens fünf Jahre nationale oder internationale Wettkampferfahrung besaßen. Da von den 18 Probanden sieben im israelischen Nationalteam vertreten waren, entschieden wir uns nach Absprache, die Stichprobe als „international“ zu betrachten. Im Gegensatz dazu wurden alle Proband*innen der Untersuchung von Piscitelli et al. (2015) als „national“ klassifiziert, auch wenn sie möglicherweise in der dritten italienischen nationalen Liga agierten. Aufgrund der Tatsache, dass 66% der Probanden in der ersten oder zweiten italienischen Liga aktiv waren, wurde die Stichprobe nach Absprache als „national“ miteinbezogen. Im Falle der Studie von Granados et al. (2013), wurde nur die Mannschaft aus dem Jahr 2009 eingeschlossen. Aus der Arbeit von Bøgild et al. (2020) wurden nur jene Werte extrahiert, die nach dem Jahr 2000 erhoben wurden, um eine möglichst aktuelle Datenlage widerzuspiegeln. Falls Studien mehrere Körperfettwerte beinhalteten, zum Beispiel bei „Post-Intervention-“ oder „Follow up-“ Studien, wurde immer nur der erste Basiswert berücksichtigt.

Neben Informationen zur untersuchten Stichprobe wurden alle Aspekte, die in Zusammenhang mit der durchgeführten Messmethode standen, dokumentiert. Es wurde die durchgeführte Messmethode angegeben, das verwendete Equipment inklusive der Herangehensweise zur Bestimmung des relativen Körperfettanteils, der ermittelte relative Körperfettanteil als Hauptvariable in (%) sowie als Nebenvariablen die ermittelten fettfreien Werte („muscle mass“; „fat free mass“; oder „lean body mass“) in (%) oder (kg).

Wie bereits angemerkt konnten fünf Studien nicht analysiert werden, da die Volltexte nicht zur Verfügung standen. Insgesamt 23 Artikel wurden nicht berücksichtigt, da die Proband*innen im Mittel unter 18 Jahre alt waren. Neun Arbeiten wurden in keiner der oben angeführten Sprache publiziert. Weitere drei Artikel konnten nicht mit Sicherheit dem Handballsport zugeschrieben werden und wurden deswegen ausgeschlossen. Falls keine klare Differenzierung zwischen Geschlecht, Leistungsklasse oder Messmethode zu erkennen war und die entsprechenden Fragen durch Kontaktaufnahme mit den Autor*innen nicht geklärt werden konnten, wurden die Studien als „No data“ gekennzeichnet und nicht in die Arbeit eingeschlossen. Auch Texte, die keinen relativen Körperfettanteil beinhalteten, oder diesen nur in Kilogramm angaben, wurden mit „No data“ gekennzeichnet und ausgeschlossen. Zudem wurden Studien als „No data“ bezeichnet, wenn Daten derselben Stichprobe in mehreren Artikeln veröffentlicht wurden. Auf Basis dieser Ausschlusskriterien wurden insgesamt 99 Studien nicht in die Untersuchung mitaufgenommen.

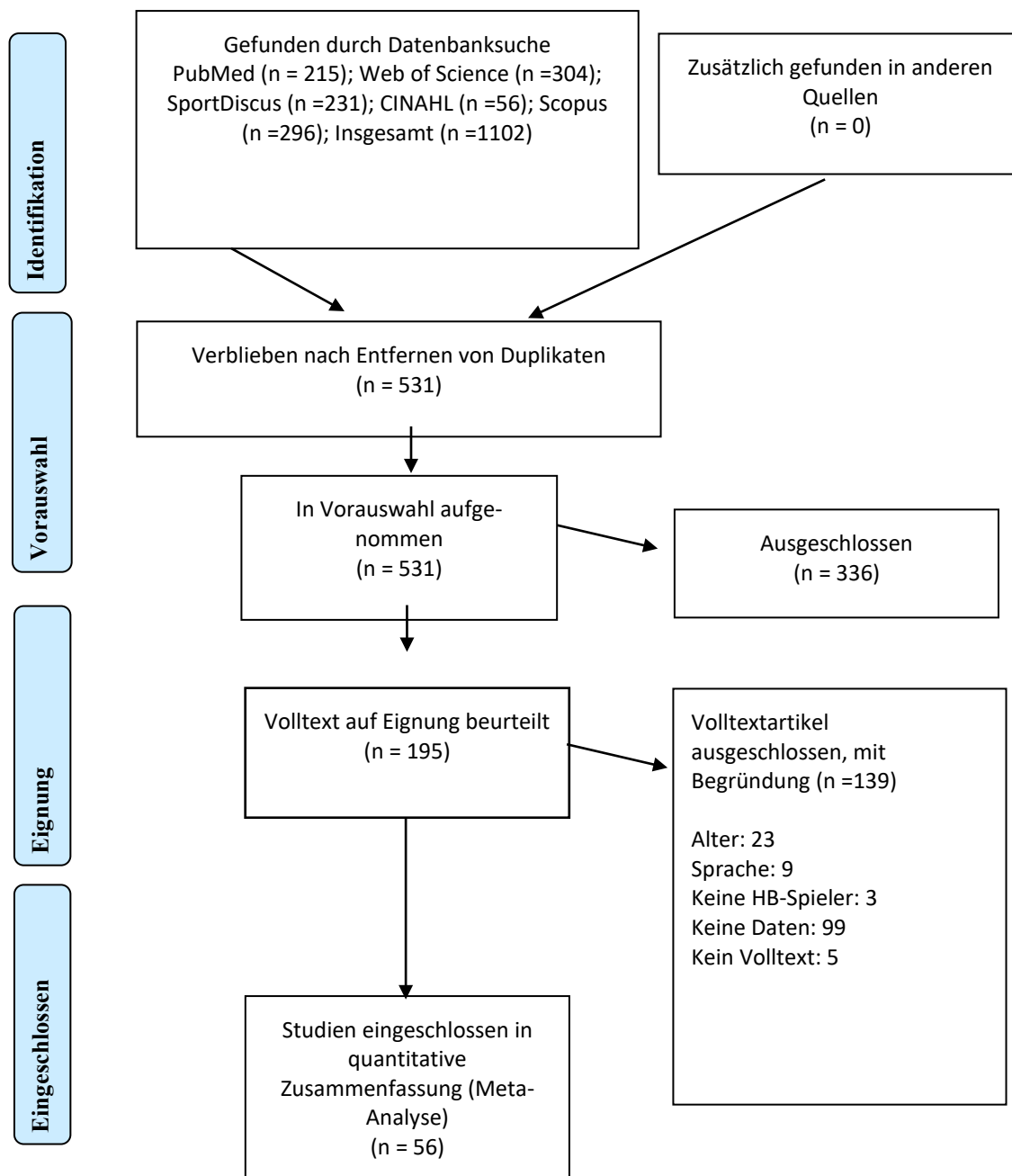


Abbildung 1: Prisma Flussdiagramm (mod. n. Moher et al., 2009).

4. Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm „R“ und wurde wie auch bei Sansone et al. (2022) durch einen externen Experten durchgeführt. Mit Hilfe eines Paneldatenmodells mit zufälligen Effekten wurde der Einfluss der interessierenden Variable (relativer Körperfettanteil) anhand der erklärenden Variablen Geschlecht (männlich, weiblich), Methode zur Körperfettanteil-Bestimmung (ADP, BIA, DXA, und Hautfalten), und Leistungsniveau (international, national, regional) geschätzt. Aufgrund der gewählten Auswertungsmethode wurde die unbeobachtete Heterogenität der Variablen als zufälliger Faktor miteinbezogen. Dadurch konnten zufällige Einflüsse auf die gemessenen Werte in die Analyse miteinbezogen werden. Es wurden somit Unterschiede zwischen den Studien und innerhalb der Stichproben analysiert. Die gewichteten Mittelwerte und deren zugehörige 95% Konfidenzintervalle wurden für jedes einzelne Modell angegeben. Die Varianz der gewichteten Körperfettwerte wurde anhand der Gleichung ($SD^2/\text{Stichprobengröße}$) berechnet, um die Anzahl der Proband*innen ebenfalls in die Auswertung miteinzubeziehen. Durch den Test von Cochran ($QE= 2247, p<0,0001$) und der I^2 Statistik (93 %) konnte die Heterogenität der jeweiligen Stichproben überprüft werden. Hierbei wurden Werte über 75% als Zeichen hoher statistischer Heterogenität interpretiert. Zusätzlich zum gemischten Modell mit zufälligen Effekten wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dabei wurde jede einzelne Studie aus der Analyse entfernt, um zu beobachten, ob sich dadurch der Signifikanzwert p verändert. Zusätzlich konnte mittels Trichtergrafik (siehe Abbildung 3) ein Publikationsbias ausgeschlossen werden. Im Zuge des Modells wurde zu Beginn jede erklärende Variable unabhängig von den anderen auf einen Unterschied bezüglich der relativen Körperfettwerte untersucht. Anschließend wurde jeweils eine weitere erklärende Variable hinzugefügt, sodass das finale Modell den relativen Körperfettwert in Abhängigkeit zu Geschlecht, Messmethode, und Level untersuchte. Die Gleichung des finalen Modells lautete:

$$\theta_k = \beta_0 + female_k * \beta_1 + BIA_k * \beta_2 + Skinfold_k * \beta_3 + national * \beta_4 + regional_k * \beta_5 + \zeta_k + \varepsilon_k$$

, wobei θ_k den gewichteten Mittelwert von Studie k und β_0 den gewichteten Mittelwert der willkürlich gewählten Referenzgruppe widerspiegelt (Sansone et al., 2022). Weiters repräsentieren die Koeffizienten β_1 bis β_5 die Veränderung der erhobenen relativen Körperfettwerte hinsichtlich dem Geschlecht, der Leistungsklasse und Messmethode. ε_k

entspricht einem Restwert mit Mittelwert 0 und zugehöriger Varianz der Stichprobe k . Durch den Koeffizienten ζ wird der Gleichung ein zufälliger Effekt hinzugefügt, ebenfalls mit Mittelwert 0 und zugehöriger Varianz der entsprechenden Heterogenität zwischen den Studien.

Aufgrund der Mehrfachvergleiche wurde der Post-hoc Bonferroni-Test verwendet, um den p-Wert ohne des ansonsten kumulierten Alphafehlers zu erhalten. Das angefügte Baumdiagramm zeigt alle Studien inklusive deren gewichteten Mittelwerte [95% CI].

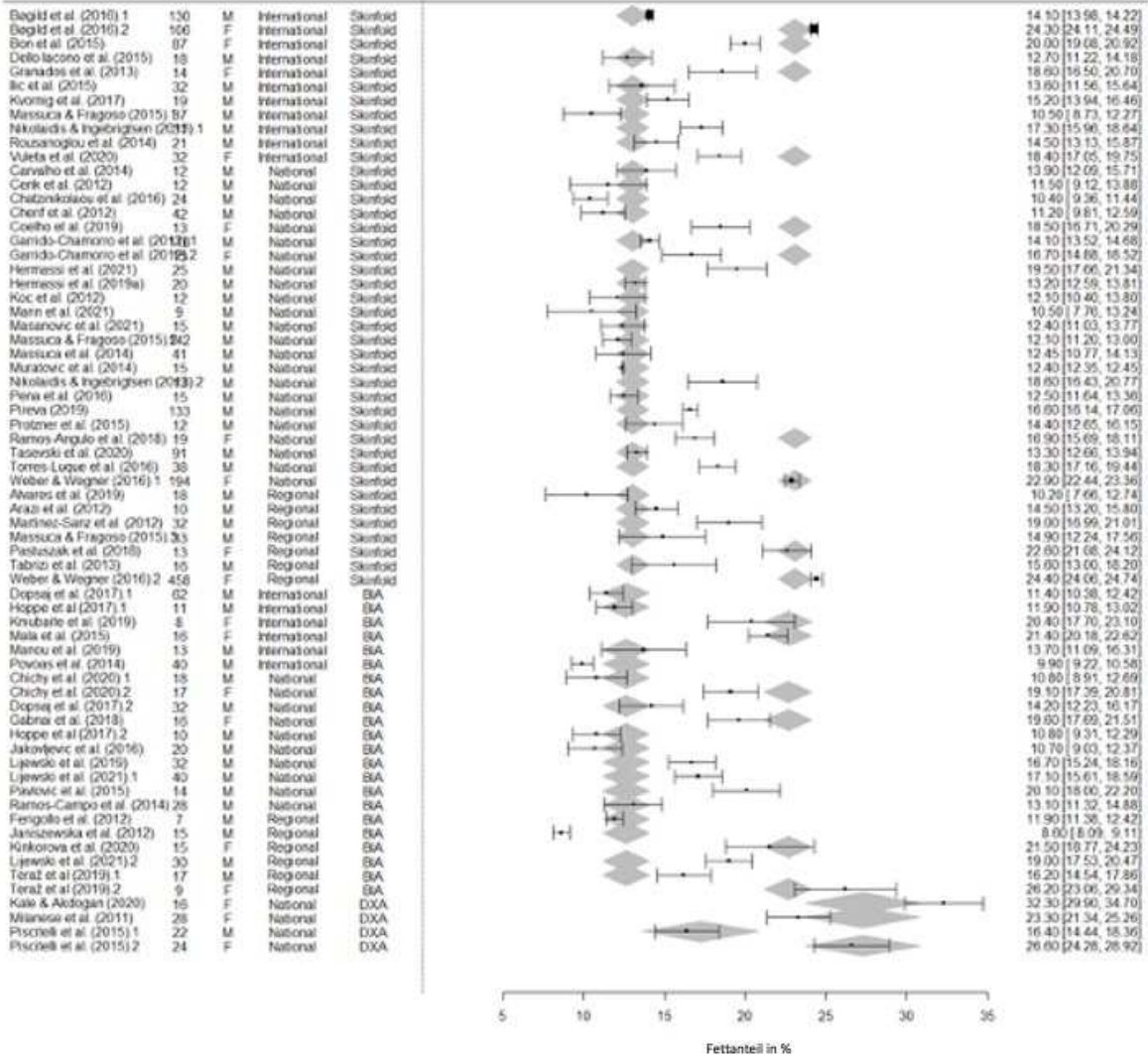


Abbildung 2: Baumdiagramm zur Darstellung des relativen Körperfettanteils (%) aller eingeschlossenen Studien [95% CI]

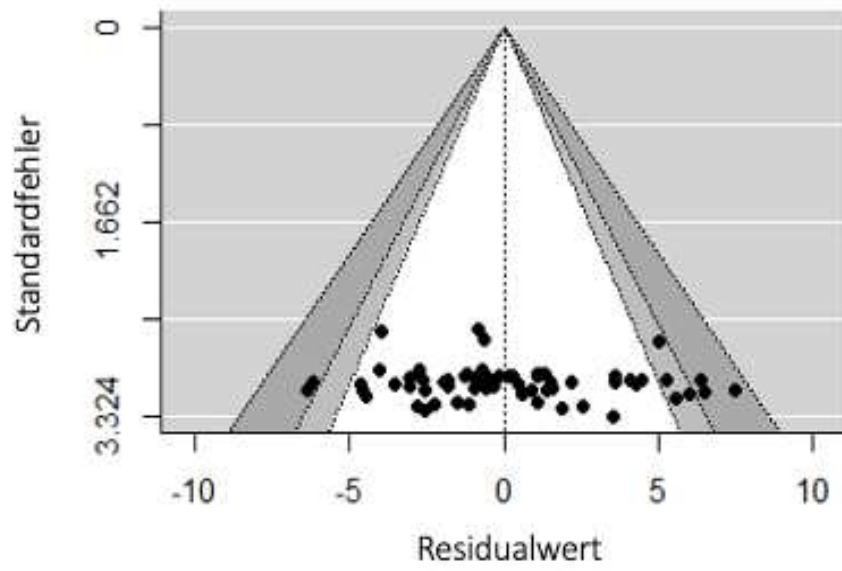


Abbildung 3: Trichtergraphik aller Studien inklusive Moderatorvariablen

5. Resultate

5.1. Studienauswahl

Die Literatursuche ergab 1102 Datensätze. Nach Ausschluss der Duplikate konnten die relevanten Studien bereits auf 531 reduziert werden. Nach Durchsicht der Titel und Kurzfassungen wurden weitere 337 Studien ausgeschlossen. Anschließend wurden 194 Volltexte überprüft, wobei am Ende 56 Studien tatsächlich in die Metaanalyse aufgenommen wurden. Die herangezogenen Studien sind in den Tabellen 2-4 zusammengefasst. In Tabelle 2 wurden alle mittels Hautfaltenmethode, in Tabelle 3 mit Hilfe der BIA und in Tabelle 4 anhand des DXA-Scans untersuchten Studien und deren zugehörigen Werte dargestellt. Ebenfalls wurden Stichprobencharakteristika (siehe Kapitel 3.3) in den Tabellen veranschaulicht.

Tabelle 2: Anhand Hautfaltenmethode gemessenen Werte der Körperzusammensetzung

Autoren und Jahr	Stichprobe						Methode		Ergebnisse	
	Stichprobenanzahl (n) und Geschlecht	Alter (Jahre) [Mittelwert ± SD oder Bereich]	Körpergewicht (kg) [Mittelwert ± SD]	Körpergröße (cm) [Mittelwert ± SD]	Leistungsklasse	Stichprobenbeschreibung	Equipment	Gleichung	Körperfett % [Mittelwert ± SD]	Fettfreie Kompartimente (% oder kg) [Mittelwert ± SD]
Bøgild et al. (2016) ^{b, d}	130, M	21,3 ± 1,3 ^a	90,5 ± 1,9 ^a	190,1 ± 1,7 ^a	International	A und U-21 Nationalteam Dänemark	Harpenden	Durnin & Womersley (1974)	14,1 ± 0,7 ^a	77,6 ± 1,6 kg [FFM] ^a
	106, W	21,7 ± 2,0 ^a	69,3 ± 2,0 ^a	175,2 ± 1,9 ^a	International	A und U-21 Nationalteam Dänemark	Harpenden	Durnin & Womersley (1974)	24,3 ± 1,0 ^a	52,4 ± 1,3 kg [FFM] ^a
Bon et al. (2015)	87, W	22,5 ± 4,7	69,9 ± 8,8	175,4 ± 6,7	International	Junioren- und Männer-Nationalteam Slowenien	n.a.	Jackson & Pollock (1978)	20,0 ± 4,4	33,8 ± 4,2 kg [MM] 45,4 ± 3,4 % [MM]
Dello Iacono et al. (2015) ^b	18, M	25,6 ± 6,5	90,5 ± 9,1	187,3 ± 5,4	International	Israelische Spieler auf Eliteniveau	n.a.	n.a.	12,7 ± 3,2	n.a.
Granados et al. (2013) ^{b, c}	14, W	27,0 ± 3,0	70,3 ± 8,0	175,7 ± 6,0	International	Spanische erste nationale Liga und EHF Championsleague	n.a.	Jackson & Pollock (1978)	18,6 ± 4,0	57,0 ± 6,0 kg [FFM]
Ilic et al. (2015)	32, M	20,4 ± 1,2	88,4 ± 9,0	190,7 ± 5,2	International	U-20 Nationalteam Serbien	n.a.	Mateigka (1921)	13,6 ± 5,9	50,4 ± 2,6 % [MM]
Kvornig et al. (2017)	19, M	29,5 ± 4,0	94,0 ± 6,6	189,0 ± 5,0	International	Nationalteam Dänemark	Harpenden	Durnin & Womersley (1974)	15,2 ± 2,8	79,5 ± 5,7 kg [FFM]

Massuca & Fragoso (2015)	37, M	25,9 ± 4,7	86,6 ± 10,5	187,2 ± 5,3	International	Portugiesische nationale Liga und Europacup	erste	Rosscraft	Jackson & Pollock (1978)	10,5 ± 5,5	n.a.
Nikolaidis & Ingebrigtsen (2013)	31, M	25,8 ± 6,4 ^a	87,6 ± 9,3 ^a	186,8 ± 6,4 ^a	International	Griechische nationale Liga und Europacup	erste	Harpenden	Parizkova (1961)	17,3 ± 3,8 ^a	72,2 ± 5,7 kg [FFM] ^a
Rousanoglou et al (2014)	21, M	19,3 ± 0,6	85,5 ± 7,7	184,7 ± 5,2	International	U-20 Nationalteam Griechenland		Harpenden	Durnin & Womersley (1974)	14,5 ± 3,2	n.a.
Vuleta et al. (2020)	32, W	18,4 ± 0,8	68,2 ± 8,4	172,0 ± 6,7	International	Junioren Nationalteam Kroatien		n.a.	Jackson & Pollock (1978)	18,4 ± 3,9	n.a.
Carvalho et al. (2014) ^b	12, M	21,6 ± 1,7	81,7 ± 8,3	183,9 ± 0,1	National	Portugiesische nationale Liga	erste	n.a.	Faulkner (1966)	13,9 ± 3,2	68,1 ± 6,1 kg [LBM]
Cenk et al. (2012)	12, M	29,3 ± 4,1	96,2 ± 13,3	189,0 ± 6,6	National	Türkische nationale Liga	erste	n.a.	Sloan and Weir (1970)	13,3 ± 3,1	n.a.
Chatzinikolaou et al. (2014) ^b	24, M	22,8 ± 1,4	82,8 ± 1,4	185,6 ± 4,2	National	Griechische nationale Liga	zweite	Harpenden	n.a.	10,4 ± 2,6	n.a.
Cherif et al. (2012)	42, M	22,0 ± 3,2	82,8 ± 13,3	181,8 ± 5,8	National	Tunesische nationale Liga	erste	n.a.	Brožek et al. (1963)	11,2 ± 4,6	72,2 ± 8,9 kg [FFM]
Coelho et al. (2015) ^b	13, W	22,0 ± 5,5	67,4 ± 1,8	n.a.	National	Brasilianische nationale Liga	erste	Cescorf	Jackson & Pollock (1978)	18,5 ± 3,3	54,9 ± 6,6 kg [MM]
Garrido-Chamorro et al. (2012)	110, M	n.a.	n.a.	n.a.	National	Spanische nationale Liga		Holtain	Faulkner (1966)	14,1 ± 3,1	n.a.
	15, W	n.a.	n.a.	n.a.	National	Spanische nationale Liga		Holtain	Faulkner (1966)	16,7 ± 3,6	n.a.

Hermassi et al. (2021)	25, M	25,5 ± 6,0	93,6 ± 6,0	187,0 ± 11,0	National	Erste nationale Liga Katars		Harpenden	Durnin & Womersley (1974)	19,5 ± 4,7	n.a.
Hermassi et al. (2019) ^b	20, M	21,2 ± 0,7	83,3 ± 7,5	183,0 ± 8,0	National	Tunesische nationale Liga	zweite	n.a.	Durnin & Womersley (1974)	13,2 ± 1,4	n.a.
Koc et al. (2012)	12, M	22,2 ± 1,9	81,6 ± 12,0	181,2 ± 5,2	National	Türkische erste nationale Liga		Harpenden	Green (1970)	12,1 ± 3,0	n.a.
Marin et al. (2021)	9, M	21,4 ± 2,1	90,3 ± 10,0	187,5 ± 5,0	National	Brasilianische Spieler auf Eliteniveau		n.a	n.a	10,5 ± 4,2	n.a.
Masanovic et al. (2021)	15, M	23,1 ± 2,2	86,6 ± 7,5	188,2 ± 6,1	National	Serbische erste nationale Liga		n.a	Mateigka (1921)	12,4 ± 2,7	52,9 ± 3,3 % [MM]
Massuca & Fragoso (2015)	142, M	22,8 ± 5,2 ^a	80,8 ± 11,6 ^a	180,6 ± 10,8 ^a	National	Portugiesische zweite und dritte nationale Liga und erste nationale Juniorenliga	erste,	Rosscraft	Jackson & Pollock (1978)	12,1 ± 5,5 ^a	n.a.
Massuca et al. (2014)	41, M	26,2 ± 4,9	87,5 ± 10,8	187,6 ± 5,6	National	Portugiesische nationale Liga	erste	Rosscraft	Durnin & Womersley (1974) Jackson & Pollock (1978)	14,4 ± 5,0 10,5 ± 5,5	40,3 ± 5,5 kg [MM] 46,9 ± 6,2 % [MM]
Muratovic et al. (2014)	15, M	23,1 ± 0,2	86,6 ± 0,9	188,2 ± 0,8	National	Serbische erste nationale Liga		n.a.	n.a.	12,4 ± 0,1	n.a.
Nikolaidis & Ingebrigtsen (2013)	13, M	25,0 ± 5,8	81,8 ± 8,7	179,0 ± 4,7	National	Griechische erste nationale Liga		Harpenden	Parizkova (1961)	18,6 ± 4,0	66,4 ± 5,5 kg [FFM]

Pena et al. (2016)	15, M	25,5 ± 4,1	94,0 ± 8,9	191,0 ± 5,7	National	Spanische erste nationale Liga	Holtain	Jackson & Pollock (1978)	12,5 ± 1,7	n.a.
Pireva (2019)	133, M	19 - 35	91,4 ± 10,3	188,2 ± 6,1	National	Erste nationale Liga Kosovos	Harpenden	Mateigka (1921)	16,6 ± 2,7	76,1 ± 7,4 kg [LBM]
Protzner et al. (2015)	12, M	26,3 ± 3,5	101,7 ± 9,5	192,2 ± 6,9	National	Ungarische erste nationale Liga	n.a.	Drinkwater and Ross (1980)	14,4 ± 3,1	44,2 ± 2,2 % [MM]
Ramos-Angulo et al. (2018)	19, W	22,8 ± 5,2	63,6 ± 6,8	168,3 ± 5,9	National	Spanische zweite nationale Liga	Harpenden	Yuhasz (1974)	16,9 ± 2,7	n.a.
Tasevski et al. (2020)	91, M	19-35	91,6 ± 10,6	186,9 ± 6,2	National	Mazedonische erste nationale Liga	Harpenden	Mateigka (1921)	13,3 ± 3,1	n.a.
Torres-Luque et al. (2016)	38, M	26,8 ± 5,6	87,5 ± 8,3	185,0 ± 7,0	National	Griechische erste nationale Liga	Harpenden	n.a.	18,3 ± 3,6	71,4 ± 5,6 kg [FFM]
Weber & Wegner (2016)	194, W	22,7 ± 4,8	69,5 ± 8,2	173,1 ± 6,4	National	Deutsche erste, zweite und dritte nationale Liga	n.a.	Whiters et al. (1987)	22,9 ± 3,3	n.a.
Alvares et al. (2019)	18, M	19,8 ± 1,0	72,9 ± 12,3	171,0 ± 2,0	Regional	Brasilianische Universitätsspieler	Sanny Classic AD 1007	Jackson & Pollock (1978)	10,2 ± 5,5	n.a.
Arazi et al. (2012)	10, M	22,4 ± 2,1	69,5 ± 3,5	177,0 ± 13,0	Regional	Iranische Universitätsspieler	Lange	Jackson & Pollock (1978)	14,5 ± 2,1	n.a.
Martinez-Sanz et al. (2012)	32, M	22,6 ± 10,9	86,0 ± 10,9	182,0 ± 6,0	Regional	Spanische Universitätsspieler	Holtain	Withers (1987)	19,0 ± 5,8	39,5 ± 2,5 % [MM]
Massuca & Fragoso (2015)	33, M	24,2 ± 5,0	78,2 ± 15,3	178,6 ± 6,5	Regional	Portugiesische regionale Liga	Rosscraft	Jackson & Pollock (1978)	14,9 ± 7,8	n.a.

Pastuszak et al. (2018)	13, W	21,2 ± 0,9	64,2 ± 6,1	168,4 ± 6,2	Regional	Polnische Universitäts-spieler	n.a.	Durnin & Womersley (1974)	22,6 ± 2,8	77,4 ± 2,8 % [LBM]
Tabrizi et al. (2013)	16, M	22,1 ± n.a.	80,8 ± 1,1	182,0 ± 5,0	Regional	Iranische Universitäts-spieler	Lafayette	Jackson & Pollock (1978)	15,6 ± 5,3	n.a.
Weber & Wegner (2016)	458, W	25,5 ± 7,4 ^a	68,2 ± 10,3 ^a	170,9 ± 6,0 ^a	Regional	Deutsche vierte bis elfte Liga	n.a.	Whiters et al. (1987)	24,4 ± 3,7 ^a	n.a.

Quelle: mod. n. Sansone et al., 2022, S. 7

FFM fettfreie Masse; *LBM* magere Körpermasse; *M* männlich; *MM* Muskelmasse; *n.a.* nicht angegeben; *SD* Standardabweichung; *W* weiblich

^a Der gewichtete Mittelwert zusammengeführter Stichproben und die zugehörige Standardabweichung wurden bei fehlender Angabe individuell berechnet. Notwendige Koeffizienten zur Berechnung der Gleichung waren die individuellen Stichprobengrößen (n_1 , n_2), deren Mittelwerte (m_1 , m_2) und die zugehörigen Standardabweichungen (sd_1 , sd_2). Die Gleichung zur Berechnung des gewichteten Mittelwerts lautete: „ $(m_1 * n_1 + m_2 * n_2) / (n_1 + n_2)$ “, die der Standardabweichung: $\sqrt{[(n_1 - 1) * sd_1^2 + (n_2 - 1) * sd_2^2 + n_1 * (m_1 - m)^2 + n_2 * (m_2 - m)^2] / (n_1 + n_2 - 1)}$ “ (Sansone et al., 2022, S. 7)

^b Basiswert der Interventions- oder Follow-up-Studie angegeben

^c Ausschließlich Team 2009 in die Analyse miteinbezogen

^d Nur gemessene Werte nach dem Jahr 2000 dargestellt

Tabelle 3: Anhand BIA gemessenen Werte der Körperzusammensetzung

Autoren und Jahr	Stichprobe					Methode			Ergebnisse	
	Stichprobengröße (n) und Geschlecht	Alter (Jahre) [Mittelwert ± SD]	Körpergewicht (kg) [Mittelwert ± SD]	Körpergröße (cm) [Mittelwert ± SD]	Leistungsklasse	Stichprobenbeschreibung	Equipment	Software	Körperfett (%) [Mittelwert ± SD]	Fettfreie Kompartimente (kg oder %) [Mittelwert ± SD]
Dopsaj et al. (2017)	62, M	23,9 ± 5,3 ^a	90,3 ± 10,4 ^a	189,6 ± 6,3 ^a	International	Nationalteam Serbien	BioSpace, InBody 720	n.a.	11,4 ± 4,1 ^a	78,0 ± 13,2 kg [FFM] ^a
Hoppe et al. (2017)	11, M	26,0 ± 1,0	92,0 ± 5,2	190,0 ± 4,5	International	Deutsche erste nationale Liga & EHF Europacup-Gewinner	Bodystat, QuadScan 4000	n.a.	11,9 ± 1,9	81,0 ± 4,2 kg [FFM]

Kniubaite et al. (2019)	8, W	23,0 ± 2,1	67,8 ± 6,8	173,5 ± 4,9	International	Erste nationale Liga Litauen & European Challenge Cup	Tanita, BC-418	n.a.	20,4 ± 3,9	n.a.
Mala et al. (2015)	16, W	24,0 ± 3,5	72,5 ± 8,3	176,0 ± 6,5	International	Nationalteam Tschchien	Data Input, BIA 2000 M	n.a.	21,4 ± 2,5	57,0 ± 5,3 kg [FFM] 30,6 ± 3,3 kg [BCM]
Manou et al. (2019) ^b	13, M	19,9 ± 0,7	90,0 ± 12,1	186,3 ± 6,3	International	Nationalteam Griechenland	Bodystat, 1500	n.a.	13,7 ± 4,8	n.a.
Povoas et al. (2014)	40, M	25,2 ± 3,7 ^a	89,1 ± 9,3 ^a	187,5 ± 7,2 ^a	International	Portugiesische erste nationale Liga	Tanita, BC 532	n.a.	9,9 ± 2,2 ^a	n.a.
Cichy et al. (2020) ^b	18, M	24,2 ± 3,3	92,0 ± 9,8	188,8 ± 4,9	National	Polnische erste nationale Liga	BioSpace, InBody 230	n.a.	10,8 ± 4,1	81,9 ± 7,4 kg [FFM] 47,2 ± 4,4 kg [MM]
	17, W	27,5 ± 4,5	70,6 ± 8,9	176,3 ± 7,0					19,1 ± 3,6	56,9 ± 5,4 kg [FFM] 31,9 ± 3,1 kg [MM]
Dopsaj et al. (2017)	32, M	23,4 ± 3,7	83,3 ± 9,2	183,1 ± 6,6	National	Serbische erste nationale Liga	BioSpace, InBody 720	n.a.	14,2 ± 5,7	69,8 ± 11,9 kg [FFM]
Gabnai et al. (2018) ^b	16, W	23,0 ± 1,7	70,9 ± 8,5	n.a.	National	Ungarische erste nationale Liga	BioSpace, InBody 720	n.a.	19,6 ± 3,9	45,2 ± 2,2 % [MM]
Hoppe et al (2017)	10, M	18,0 ± 1,0	81,8 ± 9,8	184,0 ± 4,2	National	Deutsche U-19 erste nationale Liga	Bodystat, QuadScan 4000	n.a.	10,8 ± 2,4	72,8 ± 5,7 kg [FFM]
Jakovljevic et al. (2016)	20, M	23,7 ± 3,7	91,6 ± 8,1	189,0 ± 4,2	National	Serbische erste nationale Liga	Tanita, TBF 310	n.a.	10,7 ± 3,8	n.a.

Lijewski et al. (2019)	32, M	28,3 ± 6,3	93,8 ± 11,5	187,3 ± 7,1	National	Polnische erste nationale Liga	Akern, BIA 101	Bodygram 1.31	16,7 ± 4,2 ^a	49,7 ± 3,6 % [BCM] ^a
Lijewski et al. (2021)	40, M	26,4 ± 6,4 ^a	91,6 ± 13,0 ^a	186,9 ± 7,0 ^a	National	Polnische erste nationale Liga	n.a.	n.a.	17,1 ± 4,8 ^a	n.a.
Pavlovic et al. (2015) ^b	14, M	19,8 ± 2,1	88,8 ± 10,4	188,7 ± 6,2	National	Serbische erste nationale Liga	Omron, BF511	n.a.	20,1 ± 4,0	n.a.
Ramos-Campo et al. (2014)	28, M	28,4 ± 0,9 ^a	97,1 ± 2,3 ^a	191,6 ± 1,4 ^a	National	Spanische nationale Liga	BioSpace, InBody 720	Lookin'Body 3.0	13,1 ± 4,8 ^a	47,9 ± 6,1 kg [MM] ^a
Ferigollo et al. (2012)	7, M	28,9 ± 9,2	91,0 ± 14,7	181,0 ± 8,5	Regional	Brasilianische regionale Liga	Maltron, BF 906	n.a.	11,9 ± 0,7	88,8 ± 0,7 kg [FFM]
Janiszewska et al. (2012)	15, M	23,0 ± 3,3	75,5 ± 4,8	183,3 ± 5,3	Regional	Polnische regionale Liga	Futrex	n.a.	8,6 ± 1,0	69,0 ± 4,1 kg [FFM]
Kinkorova et al. (2020)	15, W	21,5 ± 1,8	64,7 ± 10,2	170,5 ± 6,6	Regional	Tschechische Halbprofi-Liga	Tanita, MC-980	n.a.	21,5 ± 5,4	50,4 ± 5,9 kg [FFM]
Lijewski et al. (2021)	30, M	20,2 ± 1,1	82,6 ± 8,2	184,1 ± 6,5	Regional	Polnische regionale Liga	n.a.	n.a.	19,0 ± 4,1	n.a.
Teraž et al (2019)	17, M	22,1 ± 4,3	90,4 ± 6,0	186,8 ± 6,1	Regional	Slowenische Halbprofi-Liga	Tanita, MC-980	n.a.	16,2 ± 3,5	74,9 ± 5,1 kg [FFM]
	9, W	21,9 ± 2,7	71,5 ± 7,4	174,1 ± 7,2					26,2 ± 4,8	52,5 ± 3,1 kg [FFM]

Quelle: mod. n. Sansone et al., 2022, S. 7

BCM Körperzellmasse; *BIA* bioelektrische Impedanzanalyse; *EHF* Europäische Handballföderation; *FFM* fettfreie Körpermasse *LBM* magere Körpermasse; *M* male; *MM* Muskelmasse; *n.a.* nicht angegeben; *SD* Standardabweichung; *W* weiblich

^a Der gewichtete Mittelwert zusammengeführter Stichproben und die zugehörige Standardabweichung wurden bei fehlender Angabe individuell berechnet. Notwendige Koeffizienten zur Berechnung der Gleichung waren die individuellen Stichprobengrößen (n_1 , n_2), deren Mittelwerte (m_1 , m_2) und die zugehörigen Standardabweichungen (sd_1 , sd_2). Die Gleichung zur Berechnung des gewichteten Mittelwerts lautete: „ $(m_1 * n_1 + m_2 * n_2) / (n_1 + n_2)$ “, die der Standardabweichung: $\sqrt{[(n_1 - 1) * sd_1^2 + (n_2 - 1) * sd_2^2 + n_1 * (m_1 - m)^2 + n_2 * (m_2 - m)^2] / (n_1 + n_2 - 1)}$ “ (Sansone et al., 2022, S. 7)

^b Basiswert der Interventions- oder Follow-up-Studie angegeben

Tabelle 4: Anhand DXA gemessenen Werte der Körperzusammensetzung

Autoren und Jahr	Stichprobe						Methode		Ergebnisse	
	Stichprobengröße (n) und Geschlecht	Alter (Jahre) [Mittelwert ± SD]	Körpergewicht (kg) [Mittelwert ± SD]	Körpergröße (cm) [Mittelwert ± SD]	Leistungsklasse	Stichprobenbeschreibung	Equipment	Software	Körperfett (%) [Mittelwert ± SD]	Fettfreie Kompartimente (kg) [Mittelwert ± SD]
Kale & Akdogan (2020)	16, W	19,6 ± 2,6	64,7 ± 10,7	180,3 ± 1,6	National	Türkische erste nationale Liga	GE- Lunar Prodigy	n.a.	32,3 ± 4,9	40,6 ± 4,5 kg [LBM]
Milanese et al. (2011)	28, W	26,4 ± 5,8	67,0 ± 7,9	169,2 ± 6,0	National	Italienische erste nationale Liga	QDR Explorer W, Hologic, MA, USA	Fan-bean technology software für Windows XP version 12.6.1	23,3 ± 5,3	48,0 ± 4,7 kg [LBM]
Piscitelli et al. (2015) ^a	22, M	21,2 ± 4,3	80,9 ± 11,8	179,4 ± 9,5	National	Italienische erste, zweite oder dritte nationale Liga	QDR Explorer W, Hologic, MA, USA	n.a.	16,4 ± 4,7	59,8 ± 7,2 kg [FFM]
	24, W	21,2 ± 4,3	62,2 ± 12,0	166,2 ± 7,0	National	Italienische erste, zweite oder dritte nationale Liga	QDR Explorer W, Hologic, MA, USA	n.a.	26,6 ± 5,8	39,9 ± 5,3 kg [FFM]

Quelle: mod. n. Sansone et al., 2022, S. 7

FFM fettfreie Körpermasse; LBM magere Körpermasse; M männlich; n.a. nicht angegeben; SD Standardabweichung; W weiblich

^aAlter nicht separat angegeben. Erste, zweite oder dritte italienische nationale Liga wurden der nationalen Leistungsklasse zugeteilt

5.2. Stichprobenauswertung

Im Rahmen der 56 eingeschlossenen Studien wurden insgesamt 2689 gesunde Sportler*innen untersucht. Diese waren im Mittel zwischen 18-35 Jahre alt. Es wurde eine mittlere Stichprobenanzahl von 40 Teilnehmer*innen pro Studie ausgewertet, wobei die Spannweite von sieben männlichen Teilnehmern bei Ferigollo et al. (2012) bis hin zu 652 Teilnehmerinnen bei Weber & Wegner (2016) reichte. Von den 2689 Spieler*innen, waren 1589 männlich (102-73 kg, 171-192 cm), und 1100 weiblich (62-73 kg, 166-180 cm). Fünf der insgesamt 56 eingeschlossenen Studien, untersuchten Männer und Frauen gemeinsam (Bøgild et al., 2020; Cichy et al., 2020; Garrido-Chamorro et al., 2012; Piscitelli et al., 2015; Teraz & Meulenberg, 2019). Im Zuge der Datenextraktion wurden 673 Sportler*innen als „regional-level“ (178 männlich und 495 weiblich), 1339 als „national-level“ (997 männlich und 342 weiblich) und 677 als „international-level“ (414 männlich und 263 weiblich) kategorisiert. Sechs Studien untersuchten hierbei mehrere Leistungsklassen im Zuge einer Arbeit (Dopsaj et al., 2017; Hoppe et al., 2017; Lijewski et al., 2021; Massuça & Fragoso, 2015; Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013; Weber & Wegner, 2016).

5.3. Relativer Körperfettanteil

Um den prozentualen Körperfettanteil der Sportler*innen zu evaluieren, erfolgte die Messung bei 35 Studien mittels Hautfaltenmethode (Alvares et al., 2019; Arazi et al., 2012; Bøgild et al., 2020; Bon et al., 2015; Carvalho et al., 2014b; Cenk et al., 2012; Chatzinikolaou et al., 2014; Coelho et al., 2015; Dello Iacono et al., 2015; Garrido-Chamorro et al., 2012; Granados et al., 2013; Hermassi et al., 2021; Hermassi, Chelly, et al., 2019; Ilic et al., 2015; Koç, 2012; Kvorning et al., 2017; Marin et al., 2021; Martínez-Sanz et al., 2012; Massuça & Fragoso, 2015; Massuça et al., 2014; Moncef et al., 2012; Muratovic et al., 2021; Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013; Pastuszak et al., 2018; Peña et al., 2016; Pireva, 2019; Protzner et al., 2015; Ramos-Angulo et al., 2018; Rousanoglou et al., 2014; Tabrizi et al., 2013; Tasevski et al., 2020; Torres-Luque et al., 2016; Vuleta et al., 2020; Weber & Wegner, 2016). Weitere 17 Studien schätzten den relativen Körperfettanteil mit Hilfe der BIA (Cichy et al., 2020; Dopsaj et al., 2017; Ferigollo et al., 2012; Gabnai et al., 2018; Hoppe et al., 2017; Jakovljevic et al., 2016; Janiszewska et al., 2012; Kinkorová et al., 2020; Kniubaite et al., 2019; Lijewski et al., 2021, 2019; Mala et

al., 2015; Manou et al., 2019; Pavlović et al., 2015; Povoas et al., 2014; Ramos-Campo et al., 2014; Teraz & Meulenberg, 2019). Die DXA-Methode wurde bei drei Studien verwendet (Kale & Akdoğan, 2020; Milanese et al., 2011; Piscitelli et al., 2015). Keine Studie ermittelte den relativen Körperfettanteil durch densitometrische Verfahren.

Das erste Modell der Metaanalyse verglich die Unterschiede des relativen Körperfettanteils zwischen den Geschlechtern. Es zeigte sich, dass Handballer einen signifikant niedrigeren relativen Körperfettanteil aufweisen als Handballerinnen (13,1 %, [12,3-14,0 %] vs. 23,2 %, [22,3-24,0 %]; $p < 0,01$). Im Zuge des zweiten Modells konnten die Differenzen der unterschiedlichen Leistungsklassen in Bezug auf den relativen Körperfettanteil der Sportler*innen berechnet werden. Handballspieler*innen, die als „international-level“ (14,9 %, [13,2-16,6 %]), beziehungsweise „national-level“ (15,7 %, [14,2-17,2 %]) kategorisiert wurden, wiesen signifikant niedrigere Werte auf, als jene der regionalen Leistungsklassen (17,2 %, [15,7-18,8 %]); ($p < 0,01$). Kein signifikanter Unterschied wurde zwischen den Klassen „international-level“ und „national-level“ gefunden ($p > 0,05$). Beim dritten Modell dieser Untersuchung wurden die unterschiedlichen Messmethoden miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass die ermittelten Werte durch die Hautfaltenmethode (15,2 %, [13,6-16,7 %]) und der BIA (15,4 %, [13,1-17,6 %]) signifikant niedriger waren, als jene, die mittels DXA (25,3 %, [19,8-30,7 %]) gemessen wurden ($p < 0,01$). Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den mittels BIA und Hautfaltenmethode gemessenen Werten gefunden werden ($p > 0,05$). Abschließend wurden im finalen Modell alle Variablen miteinander verglichen, die einen zufälligen Effekt auf das Ergebnis haben könnten. Unabhängig davon welche Methode beziehungsweise welches Spielniveau die Proband*innen aufwiesen, unterschieden sich die relativen Körperfettwerte zwischen den Geschlechtern signifikant ($p < 0,01$). Im Gegensatz zum vorherigen Modell, bei welchem ein signifikanter Unterschied zwischen den Messmethoden DXA und Hautfaltenmethode beziehungsweise zwischen DXA und BIA gefunden wurde, zeigte sich hierbei kein signifikanter Unterschied zwischen den Methoden ($p > 0,05$). Der signifikante Unterschied zwischen den Leistungsklassen „international-level“ und „regional-level“ beziehungsweise „national-level“ und „regional-level“ blieb bestehen ($p < 0,01$).

6. Diskussion

In der vorliegenden Masterarbeit wurden die relativen Körperfettwerte professioneller Handballspieler*innen anhand einer Metaanalyse untersucht. Es wurden die Faktoren Geschlecht, Messmethode und Leistungsklasse der Stichprobe in die Untersuchung miteinbezogen und statistisch ausgewertet. Nach Auswertung der Resultate konnten signifikant unterschiedliche relative Körperfettwerte zwischen den Geschlechtern festgestellt werden. Dies ist jedoch nicht verwunderlich, Unterschiede hinsichtlich des relativen Körperfettanteils zwischen Mann und Frau bekannt und hinreichend dokumentiert sind (Ethun, 2016; He et al., 2018; Kirchengast & Marosi, 2008; Sansone et al., 2022). Hiernach gehen Karastergiou et al. (2012) von einem durchschnittlich 10% höheren relativen Körperfettanteil bei Frauen im Gegensatz zu Männern aus. Interessanterweise decken sich diese Annahmen auch mit unseren im Kapitel 5.3 beschriebenen Resultaten. Demzufolge unterstreicht diese Untersuchung einmal mehr die große Bedeutung der Differenzierung des Geschlechts bei Untersuchungen der Körperkomposition. Janssen et al. (2000) und Miller (1990) schlossen, dass der höhere relative Körperfettanteil bei Frauen im Umkehrschluss eine höhere Muskelmasse bei Männern bedeuten würde. Um sich diesem Thema in zukünftigen Forschungsarbeiten zu widmen, scheint es jedoch wichtig zu sein, die unterschiedlichen, recht heterogenen Bezeichnungen für die Beschreibung muskulärer Bestandteile des Körpers zu vereinheitlichen. Nicht zuletzt aufgrund dieser Problemstellung konzentrierte sich diese Arbeit ausschließlich auf die Werte des relativen Körperfettanteils der Sportler*innen.

Aus den Ergebnissen dieser Masterarbeit lässt sich weiter schließen, dass der relative Körperfettanteil von Handballer*innen möglicherweise mit der Leistungsklasse in Verbindung steht. Diese Erkenntnis beruht auf der Tatsache, dass der signifikante Unterschied zwischen den Leistungsklassen „regional-level“ und „national-level“, beziehungsweise zwischen „regional-level“ und „international-level“ auch nach dem finalen Metaregressionsmodell bestehen blieb. Die Kausalität des Ergebnisses kann jedenfalls diskutiert werden. So scheint die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung nicht vollständig geklärt zu sein. Interessanterweise wurde, wie bereits erwähnt, kein signifikanter Unterschied zwischen den Leistungsklassen „international-level“ und „national-level“ gefunden werden. Womöglich lässt sich dieser Umstand durch die strikten Regeln zur Kategorisierung in die jeweiligen Leistungsklassen erklären. So wurden Athlet*innen nur als „international-level“ angesehen, wenn die Teilnahme an

internationalen Wettkämpfen explizit im Text erwähnt wurde (Bøgild et al., 2020; Bon et al., 2015; Dello Iacono et al., 2015; Dopsaj et al., 2017; Granados et al., 2013; Hoppe et al., 2017; Ilic et al., 2015; Kniubaite et al., 2019; Kvorning et al., 2017; Mala et al., 2015; Manou et al., 2019; Massuça & Fragoso, 2015; Nikolaidis & Ingebrigtsen, 2013; Povoas et al., 2014; Rousanoglou et al., 2014; Vuleta et al., 2020). Eine Ausnahme stellte die Studie von Dello Iacono et al. (2015) dar. Sie wurde der Kategorie „international-level“ zugeordnet, da ausdrücklich erwähnt wurde, dass sieben der insgesamt 18 Spieler zum Zeitpunkt der Untersuchung im israelischen Nationalteam agierten und die restlichen der Stichprobe in Elite-Teams unter Vertrag standen. Aufgrund der strikten Regeln könnten Elite-Spieler*innen als „national-level“ kategorisiert worden sein, obwohl sie an internationalen Wettbewerben teilnahmen, dies allerdings im Artikel nicht ausdrücklich erwähnt wurde. An dieser Stelle muss zusätzlich erwähnt werden, dass das Leistungsniveau in nationalen Ligen, je nach Stellenwert des Sportes im jeweiligen Land, unterschiedlich sein kann (Galal El-Din et al., 2011; Meletakos & Bayios, 2010). Dieser Umstand könnte ebenso die Körperkomposition der Spieler*innen beeinflussen. Das bedeutet, dass Spieler*innen, die zwar in der deutschen Bundesliga, aber nicht im deutschen Nationalteam spielen, ein höheres Leistungsniveau aufweisen könnten, als Team-Spieler*innen eines Landes, das in der Weltrangliste schlechter platziert ist. Aus diesem Grund scheint die Einteilung in unterschiedliche Leistungsklassen eine schwierige Aufgabe im Rahmen leistungsspezifischer Untersuchungen zu sein. Somit ist die korrekte Einteilung in die gewählten Leistungsklassen „regional-level“, „national-level“, und „international-level“ als potentiell limitierender Faktor dieser Untersuchung zu betrachten. Möglicherweise lieferten die zwei Leistungsklassen aufgrund dessen ähnliche Ergebnisse. Eine weitere Erklärung des nicht signifikanten Unterschieds zwischen den Leistungsklassen „national-level“ und „international-level“ könnte der ähnliche Trainingsumfang und die annähernd gleiche Intensität des Trainings, abhängig vom jeweiligen Landesverband, sein. Somit würde die Ursache des niedrigeren relativen Körperfettanteils an der höheren Leistungsklasse selbst und nicht an der Eigenschaft des Spielers oder der Spielerin liegen. Jedenfalls bedarf es, im Gegensatz zu den klaren Ergebnissen zwischen den Geschlechtern, noch weiterer Forschungsarbeiten um den Einfluss der sportlichen Leistungsklasse auf den relativen Körperfettanteil bei Handballspieler*innen zu untersuchen.

Ebenfalls sollte erwähnt werden, dass die untersuchte Probandenanzahl der männlichen Handballer (1589) im Rahmen unserer Untersuchung etwas höher war, als die der Weiblichen (1100). Trotz dieser Tatsache konnte nur eine Studie gefunden werden, die den relativen Körperfettanteil männlicher Handballer mittels labortechnischer Untersuchung ermittelte (Piscitelli et al., 2015). Die Anzahl der Studien, in denen weibliche Handballerinnen mit labortechnischen Methoden untersucht wurden, fiel mit drei allerdings auch sehr gering aus. Die Probandinnen der Studien von Kale & Akdoğan (2020), Milanese et al. (2011) und Piscitelli et al. (2015) wurden jeweils mittels DEXA analysiert. Interessanterweise wurde keine Studie gefunden, die den jeweiligen Körperfettanteil der Handballspieler*innen mittels densitometrischen Verfahren analysierte, was einen generellen Mangel an Laboruntersuchungen zur Bestimmung des relativen Körperfettanteils widerspiegelt. Dieser Umstand lässt sich möglicherweise aufgrund der hohen Kosten für labortechnische Untersuchungen erklären (Ackland et al., 2012; Marra et al., 2019; Norgan, 2005). Zudem darf nicht unerwähnt bleiben, dass beim Großteil der in unsere Metaanalyse aufgenommen Studien mit Level 3-Messmethoden gearbeitet wurde (siehe Kapitel 2.7). Aufgrund dessen sollte die Validität der Ergebnisse kritisch betrachtet werden. Um diese Problemstellung zu lösen, sind weitere Studienergebnisse hinsichtlich des relativen Körperfettanteils bei Handballspieler*innen notwendig, die unter Verwendung von Laboruntersuchungen durchgeführt wurden.

Die Analyse zwischen den einzelnen Messmethoden gestattet eine weitere interessante Schlussfolgerung. Hier zeigten, wie bereits in den Resultaten erwähnt, Studien, in denen der relative Fettanteil mittels Hautfaltenmethode und BIA ermittelt wurde, signifikant niedrige Werte als jene, in denen DXA eingesetzt wurde. Das statistische Modell für die entsprechende Analyse beinhaltete allerdings keine Anpassung für den Faktor Geschlecht. Nachdem das Geschlecht als Moderatorvariable hinzugefügt wurde, galt der Unterschied nicht mehr als signifikant. Diese Gegebenheit könnte auf die Tatsache zurückgeführt werden, dass wesentlich mehr Frauen (68) als Männer (22) im Zuge der Studien von (Kale & Akdoğan (2020), Milanese et al. (2011) und Piscitelli et al. (2015) mittels DXA analysiert wurden und der relative Körperfettanteil bei Frauen, wie bereits zuvor erwähnt, signifikant höher ist. Weiters konnte im Zuge der Auswertung eine hohe Variabilität der herangezogenen Gleichungen zur Berechnung des relativen Körperfettanteils bei Hautfaltenmessungen festgestellt werden. Demzufolge wurden bei 35 Studien, die sich der Hautfaltenmethode bedienten, insgesamt elf unterschiedliche Berechnungen herangezogen.

Noch immer versuchen Wissenschaftler*innen die „akkurateste“ Gleichung zur Bestimmung des relativen Körperfettanteils zu bestimmen. Hierbei werden häufig minderjährige Proband*innen untersucht (Lee et al., 2017; Ripka et al., 2021). Aufgrund der altersabhängigen Fettverteilung des Körpers könnten diese Gleichungen für andere Altersgruppen nicht oder nur eingeschränkt anwendbar sein. Eine andere Studie hingegen verglich bereits existierende Rechenmodelle anhand einer älteren Probandengruppe (Silveira et al., 2021). Die Autor*innen dieser Arbeit ermittelten in ihrer Studie einen „constant error“ (CE), sozusagen eine konstante Fehleramplitude von 11,5 % bei Männern und 22,9 % bei Frauen, in Abhängigkeit der gewählten Gleichung zur Bestimmung des relativen Körperfettanteils. Diese Feststellung spiegelt sich auch in unseren Ergebnissen wider. Demnach verglichen Massuça et al. (2014) zwei verschiedene Gleichungen anhand derselben Stichprobe. Mit Hilfe derjenigen von Durnin & Womersley (1973) konnte ein prozentualer Körperfettanteil von $14,4 \pm 5,0$ % der männlichen Probanden berechnet werden. Im Gegensatz dazu wurde ein Wert von $10,5 \pm 5,5$ % anhand der Berechnung von Jackson & Pollock (1978) angegeben. Weiterführende Untersuchungen könnten sich auf den Einfluss unterschiedlicher Gleichungen auf den errechneten relativen Körperfettanteil bei Handballer*innen und anderen Athlet*innen konzentrieren.

Wichtige, jedoch sehr schwierig zu kontrollierende Aspekte, die es bei Messungen zur Bestimmung des relativen Körperfettanteils zu beachten gilt, sind die Objektivität und Reliabilität der durchgeführten Untersuchungen (Amelang & Zielinski, 1997). Möglicherweise liefert keine in diese Masterarbeit einbezogene Messmethode absolut reliable beziehungsweise objektive Messergebnisse. Eine Möglichkeit, die es dennoch erlaubt, aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten sind Standardisierungsmethoden. So wurde in sechs der insgesamt 35 Hautfalten-Studien nach ISAK-Protokoll gemessen (Garrido-Chamorro et al., 2012; Martínez-Sanz et al., 2012; Massuça & Frago, 2015; Peña et al., 2016; Ramos-Angulo et al., 2018; Rousanoglou et al., 2014). Muratovic et al. (2021) informierten zudem darüber, dass die Messung von einer einzigen Person durchgeführt wurde. Interessanterweise führten Lijewski et al. (2021) zwar eine Hautfaltenmessung nach ISAK-Protokoll durch, der relative Körperfettanteil wurde jedoch mittels BIA berechnet. Andere Messprotokolle reichten von vier Abnahmestellen bei Cherif et al. (2012) bis hin zu neun bei Bon et al. (2015). Jedes Protokoll, sofern es gründlich eingehalten wird, hat jedenfalls seine Berechtigung. Die hohe Variabilität der damit verbundenen Gleichungen zur Bestimmung des relativen Körperfettanteils erschwert jedoch den Vergleich der

Ergebnisse. Bøgild et al. (2020) informierten zusätzlich über gut ausgebildetes Untersuchungspersonal. Welche Ausbildung die untersuchenden Personen zur korrekten Durchführung der Hautfaltenmethode absolvierten wurde im Artikel nicht erwähnt. Interessanterweise beeinflusste die Studie von Bøgild et al. (2020) das Gesamtergebnis der Metaanalyse am stärksten. Bei Ausschluss dieser konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Messmethoden DXA und BIA beziehungsweise zwischen DXA und der Hautfaltenmessungen beobachtet werden. Das liegt möglicherweise an der hohen Anzahl untersuchter Proband*innen und der damit verbundenen Wichtigkeit für die Metaregression.

Wenn mit BIA gemessen wird, sind wie bereits im Kapitel „Messmethoden und Körperzusammensetzung“ erwähnt, die Messvorbereitungen sehr wichtig, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Nur in den Studien von Mala et al. (2015) und Pavlović et al. (2015) wurde ausdrücklich angeführt, dass die Proband*innen über das Messprotokoll informiert wurden. Cichy et al. (2020) gaben zwar die Uhrzeiten der durchgeführten Messung an, jedoch war nicht klar, welche Probanden in der Früh und welche am Abend gemessen wurden. Auch die Softwareprogramme und Hersteller der Systeme scheinen bei dieser Messmethode stark zu variieren (Cichy et al., 2020; Dopsaj et al., 2017; Jakovljevic et al., 2016; Pavlović et al., 2015). Diese Variabilität hat wiederum Auswirkung auf die verwendeten Gleichungen zur Bestimmung der Fett- und fettfreien Masse und muss laut Marra et al. (2019), so wie auch bei Studien mit Hautfaltenmessungen, kritisch betrachtet werden. Laut Autoren müssen die Rechenmodelle Geschlecht, das Alter, und der Herkunft berücksichtigen, da diese Parameter Auswirkungen auf die Körperzusammensetzung haben können. Vor allem BIA-Messungen durch Monofrequenz-Instrumente scheinen laut Blue et al. (2021) nicht sehr valide zu sein wenn es darum geht, die Körperzusammensetzung unterschiedlicher Ethnien zu vergleichen. Diese auf die Körperzusammensetzung einflussnehmenden Parameter sind auch der Grund für das im Zuge unserer Untersuchung gewählte statistische Modell.

Wie bereits im Kapitel „theoretische Grundlagen“ beschrieben, bedarf es je nach Spielform unterschiedlicher Anforderungen. Im Zuge dieser Untersuchung wurden die gewichteten Mittelwerte aller Positionen zusammengefasst, falls diese nicht bereits von den Autoren so angegeben wurden. Hier fiel auf, dass die Torhüterposition bei Lijewski et al. (2019) und Ramos-Campo et al. (2014), die mit dem höchsten relativen Körperfettanteil war. Im Gegensatz dazu fanden Povoas et al. (2014) keine nennenswerten Unterschiede

zwischen den Spielpositionen. Um die Annahme der Autoren Haugen et al. (2016) zu bestätigen, die der Meinung sind, dass sich die relativen Körperfettwerte aller Positionen in den nächsten Jahren angleichen werden, bedarf es diesbezüglich noch mehr darauf hindeutende Ergebnisse. Es könnten also Stichproben, in denen Spielpositionen ungleich verteilt waren, den Gruppenmittelwert beeinflusst haben. Auch aus diesem Grund wurde das Modell zufallsbedingter Effekte, im Rahmen der statistischen Auswertung gewählt. Letztendlich hatte diese Metaanalyse jedoch nicht zum Ziel, differenzierte, positionsspezifische Werte zu erheben, sondern Referenzwerte nach Geschlecht, Messmethode, und Leistungsklasse abzuleiten.

Somit stellt die vorliegende Masterarbeit die erste Übersichtsarbeit mit Metaanalyse dar, die sich mit dem relativen Körperfettanteil professioneller Handballspieler*innen befasst. Die veröffentlichten Referenzwerte sollen Verantwortlichen im Sportbereich und wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen bei deren Arbeit unterstützen, und als Anregung für weitere Untersuchungen dienen.

7. Conclusio

Die vorliegende Masterarbeit hatte zum Ziel, mithilfe einer systematischen Literaturrecherche und statistischen Verfahren, die bestehende Fachliteratur zum Körperfettanteil im Handballsport zusammenzufassen und auszuwerten. Hierbei wurden potenzielle Unterschiede zwischen Geschlechtern, Spielklassen und Messmethoden analysiert und statistisch überprüft.

Die Ergebnisse der Metaregression zeigten, dass männliche Handballer einen signifikant niedrigeren relativen Körperfettanteil haben als weibliche. Zudem wiesen Handballspieler*innen, die als „international-level“ beziehungsweise „national-level“ kategorisiert wurden, signifikant niedrigere Werte auf als jene der regionalen Leistungsklassen. Hinzukommend konnte festgestellt werden, dass durch die Hautfaltenmethode ermittelte Werte signifikant niedriger waren als jene, die mittels DXA gemessen wurden. Dieser Unterschied galt allerdings nach dem finalen Metaregressionsmodells, aufgrund des einflussnehmenden Faktors Geschlecht, als nicht signifikant.

Auch wenn die Unterschiede zwischen den Leistungsklassen „international-level“ und „national-level“ nicht signifikant waren, scheint - wie aus den Resultaten zu entnehmen - ein richtungsweisender Trend erkennbar zu sein. So korrelieren die relativen

Körperfettwerte von Handballspieler*innen negativ mit der zugehörigen Leistungsklasse. Ob nun ein niedriger relativer Körperfettanteil dazu führt, erfolgreicher Handball zu spielen oder dieser das Produkt eines intensiveren Trainings und vermehrter Wettkämpfe ist, lässt sich nicht eindeutig klären. Zudem könnte ein erhöhter Körperfettanteil an gewissen Positionen helfen sich in Zweikämpfen leichter durchzusetzen. Klar ist, dass auch bei gleichen Messmethoden unterschiedliche Messergebnisse entstehen können. Unterschiedliche Gleichungen, nicht eingehaltene Messvorbereitungen und die Variabilität der eingesetzten Software eines Messgeräts können Ergebnisse schwer vergleichbar machen. Somit sind diese Variablen, inklusive des Geschlechts und der Leistungsklasse, in jedem Fall anzugeben, wenn es darum geht Referenzwerte zu vergleichen. Infolge neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse im Rahmen dieser Masterarbeit konnten neue Forschungsinteressen bekundet werden. Neben positionsspezifischen Daten hinsichtlich des relativen Körperfettanteils von Handballspieler*innen scheint auch die fettfreie Masse von Interesse für zukünftige Untersuchungen zu sein.

8. Literaturverzeichnis

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Mller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport: Review and position statement on behalf of the Ad Hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. medical commission. *Sports Medicine*, 42(3), 227–249.
<https://doi.org/10.2165/11597140-0000000000-00000>
- Alvares, P., Reis, A., Diniz, R., & Lima, F. (2019). Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício. *Março/Abril*.
- Amelang, M., & Zielinski, W. (1997). *Grundlagen diagnostischer Verfahren*.
https://doi.org/10.1007/978-3-662-22370-3_2
- Aragon, A. A., Schoenfeld, B. J., Wildman, R., Kleiner, S., VanDusseldorp, T., Taylor, L., Earnest, C. P., Arciero, P. J., Wilborn, C., Kalman, D. S., Stout, J. R., Willoughby, D. S., Campbell, B., Arent, S. M., Bannock, L., Smith-Ryan, A. E., & Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: Diets and body composition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1186/s12970-017-0174-y>
- Arazi, H., Mosavi, S. S., Basir, S. S., & Karam, M. G. (2012). the Effects of Different Recovery Conditions on Blood Lactate Concentration and Physiological Variables After High Intensity Exercise in Handball Players. / Učinak Različitih Uvjeta Oporavka Na Koncentraciju Laktata I Fiziološke Varijable Nakon Visokog in. *Sport Science*, 5(2), 13–17.
<http://ezproxy.library.yorku.ca/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=85910317&site=ehost-live>
- Barbieri, D., Zaccagni, L., Babić, V., Rakovac, M., Mišigoj-Duraković, M., & Gualdi-Russo, E. (2017). Body composition and size in sprint athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(9), 1142–1146. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06925-0>
- Baumgartner, R. N., Heymsfield, S. B., & Roche, A. F. (1995). Human Body Composition

- and the Epidemiology of Chronic Disease. *Obesity Research*, 3(1), 73–95.
<https://doi.org/10.1002/j.1550-8528.1995.tb00124.x>
- Berndtsson, G., Mattsson, E., Marcus, C., & Larsson, U. E. (2007). Age and gender differences in VO₂max in Swedish obese children and adolescents. *Acta Paediatrica, International Journal of Paediatrics*, 96(4), 567–571. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2007.00139.x>
- Bilge, M. (2012). Game analysis of Olympic, World and European Championships in men's handball. *Journal of Human Kinetics*, 35(1), 109–118.
<https://doi.org/10.2478/v10078-012-0084-7>
- Blue, M. N. M., Tinsley, G. M., Ryan, E. D., & Smith-Ryan, A. E. (2021). Validity of Body-Composition Methods across Racial and Ethnic Populations. *Advances in Nutrition*, 12(5), 1854–1862. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab016>
- Bøgild, P., Jensen, K., & Kvorning, T. (2020). Physiological Performance Characteristics of Danish National Team Handball Players 1990-2016: Implications on Position-Specific Strength and Conditioning Training. In *Journal of strength and conditioning research* (Vol. 34, Issue 6). <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003318>
- Bon, M., Pori, P., & Sibila, M. (2015). Position-Related Differences in Selected Morphological Body Characteristics of Top-Level Female Handball Players. *Collegium Antropologicum*, 39(3), 631–639.
- Borga, M., Ahlgren, A., Romu, T., Widholm, P., Dahlqvist Leinhard, O., & West, J. (2020). Reproducibility and repeatability of MRI-based body composition analysis. *Magnetic Resonance in Medicine*, 84(6), 3146–3156.
<https://doi.org/10.1002/mrm.28360>
- Borga, M., West, J., Bell, J. D., Harvey, N. C., Romu, T., Heymsfield, S. B., & Leinhard, O. D. (2018). Advanced body composition assessment: From body mass index to body composition profiling. *Journal of Investigative Medicine*, 66(5), 887–895.
<https://doi.org/10.1136/jim-2018-000722>
- Buchholz, A. C., Bartok, C., & Schoeller, D. A. (2004). The validity of bioelectrical

- impedance models in clinical populations. *Nutrition in Clinical Practice*, 19(5), 433–446. <https://doi.org/10.1177/0115426504019005433>
- Carvalho, A., Mourão, P., & Abade, E. (2014a). Effects of strength training combined with specific plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: A case study. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 125–132. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0040>
- Carvalho, A., Mourão, P., & Abade, E. (2014b). Effects of strength training combined with specific plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: A case study. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 125–132. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0040>
- Cavedon, V., Zancanaro, C., & Milanese, C. (2018). Anthropometric prediction of DXA-measured body composition in female team handball players. *PeerJ*, 2018(11). <https://doi.org/10.7717/peerj.5913>
- Ceniccola, G. D., Castro, M. G., Piovacari, S. M. F., Horie, L. M., Corrêa, F. G., Barrere, A. P. N., & Toledo, D. O. (2019). Current technologies in body composition assessment: advantages and disadvantages. *Nutrition*, 62, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.11.028>
- Cenk, G. A., Mustafa, A., Bilal, D., Ozan, S., Müjdat, Ö., & Kadir, G. (2012). Anthropometric Features and Balance Among Elite Handball Players. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport / SCIENCE, MOVEMENT AND HEALTH*, XII(2), 132–136.
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Levin, G., Boudhina, N. B. B., Cronin, J., & Chamari, K. (2009). Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite team-handball players. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 151–157. <https://doi.org/10.1080/02640410802448731>
- Chatzinikolaou, A., Christoforidis, C., Avloniti, A., Draganidis, D., Jamurtas, A. Z., Stampoulis, T., Ermidis, G., Sovatzidis, A., Papassotiriou, I., Kambas, A., & Fatouros, I. G. (2014). A Microcycle of Inflammation Following a Team Handball Game. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1981–1994.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000330>

Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., Khalifa, R., Tillaar, R. Van Den, Chamari, K., & Shephard, R. J. (2011). Match analysis of elite adolescent team handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2410–2417.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030e43>

Cherif, M., Said, M., Chaatani, S., Nejlaoui, O., Gomri, D., & Abdallah, A. (2012). The effect of a combined high-intensity plyometric and speed training program on the running and jumping ability of male handball players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(1), 21–28. <https://doi.org/10.5812/asjrm.34721>

Cichy, I., Dudkowski, A., Kociuba, M., Ignasiak, Z., Sebastjan, A., Kochan, K., Koziel, S., Rokita, A., & Malina, R. M. (2020). Sex differences in body composition changes after preseason training in elite handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 1–8.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17113880>

Çıplak, M. E., Eler, N., Eler, S., & Acar, H. (2020). The Relationship between Anthropometry and Jumping Performance in Handball. *Progress in Nutrition*, 22(2), 536–540. <https://doi.org/10.23751/pn.v22i2.9271>

Clarys, J. P., Martin, A. D., Marfell-Jones, M. J., Janssens, V., Caboor, D., & Drinkwater, D. T. (1999). Human body composition: A review of adult dissection data. *American Journal of Human Biology*, 11(2), 167–174. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6300\(1999\)11:2<167::AID-AJHB4>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6300(1999)11:2<167::AID-AJHB4>3.0.CO;2-G)

Coelho, L., Teixeira, I. P., Nakamura, P. M., Hayakawa, M. Y., Assumpção, C. O., & Menzes, R. P. (2015). Neuromuscular profile of handball players during a short-term condensed competition in Brazil. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 17(4), 389–399. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n4p389>

Collins, M. A., Millard-Stafford, M. L., Evans, E. M., Snow, T. K., Cureton, K. J., & Rosskopf, L. B. (2004). Effect of race and musculoskeletal development on the accuracy of air plethysmography. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6),

1070–1077. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128182.76254.05>

Dello Iacono, A., Eliakim, A., & Meckel, Y. (2015). *IMPROVING FITNESS OF ELITE HANDBALL PLAYERS: SMALL-SIDED GAMES VS. HIGH-INTENSITY INTERMITTENT TRAINING*. 29(3), 835–843.

Deurenberg-Yap, M., Schmidt, G., Staveren, W. A. van, Hautvast, J. G. A. J., & Deurenberg, P. (2001). Body fat measurement among Singaporean Chinese, Malays and Indians: a comparative study using a four-compartment model and different two-compartment models. *British Journal of Nutrition*, 85(4), 491–498.
<https://doi.org/10.1079/bjn2000276>

Dopsaj, M., Valdevit, Z., Ilić, D., Pavlović, L., & Petronijević, M. (2017). Body Structure Profiles of R. of Serbia'S Senior Handballers From Different Competitive Levels As Measured By the Multichannel Bioelectric Impedance Method. / Telesna Struktura Rukometaša Republike Srbije Sa Različitih Nivoa Takmičenja Merena Metodom Bioe. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 15(1), 49–61.
<https://doi.org/10.22190/FUPES1701049D>

Dörhöfer, R., & Pirlich, M. (2007). Das BIA Kompendium. *Data Input*. http://www.data-input.de/_site/_data/pdf/Kompendium_III_Ausgabe_2009.pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Das+BIA-Kompendium#0

Durnin, B. Y. J. V. G. a, & Womersley, J. (1973). and Its Estimation From Skinfold Thickness : Measurements on. *British Journal of Nutrition*, 32(1), 77–97.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4843734>

Ethun, K. (2016). Sex and Gender Differences in Body Composition, Lipid Metabolism, and Glucose Regulation. In *Sex Differences In Physiology*. Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802388-4.00009-4>

Ferigollo, M. C., Trentin, M. M., & Confortin, F. G. (2012). COMPOSIÇÃO CORPORAL, TAXA DE SUDORESE E HIDRATAÇÃO DE JOGADORES DE HANDEBOL. *Revista Brasileira de Educação*, 6(31), 33–43.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=1413-247820110002&lng=pt...%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1590/S1413-24782011000200001

- Fernández-Romero, J. J., Suárez, H. V., & Carral, J. M. C. (2017). Selection of Talents in Handball: Anthropometric and Performance Analysis. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 23(5), 361–365. <https://doi.org/10.1590/1517-869220172305141727>
- Fields, D. A., Goran, M. I., & McCrory, M. A. (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: A review. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(3), 453–467. <https://doi.org/10.1093/ajcn/75.3.453>
- Fieseler, G., Hermassi, S., Hoffmeyer, B., Schulze, S., Irlenbusch, L., Bartels, T., Delank, K. S., Laudner, K. G., & Schwesig, R. (2017). Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: A tool for talent profiling. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(7–8), 985–992. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.06938-9>
- Fuller, N. J., Jebb, S. A., Laskey, M. A., Coward, W. A., & Elia, M. (1992). Four-component model for the assessment of body composition in humans: Comparison with alternative methods, and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. *Clinical Science*, 82(6), 687–693. <https://doi.org/10.1042/cs0820687>
- Gabnai, S. G., Kósa, L., Tóth, E., Schulteisz, N., Gangl, J., Othman, M., & Ihász, F. (2018). Physiological adaptations to specific endurance training in professional female handball players. *Physiology International*, 105(3), 266–275. <https://doi.org/10.1556/2060.105.2018.2.12>
- Galal El-Din, H., Zapartidis, I., & Ibrahim, H. (2011). A comparative study between talented young Greek and German handball players in some physical and anthropometric characteristics. *Biology of Sport*, 28(4), 245–248. <https://doi.org/10.5604/965488>
- Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: An approach for developing guidelines based on body mass index. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(3), 694–701. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.3.694>
- Garrido-Chamorro, R., Sirvent-Belando, J. E., González-Lorenzo, M., Blasco-Lafarga, C., & Roche, E. (2012). Skinfold Sum: Reference Values for Top Athletes. *International*

Journal of Morphology, 30(3), 803–809. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022012000300005>

Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225–232. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820974>

Gorostiaga, Granados, C., Ibáñez, J., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2006). Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(2), 357–366. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000184586.74398.03>

Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860–867. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964989>

Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Ruesta, M., & Gorostiaga, E. M. (2013). ARE THERE ANY DIFFERENCES IN PHYSICAL FITNESS AND THROWING VELOCITY BETWEEN NATIONAL AND INTERNATIONAL ELITE FEMALE HANDBALL PLAYERS? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 723–732. <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201303000-00024%0Ahttp://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-9000000000-95580>

Gruić, I., Vuleta, D., & Milanović, D. (2006). Performance indicators of teams at the 2003 world handball championship in Portugal. *Kinesiology*, 38(2), 164–175.

Haugen, T. A., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2016). Physical and physiological characteristics of male handball players: Influence of playing position and competitive level. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(1–2), 19–26.

He, X., Li, Z., Tang, X., Zhang, L., Wang, L., He, Y., Jin, T., & Yuan, D. (2018). Age- and sex-related differences in body composition in healthy subjects aged 18 to 82 years. *Medicine (United States)*, 97(25), 12–17. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011152>

- Heiss, C. J., Gara, N., Novotny, D., Heberle, H., Morgan, L., Stufflebeam, J., & Fairfield, M. (2009). Effect of a 1 liter fluid load on body composition measured by air displacement plethysmography and bioelectrical impedance. *Journal of Exercise Physiology Online*, 12(2), 1–8.
- Hermassi, S., Bragazzi, N. L., & Majed, L. (2020). Body fat is a predictor of physical fitness in obese adolescent handball athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228428>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2424–2433. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182030edb>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Wagner, H., Fieseler, G., Schulze, S., Delank, K. S., Shephard, R. J., & Schwesig, R. (2019). Relationships between maximal strength of lower limb, anthropometric characteristics and fundamental explosive performance in handball players. *Sportverletzung-Sportschaden*, 33(2), 96–103. <https://doi.org/10.1055/s-0043-124496>
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Wollny, R., Hoffmeyer, B., Fieseler, G., Schulze, S., Irlenbusch, L., Delank, K. S., Shephard, R. J., Bartels, T., & Schwesig, R. (2018). Relationships between the handball-specific complex test, non-specific field tests and the match performance score in elite professional handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(6), 778–784. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07373-X>
- Hermassi, S., Hayes, L. D., & Schwesig, R. (2021). Can body fat percentage, body mass index, and specific field tests explain throwing ball velocity in team handball players? *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/app11083492>
- Hermassi, S., Laudner, K., & Schwesig, R. (2019). Playing level and position differences in body characteristics and physical fitness performance among male team handball players. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7(JUN), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00149>

- Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: A systematic review. *Sports Medicine*, 41(3), 199–220. <https://doi.org/10.2165/11539740-000000000-00000>
- Hoff, J., & Almåsbaek, B. (1995). The_Effects_of_Maximum_Strength_Training_on.11.pdf. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 9(4), 255–258.
- Hoppe, M. W., Brochhagen, J., Baumgart, C., Bauer, J., & Freiwald, J. (2017). Differences in anthropometric characteristics and physical capacities between junior and adult top-level handball players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(4). <https://doi.org/10.5812/asjsm.60663>
- Hume, P., Kerr, D., & Ackland, T. R. (2017). Best practice protocols for physique assessment in sport. In *Best Practice Protocols for Physique Assessment in Sport*. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5418-1>
- Hume, P., & Marfell-Jones, M. (2008). The importance of accurate site location for skinfold measurement. *Journal of Sports Sciences*, 26(12), 1333–1340. <https://doi.org/10.1080/02640410802165707>
- IHF. (2013). Fascination for Thousand of Years - Handball. *International Handball Federation*, 2 (English), 1–342. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwintdDR2LbpAhWQeX0KHYYJdDHsQFjAAegQIAxAB&url=http%3A%2F%2Fu2s.cerimes.fr%2Fmedia%2Fs1402%2Fweb%2Fres%2Fihf_book.pdf&usg=AOvVaw0Wm8PIDWwJoORVy2ioS1jo
- Ilic, V., Ranisavljev, I., Stefanovic, D., Ivanovic, V., & Mrdakovic, V. (2015). Impact of Body Composition and Vo2 Max on the Competitive Success in Top-Level Handball Players. *Collegium Antropologicum*, 39(3), 535–540.
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(3), 497–504. <https://doi.org/10.1079/bjn19780152>

- Jakovljevic, D., Jovanovic, G., Eric, M., Klasnja, A., Slavic, D., & Lukac, D. (2016). Anthropometric Characteristics and Functional Capacity of Elite Rowers and Handball Players. *Medicinski Pregled*, 69(9–10), 267–273.
<https://doi.org/10.2298/mpns1610267k>
- Janiszewska, K., Przybyłowicz, K., & Szyszko, M. (2012). Analysis of consumption of dietary fiber and fats by football and handball players and selected anthropometric parameters. *Polish Journal of Sports Medicine*, 28(1), 59–65.
<https://doi.org/10.5604/1232406x.991351>
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89(1), 81–88. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.81>
- Kale, M., & Akdoğan, E. (2020). Relationships between body composition and anaerobic performance parameters in female handball players. *Physical Education of Students*, 24(5), 265–270. <https://doi.org/10.15561/20755279.2020.0502>
- Karastergiou, K., Smith, S. R., Greenberg, A. S., & Fried, S. K. (2012). Sex differences in human adipose tissues - The biology of pear shape. *Biology of Sex Differences*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/2042-6410-3-13>
- Karcher, C., & Buchheit, M. (2014). On-Court demands of elite handball, with special reference to playing positions. *Sports Medicine*, 44(6), 797–814.
<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0164-z>
- Kerr, A., Slater, G., Byrne, N., & Chaseling, J. (2015). Validation of bioelectrical impedance spectroscopy to measure total body water in resistance-trained males. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(5), 494–503.
<https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0188>
- Kinkorová, I., Brožová, E., & Komarc, M. (2020). Somatic characteristics and body composition in Czech sub-elite female handball players. *Auc Kineanthropologica*, 56(2), 128–133. <https://doi.org/10.14712/23366052.2020.12>
- Kirchengast, S., & Marosi, A. (2008). Gender differences in body composition, physical

- activity, eating behavior and body image among normal weight adolescents an evolutionary approach. *Collegium Antropologicum*, 32(4), 1079–1086.
- Kniubaite, A., Skarbalius, A., Clemente, F. M., & Conte, D. (2019). Quantification of external and internal match loads in elite female team handball. *Biology of Sport*, 36(4), 311–316. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.88753>
- Koç, H. (2012). The effect of acute exercises on blood electrolyte values in handball players. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(1), 93–97. <https://doi.org/10.5897/ajpp10.391>
- Kvorning, T., Hansen, M. R. B., & Jensen, K. (2017). Strength and Conditioning Training by the Danish National Handball Team before an Olympic Tournament. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 1759–1765. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001927>
- Lee, D. H., Keum, N., Hu, F. B., Orav, E. J., Rimm, E. B., Sun, Q., Willett, W. C., & Giovannucci, E. L. (2017). Development and validation of anthropometric prediction equations for lean body mass, fat mass and percent fat in adults using the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999-2006. *British Journal of Nutrition*, 118(10), 858–866. <https://doi.org/10.1017/S0007114517002665>
- Lijewski, M., Burdukiewicz, A., Pietraszewska, J., Stachoń, A., Andrzejewska, J., & Chromik, K. (2019). Anthropometric and strength profiles of professional handball players in relation to their playing position – Multivariate analysis. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 21(4), 147–155. <https://doi.org/10.5277/ABB-01471-2019-02>
- Lijewski, M., Burdukiewicz, A., Stachoń, A., & Pietraszewska, J. (2021). Differences in anthropometric variables and muscle strength in relation to competitive level in male handball players. *Plos One*, 16(12), e0261141. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261141>
- Lohman, T., & Going, S. (1993). Multicomponent Models in Body Composition Research: Opportunities and Pitfalls. *Human Body Composition*, 53-58. doi: 10.1007/978-1-

- 4899-1268-8_10 Lohman, T. G. (1996). Human Body Composition. Champaign, IL: Human Kinetics
- Luteberget, L. S., Raastad, T., Seynnes, O., & Spencer, M. (2015). Effect of traditional and resisted sprint training in highly trained female team handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 642–647. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0276>
- Luteberget, L. S., & Spencer, M. (2017). High-intensity events in international women's team handball matches. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 56–61. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0641>
- Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavy, R., & Tuma, M. (2015). Body composition of elite female players in five different sports games. *Journal of Human Kinetics*, 45(1), 207–215. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0021>
- Manchado, C., Hoffmann, E., Valdivielso, F. N., & Platen, P. (2007). Physiological demands in female handball - Demands and heart rate during matches of the German National Team. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*, 58(10).
- Manchado, C., Tortosa-Martínez, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects—a review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1708–1719.
- Manou, V., Aguilera, J. F. T., & Dalamitros, A. A. (2019). Aerobic power, anaerobic power, and vertical jumping ability over an entire competitive period in young elite Male handball players. *Human Movement*, 20(4), 28–32. <https://doi.org/10.5114/hm.2019.85941>
- Marin, D. P., ASTORINO, T. A., SERAFIM, A. I. S., URTADO, C. B., PRESTES, J., POLITO, L. F. T., & OTTON, R. (2021). Comparison between traditional resistance exercise and variable resistance with elastic bands in acute vertical jump performance. *Human Movement*, 22(4), 28–35. <https://doi.org/10.5114/hm.2021.103287>
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and*

Performance, 2(4), 414–422. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.4.414>

Marra, M., Sammarco, R., De Lorenzo, A., Iellamo, F., Siervo, M., Pietrobelli, A., Donini, L. M., Santarpia, L., Cataldi, M., Pasanisi, F., & Contaldo, F. (2019). Assessment of body composition in health and disease using bioelectrical impedance analysis (bia) and dual energy x-ray absorptiometry (dxa): A critical overview. *Contrast Media and Molecular Imaging*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3548284>

Martínez-Sanz, J. M., Urdampilleta, A., Mielgo-Ayuso, J., & Janci-Irigoyen, J. (2012). Universitarios de diferentes disciplinas deportivas | Estudio de la composición corporal en deportistas masculinos. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 12(2), 89–94.

Massuca, & Fragoso. (2015). Morphological characteristics of adult male handball players considering five levels of performance and playing position. *Collegium Antropologicum*, 39(1), 109–118. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26040078>

Massuca, L. M., Fragoso, I., & Teles, J. (2014). Attributes of top elite team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1), 178–186. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318295d50e>

Meletakos, P., & Bayios, I. (2010). General trends in European men's handball: a longitudinal study. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(3), 221–228. <https://doi.org/10.1080/24748668.2010.11868517>

Michalsik, L. B., & Aagaard, P. (2015). Physical demands in elite team handball: Comparisons between male and female players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(9), 878–891.

Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2014). Match performance and physiological capacity of female elite team handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 35(7), 595–607. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1358713>

Milanese, C., Piscitelli, F., Lampis, C., & Zancanaro, C. (2011). Anthropometry and body composition of female handball players according to competitive level or the playing position. *Journal of Sports Sciences*, 29(12), 1301–1309.

<https://doi.org/10.1080/02640414.2011.591419>

- Milanese, C., Piscitelli, F., Lampis, C., & Zancanaro, C. (2012). Effect of a competitive season on anthropometry and three-compartment body composition in female handball players. *Biology of Sport*, 29(3), 199–204.
<https://doi.org/10.5604/20831862.1003443>
- Miller, E. A. J. (1990). *Gender differences in strength and muscle characteristics*. 145.
- Mohamed, H., Vaeyens, R., Matthys, S., Multaet, M., Lefevre, J., Lenoir, M., & Philppaerts, R. (2009). Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *Journal of Sports Sciences*, 27(3), 257–266. <https://doi.org/10.1080/02640410802482417>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Altman, D., Antes, G., Atkins, D., Barbour, V., Barrowman, N., Berlin, J. A., Clark, J., Clarke, M., Cook, D., D'Amico, R., Deeks, J. J., Devereaux, P. J., Dickersin, K., Egger, M., Ernst, E., ... Tugwell, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7).
<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moncef, C., Said, M., Olfa, N., & Dagbaji, G. (2012). Influence of morphological characteristics on physical and physiological performances of Tunisian elite male handball players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(2), 74–80.
<https://doi.org/10.5812/asjasm.34700>
- Müller, M. J., Braun, W., Pourhassan, M., Geisler, C., & Bosy-Westphal, A. (2016). Application of standards and models in body composition analysis. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(2), 181–187. <https://doi.org/10.1017/S0029665115004206>
- Muratovic, A., Vujovic, D., & Hadzic, R. (2021). Comparative study of anthropometric measurement and body composition between elite handball and volleyball players from the serbian national league. *International Journal of Morphology*, 39(1), 287–293. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022021000100287>
- Nikolaidis, & Ingebrigtsen. (2013). Physical and physiological characteristics of elite male

- handball players from teams with a different ranking. *Journal of Human Kinetics*, 38(1), 115–124. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0051>
- Nikolaidis, P. T., Ingebrigtsen, J., Póvoas, S. C., Moss, S., Torres-Luque, G., & Pantelis, N. (2015). Physical and physiological characteristics in male team handball players by playing position - Does age matter? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(4), 297–304.
- Noreen, E. E., & Lemon, P. W. R. (2006). Reliability of air displacement plethysmography in a large, heterogeneous sample. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(8), 1505–1509. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000228950.60097.01>
- Norgan, N. (2005). Laboratory and field measurements of body composition. *Public Health Nutrition*, 8(7a), 1108–1122. <https://doi.org/10.1079/phn2005799>
- Ortega-Becerra, M., Belloso-Vergara, A., & Pareja-Blanco, F. (2020). Physical and Physiological Demands during Handball Matches in Male Adolescent Players. *Journal of Human Kinetics*, 72(1), 253–263. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0111>
- Pastuszak, A., Górski, M., Gajewski, J., & Buśko, K. (2018). Anthropometric profile of female handball players is related to bone mineral density. *Anthropological Review*, 81(3), 298–306. <https://doi.org/10.2478/anre-2018-0024>
- Pavlović, L., Bojić, I., Radovanović, D., & Valdevit, Z. (2015). Variations of Muscular Strength and Power in Male Handball Players During an Entire Season. *Physical Education and Sport*, 13(1), 11–18.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726199000123>
- Peña, J., Moreno-Doutres, D., Coma, J., Cook, M., & Buscà, B. (2016). Perfil antropométrico y de aptitud física de jugadores de alto nivel de baloncesto, balonmano y voleibol. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*.
<https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.03.002>
- Pireva, A. (2019). Anthropometric and body composition differences among elite kosovo basketball, handball and soccer players. *International Journal of Morphology*, 37(3), 1067–1072. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022019000301067>

- Piscitelli, F., Milanese, C., Sandri, M., Cavedon, V., & Zancanaro, C. (2015). Investigating predictors of ball-throwing velocity in team handball: the role of sex, anthropometry, and body composition. *Sport Sciences for Health*, 12(1), 11–20.
<https://doi.org/10.1007/s11332-015-0248-7>
- Povoas, S. C. A., Ascensão, A. A. M. R., Magalhães, J., Seabra, A. F., Krstrup, P., Soares, J. M. C., & Rebelo, A. N. C. (2014). *PHYSIOLOGICAL DEMANDS OF ELITE TEAM HANDBALL WITH SPECIAL REFERENCE TO PLAYING POSITION SUSANA*.
- PoVoas, S. C. A., Seabra, A. F. T., AscensaO, A. N. A. M. R., MagalhaEs, J., Soares, J. M. C., & And Rebelo, A. N. N. C. (2012). Physical and physiological demands of elite team handball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3365–3375.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248aece>
- Prior, B. M., Modlesky, C. M., Evans, E. M., Sloniger, M. A., Saunders, M. J., Lewis, R. D., & Cureton, K. J. (2001). Muscularity and the density of the fat-free mass in athletes. *Journal of Applied Physiology*, 90(4), 1523–1531.
<https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.4.1523>
- Protzner, A., Szmodis, M., Udvardy, A., Bosnyák, E., Trájer, E., Komka, Z., Györe, I., & Tóth, M. (2015). Hormonal neuroendocrine and vasoconstrictor peptide responses of ball game and cyclic sport elite athletes by treadmill test. *PLoS ONE*, 10(12).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144691>
- Ramos-Angulo, A. B., Medina-Porqueres, I., Ortiz-Bish, A., Ruiz-Martinez, Y., Medina-Jimenez, L., & Elena-Gamboa, J. (2018). Perfil antropométrico de jugadoras de handebol femenino de élite. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 11(2), 47–51. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.09.002>
- Ramos-Campo, D. J., Sánchez, F. M., García, P. E., Arias, J. Á. R., Cerezal, A. B., Clemente-Suarez, V. J., & Díaz, J. F. J. (2014). Características antropométricas en función del puesto en jugadores profesionales de equipo: Baloncesto, balonmano y fútbol sala. *International Journal of Morphology*, 32(4), 1316–1324.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022014000400032>

- Read, S., & Grundy, E. (2012). Allostatic load – a challenge to measure multisystem physiological dysregulation. *NCRM Working Paper*, 4, 1–10. <https://doi.org/10.1055/s>
- Ripka, W. L., Orsso, C. E., Haqq, A. M., Prado, C. M., Ulbricht, L., & Leite, N. (2021). Validity and accuracy of body fat prediction equations using anthropometrics measurements in adolescents. *Eating and Weight Disorders*, 26(3), 879–886. <https://doi.org/10.1007/s40519-020-00918-3>
- Rocessors, T. R. P., & Jacobson, Q. A. (1999). *Performance Factors in Women'S Team Handball:Physical and Physiological Aspects—a Review*. 3, 443–450.
- Rodriguez-Sanchez, N., & Galloway, S. D. R. (2015). Errors in dual energy x-ray absorptiometry estimation of body composition induced by hypohydration. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(1), 60–68. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0067>
- Rogulj, N., Vuleta, D., Milanović, D., Čavala, M., & Foretić, N. (2011). 2011. Rogulj. *THE EFFICIENCY OF ELEMENTS OF HANDBALL*. 14, 5–14.
- Rousanoglou, E. N., Noutsos, K. S., & Bayios, I. A. (2014). Playing level and playing position differences of anthropometric and physical fitness characteristics in elite junior handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54(5), 611–621.
- Saavedra, J. M. (2018). Handball Research: State of the Art. *Journal of Human Kinetics*, 63(1), 5–8. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0001>
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., & Moya, M. (2016). Effects of 4-Week training intervention with unknown loads on power output performance and throwing velocity in junior team handball players. *PLoS ONE*, 11(6), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157648>
- Sansone, P., Makivic, B., Csapo, R., Hume, P., Martínez-Rodríguez, A., & Bauer, P. (2022). Body Fat of Basketball Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine - Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00418-x>
- Schubert, M. M., Seay, R. F., Spain, K. K., Clarke, H. E., & Taylor, J. K. (2019).

- Reliability and validity of various laboratory methods of body composition assessment in young adults. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 39(2), 150–159. <https://doi.org/10.1111/cpf.12550>
- Shepherd, J., Ng, B., Sommer, M., Heymsfield, S. B., & Francisco, S. (2018). *HHS Public Access “Body Composition by DXA.”* 101–105. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2017.06.010.Body>
- Shih, R., Wang, Z., Heo, M., Wang, W., & Heymsfield, S. B. (2000). Lower limb skeletal muscle mass: Development of dual-energy X-ray absorptiometry prediction model. *Journal of Applied Physiology*, 89(4), 1380–1386. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.4.1380>
- Silva, A. M., & Ludwig, D. S. (2015). Methods : Evolving Concepts and Future Directions. *Obes Rev.*, 16(4), 282–294. <https://doi.org/10.1111/obr.12261.Multi-Component>
- Silveira, E. A., Barbosa, L. S., Noll, M., Pinheiro, H. A., & de Oliveira, C. (2021). Body fat percentage prediction in older adults: Agreement between anthropometric equations and DXA. *Clinical Nutrition*, 40(4), 2091–2099. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.09.032>
- Sinning, W. E., & Wilson, J. R. (1984). Validity of “generalized” equations for body composition analysis in women athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55(2), 153–160. <https://doi.org/10.1080/02701367.1984.10608392>
- Slater, G., Nana, A., & Kerr, A. (2017). Imaging method: Dual-energy X-ray absorptiometry. *Best Practice Protocols for Physique Assessment in Sport*, 153–167. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5418-1_13
- Sporiš, G., Vuleta, D., & Milanović, D. (2010). Fitness profiling in handball: Physical and physiological characteristics of elite players. *Collegium Antropologicum*, 34(3), 1009–1014.
- Störchle, P., Müller, W., Sengeis, M., Lackner, S., Holasek, S., & Fürhapter-Rieger, A. (2018). Measurement of mean subcutaneous fat thickness: eight standardised ultrasound sites compared to 216 randomly selected sites. *Scientific Reports*, 8(1).

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-34213-0>

- Tabrizi, H. B., Abbasi, A., & Sarvestani, H. J. (2013). Comparing the static and dynamic balances and their relationship with the anthropometrical characteristics in the athletes of selected sports. *Middle East Journal of Scientific Research*, 15(2), 216–221. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.15.2.7426>
- Tasevski, Z., Stojanoska, B., Gligoroska, J., Todorovic, M., & Kalac, R. (2020). Anthropometric and body composition differences among elite kosovo basketball, handball and soccer players. *International Journal of Morphology*, 9(2), 1857–8160. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022019000301067>
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., & Marmon, A. R. (2017). Activity Demands During Multi-Directional Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(12), 2533–2551. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0772-5>
- Teraz, K., & Meulenbergh, C. J. W. (2019). NUTRITIONAL INTAKE OF SLOVENIAN SEMI-PROFESSIONAL HANDBALL PLAYERS. *ANNALES KINESIOLOGIAE*, 10(2), 129–147.
- Thorlund, J. B., Michalsik, L. B., Madsen, K., & Aagaard, P. (2008). Acute fatigue-induced changes in muscle mechanical properties and neuromuscular activity in elite handball players following a handball match. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18(4), 462–472. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00710.x>
- Torres-Luque, G., Calahorra-Cañada, F., & Nikolaidis, P. T. (2016). Age-related differences in physical and physiological characteristics in male handball players [Diferencias relacionadas con la edad en las características físicas y fisiológicas en jugadores de balonmano masculino]. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 33(5), 318–324. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85008391825&partnerID=40&md5=862872c8eebe581d8b8a50cd21ce776a>
- Vescovi, J. D., Hildebrandt, L., Miller, W., Hammer, R., & Spiller, A. (2002). Evaluation of the BOD POD for estimating percent fat in female college athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 599–605. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0599:EOTBPF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0599:EOTBPF>2.0.CO;2)

- Vescovi, J. D., Zimmerman, S. L., Miller, W. C., & Fernhall, B. (2002). Effects of clothing on accuracy and reliability of air displacement plethysmography. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 282–285. <https://doi.org/10.1097/00005768-200202000-00016>
- Vila, H., Manchado, C., Rodriguez, N., Abrales, J. A., Alcaraz, P. E., & Ferragut, C. (2012). Anthropometric profile, vertical jump, and throwing velocity in elite female handball players by playing positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2146–2155. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823b0a46>
- Vuleta, D., Bojić-ćaćić, L., Milanović, D., Duraković, M. M., & Dizdar, D. (2020). Positional differences in anthropometric characteristics of the croatian u18 female field handball players. *Kinesiology*, 52(1), 124–133. <https://doi.org/10.26582/k.52.1.10>
- Wagner, H., Buchecker, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2010). Kinematic description of elite vs. low level players in team-handball jump throw. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(1), 15–23.
- Wagner, H., Finkenzeller, T., Würth, S., & Von Duvillard, S. P. (2014). Individual and team performance in team-handball: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(4), 808–816.
- Wang, Z. M., Pierson, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). El modelo de cinco niveles: un nuevo enfoque para organizar la investigación de la composición corporal. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56(1), 19–28. <https://academic.oup.com/ajcn/article/56/1/19/4715618%0Aci-hub.tw/10.1093/ajcn/56.1.19>
- Weber, J., & Wegner, M. (2016). Konstitutionelle Anforderungen für verschiedene Spielpositionen beim Frauenhandball. *Sportwissenschaft*, 46(4), 305–314. <https://doi.org/10.1007/s12662-016-0412-5>

9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messmethoden zur Bestimmung der Körperzusammensetzung	11
Tabelle 2: Anhand Hautfaltenmethode gemessenen Werte der Körperzusammensetzung.	26
Tabelle 3: Anhand BIA gemessenen Werte der Körperzusammensetzung	30
Tabelle 4: Anhand DXA gemessenen Werte der Körperzusammensetzung.....	34

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prisma Flussdiagramm (mod. n. Moher et al., 2009).....	20
Abbildung 2: Baumdiagramm zur Darstellung des relativen Körperfettanteils (%) aller eingeschlossenen Studien [95% CI]	23
Abbildung 3: Trichtergraphik aller Studien inklusive Moderatorvariablen.....	24