

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM ATLETAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Nicolli Cariello Martins¹, Fernanda Donner Alves^{2,4}
 Paulo Sehl³, Cláudia Dornelles Schneider⁴
 Gabriela Corrêa Souza¹

RESUMO

Introdução: diferentes métodos e protocolos são utilizados para análise dos componentes corporais em atletas e não há um consenso sobre a utilização ou as comparações entre eles. Objetivo: identificar e descrever os estudos comparativos de métodos de avaliação da composição corporal utilizados em atletas. Métodos: trata-se de uma revisão sistemática onde foram buscadas as palavras-chave "atletas" e "composição corporal" e seus termos correspondentes em inglês, utilizando limite de tempo, idioma, delineamento e estudos em humanos, nas bases de dados Pubmed, Embase, Scopus, Lilacs e Scielo. Resultados: das 1.842 referências encontradas, 30 atenderam os critérios de inclusão, totalizando 2.202 atletas adultos de diferentes esportes. Foram identificados sete métodos diferentes, sendo os mais comparados: dobras cutâneas, densitometria de raios-X de dupla energia e bioimpedância; e os menos utilizados: pletismografia, raios infravermelhos e ultrassom. Houve uma maior predominância de estudos onde a bioimpedância apresentou valores superiores de componentes corporais quando comparada a outros métodos. Conclusão: as discrepâncias entre os resultados, populações, equações de predição e equipamentos utilizados dificultam a generalização dos achados, indicando que uma padronização das avaliações deve ser feita dentro de cada método.

Palavras-chave: Composição Corporal. Atletas. Dobras Cutâneas. Densitometria. Bioimpedância Elétrica.

1-Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

2-Faculdade de Nutrição, Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

ABSTRACT

Comparison between body composition assessment methods in athletes: a systematic review

Introduction: different methods and protocols are used to analyze body components however there is no consensus about use or comparisons between them in athletes. Objective: identifying and describing the comparative studies about body composition evaluation methods used in athletes. Methods: this were a systematic review in which were included the keywords "athletes" and "body composition". The parameters considerate in Pubmed, Embase, Scopus, Lilacs and Scielo databases were time limit, language, design and only for humans. Results: thirty of the 1.842 references met the inclusion criteria, with a total of 2,202 adult athletes from different sports. Seven different methods were identified, the most compared were anthropometry, X-ray densitometry (DXA) and bioelectrical bioimpedance (BIA); and the least used were plethysmography, infra-red and ultrasound. There was a predominance of studies where BIA presented higher values of body components when compared to other methods. Conclusion: the discrepancies between the results, populations, formulas, and equipment used difficulties the generalization of results. It is essential to standardize the evaluations within each method.

Key words: Body Composition. Athletes. Skinfolds. Dual-energy X-ray absorptiometry. Bioelectrical Impedance.

3-Faculdade de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

4-Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSA), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

INTRODUÇÃO

O desempenho de um atleta no esporte em que pratica depende - além de aspectos genéticos e psicológicos - também de aspectos nutricionais (Winter e colaboradores, 2007), que se expressam especialmente nos padrões de composição corporal.

Esses padrões, principalmente no que se refere a distribuição de gordura e de massa muscular, podem ser tanto uma consequência natural decorrente de sessões de treinamento sucessivas, quanto um objetivo a ser alcançado na prática de uma modalidade esportiva específica (Hernandez e Nahas, 2009).

A composição corporal de atletas varia de acordo com o tipo de esporte, sexo (Santos e colaboradores, 2014), frequência e volume de treinamento (Zapolska e colaboradores, 2014).

Existem diferentes métodos utilizados para avaliação da composição corporal, podendo ser classificados em métodos indiretos ou duplamente indiretos.

Entre os métodos indiretos mais utilizados no meio esportivo, os quais dizem respeito às medidas quantitativas dos diferentes componentes corporais, estão a pesagem hidrostática (PH), a pletismografia (PLTS), a tomografia computadorizada e a densitometria por emissões de raios X de dupla energia (DXA).

Os métodos duplamente indiretos, por sua vez, utilizam equações de regressão baseadas em um método indireto, e dentre eles podem ser citados a bioimpedância elétrica (BIA), o ultrassom, os raios infravermelhos (RI) e as dobras cutâneas (DOC).

A variabilidade de métodos e protocolos resulta em uma desconformidade ao apresentar os resultados das avaliações, muitas vezes impossibilitando a comparação entre as diferentes populações analisadas.

Assim, o objetivo desta revisão sistemática foi descrever os estudos comparativos de métodos de avaliação da composição corporal utilizados em atletas, a fim de identificar os métodos mais usuais e a concordância entre eles.

MATERIAIS E MÉTODOS**Estratégia de Busca e Seleção dos Estudos**

A busca aos artigos foi realizada entre setembro de 2016 a março de 2018, nas bases de dados Pubmed, Lilacs, Embase, Scopus e Scielo.

As palavras-chave utilizadas foram "atletas" e "composição corporal" e seus termos correspondentes em inglês. Foram incluídos limite de tempo (1996 a 2018), estudos apenas em humanos, idioma (inglês, português e espanhol) e com limitação para delimitação.

Esta revisão foi registrada no PROSPERO, obtendo o código CRD42017057359, e foi conduzida de acordo com o Guidelines for Meta-Analyses and Systematic Reviews of Observational Studies (MOOSE) (Stroup e colaboradores, 2000).

De forma independente dois revisores (NCM e FDA), analisaram o conteúdo dos títulos e resumos dos artigos. Discrepâncias foram discutidas com um terceiro autor (GCS).

O índice de concordância Kappa foi calculado entre os estudos selecionados pelos revisores. Artigos não disponíveis nas bases de dados foram solicitados por e-mail para os autores. As referências dos artigos incluídos e dos artigos de revisão também foram analisadas.

Crerios de Elegibilidade

População de atletas adultos (> 18 anos) de qualquer modalidade esportiva, amadores ou profissionais.

Os métodos de avaliação de composição corporal não foram limitados, entretanto, artigos que utilizaram modelos de dois ou mais compartimentos corporais não foram selecionados.

Foram incluídos apenas artigos que realizaram a comparação entre métodos de avaliação da composição corporal com delimitação de estudos comparativos, observacionais, clínicos ou de validação.

Extração dos Dados e Qualidade Metodológica dos Estudos Incluídos

As variáveis foram extraídas dos estudos por dois revisores de forma independente: autor e ano, população, sexo, idade, esporte, métodos de avaliação da

composição corporal e principais achados sobre a comparação dos métodos.

A análise de qualidade foi realizada de acordo com os critérios do Quality Assessment Tool for Observational Cohort and Cross-Sectional Studies do National Institutes of Health (NIH) (2014) e do Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) (Balslem e colaboradores, 2011).

RESULTADOS

A busca inicial nas diferentes bases de dados gerou 1.842 resultados dos quais 325 foram excluídos por duplicatas.

A triagem manual identificou que 1.468 artigos não preencheram os critérios de elegibilidade e que nove não estavam disponíveis para leitura, mesmo após tentativa de contato com os autores, restando 30 trabalhos a serem incluídos nesta revisão.

A concordância entre os revisores foi de 97% e o índice Kappa foi de 0,981 ($p < 0,001$).

Características dos Estudos

Um total de 2.202 atletas foram avaliados, sendo 39% atletas universitários. A porcentagem de homens (65,5%) foi superior à de mulheres (34,5%). Por sua vez, a faixa etária média dos estudos foi de 22,6 anos de idade.

A avaliação de qualidade pelo GRADE os identificou como “baixa qualidade” por serem em sua maioria estudos observacionais.

No método sugerido pelo NIH para estudos observacionais e transversais, a maioria atendeu aos critérios de qualidade que eram aplicáveis, com exceção do cálculo do tamanho da amostra, onde apenas dois artigos apresentaram alguma justificativa ou poder para o número de atletas incluídos. Dos artigos incluídos, 26 artigos (86,7%) compararam os métodos de composição corporal como objetivo primário.

Desfechos Avaliados

Métodos de Avaliação e Componentes Corporais

Dos 30 artigos selecionados, 60% utilizaram DOC e 63,5% BIA. A DXA foi comparada, também, em 60% dos estudos, PH em 33,5% e PLTS em 23,5%. Apenas 10% dos estudos compararam Ultrassom ou RI com outros métodos de avaliação.

O percentual de gordura (%G) foi estimado em mais de 85% dos trabalhos e a massa gorda (MG) em quilos, por sua vez, em apenas 16,6% do total de artigos.

Aproximadamente 40% dos estudos avaliaram massa livre de gordura (MLG). A massa livre de gordura e osso (MLGO) e o conteúdo mineral ósseo (CMO), bem como a massa muscular (MM), foram estimados em apenas dois dos estudos.

Os métodos comparados e a essência dos resultados encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos estudos.

Autor (ano)	População (n, % sexo e média de idade)	Métodos comparados	Resultados
Sparling e colaboradores (1998)	n = 12 atletas de hóquei ♀ = 100% (27,0 ± 3,0 anos)	DOC (Jackson e colaboradores); DXA (Lunar DPX-L); PH	Não foram observadas diferenças significativas nas estimativas de %G entre os três métodos
Deutz e colaboradores (2000)	n = 62 atletas de ginástica e corrida ♀ = 100% (20,2 ± 1,9 anos)	DOC (Jackson e Pollock); DXA (Lunar Corporation DPXL)	%G estimado por DXA foi ↑ em relação a DOC. Os métodos foram significativamente correlacionados*
Brock e colaboradores (2001)	n = 100 atletas de futebol ♂ = 100% (20,2 ± 1,9 anos)	DOC (Jackson e Pollock); BIA (Tanita TBF 310); PH	%GC foi diferente entre os métodos. PH foi altamente correlacionada* com BIA e DOC em relação a estimativa de MLG
Astorino e colaboradores (2004)	n = 13 atletas de hóquei ♀ = 100% (19,6 ± 1,3 anos)	DOC (Lohman e colaboradores); BIA (Omnron HBF-300)	BIA e dobras cutâneas apresentaram uma correlação significativa*
Ostojic e colaboradores (2006)	n = 219 atletas de diferentes modalidades esportivas ♂ = 100% (24,2 ± 5,1 anos)	DOC (Jackson e colaboradores); BIA (Tanita BF-662W)	%G estimado por BIA e por DOC não foram significativamente diferentes. Os métodos foram altamente correlacionados*
Knechtle e colaboradores (2011)	n = 257 atletas de ultra-resistência ♂ = 100% (43,8 ± 9,0 anos)	DOC (Ball e colaboradores); Stewart e colaboradores; Faulkner e colaboradores; Lee e colaboradores; Janssen e colaboradores); BIA (101 Impedance Analyzer)	MG e MM estimadas por BIA foram ↑ quando comparadas às equações antropométricas

Carvalho e colaboradores (2012)	n = 41 atletas de rugby ♂ = 100% (19,9 ± 2,2 anos)	DOC (Lohman e colaboradores); DXA (Hologic QDR-4500)	Estimativa de MLG por DOC foi ↑ do que a estimativa por DXA
Loenneke e colaboradores (2013)	n = 35 atletas de beisebol ♂ = 100% (20,0 ± 1,0 anos)	DOC (Jackson e colaboradores); BIA (Tanita TBF-350 e Omron HBF-306 e 500); DXA (GE Lunar Prodigy)	%G estimado por BIA e antropométricas foram ↓ em relação a DXA, com exceção de BIA-500 que esimou valores ↑
Fornetti e colaboradores (1999)	n = 132 atletas universitários de diferentes modalidades esportivas ♀ = 100% (20,4 ± 1,5 anos)	BIA (RJL 101A analyzer); DXA (Hologic QDR-1000W); RI	Valores estimados por BIA e RI foram altamente correlacionados* com os vaolres de MLG e DXA
Stewart e colaboradores (2000)	n = 106 atletas de diferentes modalidades esportivas ♂ = 100% (28,3 ± 7,4 anos)	DOC (Jackson e colaboradores); BIA (RJL systems); DXA (Hologic QDR 1000W)	DOC foi superior a BIA em detectar gordura principalmente nas regiões abdominal, coxa e supra íliaca
Company e colaboradores (2010)	n = 80 atletas de resistência e potência ♂ = 100% (26,7 ± 0,8 anos)	BIA (DF500); DXA (Hologic QDR 4500A)	%G estimado por BIA foi significativamente ↑ em relação a DXA. BIA e DXA se correlacionaram significativamente
Esco e colaboradores (2011)	n = 40 atletas universitários de futebol, tenis e basquete ♀ = 100% (21,1 ± 2,3 anos)	BIA (Omron HBF-300); DXA (GE Lunar Prodigy)	%G estimado por BIA foi ↓ e MLG foi ↑, em relação a DXA
Esco e colaboradores (2015)	n = 45 atletas universitários de diferentes modalidades esportivas ♀ = 100% (21,2 ± 2,0 anos)	BIA (InBody 720); DXA (GE Lunar Prodigy)	BIA forneceu valores de %G ↓ e valores de MLG ↑, em relação a DXA
Birniece e colaboradores (2015)	n = 71 atletas treinados recreacionalmente ♂ = 60,6% (27,1 ± 0,8 anos) ♀ = 39,4% (24,4 ± 1,2 anos)	BIA (ImpediMed SFB7); DXA (GE Lunar Prodigy)	MG estimada por BIA foi ↓ em relação a DXA. MLG estimada por BIA foi ↑, apenas no sexo masculino. DXA e BIA se correlacionaram significativamente*
Mouad e colaboradores (2015)	n = 79 atletas de diferentes modalidades esportivas ♂ = 44,3% (24,3 ± 8,3 anos) ♀ = 55,7% (21,3 ± 5,3 anos)	BIA (Tanita MC-180); DXA (Hologic Explorer W)	BIA subestimou o %G e a MG em relação a DXA e superestimou as outras variáveis: MLGO e CMO
Raymon e colaboradores (2018)	n = 44 atletas universitários de futebol ♂ = 100% (19,4 ± 1,4 anos)	BIA (InBody 770); DXA (GE Lunar iDXA)	BIA subestimou o %G e a MG em relação a DXA e superestimou a MLG. Ambos os métodos se correlacionaram significativamente* nas estimativas de MG e MLG
Williams e colaboradores (1998)	n = 232 atletas universitários ♂ = 50,4% (21,2 ± 1,2 anos) ♀ = 49,6% (21,1 ± 1,3 anos)	DOC (Lohman e colaboradores); BIA (RJL systems 101); PH	%G por PH foi ↓ comparado a BIA em ambos os sexos. PH comparado a DOC foi ↓ no sexo feminino, mas não no masculino
Vescovi e colaboradores (2002)	n = 80 atletas universitários de diferentes modalidades esportivas ♀ = 100% (20,2 ± 1,5 anos)	DOC (descrita em ACSM); PLTS; PH	%G estimado por PLTS foi ↑ do que o estimado por PH e DOC, não havendo ≠ significativa entre estes dois
Civas e colaboradores (2003)	n = 99 atletas universitários de diferentes modalidades esportivas ♂ = 100% (21,8 ± 2,0 anos)	DOC (Sloan e colaboradores); BIA (Tanita 310); PH	%G por BIA foi ↓ quando comparado a PH. A equação de Dumin e Wormersley foi altamente correlacionada com PH
Ballaard e colaboradores (2004)	n = 47 atletas de diferentes modalidades esportivas ♀ = 100% (19,7 ± 1,0 anos)	DXA (Hologic QDR 4500A); PLTS	PLTS não apresentou ≠ no %G e MLG em relação a DXA
Dixon e colaboradores (2005)	n = 25 atletas de luta ♂ = 100% (19,2 ± 1,2 anos)	DOC (Lohman e colaboradores); BIA (Tanita TBF-300A); PLTS; PH	%G por BIA foi ↓ em comparação com PH e DOC. Não houve ≠ significativa no %G estimado por PLTS, DOC e PH. Todos os m Métodos foram altamente correlacionads* com PH
Syantesson e colaboradores (2008)	n = 33 atletas de hóquei e futebol ♂ = 100% (24,8 ± 5,0 anos)	BIA (Hydra 4200); DXA (Lunar Prodigy)	BIA superestimou MLG e subestimou %G em relação a DXA. A MLG por BIA nos jogadores de hóquei foi ↑ em comparação aos jogadores de futebol
Bentzur e colaboradores (2008)	n = 30 atletas universitários de atletismo ♀ = 100% (20,3 ± 1,6 anos)	DOC (Jackson e Pollock); DXA (Lunar DPX); PLTS; PH	%G estimado por PLTS foi ↑ em PH e ↓ que o estimado por DXA. Em relação a DOC, não houve ≠ significativa
Fukuda e colaboradores (2015)	n = 20 atletas de remo ♂ = 100% (24,8 ± 2,2 anos)	DOC (Brozek e colaboradores); PH; RI	%G por PH foram similares a RI e DOC, sem ≠ significativas. Os métodos não foram correlacionados
Kilduff e colaboradores (2007)	n = 55 atletas universitários ♂ = 100% (20,6 ± 1,4 anos)	DOC (Jaskson e Pollock); BIA (Bodystat Quadscan); PLTS; PH; RI	Todos os métodos foram correlacionados significantemente*
Pineau e colaboradores (2009)	n = 93 atletas de diferentes modalidades esportivas ♂ = 74,1% (23,9 ± 3,9 anos)	DXA (QDR 4500W); Ultrassom	%G estimado por ultrassom foi similar ao estimado por DXA. Os métodos foram altamente correlacionados* em ambos os

	♀ = 25,9% (22,3 ± 2,7 anos)		sexos
Peeters e colaboradores (2013)	n = 64 atletas universitários de diferentes modalidades esportivas ♂ = 48,5% (21,6 ± 3,5 anos) ♀ = 51,5% (20,7 ± 2,0 anos)	PLTS; PH	%G estimado por PH foi ↓ em relação a PLTS. A diferença entre os métodos foi observada apenas no sexo masculino
Loennek e colaboradores (2014)	n = 13 atletas de ginástica ♀ = 100% (20,0 ± 1,0 anos)	DXA (GE Lunar Prodigy); Ultrassom	%G estimado por Ultrassom foi ↑ em relação a DXA
Wagner e colaboradores (2016)	n = 45 atletas universitários de diferentes modalidades esportivas ♂ = 48,8% (20,6 ± 1,6 anos) ♀ = 51,2% (19,6 ± 1,4 anos)	DOC (Jackson e Pollock); PLTS; Ultrassom	%G estimado por ultrassom foi ↑ do que as estimativas por PLTS e DOC

Legenda: #: diferente(s); ↑: significativamente maior(es)/superior(es); ↓: significativamente menor(es)/inferior(es); %G: percentual de gordura; ACSM: American College of Sports Medicine; BIA: Bioimpedância elétrica; CMO: Conteúdo Mineral Ósseo; DC: Densidade corporal; DOC: Dobras cutâneas; DXA: Desitometria por emissões de raios X de dupla energia; DD: Diluição de deutério; MG: Massa de gordura; MLG: Massa livre de gordura; MLGO: Massa livre de gordura e osso; MM: Massa muscular; PH: Pesagem hidrostática; PLTS: Pletismografia; RI: Raios infravermelhos. * Alta correlação foi determinada quando $r > 0,8$.

Comparação entre os Métodos

A comparação entre BIA e DOC foi realizada em quatro estudos, dos quais dois (Astorino e colaboradores 2004; Ostojic, 2006) apresentaram uma alta correlação ($r = 0,930$ e $0,960$, respectivamente) entre os métodos e um demonstrou médias superiores de MG (kg) e MM (kg) quando estimadas por BIA (Knechtle e colaboradores, 2011).

O estudo realizado por Brock e colaboradores (2001) não evidenciou diferença na estimativa de %G entre os métodos em atletas de futebol do sexo masculino.

Por outro lado, outros dois estudos compararam esses dois métodos com DXA, considerado um método "padrão ouro", revelando resultados divergentes.

Loenneke e colaboradores (2013), com atletas de beisebol, avaliaram BIA e DOC evidenciando um menor %G em ambos os métodos quando comparados a DXA.

Ao contrário, em um estudo incluindo heptatletas, o %G foi superestimado por BIA e semelhante entre as equações antropométricas e DXA (Houtkoop e colaboradores, 2011).

DOC e DXA. Comparando somente o método de DOC com DXA, Deutz e colaboradores (2000) e Sparling e colaboradores (1998) também demonstraram resultados divergentes entre os estudos. O primeiro, realizado em atletas de ginástica e corrida, mostrou uma correlação significativa ($r = 0,855$) entre os métodos, mas um maior %G médio estimado por DXA.

O segundo, em atletas de hóquei do sexo feminino, não observou diferenças significativas na estimativa de %G entre os métodos. Quando a estimativa foi de MLG, a equação antropométrica utilizada para as dobras cutâneas apresentou médias

superiores a DXA (Carvalho e colaboradores, 2012).

BIA e DXA. Dos estudos que compararam BIA com DXA, apenas um deles (Company e Ball, 2010) identificou um maior %G estimado por BIA.

Birzniece e colaboradores (2015), por sua vez, indicaram valores inferiores de MG e superiores de MLG nas estimativas por BIA comparado a DXA, porém apenas no sexo masculino de atletas treinados recreacionalmente.

Esco e colaboradores (2011) apresentaram resultados semelhantes em atletas do sexo feminino. Menor %G e maior quantidade de MLG aferidos por BIA em relação a DXA, também foram evidenciados em outros três artigos (Esco e colaboradores, 2015; Raymond, Dengel e Bosch, 2018; Svantesson e colaboradores, 2008).

Outros componentes estimados, tais como MLGO e CMO, em estudo realizado por Mouad e colaboradores (2015) foram igualmente superestimados por BIA.

Resumidamente, a maioria dos estudos que comparou BIA com DXA concordou que o primeiro método detectou menores valores de MG e maiores valores de MLG.

PLTS e DXA. Um artigo publicado por Bentzur e colaboradores (2008) aplicou os métodos de PLTS e DXA em atletas universitárias de atletismo, resultando em um menor %G estimado por PLTS. Outro estudo não apresentou diferenças entre as duas metodologias (Ballard, Fafara e Vukovich, 2004).

PH e DOC. A comparação entre PH e DOC não demonstrou diferenças significativas na estimativa de %G em dois dos estudos desta revisão (Fukuda e colaboradores, 2017; Vescovi e colaboradores, 2002).

Em um trabalho realizado por Williams e colaboradores (1998) a estimativa por PH foi significativamente menor no sexo feminino, mas não no masculino. Neste mesmo estudo, os valores por PH também foram superiores quando comparados a BIA.

Corroborando com esses resultados, Civar e colaboradores (2003) também evidenciaram um maior %G estimado por PH em relação a BIA.

Ainda, a equação de Durnin, Womersley (1974) para DOC foi altamente correlacionada ($r = 0,934$) com PH em atletas universitários do sexo masculino.

PH e PLTS. Três estudos avaliaram o %G comparando os métodos de PH e PLTS. No trabalho de Dixon e colaboradores (2005) não houve diferença significativa entre os dois métodos e estes foram altamente correlacionados ($r = 0,800-0,960$).

Em contrapartida, outros autores evidenciaram um maior %G estimado por PLTS em relação a PH.

No estudo de Vescovi e colaboradores (2002) a diferença entre os métodos foi observada apenas em atletas do sexo feminino. Já o estudo de Peeters e colaboradores (2013), em atletas universitários do sexo masculino.

Ultrassom. Os artigos que utilizaram Ultrassom como método de avaliação identificaram estimativas de %G significativamente maiores que outras técnicas, tais como DXA, PLTS e DOC (Loenneke e colaboradores, 2014; Wagner, Cain e Clark, 2016).

Por outro lado, Pineau e colaboradores (2009) não observaram diferenças entre Ultrassom e DXA, apenas uma alta correlação ($r = 0,990$) entre os métodos.

RI e BIA e DXA. Os autores que empregaram RI na avaliação da composição corporal não salientaram diferenças nas estimativas em relação a outras técnicas (Fukuda e colaboradores, 2017), apenas uma correlação positiva entre RI ($r = 0,957-0,980$) e BIA ($r = 0,987-0,997$) com DXA na estimativa de MLG (Fornetti e colaboradores, 1999).

Kilduff e colaboradores (2007) apresentaram uma correlação significativa entre DOC ($r = 0,983$), BIA ($r = 0,998$), PLTS ($r = 0,997$), PH ($r = 0,996$) e RI ($r = 0,995$).

Todos os cinco métodos detectaram alterações semelhantes no aumento da MLG

após um período em que os atletas receberam suplementação de creatina.

DISCUSSÃO

Esta revisão teve como objetivo descrever os estudos comparativos de métodos de avaliação da composição corporal em atletas de diversas modalidades esportivas, sendo identificada grande variabilidade entre os resultados, populações, equações e equipamentos utilizados, o que influenciou diretamente a generalização dos achados.

Dos artigos revisados, houve uma maior predominância de estudos onde a BIA apresentou valores superiores de componentes corporais, tais como MM, MLG, MLGO e CMO, quando comparada a outros métodos, e valores inferiores de %G e MG em relação a DXA.

Essas variações podem ser justificadas pelas metodologias de cada equipamento, sendo que a BIA mensura primeiramente a água corporal total (Associação Brasileira de Nutrologia, 2009), desta forma, qualquer modificação nos níveis de hidratação poderá afetar os resultados.

Uma pesquisa realizada em 1998 mostrou que a ingestão aguda de líquidos foi capaz de superestimar em mais de 3% a MG avaliada por BIA (Saunders, Blevins e Broeder, 1998).

Ainda, Dixon e colaboradores (2009) demonstraram que a ingestão de líquidos, mesmo em pequenas quantidades (590 ml), pode influenciar significativamente nas estimativas de MG.

Por estas razões, a estimativa por BIA deve seguir um protocolo específico relacionado a alteração da hidratação (Kyle e colaboradores, 2004).

Nos três estudos que seguiram o protocolo, os valores de BIA com o método comparado foram altamente correlacionados (Astorino e colaboradores, 2004; Brock e colaboradores, 2001; Ostojic, 2006).

A maioria deles não avaliou o estado de hidratação, o que pode ter contribuído para os resultados divergentes no caso de uma não adesão dos atletas aos rigorosos protocolos.

Além disso, já foram demonstradas diferenças entre os aparelhos de BIA de frequência simples e de frequência múltipla, quando comparados a DXA (Leahy e colaboradores, 2012; Malavolti e colaboradores, 2003).

Estudos mais recentes (Birzniece e colaboradores, 2015; Esco e colaboradores, 2015; Mouad e colaboradores, 2015; Raymond, Dengel e Bosch, 2018) utilizaram BIA multifrequência e obtiveram achados semelhantes. Nestes estudos, o %G e a MG foram subestimados, bem como nos resultados apresentados por outros autores (Esco e colaboradores, 2011; Svantesson e colaboradores, 2008), os quais não identificaram a frequência do equipamento.

Outros componentes (MLG, MLGO e CMO) foram superestimados nesses estudos. Ainda, deve-se levar em consideração o número de polos de contato do aparelho, o qual pode ter dois, quatro ou oito, e a posição em que são colocados, por exemplo, pé-mão, pé-pé ou mão-mão (Associação Brasileira de Nutrologia, 2009).

As avaliações com DXA evidenciaram que em alguns casos, como nas comparações com DOC e PLTS, o método de referência apresentou valores superiores de componentes corporais (Deutz e colaboradores, 2000; Loenneke e colaboradores, 2013; Bentzur e colaboradores, 2008).

O processo pelo qual essa tecnologia diferencia os componentes corporais ocorre por meio da emissão dos raios X através dos tecidos ósseos e moles de um indivíduo (Adams, 1998; Rech e colaboradores, 2008).

Este é um método considerado ideal para analisar a composição corporal de mulheres devido a variação de densidade mineral óssea que essa população apresenta (Heymsfield e colaboradores, 2005; Warner e colaboradores, 2004).

No entanto, a DXA ainda é uma técnica pouco acessível na prática clínica pelo seu alto custo e necessidade de local específico para a realização da avaliação (Heyward, 2002).

Tanto BIA quanto DOC foram os métodos mais utilizados pelos artigos desta revisão, porém, apenas três (Houtkoop e colaboradores, 2001; Loenneke e colaboradores, 2013; Stewart e Hannan, 2000) compararam estes métodos com DXA, a fim de evidenciar qual apresenta maiores diferenças.

Acreditamos que os achados divergentes se justificam pelas diferentes amostras de atletas utilizadas.

Além disso, as DOC variam de acordo com o método de padronização das medidas, equações de predição apropriadas e

habilidade técnica dos avaliadores (Houtkoop e colaboradores, 2001).

As técnicas menos utilizadas foram a pletismografia, os raios infravermelhos e o ultrassom. Os estudos com RI não denotaram diferenças em relação a outros métodos (Fornetti e colaboradores, 1999; Fukuda e colaboradores, 2017; Kilduff e colaboradores, 2007).

As estimativas com ultrassom mostraram-se maiores que as estimativas por DXA e DOC (Loenneke e colaboradores, 2014; Wagner, Cain e Clark, 2016).

Quatro autores aplicaram PLTS (Bentzur e colaboradores, 2008; Dixon e colaboradores, 2005; Peeters e colaboradores, 2013; Vescovi e colaboradores, 2002) e identificaram maior %G nos atletas em relação a PH, com exceção do estudo de Dixon e colaboradores (2005), o qual não apresentou variação entre os métodos.

Ainda que a PH e a PLTS sejam métodos semelhantes (Dempster e Aitkens, 1995), a diferença encontrada nos trabalhos aqui citados foi significativa. Sendo a PH usada como método de referência nesses estudos, a superestimação por PLTS em um grupo composto essencialmente por mulheres pode sugerir um possível viés de gênero.

A PH também foi comparada em outros seis artigos, dos quais três não mostraram diferenças em relação a outros métodos (Fukuda e colaboradores, 2017; Kilduff e colaboradores, 2007; Sparling e colaboradores 1998). Em contrapartida, o estudo de Civar e colaboradores (2003) demonstrou uma estimativa superior de gordura corporal por PH quando comparado a BIA.

Williams e colaboradores (1998), por sua vez, apresentaram disparidade na comparação entre os sexos, onde as estimativas de %G no sexo feminino foram inferiores à do sexo masculino quando avaliadas por PH.

Ainda, Peeters e colaboradores (2013) identificaram diferença significativa entre PH e PLTS apenas nos atletas do sexo masculino. Essa desconformidade pode ocorrer devido a diferença de composição corporal entre homens e mulheres e o poder que cada método tem de avaliar melhor a gordura corporal ou a massa livre de gordura (Driskell e Wolinsky, 2011).

As principais limitações dos artigos apresentados nesta revisão consistem na falta de padronização das medidas antropométricas

(dobras cutâneas), na variabilidade de equações pré-estabelecidas, nos diferentes tipos de equipamentos, na heterogeneidade da composição corporal dos atletas de diferentes esportes, bem como o não monitoramento da ingestão alimentar e, principalmente, do estado de hidratação dos indivíduos avaliados.

O tamanho da amostra de alguns estudos também é reconhecido como limitação para fim de validação dos métodos.

CONCLUSÃO

Os estudos desta revisão compararam diferentes técnicas de avaliação da composição corporal e denotaram discrepâncias nos resultados obtidos.

Essas diferenças se devem a variabilidade de referências, protocolos, métodos e indivíduos.

Salientando que a composição corporal possui papel fundamental para atletas de alto rendimento esportivo, se faz necessário a padronização das avaliações em cada método e dentro de cada modalidade esportiva para redução dos erros nas estimativas.

REFERÊNCIAS

1-Adams, J.M. Densitometry and Osteoporosis. Berlim. Springer-Verlag. 1998.

2-Associação Brasileira de Nutrologia. Utilização da Bioimpedância para Avaliação da Massa Corpórea. Projeto Diretrizes. 2009.

3-Astorino, T.A.; Tam, P.A.; Rietschel, J.C.; Johnson, S.M.; Freedman, T.P. Changes in physical fitness parameters during a competitive field hockey season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 18. Num. 4. 2004. p. 850-854.

4-Ballard, T.P.; Fafara, L.; Vukovich, M.D. Comparison of Bod Pod and DXA in Female Collegiate Athletes. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 36. Núm. 4. 2004. p.731-735.

5-Balshem, H.; Helfand, M.; Schünemann, H.J.; Oxman, A.D.; Kunz, R.; Brozek, J.; Vist, G.E.; Falck-Ytter, Y.; Meerpohl, J.; Norris, S.; Guyatt, G.H. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *Journal of Clinical Epidemiology*. Vol. 64. 2011. p. 401-406.

6-Bentzur, K.M.; Kravitz, L.; Lockner, D.W. Evaluation of the BOD POD for estimating percent body fat in collegiate track and field female athletes: a comparison of four methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 22. Num. 6. 2008. p. 1985-1991.

7-Birzniece, V.; Khaw, C.H.; Nelson, A.E.; Meinhardt, U.; Ho, K.K.Y. A critical evaluation of bioimpedance spectroscopy analysis in estimating body composition during GH treatment: Comparison with bromide dilution and dual X-ray absorptiometry. *European Journal of Endocrinology*. Vol. 172. Num. 1. 2015. p. 21-28.

8-Brock, D.W.; Nieman, D.C.; Utter, A.C.; Harris, G.S.; Rossi, S.J. A comparison of leg-to-leg bioelectrical impedance and underwater weighing methods in measuring body composition in caucasian and african american football athletes. *Sports Medicine Training and Rehabilitation*. Vol. 10. Num. 2. 2001. p. 95-104.

9-Carvalho, H.M.; Coelho-e-Silva, M.J.; Franco, S.; Figueiredo, A.J.; Tavares, Ó.M.; Ferry, B.; Hidalgo-Hermann, I.; Courteix, D.; Malina, R.M. Agreement between anthropometric and dual-energy X-ray absorptiometry assessments of lower-limb volumes and composition estimates in youth-club rugby athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. Vol. 37. Num. 3. 2012. p. 463-471.

10-Civar, S.; Aktop, A.; Tercan, E.; Ozdol, Y. Validity of leg-to-leg bioelectrical impedance measurement in highly active males. *Biology of Sport*. Vol. 20. Num. 3. 2003. p. 209-219.

11-Company, J.; Ball, S. Body Composition Comparison: Bioelectric Impedance Analysis with Dual-Energy X-Ray Absorptiometry in Adult Athletes. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. Vol. 14. Num. 3. 2010. p. 186-201.

12-Dempster, P.; Aitkens, S. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 27. Num. 12. 1995. p. 1692-1697.

13-Deutz, R.C.; Benardot, D.; Martin, D.E.; Cody, M.M. Relationship between energy

deficits and body composition in elite female gymnasts and runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 32. Num. 3. 2000. p. 659-668.

14-Dixon, C.B.; Deitrick, R.W.; Pierce, J.R.; Cutrufello, P.T.; Drapeau, L.L. Evaluation of the BOD POD and leg-to-leg bioelectrical impedance analysis for estimating percent body fat in national collegiate athletic association revision III Collegiate wrestlers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 19. Num. 1. 2005. p. 85-91.

15-Dixon, C.B.; Ramos, L.; Fitzgerald, E.; Reppert, D.; Andreacci, J.L. The effect of acute fluid consumption on measures of impedance and percent body fat estimated using segmental bioelectrical impedance analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*. Nature Publishing Group. Vol. 63. Num. 9. 2009. p. 1115-22.

16-Driskell, J.A.; Wolinsky, I. *Nutritional assessment of athletes*. Boca Raton. CRC press. 2011.

17-Durnin, J.V.G.A.; Womersley, J.V.G.A. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*. Vol. 32. 1974. p. 77-97.

18-Esco, M.R.; Olson, M.S.; Williford, H.N.; Lizana, S.N.; Russell, A.R. The accuracy of hand-to-hand bioelectrical impedance analysis in predicting body composition in college-age female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 25. Num. 4. 2011. p. 1040-1045.

19-Esco, M.R.; Snarr, R.L.; Leatherwood, M.D.; Chamberlain, N.A.; Redding, M.L.; Flatt, A.A.; Moon, J.R.; Williford, H.N. Comparison of total and segmental body composition using DXA and multifrequency bioimpedance in collegiate female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 29. Num. 4. 2015. p. 918-925.

20-Fornetti, W.C.; Pivarnik, J.M.; Foley, J.M.; Fiechtner, J.J. Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *Journal of applied physiology*. Vol. 87. Num. 3. 1999. p. 1114-1122.

21-Fukuda, D.H.; Wray, M.E.; Kendall, K.L.; Smith-Ryan, A.E.; Stout, J.R. Validity of near-infrared interactance (FUTREX 6100/XL) for estimating body fat percentage in elite rowers. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. Vol. 37. Num. 4. 2017. p. 456-458.

22-Hernandez, A.J.; Nahas, R.M. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: Comprovação de ação ergogênica potenciais riscos para a saúde. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 15. Num. 3. 2009. p. 3-12.

23-Heymsfield, S.B.; Lohman, T.G.; Wang, Z.; Going, S.B. *Human Body Composition*. Champaign. Human Kinetics. 2005.

24-Heyward, V. ASEP Methods Recommendation: Body Composition Assessment. *Journal of Exercise Physiology*. Vol. 1971. Num. 1. 2002. p. 1-10.

25-Houtkoop, L.; Mullins, V.A.; Going, S.B.; Brown, C.H.; Lohman, T.G. Body composition profiles of elite American heptathletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 11. Num. 2. 2001. p. 162-173.

26-Kilduff, L.P.; Lewis, S.; Kingsley, M.I.C.; Owen, N.J.; Dietzig, R.E. Reliability and detecting change following short-term creatine supplementation: Comparison of two-component body composition methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 21. Num. 2. 2007. p. 378-384.

27-Knechtle, B.; Wirth, A.; Knechtle, P.; Rosemann, T.; Rüst, C.A.; Bescós, R. Comparación de la masa grasa y muscular estimada en atletas varones de ultra-resistencia utilizando la bioimpedancia eléctrica y diferentes métodos antropométricos. *Nutricion Hospitalaria*. Vol. 26. Num. 6. 2011. p. 1420-1427.

28-Kyle, U.G.; Bosaeus, I.; De Lorenzo, A.D.; Deurenberg, P.; Elia, M.; Manuel Gómez, J.; Lilienthal Heitmann, B.; Kent-Smith, L.; Melchior, J.C.; Pirlich, M.; Scharfetter, H.; Schols, A.; Pichard, C. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*. Vol. 23. Num. 6. 2004. p. 1430-1453.

- 29-Leahy, S.; O'Neill, C.; Sohun, R.; Jakeman, P.; Neill, C.O.; Sohun, R. A comparison of dual energy X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance analysis to measure total and segmental body composition in healthy young adults. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 112. Num. 2. 2012. p. 589-595.
- 30-Loenneke, J.P.; Barnes, J.T.; Waggener, J.D.; Pujol, T.J. Validity of a portable computer-based ultrasound system for estimating adipose tissue in female gymnasts. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. Vol. 34. Num. 5. 2014. p. 410-412.
- 31-Loenneke, J.P.; Wray, M.E.; Wilson, J.M.; Barnes, J.T.; Kearney, M.L.; Pujol, T.J. Accuracy of field methods in assessing body fat in collegiate baseball players. *Research in Sports Medicine*. Vol. 21. Num. 3. 2013. p. 286-291.
- 32-Malavolti, M.; Mussi, C.; Poli, M.; Fantuzzi, A.L.; Salvioli, G.; Battistini, N.; Bedogni, G. Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21-82 years. *Annals of Human Biology*. Vol. 30. Num. 4. 2003. p. 380-391.
- 33-Mouad, M.; Matias, C.N.; Santos, D.A.; Teixeira, V.H.; Sardinha, L.B.; Silva, A.M. Validação da bioimpedância elétrica por multifrequência em atletas Validation of multifrequency bioelectrical impedance analysis in. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Vol. 23. Num. 1. 2015. p. 48-57.
- 34-Ostojic, S. Estimation of body fat in athletes: skinfold vs bioelectrical impedance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. Vol. 46. Num. 3. 2006. p. 422.
- 35-Peeters, M.W.; Goris, M.; Keustermans, G.; Pelgrim, K.; Claessens, A.L. Body composition in athletes: a comparison of densitometric methods and tracking of individual differences. *European Journal of Sport Science*. Vol. 13. Num. 1. 2013. p. 1-8.
- 36-Pineau, J.C.; Filliard, J.R.; Bocquet, M. Ultrasound techniques applied to body fat measurement in male and female athletes. *Journal of Athletic Training*. Vol. 44. Num. 2. 2009. p. 142-147.
- 37-Raymond, C.J.; Dengel, D.R.; Bosch, T.A. Total And Segmental Body Composition Examination In Collegiate Football Players Using Multifrequency Bia And Dxa. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 32. Num. 3. 2018. p. 772-782.
- 38-Rech, C.R.; Ferreira, L.D.A.; Cordeiro, B.A.; Guedes, F.D.A.; Petroski, E.L. Estimativa da composição corporal por meio da absorptometria radiológica de dupla energia. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. Vol. 15. Num. 48. 2008. p. 87-97.
- 39-Santos, D.A.; Dawson, J.A.; Matias, C.N.; Rocha, P.M.; Minderico, C.S.; Allison, D.B.; Sardinha, L.B.; Silva, A.M. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoS One*. Vol. 9. Num. 5. 2014.
- 40-Saunders, M.J.; Blevins, J.E.; Broeder, C.E. Effects of hydration changes on bioelectrical impedance in endurance trained individuals. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 30. Num. 6. 1998. p. 885-892.
- 41-Sparling, P.B. Bone mineral density and body composition of the United States Olympic women's field hockey team. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 32. Num. 4. 1998. p. 305-308.
- 42-Stewart, A.D.; Hannan, W.J. Prediction of fat and fat-free mass in male athletes using dual X-ray absorptiometry as the reference method. *Journal of Sports Sciences*. Vol. 18. Num. 4. 2000. p. 263-274.
- 43-Stroup, D.F.; Berlin, J.A.; Morton, S.C.; Olkin, I.; Williamson, G.D.; Rennie, D.; Moher, D.; Becker, B.J.; Sipe, T.A.; Thacker, S.B. Meta-analysis of observational studies in epidemiology: a proposal for reporting. Meta-analysis of Observational Studies in Epidemiology (MOOSE) group. *JAMA*. Vol. 283. Num. 15. 2000. p. 2008-2012.
- 44-Svantesson, U.; Zander, M.; Klingberg, S.; Slinde, F. Body composition in male elite athletes, comparison of bioelectrical impedance spectroscopy with dual energy X-ray absorptiometry. *Journal of Negative Results in Biomedicine*. Vol. 7. Num. 1. 2008. p. 1-5.

45-Vescovi, J.D.; Hildebrandt, L.; Miller, W.; Hammer, R.; Spiller, A. Evaluation of the BOD POD for estimating percent fat in female college athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 16. Num. 4. 2002. p. 599-605.

46-Wagner, D.R.; Cain, D.L.; Clark, N.W. Validity and reliability of a-mode ultrasound for body composition assessment of NCAA division I athletes. *PLoS One*. Vol. 11. Num. 4. 2016. p. 1-12.

47-Warner, E.R.; Fornetti, W.C.; Jallo, J.J.; Pivarnik, J.M. A skinfold model to predict fat-free mass in female athletes. *Journal of Athletic Training*. Vol. 39. Num. 3. 2004. p. 259-262.

48-Williams, C.A.; Bale, P. Bias and limits of agreement between hydrodensitometry, bioelectrical impedance and skinfold calipers measures of percentage body fat. *European journal of applied physiology and occupational*. Vol. 77. Num. 3. 1998. p. 271-277.

49-Winter, E.M.; Jones, A.M.; Davison, R.R.; Bromley, P.D.; Mercer T. *Sport and Exercise Physiology Testing Guidelines*. Routledge. 2007.

50-Zapolska, J.; Witczak, K.; Manczuk, A.; Ostrowska, L.; Mańczuk, A.; Ostrowska, L. Assessment of nutrition, supplementation and body composition parameters on the example of professional volleyball players. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. Vol. 65. Num. 3. 2014. p. 235-242.

E-mail dos autores:

nicollicariello@gmail.com
f.donneralves@gmail.com
psehl@hotmail.com
claudias@ufcspa.edu.br
ggabrielacsouza@gmail.com

Autor correspondente:

Fernanda Donner Alves.
Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter).
Rua Orfanotrófio, 555.
Alto, Teresópolis, Porto Alegre-RS, Brasil.
CEP: 90840-440.

Recebido para publicação em 24/07/2019
Aceito em 08/05/2020