

U. PORTO



**FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO
UNIVERSIDADE DO PORTO**

Avaliação da Composição Corporal em Atletas – Da investigação à Clínica

**Body composition assessment in athletes: from investigation to clinical
practice**

Catarina Barcelos Silva Duarte de Faria

Orientado por: Dr. António Pedro Mendes

Coorientado por: Dra. Tânia Gil Rocha

Tipo de Documento: Revisão Temática

Ciclo de Estudos: 1º Ciclo em Ciências da Nutrição

Instituição académica: Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da
Universidade do Porto

Porto, 2017

Resumo

A antropometria é um método de investigação científica que estuda as dimensões e variações físicas do corpo humano.

Sendo que a avaliação da composição corporal é essencial na prática desportiva devido à associação da gordura corporal e massa magra com o rendimento desportivo, é de notar a importância da diversidade de métodos de avaliação da composição corporal.

A somatotipagem é um conceito de interesse quando se fala nesta avaliação. É um método de descrever a morfologia e a composição corporal e é útil em desportos cuja forma corporal pode influenciar o rendimento desportivo.

O aspeto que apresenta maior relevância para o nutricionista é a habilidade de medir e manipular os componentes da composição corporal. Daí que a sua avaliação se reveste de grande relevância.

Os métodos de avaliação da composição corporal encontram-se devidamente categorizados de acordo com o seu propósito primário.

Esta revisão temática teve como objetivo reunir e descrever as técnicas disponíveis para a avaliação da composição corporal. Estas técnicas foram descritas de forma a promover um entendimento sobre a sua adequação à prática clínica e/ou à investigação.

Palavras-Chave

Antropometria; Somatotipagem; Composição Corporal; Atletas.

Abstract

Anthropometry is a method of scientific investigation that studies the dimensions and physical variations of the human body.

Given that the evaluation of body composition is essential in practice due to the association of body fat and lean mass with performance, it is important to note the importance of the diversity of methods to evaluate body composition.

Somatotyping is a concept of interest when talking about this evaluation. It is a method of describing morphology and body composition and is useful in sports whose body shape can influence performance.

The most relevant aspect for nutritionists is the ability to measure and manipulate the components of body composition. Hence, its evaluation is of great relevance.

The methods of assessing body composition are properly categorized according to their primary purpose.

This review aimed to gather and describe the techniques available for assessing body composition. These techniques are described in order to promote an understanding of their suitability for clinical practice and / or research.

Keywords

Anthropometry; Somatotyping; Body composition; Athletes.

Índice

Resumo/Abstract.....	i/ii
Lista de Abreviaturas.....	v
Introdução.....	1
Influência da Antropometria na Prática Desportiva.....	2
Somatotipagem.....	3
Categorização de métodos.....	4
Abordagem por compartimentos.....	6
Descrição dos métodos.....	7
Considerações Finais.....	13
Referências Bibliográficas.....	15
Agradecimentos.....	20

Lista de Abreviaturas

TBW – Água corporal total

DXA – Dual X-ray absorptiometry

ADP – Pletismografia de deslocação de ar

BIS – Espectroscopia de Bioimpedância

MRI – Imagem de Ressonância Magnética

BIA – Análise de Bioimpedância

Introdução

A Antropometria desenvolveu-se de forma mais intensa em meados do século XX. É um método de investigação científica que tem como objetivo o estudo das dimensões e variações físicas do corpo humano ⁽¹⁾.

Estudos sugerem que a maioria das variáveis antropométricas é influenciada pela idade, sexo e etnia. Acresce, ainda, a estes fatores o nível de maturação no que se refere à avaliação da composição corporal em crianças ou adolescentes ⁽²⁻⁵⁾.

A avaliação da composição corporal é essencial na prática desportiva devido à associação da gordura corporal e massa magra com o rendimento desportivo e também com a saúde ⁽⁶⁾, sendo que nas ciências desportivas tem 4 aplicações fundamentais ⁽⁷⁾:

1. Identificar e entender as características físicas críticas para o rendimento desportivo;
2. Analisar e monitorizar o crescimento, especialmente em atletas de elite;
3. Monitorizar a eficácia do programa de treino e intervenções nutricionais;
4. Determinar composições corporais seguras e atingíveis para categorias de peso;

A preocupação com o rendimento desportivo veio reforçar a necessidade de um tamanho e composição corporais específicos para cada desporto. O risco de um resultado falso sobre a composição corporal em atletas é o de provocar alterações, sem necessidade, nas estratégias nutricionais e de treino, causando, conseqüentemente, um défice ou excesso de energia e uma evolução para uma

composição corporal desadequada que pode apresentar um impacto negativo na saúde e no rendimento desportivo ⁽⁴⁾.

Esta monografia teve como objetivo reunir e descrever as técnicas disponíveis para a avaliação da composição corporal. Estas técnicas foram descritas de forma a promover um entendimento sobre a sua adequação à prática clínica e/ou à investigação.

Influência da Antropometria na Prática Desportiva

A avaliação da composição corporal é uma tentativa de simplificar um processo que é inerentemente complexo ⁽⁸⁾.

Sabe-se, hoje em dia, que existem algumas características corporais que influenciam o rendimento desportivo e que o perfil antropométrico pode indicar se um atleta estará apto a participar no mais alto nível de um determinado desporto. A altura, massa corporal, medições absolutas e relativas da massa muscular, gordura e massa óssea, assim como outras características como o comprimento dos membros, amplitudes ósseas e composição de várias regiões são algumas das características a ter em conta ^(7, 9).

No desporto, a composição corporal é um importante determinante do rendimento desportivo. Sabe-se que, um alto nível de massa isenta de gordura, como é o caso do músculo-esquelético, é necessário para aumentar o poder e a força. Por outro lado, a magreza ou baixo nível de massa gorda é importante em eventos de *endurance* e velocidade ^(10, 11). O peso corporal pode influenciar parâmetros como a velocidade e *endurance* e a composição corporal pode afetar a força, agilidade e aparência ^(7, 12).

De uma forma geral, o termo dieta define-se como o conjunto de energia e nutrientes obtidos através dos alimentos e bebidas consumidas regularmente por indivíduos ⁽⁸⁾.

Uma panóplia de abordagens dietéticas podem ser eficientes na melhoria da composição corporal desde que adequadas ao atleta e desporto em questão⁽⁸⁾.

Entre atletas é comum tentar melhorar a composição corporal através de restrição calórica, frequentemente por razões estéticas ⁽¹³⁻¹⁵⁾. Contudo, quando ocorre uma perda de peso significativa, geralmente, há uma diminuição da massa isenta de gordura que se relaciona com a severidade da restrição energética ^(13, 16, 17). Esta perda de massa isenta de gordura pode conduzir a um decréscimo das hormonas anabólicas e, conseqüentemente, afetar o rendimento desportivo ^(13, 18).

Os atributos físicos são determinantes na nutrição desportiva. Fatores como a idade, sexo, genética e requisitos de determinado desporto apresentam um impacto na composição corporal individual de cada atleta. Uma composição corporal ótima deve ser determinada quando o atleta é saudável e se encontra no topo do seu rendimento desportivo ⁽¹²⁾.

Somatotipagem

As diferenças físicas têm sido descritas, globalmente, como meio de comparação entre desportos ou mesmo dentro de um só desporto. Esta comparação é feita através de somatotipagem e proporcionalidade. A somatotipagem é útil em desportos cuja forma corporal pode influenciar o rendimento desportivo ^(9, 19). É um método de descrever a morfologia e a composição corporal de acordo com um sistema de avaliação em 3 parâmetros, na seguinte ordem ⁽⁷⁾:

- Endomorfia (gordura relativa);
- Mesomorfia (o índice de mesomorfia reflete a massa muscular esquelética do corpo humano);
- Ectomorfia (linearidade relativa) ⁽⁷⁾.

Cada indivíduo apresenta um rácio específico dos três somatotipos e este rácio é mediado por fatores genéticos e ambientais ^(9, 19).

De todos os aspetos referidos acima, aquele que apresenta maior relevância para o nutricionista é a habilidade de medir e manipular os componentes da composição corporal. Determinados atributos físicos relacionados com o sucesso em diferentes desportos, por exemplo o comprimento dos membros, são dificilmente influenciados pelo treino ou pela intervenção nutricional. Por outro lado, a massa corporal total, massa muscular, massa gorda e massa óssea são fatores sobre os quais o nutricionista pode atuar ⁽⁷⁾.

Categorização dos métodos

O desenvolvimento de diversas tecnologias e técnicas tornou possível a medição e seguimento das alterações da composição corporal dos atletas ⁽⁷⁾. Contudo, os atletas e treinadores devem ter em consideração os erros associados às técnicas de avaliação da composição corporal e que não é apropriado estabelecer uma única percentagem para a gordura corporal. É, no entanto, recomendado um intervalo de percentagens ^(12, 20).

Uma perceção detalhada da validade das técnicas e, mais importante, da sua confiabilidade, é essencial para assegurar o seu uso apropriado na investigação e

prática quotidiana. Definindo alguns conceitos, a validade refere-se a quão bem uma medição é representativa daquele que é o método de referência e a confiabilidade refere-se à reprodutibilidade da medição (7, 21).

As técnicas de avaliação da composição corporal dividem-se em 3 tipos dependendo do seu propósito primário e portabilidade (7, 8):

- Referência – técnicas consideradas *gold standard*;
- Laboratório – são, tradicionalmente, vistas como mais precisas e válidas;
- Campo – técnicas consideradas práticas e portáteis.

Dentro de cada método, as técnicas podem ser categorizadas em 3 níveis de análise (7, 8):

- Direta – medem um processo ou aspeto específico;
- Indireta – fornecem medições aproximadas dos métodos diretos e duplamente indiretos;
- Duplamente indireta – avaliam uma propriedade específica do corpo como a densidade ou distribuição do músculo-esquelético ou tecido adiposo.

Podemos então associar estes fatores da seguinte forma (7):

- Os métodos de referência e de campo podem ser diretos, indiretos ou duplamente indiretos;
- Os métodos de laboratório podem ser diretos ou indiretos;

Abordagem por compartimentos

Cada técnica mede um certo número de compartimentos (2, 3, 4 ou 5 compartimentos). Estes compartimentos são baseados na sua abordagem atômica, química/molecular, celular, órgãos e tecidos ou anatômica ^(7, 8).

O modelo de 2 compartimentos avalia a massa gorda e a massa isenta de gordura, e opera sob o princípio de que o conteúdo em água, proteína e minerais da massa isenta de gordura é constante. Dado que este modelo é relativamente barato, não invasivo e de fácil manipulação, é frequentemente utilizado na prática clínica. O modelo de 3 compartimentos avalia a massa gorda, o conteúdo mineral ósseo e a massa isenta de gordura. O modelo dos 4 compartimentos é, neste momento, considerado o método de referência para avaliar a composição corporal. Dependendo do método escolhido, analisa a massa gorda, conteúdo proteico, água e outros componentes ou tecido adiposo, tecido ósseo, músculo e tecido conectivo e outros componentes ^(7, 8).

As técnicas de avaliação da composição corporal dividem-se em 3 níveis ^(8, 10, 12).

- Nível I - Avaliação direta baseada em métodos como a análise de cadáveres, água corporal total (TBW), diluição de isótopos e ativação de neutrões;
- Nível II - Avaliação indireta através de métodos como a hidrodensitometria (2 compartimentos), dual X-ray absorptiometry ou DXA (3 compartimentos), pletismografia da deslocação de ar ou ADP (2 compartimentos), espectroscopia de bio impedância (BIS) e imagem de ressonância magnética (MRI);

- Nível III - Avaliação duplamente indireta como é o caso da medição das pregas cutâneas (2 compartimentos), análise de bio impedância ou BIA (2 compartimentos) e tomografia computadorizada.

Descrição dos métodos

Falando especificamente de alguns destes métodos, a hidrodensitometria, classificada acima como uma técnica de Nível II e anteriormente considerada o *standard*, já não é frequentemente utilizada. Esta técnica mede a densidade corporal e assume que a densidade da massa gorda e massa magra é constante. Apresenta desvantagens como equipamento dispendioso, procedimento demorado, possui erros associados com a estimativa do volume pulmonar residual, as equações usadas para o cálculo da composição corporal não são adequadas para atletas e está dependente da colaboração do sujeito ^(7, 8).

A pletismografia da deslocação de ar (ADP), também é um método usado para determinar a composição corporal através da densidade. Neste procedimento o sujeito entra na câmara-de-ar na qual o volume de ar deslocado é determinado por medições computadorizadas usando pletismografia ⁽²²⁾. Contudo, este método pode subestimar a percentagem de gordura corporal em adultos e crianças (2-3%) ⁽¹²⁾. Apesar de esta técnica não estar disponível para todas as populações ou financeiramente tangível para todas as instituições, a conveniência e facilidade de utilização tornam este método menos limitante que a DXA. A ADP prende-se com um erro aditivo das calibrações e medições, temperatura ambiente, pressão barométrica e medição do volume pulmonar residual ⁽²²⁾. Mais se acrescenta, tal

como a hidrodensitometria, assume que a densidade da massa gorda e massa isenta de gordura é constante e as equações utilizadas para calcular a composição corporal não são adequadas para atletas. Considera-se que esta técnica é prática, confiável e válida ⁽⁷⁾.

A análise de cadáveres aborda os aspetos anatómico e químico. Apesar de ser considerada um método de nível I, apresenta fraquezas por ser baseada em amostras pequenas, vasta variação interindividual, os testes são dispendiosos e complexos, existem problemas éticos envolvidos e os resultados não são aplicáveis a indivíduos. É um método válido, mas não é prático nem confiável ⁽⁷⁾.

A análise DXA, desenvolvida para avaliar o conteúdo mineral ósseo, pode, também, avaliar a composição corporal (tecido adiposo total e massa magra) ^(7, 12, 23). Esta técnica utiliza tecnologia de Raio-X para estimar o conteúdo em gordura. Mede a atenuação diferencial de um feixe de fótons em dois níveis de energia à medida que passam pelo corpo. A composição de cada pixel é sumarizada para determinar a gordura corporal total ⁽²²⁾. Fornece valores de massa gorda total e regional, massa magra e conteúdo mineral ósseo, o que permite avaliações mais precisas, fiáveis e válidas ^(7, 22, 24). Apesar de este método ser preciso, rápido e não invasivo, o seu custo e acesso a instrumentos limita o seu uso, requer técnicos treinados, os sujeitos e técnicos são expostos a baixas quantidades de radiação e, devido ao pequeno tamanho do equipamento, pode não ser adequado ou prático para pessoas mais altas ^(7, 12). Aquando da interpretação das mudanças na composição corporal o erro associado ao equipamento é essencial para determinar se a alteração é válida ou se é confundida pelo erro ⁽⁷⁾. A ausência de procedimentos padronizados para a utilização desta técnica também contribui com uma fonte de erro. Mais se acrescenta, pode ocorrer um decréscimo da

precisão das medições em casos de magreza extrema ou indivíduos com mais massa muscular ⁽²³⁾.

A medição das pregas cutâneas é o método mais utilizado por nutricionistas para avaliar a composição corporal de atletas, devido à sua praticidade e custo. São usadas, geralmente, sete pregas incluindo prega abdominal, bicipital, crural, geminal, subscapular, supraspinal e tricipital ⁽¹²⁾. A prega cutânea deve ser representativa de uma única camada de tecido adiposo a partir da qual a massa gorda corporal pode ser estimada ⁽²⁵⁾. Pode assumir-se que a precisão da estimativa da gordura corporal aumenta de acordo com o aumento do número de pregas avaliadas ⁽¹⁰⁾. Este método apresenta vantagens como o equipamento calibrado, barato, portátil, não invasivo, as medições podem ser feitas em qualquer altura do dia – preferencialmente ao mesmo tempo e antes da prática de atividade física. Por outro lado, a medição da massa corporal pode variar por diversos fatores como a altura do dia e ciclo menstrual e estado de hidratação ⁽²⁵⁾. Algumas desvantagens centram-se na incerteza da medição devido à compressibilidade do tecido adiposo, a duração das medições depende do número de variáveis a medir e requer um técnico especializado ^(7, 26). Neste sentido, é importante realizar as medições sempre nas mesmas condições reduzindo os erros associados às mesmas. As técnicas de medição encontram-se estandardizadas no manual International Standards for Anthropometric Assessment (ISAK) ^(7, 27). A escolha das equações a ser utilizadas na determinação da composição corporal são, frequentemente, uma fonte de erro ⁽²³⁾. Não obstante, esta é uma técnica válida, prática e fiável ⁽⁷⁾.

A BIA tem sido extensamente utilizada nas áreas clínica e desportiva por ser segura, não invasiva, rápida e pouco dispendiosa. É, frequentemente, agrupada

com a BIS. Baseada no princípio de que um sinal elétrico é mais facilmente conduzido através de massa muscular do que por gordura corporal ou massa óssea e assume que 73% da massa isenta de gordura é água. Assim sendo, avalia parâmetros como a resistência, a reactância e o ângulo de fase ^(12, 28). Após a análise, a gordura corporal é estimada subtraindo a estimativa da massa muscular da massa corporal total. A exatidão dos resultados obtidos através deste método é, também, dependente de outros fatores destacando-se o estado de hidratação ^{(12) (23)}. Atualmente, não existe evidência científica que suporte a validade da metodologia da BIA em atletas ⁽²³⁾. Os indivíduos submetidos a esta análise devem estar em jejum/sem álcool/sem exercício por um período superior a oito horas. Este método é prático e fiável. No entanto, não há conclusões sobre a sua validade ^(7, 8).

A MRI apesar de segura, requer alta eficiência técnica e é dispendiosa ⁽²⁹⁾. Este método é baseado nas propriedades magnético nuclear dos prótons de hidrogénio. As imagens produzidas correspondem a mapas espaciais ilustrativos da distribuição das várias espécies de hidrogénio. Estas moléculas quando presentes no tecido adiposo são primariamente seguras numa cadeia alifática de hidrocarbonetos e possuem uma ressonância magnética nuclear distinta dos prótons presentes na água ou cadeias proteicas. Assim sendo, esta técnica é capaz de fornecer informação discriminativa que pode ser usada para separar a massa gorda de outros tecidos ⁽³⁰⁾. As medições incluem a avaliação do tecido adiposo total e regional assim como a sua distribuição, quantificação da massa magra e o seu principal constituinte que é o músculo-esquelético, e avaliação do tecido adiposo visceral. MRI é o método de eleição para a calibração de métodos de campo e foi desenvolvido para medir a gordura corporal e músculo-esquelético

in vivo. Este estudo requer que o sujeito seja posicionado no centro do ímã na posição de supino. A aquisição de uma análise corporal completa oferece vantagens ao avaliar a influência da perda de peso na composição corporal ⁽³¹⁾. Apresenta desvantagens por ser dispendioso, ser um procedimento demorado, possui limitações em indivíduos obesos e alta exposição a radiação quando utilizada a tomografia computadorizada. A MRI e a tomografia computadorizada são, frequentemente, agrupadas. A tomografia computadorizada apresenta a vantagem de possibilitar a visualização direta de imagens que retratam a área transversal de músculo-esquelético. Estas imagens podem ser usadas isoladamente ou combinadas com algoritmos matemáticos de reconstrução para estimar a massa individual de grupos musculares ou massa muscular total ⁽³²⁾. As desvantagens destas técnicas são comuns.

Além dos métodos e técnicas referidos acima, existem ainda o ultrassom e a interação de infravermelhos próximos.

O ultrassom mede a espessura das camadas de tecido (pele, tecido adiposo e muscular). É um método altamente reprodutível, extensamente utilizado, portátil e rápido. Fornece estimativas precisas da espessura das camadas de gorduras nas diversas regiões do corpo e é capaz de medir a espessura de músculo e osso. Requer um técnico especializado, as técnicas de medição ainda não se encontram estandardizadas e tem um custo mais elevado que os métodos de campo ⁽⁸⁾. Dentre as suas vantagens destacam-se a rapidez das medições, a sua portabilidade e medição do tecido adiposo descompactado. É um método válido, prático e confiável ⁽⁷⁾.

A interação de infravermelhos próximos é baseada nos princípios da densidade ótica. Mede gordura, proteína e água. É um método fiável, rápido e não invasivo.

Contudo, a porcentagem de gordura corporal é sistematicamente subestimada e o erro aumenta paralelamente com o tamanho da estrutura corporal ⁽⁸⁾.

A frequência com que se fazem as medições antropométricas dependem da magnitude das mudanças reais observadas em cada atleta. Uma mudança é considerada real quando ultrapassa o coeficiente de variação da medição. No que toca a equipamentos que apresentam um potencial risco de segurança, como é o caso dos que emitem radiação, a frequência de exposição aos mesmos deve ser minimizada ⁽⁷⁾.

Considerações Finais

Não existe um método universalmente superior para avaliar a composição corporal ^(8, 33). Nesta área, os métodos não invasivos e rápidos, como a medição das pregas cutâneas ou a BIA, são os mais utilizados na determinação da composição corporal ⁽¹⁰⁾.

Apesar da panóplia de métodos para análise da composição corporal existente nos dias de hoje, encontrar um método adequado continua a ser um problema. A maior dificuldade prende-se com o equipamento que é muitas vezes dispendioso e pouco prático na sua utilização. Outro aspeto que se destaca é o treino do técnico. Qualquer uma das técnicas utilizadas necessita de alguém especializado na sua utilização para que os dados recolhidos sejam válidos, fiáveis e reproduzíveis reduzindo os erros intra e inter-individuais. A necessidade de utilizar equações, em todas as técnicas, para obter estimativas da composição corporal envolve um erro. As equações selecionadas devem ser adequadas à população que se pretende estudar. Contudo, esta escolha nem sempre é possível sendo que algumas equações já se encontram incorporadas no equipamento fornecendo, automaticamente, os resultados. Para que este erro fosse eliminado seria necessário o desenvolvimento de equações específicas para todas as populações.

Na escolha da técnica a ser utilizada o profissional deve ter em conta a sua amostra e os seus objetivos. Mais se acrescenta que esses objetivos têm de ser compatíveis com a amostra. Criar metas irrealistas impede a seleção de um método adequado e a obtenção de resultados reais.

Os nutricionistas têm o importante papel de educar os atletas, treinadores e outros indivíduos envolvidos na prática desportiva sobre os benefícios e desvantagens da avaliação da composição corporal. Devem também considerar as razões pelas quais essas medições são efetuadas aquando da decisão sobre o método a ser utilizado e a frequência de utilização ⁽⁷⁾.

Referências Bibliográficas

1. da Silva JCP, Martins AP, Soares JMR, Leite MK, Paschoarelli LC, Boueri JJ. Antropometria: uma visão histórica e sua importância para o design. ASSENTAMENTOS HUMANOS. 2007:9.
2. Wang J, Thornton J, Kolesnik S, Pierson R. Anthropometry in body composition: an overview. Annals of the New York Academy of Sciences. 2000; 904(1):317-26.
3. Araújo BOMd. Avaliação da composição corporal, da ingestão nutricional e dos conhecimentos sobre alimentação de futebolistas adolescentes: Trabalho de Investigação: Assessment of body composition, nutritional intake, and knowledge about food in young soccer players. 2009
4. Aerenhouts D, Clarys P, Taeymans J, Van Cauwenberg J. Estimating Body Composition in Adolescent Sprint Athletes: Comparison of Different Methods in a 3 Years Longitudinal Design. PLoS One. 2015; 10(8):e0136788.
5. Barbosa KBF, Franceschini SdCC, Priore SE. Influência dos estágios de maturação sexual no estado nutricional, antropometria e composição corporal de adolescentes. Rev bras saúde matern infant. 2006:375-82.
6. Willems A, Paulson TA, Keil M, Brooke-Wavell K, Goosey-Tolfrey VL. Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, Skinfold Thickness, and Waist Circumference for Assessing Body Composition in Ambulant and Non-Ambulant Wheelchair Games Players. Front Physiol. 2015; 6:356.
7. Burke L, Deakin V. Clinical sports nutrition. 5 ed.: McGraw-Hill Beijing, Boston; 2015.

8. Aragon AA, Schoenfeld BJ, Wildman R, Kleiner S, VanDusseldorp T, Taylor L, et al. International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017; 14(1)
9. Gutnik B, Zuoza A, Zuoziene I, Alekrinskis A, Nash D, Scherbina S. Body physique and dominant somatotype in elite and low-profile athletes with different specializations. *Medicina (Kaunas)*. 2015; 51(4):247-52.
10. Knechtle B, Wirth A, Knechtle P, Rosemann T, Rust CA, Bescós R. A comparison of fat mass and skeletal muscle mass estimation in male ultra-endurance athletes using bioelectrical impedance analysis and different anthropometric methods. 2011
11. Moon JR, Tobkin SE, Smith AE, Lockwood CM, Walter AA, Cramer JT, et al. Anthropometric estimations of percent body fat in NCAA Division I female athletes - A 4-compartment model validation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009
12. Medicine ACoS, Association AD. Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32(12):2130.
13. Helms ER, Zinn C, Rowlands DS, Brown SR. A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: a case for higher intakes. 2014.
14. Mero AA, Huovinen H, Matintupa O, Hulmi JJ, Puurtinen R, Hohtari H, et al. Moderate energy restriction with high protein diet results in healthier outcome in women. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2010; 7(1):4.

15. Sousa M, Teixeira VH, Graça P, CIFI2D, FCNAUP, Lazer CdieAFé, et al. *Nutrição no Desporto*. 2016
16. Garthe I, Raastad T, Refsnes PE, Koivisto A, Sundgot-Borgen J. Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2011; 21(2):97-104.
17. Mettler S, Mitchell N, Tipton KD. Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010; 42(2):326-37.
18. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Norton LE. Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2014; 11(1):7.
19. Gutnik B, Zuoza A, Zuozienė I, Alekrinskis A, Nash D, Scherbina S. Body physique and dominant somatotype in elite and low-profile athletes with different specializations. *Medicina*. 2015; 51(4):247-52.
20. Santos DA, Dawson JA, Matias CN, Rocha PM, Minderico CS, Allison DB, et al. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PloS one*. 2014; 9(5):e97846.
21. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*. 2000; 30(1):1-15.
22. Levenhagen DK, Borel MJ, Welch DC, Piasecki JH, Piasecki DP, Chen KY, et al. A comparison of air displacement plethysmography with three other techniques to determine body fat in healthy adults. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 1998

23. Meyer NL, Sundgot-Borgen J, Lohman TG, Ackland TR, Stewart AD, Maughan RJ, et al. Body composition for health and performance: a survey of body composition assessment practice carried out by the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance under the auspices of the IOC Medical Commission. *Br J Sports Med.* 2013;bjsports-2013-092561.
24. Till K, Jones B, O'Hara J, Barlow M, Brightmore A, Lees M, et al. Three-Compartment Body Composition in Academy and Senior Rugby League Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016; 11(2):191-6.
25. Araújo D, Teixeira VH, Carvalho P, Amaral T. Exercise induced dehydration status and skinfold compressibility in athletes: an intervention study. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition.* 2013
26. Hume P, Marfell-Jones M. The importance of accurate site location for skinfold measurement. *Journal of sports sciences.* 2008; 26(12):1333-40.
27. Kinanthropometry ISftAo. 2001. International Standarts for Anthropometric Assessment- ISAK;
28. Marra M, Da Prat B, Montagnese C, Caldara A, Sammarco R, Pasanisi F, et al. Segmental bioimpedance analysis in professional cyclists during a three week stage race. *Physiol Meas.* 2016; 37(7):1035-40.
29. Tavares OM, Valente-Dos-Santos J, Duarte JP, Povoas SC, Gobbo LA, Fernandes RA, et al. Concurrent agreement between an anthropometric model to predict thigh volume and dual-energy X-Ray absorptiometry assessment in female volleyball players aged 14-18 years. *BMC Pediatr.* 2016; 16(1):190.
30. Staten MA, Totty WG, Kohrt WM. Measurement of fat distribution by magnetic resonance imaging. 1988

31. Ross R, Goodpaster B, Kelley D, Boada F. Magnetic resonance imaging in human body composition research. 2009
32. Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lyons W, Gallagher D, Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. American Physiological Society. 1998
33. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport. Sports Medicine. 2012; 42(3):227-49.

Agradecimentos

Quero, em primeiro lugar, agradecer à minha família! Aos meus pais, à minha irmã e aos meus avós. Sempre fizeram todos os possíveis e impossíveis para que eu pudesse ter acesso a um curso superior e a todas as condições necessárias para crescer profissional e pessoalmente! São a razão do meu ser e da minha felicidade!

Um muito obrigado ao Dr. António Pedro Mendes que se disponibilizou para me orientar mesmo à distância, a responder aos meus longos emails e me sugeriu este tema fantástico e desafiante!

Um agradecimento muito especial à Dra. Tânia Rocha que sempre me apoiou muito pacientemente e sempre me fez testar os meus limites! Fez-me crescer a nível profissional e pessoal!

Um enorme obrigado às minhas grandes amigas e companheiras, Beatriz Henriques, Juliana Morais, Inês Rebelo, Inês Mendes e Beatriz Silva. Sem vocês o meu trabalho e a minha vida não seriam os mesmos! Tornaram a minha vida mais rica e feliz! Não escolheria outras pessoas para viver esta experiência comigo!

A ti, Alexander Kravtsov. Apesar de duvidar frequentemente das minhas capacidades, tu nunca duvidaste! Foste um apoio fundamental!

Um obrigado ao Gabinete de Nutrição do HSEIT – Dra. Cláudia Meneses, Dra. Tânia Rocha, Dr. Frederico Viveiros e Dra. Marta Gomes por me terem recebido tão bem como parte da equipa.

Obrigada à minha amiga e conselheira, Débora Pita. Sempre me apoiou e incentivou a fazer mais e melhor!

Por último, mas não menos importante, quero agradecer aos meus colegas de trabalho e amigos do Queijo Vaquinha. Apesar de muitas horas de trabalho e cansaço que tive de conciliar com o estágio sempre me apoiaram e fizeram perceber que, no final de contas, o meu único obstáculo sou eu própria.

Não existem palavras suficientes para vos agradecer a todos por tudo o que contribuíram para que tudo corresse pelo melhor!