

HENRIQUE FERREIRA PESSOA

**FORÇA DOS MEMBROS INFERIORES AVALIADA
POR DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA E SUA
ASSOCIAÇÃO À COMPOSIÇÃO CORPORAL EM
ADOLESCENTES COM OBESIDADE**

Orientadora Científica: Professora Doutora Sandra Martins

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2014

Henrique Ferreira Pessoa

**FORÇA DOS MEMBROS INFERIORES AVALIADA
POR DINAMOMETRIA ISOCINÉTICA E SUA
ASSOCIAÇÃO À COMPOSIÇÃO CORPORAL EM
ADOLESCENTES COM OBESIDADE**

Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestre em Exercício e Bem-estar, no Curso de Mestrado em Exercício e Bem-estar variante Exercício, Nutrição e Saúde, conferido pela Universidade Lusófona e Tecnologias.

Orientadora Científica: Professora Doutora Sandra Martins

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2014

Resumo

Introdução. A obesidade pediátrica está associada a problemas graves de saúde e tem vindo a revelar-se a epidemia do século XXI, sendo considerada uma doença multifactorial. No que diz especificamente respeito ao peak torque, a razão entre agonista/antagonista fornece informações significativas sobre o equilíbrio muscular, desempenhando um papel importante na deteção das alterações músculo-esqueléticas, na definição de medidas preventivas e na implementação de programas de treino específicos. Os exercícios isocinéticos fornecem valores fidedignos sobre o peak torque produzido e, conseqüentemente, sobre a força entre flexores e extensores. Durante a extensão do joelho em exercícios isocinéticos os adolescentes com obesidade demonstraram ter mais peak torque nos quadricípedes do que os adolescentes normoponderais.

Objetivo. Analisar a capacidade de produção de peak torque dos membros inferiores por dinamometria isocinética em adolescentes com obesidade.

Método. Numa primeira fase, foi elaborada uma revisão sistemática da literatura utilizando como motores de pesquisa a Pubmed e o Sportdiscus de forma a analisar os índices de fadiga, força e desequilíbrios musculares nos membros inferiores respeitando os critérios de inclusão e exclusão. Posteriormente foi realizado um estudo transversal em que participaram 58 adolescentes obesos caucasianos (38 raparigas e 20 rapazes), com idades compreendidas entre os doze anos e os dezassete anos ($16,10 \pm 1,33$ anos), participantes no programa TOP (Tratamento da Obesidade Pediátrica). A composição corporal foi avaliada por densitometria radiológica de dupla energia (Hologic-QDR 4500, Hologic, Inc., Bedford, MA, USA, modo pencil beam, versão de software 12.5). A aptidão muscular foi avaliada por dinamometria isocinética (Biodex System 3 - Biodex Corp., Shirley, USA), a $60^\circ/\text{s}$ e $180^\circ/\text{s}$ para determinar o peak torque dos membros inferiores. Para se realizar a comparação entre géneros e condições do IMC, utilizou-se o teste *T* para amostras independentes e a análise das associações entre o IMC e as variáveis da aptidão muscular foi realizada através da correlação bivariada de Pearson e correlação parcial, com controlo da idade, género e IMC, uma vez que todas as variáveis tinham uma distribuição normal.

Resultados. Na revisão sistemática de literatura foram encontrados apenas 6 estudos observacionais/transversais, dos quais quatro se concentram na análise do peak torque e fadiga muscular dos membros inferiores em adolescentes obesos, um avalia a fadiga muscular em adolescentes normoponderais e um último artigo analisa o equilíbrio muscular (agonista/antagonista) em jovens atletas de desportos de combate.

No estudo transversal verificou-se que os rapazes são mais propícios a lesões no joelho pois apresentam um maior rácio agonista/antagonista. O peak torque na flexão do joelho é decisiva para determinar o rácio agonista/antagonista e diminui à medida que a massa e a percentagem de gordura aumentam nos membros inferiores.

Conclusão. Os rapazes atingem valores de peak torque mais elevados do que as raparigas. Quanto maior a percentagem de gordura total e gordura nos membros inferiores, menor será o peak torque na flexão do joelho. Quanto maior a percentagem de gordura total e gordura nos membros inferiores, menor será o rácio agonista/antagonista. Quanto maior for o peak torque na flexão do joelho, maior será o rácio agonista/antagonista. Uma vez que o tema em análise tem sido pouco explorado e a escassa literatura de apoio por vezes data de há mais de 5 anos, é fundamental a realização de mais estudos para orientar da melhor forma, detetar e esclarecer a existência de desequilíbrio muscular, os tipos de lesões e o tipo de trabalho a realizar para contrariar futuros desequilíbrios musculares em adolescentes com obesidade.

Palavras-chave. Obesidade Pediátrica, Força Muscular, Equilíbrio Muscular, Membros Inferiores, Avaliação Isocinética.

Abstract

Introduction. The pediatric obesity is associated to serious health problems and has proved itself to be the epidemic of the 21st century, being considered as a multifactorial disease. In what specifically concerns the peak torque, the rate between agonist/antagonist offers significant information on the muscular balance and reveals itself important for the detection of muscular-skeletal alterations, the setting of preventive measures and the implementation of specific training programs. The isokinetic exercises provide faithful data on the peak torque and, therefore, on the strength between flexors and extensors. During the knee extension through isokinetics exercises, adolescents with obesity reach higher peak torque values on their quadriceps than normalweight adolescents.

Objective. To examine the capacity of lower limbs in terms of peak torque production through isokinetic dynamometry in adolescents with obesity.

Method. In a first stage, the literature was systematically reviewed using Pubmed and Sportdiscus as search engines in order to analyse the indexes of fatigue, strength and muscular imbalances in lower limbs taking into account the inclusion and exclusion criteria. In a second stage, a cross-sectional study was conducted involving 58 caucasian obese adolescents (38 girls and 20 boys) aged between 12 and 17 years ($16,10 \pm 1,33$ years) that were participating in the TOP (Pediatric Obesity Treatment). The body composition was evaluated by dual-energy x-ray absorptiometry (Hologic-QDR 4500, Hologic, Inc., Bedford, MA, USA, modo pencil beam, software version 12.5). The muscle peak torque was estimated by isokinetic dynamometry (Biodex System 3 - Biodex Corp, Shirley, USA) on 60°/s and 180°/s to determine the peak torque of the lower limbs. The *T* test was used to compare genders and BMI values by examining independent samples. The link between the BMI and the variables related to muscular fitness was evaluated by a bivariate correlation established by Pearson and by a partial correlation controlling age, gender and BMI variables, as they presented a normal distribution.

Results. Following the systematic review of the available literature only 6 observational/cross-sectional studies were found, of which four focus their research on peak torque and muscular fatigue of the lower limbs in adolescents with obesity, one researches muscular fatigue in normalweight adolescents and one last article examines the muscular balance (agonist/antagonist) in young athletes in combat sports.

The cross-sectional study showed that boys are more often subject to knee injuries as they have a higher agonist/antagonist rate. The peak torque values during knee bending is decisive to establish the agonist/antagonist rate and it decreases as the mass and the fat rate increase in lower limbs.

Conclusion. Boys reach higher peak torque values than girls. The higher the total fat and fat rate in lower limbs, the lower the peak torque values during knee bending. The higher the peak torque values during knee bending, the higher the agonist/antagonist rate. Given the fact that this subject has not been sufficiently explored and the support literature is very scarce and was prepared more than 5 years ago, it is crucial to conduct more studies in order to better guide, understand and clarify the existence of muscular imbalances, the types of injuries and the actions to be taken in order to address future muscular imbalances in adolescents with obesity.

Keywords. Pediatric Obesity, Muscle Strength, Muscle Balance, Lower Limbs, Isokinetic Evaluation

Índice Geral

I.	Introdução Geral.....	12
	I.1. Introdução.....	13
	I.2. Objetivo de Estudo.....	21
	I.3. Estrutura da Dissertação.....	22
	I.4. Bibliografia.....	23
II.	Método Geral.....	29
	II.1. Método da Revisão Sistemática de Literatura.....	30
	II.2. Método do Estudo.....	31
	II.3. Bibliografia.....	33
III.	Resultados.....	34
	III.1. Força dos Membros Inferiores Avaliada por Dinamometria Isocinética e sua Associação à Composição Corporal em Adolescentes com Obesidade (Revisão Sistemática de Literatura).....	35
	III.1.1. Resumo.....	35
	III.1.2. Introdução.....	36
	III.1.3. Objetivo.....	39
	III.1.4. Método.....	39

III.1.4.1. Resultados.....	41
III.1.4.2. Desenho dos Estudos.....	43
III.1.4.3. Participantes dos Estudos.....	43
III.1.4.4. Grupo de Controlo.....	43
III.1.4.5. Instrumentos.....	44
III.1.5. Resultados dos Estudos.....	45
III.1.6. Discussão.....	47
III.1.7. Conclusões.....	48
III.2. Força dos Membros Inferiores Avaliada por Dinamometria Isocinética e sua Associação à Composição Corporal em Adolescentes com Obesidade	49
III.2.1. Resumo.....	49
III.2.2. Introdução.....	51
III.2.3. Objetivo.....	54
III.2.4. Método.....	54
III.2.4.1. Desenho do Estudo.....	54
III.2.4.2. Participantes do Estudo.....	54
III.2.4.3. Instrumentos.....	55

III.2.4.4. Procedimentos.....	56
III.2.4.4.1. Operacionais.....	56
III.2.4.4.2. Estatísticos.....	56
III.2.5. Resultados.....	57
III.2.6. Discussão.....	60
III.2.7. Conclusões.....	63
III.2.8. Bibliografia.....	64
IV. Discussão Geral.....	70
IV.1. Bibliografia.....	73
V. Conclusões Gerais.....	75

Índice de Tabelas

I.	Tabela 1 – PICO.....	40
II.	Tabela 2 – Estudos e Principais Resultados.....	46
III.	Tabela 3 – Critério do Nível de Evidência dos Estudos.....	47
IV.	Tabela 4 – Relação do Género com as Variáveis Antropométricas, Força e Composição Corporal.....	57

Índice de Figuras

I. Figura 1 – Fluxograma.....	42
--------------------------------------	-----------

Capítulo I – Introdução Geral

I.1 Introdução

Realizado no âmbito do Mestrado em Exercício e Bem-Estar, o presente trabalho pretende analisar a capacidade de produção de força dos membros inferiores por dinamometria isocinética e sua associação à composição corporal em adolescentes com obesidade.

Obesidade

De acordo com a World Health Organization (WHO, 2013), a obesidade é uma doença crónica que se manifesta pela acumulação excessiva de gordura corporal. Poderá originar, desenvolver e agravar outras doenças. A obesidade, com enorme prevalência nos países desenvolvidos, atinge homens e mulheres de todas as etnias e de todas as idades, reduz a qualidade de vida e é responsável por elevadas taxas de morbilidade e mortalidade.

Uma dieta rica em gordura e açúcar e a inatividade física, especialmente quando combinadas, são alguns dos fatores de estilo de vida que contribuem para o balanço instável das calorias. Menos de 10% dos casos de balanço instável das calorias são provocados por causas endócrinas (Foster et al., 2010; Marchi-Alves et al., 2011; Chinapaw et al., 2011; Altenburg et al., 2012).

A obesidade aumenta o risco de doenças cardiovasculares, hipertensão, hiperlipidémia, diabetes, asma, doenças do fígado, apneia do sono, vários tipos de cancro, problemas osteo-articulares e musculares, e altera algumas funções fisiológicas, provocando nomeadamente: o aumento rápido da insulina, a diminuição da sensibilidade da insulina, a diminuição da hormona de crescimento, o aumento das hormonas adrenocorticoides e a diminuição da hormona lípase. A obesidade aumenta não só o risco de contração de doenças como também a gravidade das mesmas (WHO, 2013; Foster et al., 2010; Albin et al., 2013).

Obesidade Pediátrica

A obesidade pediátrica está associada a problemas graves de saúde e tem vindo a revelar-se a epidemia do século XXI, sendo considerada uma doença multifactorial (Libório, A., 2010; Onis et al., 2010). Nas faixas etárias mais precoces, o número de jovens obesos tem crescido rapidamente (Altenburg et al., 2012).

Segundo a British Medical Association (BMA, 2005), mais de 22 milhões de crianças com menos de cinco anos de idade e 155 milhões de crianças em idade escolar têm excesso de peso.

No que diz respeito a Portugal, a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2013) refere que uma em cada três crianças tem excesso de peso ou obesidade infantil. Portugal está entre os países europeus com maior número de crianças afetadas por este problema de saúde.

O consumo excessivo de alimentos e bebidas calóricas nas escolas, o excesso de dedicação dos pais ao trabalho que aumenta o recurso a alimentos semi-prontos no ambiente familiar, o estilo de vida contemporâneo, a deslocação para a escola em veículos, o tempo despendido em frente ao computador e à televisão são as principais causas que levam ao aumento repentino do número de adolescentes obesos. A predisposição genética pode ser potenciada pela exposição a ambientes obesogénicos (Bouchard et al., 2009).

O risco de uma criança obesa vir a ser um adulto obeso é de 25%, aumentando para 80% quando o excesso de peso se instala durante a adolescência. Calcula-se que no futuro se registre um aumento do número de adultos afetados pela obesidade e por patologias que podem surgir na infância (Steinberger et al., 2009; Buchan et al., 2010; Singh et al., 2008).

Na adolescência, a morbilidade já é frequente, sendo detetáveis vários fatores de risco, como as dislipidemias, o aumento da pressão arterial e a resistência à insulina, que levam seguramente a que, na fase adulta, o risco e os índices de mortalidade sejam maiores, especialmente se associados à doença aterosclerótica, à hipertensão e a diversas alterações metabólicas (Steinberger et al., 2009).

Uma criança obesa está em risco de vir a sofrer graves problemas de saúde durante a sua adolescência e na idade adulta (WHO, 2013). Quando a obesidade surge na infância, geralmente perdura na fase adulta, agravando assim o problema, já que é precisamente durante os períodos críticos de desenvolvimento do tecido adiposo que se regista um aumento do número de adipócitos, levando ao incremento dos índices de obesidade e suas sequelas, como o aumento da espessura vascular, a hipertrofia de ventrículo esquerdo e a aterosclerose. O excesso de peso é considerado um importante fator de risco cardiovascular, e caso não seja controlado, pode provocar, posteriormente, aumentos da adiposidade tanto em adultos como em crianças (Yagui et al., 2011).

Desta forma, e para prevenir a obesidade, é importante limitar o aumento de peso durante a infância e a adolescência, de maneira a evitar a proliferação das células gordas (Albin et al., 2013). Para além dos problemas fisiológicos, existem também problemas graves a nível social e psicológico. Os distúrbios psicossociais, o isolamento social, a depressão e a associação de um corpo obeso a uma função social precária são consequências precoces da obesidade (Fisberg et al., 2006; Kunkel et al., 2007; Souza et al., 2007; WHO, 2013). Consequentemente, os jovens com obesidade estão mais sujeitos a ataques de *bullying* e a outros tipos de discriminação, o que afeta o seu rendimento escolar e a sua autoestima. Estes jovens poderão necessitar de receber apoio especializado, de forma a não potenciar possíveis depressões ou outras doenças do foro psicológico quando atingirem a idade adulta (WHO, 2013).

Obesidade Pediátrica e Atividade Física

Segundo a World Health Organization (WHO, 2007), e de acordo com as recomendações para a prática de atividade física publicadas por diversas entidades, nacionais e internacionais, os jovens, para serem saudáveis, deverão desenvolver uma atividade física moderada com a duração de 60 minutos duas a três vezes por semana. Essa atividade deverá ser realizada através de jogos ou exercícios que solicitem o sistema músculo-esquelético, de forma a melhorar a força muscular, a flexibilidade e a resistência óssea (ONAF, 2011). A WHO (2007), recomenda que, para combater a obesidade pediátrica, se proceda a uma mudança de estilo de vida, nomeadamente alterando a alimentação e intensificando a atividade física. É de salientar ainda que a atividade física pode influenciar a aptidão física, sendo determinante para a saúde e para a capacidade funcional.

É de salientar que os jovens com excesso de peso/obesidade são aqueles que menos cumprem os requisitos mínimos nos testes de aptidão física relacionados com a saúde. Sendo a aptidão física um indicador de saúde, é fundamental ter em consideração estratégias que promovam a sua melhoria, especialmente entre a população obesa (ONAF, 2011).

É fulcral sensibilizar para a atividade física, uma vez que esta não só possibilita a melhoria dos índices cardiovasculares, da aptidão física no âmbito da saúde, mas ajuda também a prevenir doenças cardiovasculares e metabólicas (Tremblay et al., 2011).

Aptidão Muscular

O treino de força desempenha um papel fundamental nos programas de exercício físico e tem sido recomendado por organizações de saúde como o *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2009), com o objetivo de melhorar a força muscular, a saúde e o condicionamento físico.

No que diz respeito à fisiologia, os adolescentes são muito diferentes dos adultos. O processo de maturação e de crescimento é variável entre os adolescentes. O desenvolvimento de um jovem depende da sua idade biológica, que por vezes se confunde com a sua idade cronológica. Independentemente da sua idade biológica, o jovem poderá sempre beneficiar de um programa de treino de força. Os adolescentes que participam num programa de treino de força sofrem muitas alterações fisiológicas que ajudam a melhorar a sua aptidão física geral, podendo também contribuir para o desenvolvimento de habilidades específicas para se tornarem atletas. Assim, é fulcral continuar o treino de força ao longo da vida (Kalan et al., 2009).

São vários os benefícios fisiológicos gerados pelo treino de força, por exemplo, a hipertrofia do músculo cardíaco e das suas fibras, que provoca um aumento de força na contração e, conseqüentemente, uma diminuição da frequência cardíaca, a melhoria na circulação periférica e no retorno venoso, a eliminação da gordura excedente pelo sistema endócrino e a diminuição das necessidades de insulina exógena (Faigenbaum et al., 2012).

Ao participarem em programas de treino de força, os adolescentes sofrem duas grandes alterações fisiológicas que convém ter em conta. A primeira alteração é a hipertrofia. Baechle & Earle (2008) afirmam que a hipertrofia, ainda que relativamente insignificante e raramente detetada em grande escala, marca presença entre os adolescentes, em especial em indivíduos com maior maturidade biológica ou genética. No início da adolescência, a concentração de testosterona é reduzida. No entanto, é esta hormona que contribui para a hipertrofia. Dada a reduzida concentração de testosterona entre a maioria dos adolescentes, a hipertrofia pode não ocorrer e, portanto, pode não se revelar um fator importante nas mudanças observadas num treino de força para adolescentes (Baechle & Earle, 2008).

A segunda alteração fisiológica abrange o sistema nervoso. O treino de força envolve vários fatores neurológicos que possibilitam aumentos de peak torque. As grandes mudanças incluem a ativação, a coordenação, o recrutamento e o disparo da unidade motora. Segundo Baechle & Earle (2008), estas mudanças neurológicas conduzem a uma maior expressão de força, bem como a uma melhor coordenação, equilíbrio e potência.

Desta forma, um programa de treino de força bem projetado tem grande potencial para gerar um impacto importante no sistema nervoso de um adolescente, aumentando a eficiência dos movimentos dinâmicos e as suas capacidades. Quando iniciam um treino de força, os adolescentes precisam de ser guiados para que possam progredir do ponto de vista técnico. Deverão ser ensinados os movimentos básicos, de forma a melhorar todos os fatores neurológicos anteriormente mencionados. Assim, um programa de treino de força promove o equilíbrio muscular e o desenvolvimento muscular e neurológico. Os programas de treino de força devem ter como objetivos: a prevenção de lesões, a melhoria do desempenho de capacidade motoras, o desempenho atlético, o aumento da flexibilidade e peak torque, a redução da obesidade, a redução do risco de osteopénia e/ou osteoporose, e a tomada em consideração de fatores psicossociais. Todos estes aspetos facilitam o desenvolvimento das aptidões e capacidades coordenativas dos adolescentes (Faigenbaum et al., 2009; Davis et al., 2009).

O treino de força tem demonstrado continuamente ser um treino seguro e eficaz para crianças e adolescentes, desde que as diretrizes a cumprir sejam adequadas para o grupo etário e se assegure uma supervisão qualificada. Os objetivos atuais de saúde pública consistem em aumentar o número de jovens em idade escolar que participam em atividades de fortalecimento muscular, organizadas e supervisionadas por profissionais de exercício e saúde. Este tipo de intervenção é cada vez mais comum (Behringer et al., 2010; Faigenbaum et al., 2012).

Segundo Faigenbaum et al., (2012), o incentivo à prática da atividade física na infância e na adolescência aumenta a probabilidade de esses adolescentes ou crianças se tornarem indivíduos ativos. Porém, se essa exposição ao exercício envolver cargas muito elevadas, os referidos benefícios podem ser mínimos ou, até, prejudiciais para a criança no seu crescimento e desenvolvimento (Oliveira et al., 2007).

O treino de força em crianças tem sido bastante utilizado por profissionais de Educação Física, pois promove benefícios no desempenho motor (Behringer et al., 2011), melhora a composição corporal de crianças com excesso de peso ou obesidade (McGuigan et al., 2009) e gera resultados positivos em relação à auto-perceção sobre a imagem corporal (Lubans et al., 2010).

Os adolescentes com obesidade têm membros inferiores mais fortes do que os adolescentes normoponderais (Abdelmoula et al., 2012).

No âmbito do treino, a força muscular, entendida como capacidade motora, pode diferenciar-se em força máxima (peak torque), força potente ou força resistente (ACSM, 2009; Costal et al., 2008; Mcardle et al., 2008).

O peak torque representa o resultado da força aplicada num ponto multiplicada pela distância do ponto de aplicação dessa força ao centro de rotação do eixo de movimento, ou seja, $T = F \times d$, medida em newton-metro ($N.m^{-1}$) (Terrerri et al., 2001).

Índices de Fadiga

O sistema energético em diferentes faixas etárias parece estar relacionado diretamente com o intervalo de recuperação. A velocidade da glicólise anaeróbia em crianças é limitada pela atividade de algumas enzimas, como a piruvato desidrogenase e a fosfofrutoquinase. Esta última apresenta uma menor atividade na célula muscular dos rapazes com idades compreendidas entre os onze e os treze anos e entre os dezasseis e os dezassete anos, quando comparados a adultos jovens, demonstrando uma menor velocidade da glicólise anaeróbia em crianças. Desta forma, o tempo ideal do intervalo de repouso entre séries de exercícios de força para os jovens pode não ser igual ao recomendado para adultos e idosos (Filho et al., 2011).

A extensão do período de recuperação altera significativamente as respostas agudas metabólicas, hormonais e cardiovasculares no treino de força, assim como o desempenho das séries posteriores. Em relação às contrações musculares isocinéticas, os intervalos de descanso influenciam a produção de peak torque (Bottaro et al., 2009; Ernesto et al., 2009; Filho et al., 2011). Para que haja uma recuperação da força muscular em indivíduos jovens, é necessário um intervalo de repouso de aproximadamente 160 segundos entre séries. Por outro lado, um minuto parece ser suficiente para a recuperação da força muscular em exercícios isocinéticos em idosos, mas não em adultos jovens (Bottaro et al., 2010).

Segundo Faigenbaum (2008), as crianças e os jovens têm uma recuperação mais rápida do que os adultos após a realização de um exercício físico intenso pois têm uma maior percentagem de fibras musculares tipo I, menor atividade do metabolismo glicolítico, menor ativação neuromuscular, menor habilidade de ativação de fibras tipo II, melhor regulação do mecanismo ácido-base. Outro fator que pode explicar esta maior capacidade de recuperação prende-se com a baixa capacidade de produção de peak torque em crianças quando comparadas com a de outras populações, pois uma maior produção de

peak torque está correlacionada com maior fadiga. Poderá explicar esta relação o facto de que indivíduos com maiores produções de peak torque apresentam, durante o exercício, maior pressão intramuscular, maior oclusão vascular, maior acumulação de metabolitos, menor fornecimento de oxigénio no músculo e uma fadiga precoce durante a contração muscular (Parker et al., 2007; Faigenbaum et al., 2008).

O intervalo de recuperação, ou seja, a resistência à fadiga diminui gradualmente entre a infância e a adolescência (Dipla et al., 2009). Ou seja, comparando a aptidão oxidativa muscular entre jovens e adultos, há de facto uma maior capacidade oxidativa mitocondrial entre os jovens. Assim, uma alta capacidade de regeneração do ATP, por meio do sistema aeróbio em crianças, pode ser um fator importante para uma melhor resistência à fadiga nessa população em exercícios intervalados de alta intensidade (Ratel et al., 2009).

A capacidade de resistência, influencia principalmente, a magnitude da produção de potência muscular, afetando assim, a extensão da fadiga e, conseqüentemente, a sua recuperação (Filho et al., 2011).

Equilíbrio Agonista/Antagonista

O método agonista-antagonista, tem como pressuposto a ativação da musculatura antagonista, criando estabilidade articular num processo denominado co-contração, que em consequência, mantém atividade na musculatura oposta (Robbins et al., 2010). Desta forma, quando a ativação da musculatura agonista é realizada com a fadiga do antagonista, ocorre um aumento no desempenho de produção de peak torque e potência no movimento seguinte, pois o mesmo não reduz a ação da musculatura agonista. A pré-ativação do antagonista seria um mecanismo inibidor da musculatura agonista, diminuindo o seu desempenho (Nobre et al., 2010).

No que diz respeito ao peak torque, a razão entre agonista/antagonista fornece informações significativas sobre o equilíbrio muscular, cabendo-lhe um papel importante na deteção de alterações músculo-esqueléticas, na definição de medidas preventivas e na implementação de programas de treino específicos. Os exercícios isocinéticos fornecem valores fidedignos sobre o torque gerado e, conseqüentemente, sobre a força entre flexores e extensores (Verdijk et al., 2009).

Américo et al. (2011) refere que o desequilíbrio das forças que agem estática e dinamicamente sobre as articulações pode resultar de um padrão ou de uma rotina de movimentos em atividades diárias ou desportivas, que leva ao desenvolvimento de uma

musculatura específica causada por essa mesma sobrecarga. Esses desenvolvimentos específicos poderão causar alterações na postura ou alterações osteoarticulares e/ou musculo tendinosas de uma articulação. Quando o desequilíbrio entre os músculos agonistas e antagonistas é superior a 10%, o risco de lesão é 3 a 20 vezes superior ao de músculos que não apresentem desequilíbrios. Haverá deste modo uma maior suscetibilidade à lesão no grupo muscular mais fraco.

A utilização da pré-ativação dos músculos antagonistas antes da ativação dos agonistas tem recebido bastante atenção nas clínicas de reabilitação e nas salas de musculação. Verifica-se que as características de pré-ativação dos músculos antagonistas parecem influenciar positivamente a geração de força dos agonistas. Desta forma, indivíduos submetidos a essas pré-ativações poderiam melhorar o seu desempenho motor e gerar maiores níveis de peak torque (Carregaro et al., 2011).

A relação entre os músculos agonistas e antagonistas foi observada em atletas de Taekwondo e Kickboxing por Machado et al. (2009). O referido estudo demonstrou existir um equilíbrio muscular (4,3%) nos atletas destas duas modalidades (Machado et al., 2009). Para além de ser pouca a informação disponível sobre estudos do equilíbrio muscular agonista/antagonista, é de salientar que todos os estudos existentes têm como objeto de estudo a população adulta e não adolescentes normoponderais ou adolescentes com obesidade.

I.2. Objetivo de Estudo

O objetivo da presente dissertação é, analisar a capacidade de produção de peak torque dos membros inferiores e a sua associação à composição corporal em adolescentes com obesidade.

Para dar resposta a este objetivo foram elaboradas as seguintes hipóteses de estudo:

Hipótese 1. Os índices de peak torque dos membros inferiores aumentam com o IMC em adolescentes com obesidade (Abdelmoula et al., 2012; Artero et al., 2010).

Hipótese 2. Existe estabilidade na coordenação agonista-antagonista nos membros inferiores de adolescentes com obesidade (Abdelmoula et al., 2012; Machado et al., 2009).

Hipótese 3. Em adolescentes com obesidade, o género feminino apresenta menor coordenação agonista-antagonista do que o género masculino (ONAF, 2011).

Hipótese 4. Os índices de fadiga dos membros inferiores aumentam com o IMC em adolescentes com obesidade (Faigenbaun et al., 2008; Parker et al., 2007; Ratel et al., 2009).

I.3. Estrutura da dissertação

Esta tese tem por base estudos independentes, pelo que o conteúdo de apoio é por vezes referido repetidamente (por exemplo, na introdução do capítulo III.1 e III.2). As referências bibliográficas foram feitas em função de cada capítulo. A tese tem a seguinte estrutura:

1. O capítulo I (Introdução Geral) serve de apoio teórico ao tema da tese. Inclui uma explicação dos conceitos e significados dos termos técnicos utilizados ao longo de todo o documento. Este capítulo indica igualmente o objetivo da tese e, apresenta os participantes no estudo (adolescentes com obesidade) bem como o método seguido nos dois estudos. Inclui também as referências bibliográficas utilizadas neste capítulo.

2. O capítulo III.1 inclui o artigo da revisão sistemática de literatura, o resumo e a introdução, uma descrição da estratégia de pesquisa, os critérios de seleção, os tipos de estudo, as datas dos estudos, os critérios de inclusão e exclusão, os resultados (força, fadiga e equilíbrio muscular), a discussão, as conclusões e a bibliografia utilizada neste capítulo.

3. O capítulo III.2, apresenta o segundo artigo e fornece uma análise mais detalhada e menos generalizada do que o primeiro artigo. Todos os conceitos e significados são pormenorizados de forma a reforçar a pertinência do tema da tese. Inclui um resumo, uma introdução, o desenho do estudo, os participantes, as medições, os procedimentos e análise estatística, a discussão de resultados, as conclusões, as limitações e a bibliografia deste capítulo.

4. O capítulo IV inclui uma análise geral dos resultados e do impacto desta tese em estudos futuros.

5. O capítulo V inclui as principais conclusões retiradas da revisão sistemática de literatura, juntamente com as conclusões principais da presente investigação.

Bibliografia

Abdelmoula, A., Martin, V., Bouchant, A., Walrand, S., Lavet, C., Taillardat, M., . . . Ratel, S. (2012). Knee extension strength in obese and nonobese male adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab*, 37(2), 269-275. doi: 10.1139/h2012-010

Albin, A. (2013). Childhood obesity linked to more immediate health problems than previously thought. Web site at: <http://newsroom.ucla.edu/portal/ucla/childhood-obesity-associated-with-242401.aspx>

Altenburg, T. M., Singh, A. S., van Mechelen, W., Brug, J., & Chinapaw, M. J. (2012). Direction of the association between body fatness and self-reported screen time in Dutch adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 9, 4. doi: 10.1186/1479-5868-9-4

American College of Sports Medicine. (2009). Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 41. p. 687-708

Américo, S. P. F., Souza, V. V., Guimarães, C. Q., Rolla, A. F. L. (2011). Use of 1-RM Test in the Measurement of Knee Flexors and Extensors Ratio in Young Adults. *Revista Brasileira de Medicina e Esporte*;17(2):111-114

Artero, E. G., Espana-Romero, V., Ortega, F. B., Jimenez-Pavon, D., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., . . . Castillo, M. J. (2010). Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scand J Med Sci Sports*, 20(3), 418-427. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00959.x

Baechle, T.R., Earle, R.W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*, 3rd ed. Champaign: Human Kinetics

Behringer, M., vom Heede, A., Yue, Z., Mester, J. (2010). Effects of resistance training in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatrics*, 126 (5), e1199-e1210

Behringer, M., Vom Heede, A., Matthews, M., Mester, J. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 23, no.2, p. 186-206

Bottaro, M., Ernesto, C., Celes, R., Farinatti, T., Brown, E., Oliveira, J. (2010). Effects of age and rest interval on strength recovery. *International Journal of Sports Medicine*, Stuttgart, v. 31, p. 22-25

Bottaro, M., Martins, B., Gentil, P., Wagner, D. (2009). Effects of rest duration between sets of resistance training on acute hormonal responses in trained women. *Journal of Science and Medicine in Sports*, [S.l.], v. 12, p. 73-78

Bouchard C. (2009). Childhood obesity: are genetic differences involved? *Am J Clin Nutr.*; 89(5):1494S-501S

British Medical Association (2005). Preventing childhood obesity. London: BMA ISBN: 0-9548965-8-0

Buchan, D. S., Ollis, S., Thomas, N. E., & Baker, J. S. (2010). The influence of a high intensity physical activity intervention on a selection of health related outcomes: an ecological approach. *BMC Public Health*, 10, 8. doi: 10.1186/1471-2458-10-8

Carregaro, R., Cunha, R., Cardoso, J., Pinto, R., Bottaro, M. (2011). Effects of different methods of antagonist muscles pre-activation on knee extensors neuromuscular responses. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v. 15, n. 6, p. 452-9. ISSN 1413-3555

Chinapaw, M. J., Proper, K. I., Brug, J., Mechelen, W., Singh, A. S. (2011). Relationship between young peoples' sedentary behaviour and biomedical health indicators: a systematic review of prospective studies. *Obesity Reviews* Volume 12, Issue 7, pages e621–e632

Costal, A., Pinheiro, V., Cipriano, M., Sequeira, P. (2008). O treino da força no período infanto-juvenil: Algumas considerações Pedagógicas e Metodológicas. *REDAF – revista de desporto e actividade física*, volume1, número 2

Davis, J., Tung, A., Chak, S., Ventura, E., Byrd-Williams, C., Alexander, K., Lane, C., Weigensberg, M., Spruijt-Metz, D., Goran, M., (2009). Aerobic and Strength Training Reduces Adiposity in overweight Latina Adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* July ; 41(7): 1494–1503. doi:10.1249/MSS.0b013e31819b6aea

Dipla, K., Tsirini, T., Zafeiridis, A., Manou, V., Dalamitros, A., Kellis, E., Kellis, S. (2009). Fatigue resistance during high-intensity intermittent exercise from childhood to adulthood in males and females. *European Journal of Applied Physiology*, Berlin, v. 106, p. 645-653

Ernesto, C., Bottaro, M., Silva, M., Sales, M., Celes, S., Oliveira, J. (2009). Effects of different rest intervals on isokinetic muscle performance among older adults. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v. 13, p. 65-72

Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Herman, R. E., Naclerio, F., Ratamess, N. A., Kang, J., & Myer, G. D. (2012). Reliability of the one-repetition-maximum power clean test in adolescent athletes. *J Strength Cond Res*, 26(2), 432-437. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220db2c

Faigenbaum, A., Kraemer, W., Blimkie, C., Jeffreys, I., Micheli, L., Nitka, M., Rowland, T. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 23:S60–S79. [PubMed:19620931]

Faigenbaum, A., Ratamess, N., McFarland, J., Kaczmarek, J., Coraggio, J., Kang, J., Hoffman, J. (2008). Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens and men. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 20, p. 457-469

Filho, V., Ferreira, S., Sales, M., Almeida, A., Bottaro, M. (2011). Effects of different rest intervals on muscular performance in children. *Revista da Educação Física/UEM*, Maringá, vol.22, no.4, DOI: 10.4025/reveducfis.v22i4.13166.

Fisberg, M. (2006). Obesidade na infância e adolescência. *Rev. bras. Educ. Fís. Esp.*, 20(5), 163-164

Foster, N. A., Segal, N. A., Clearfield, J. S., Lewis, C. E., Keysor, J., Nevitt, M. C., & Torner, J. C. (2010). Central versus lower body obesity distribution and the association with lower limb physical function and disability. *PM R*, 2(12), 1119-1126. doi: 10.1016/j.pmrj.2010.09.002

Kalan, J. (2009). What factors need to be adapted in youth resistance training. Available from: <http://www.brianmac.co.uk/articles/article061.htm> [Accessed 17/11/2013]

Kunkel, N. (2007). Associação entre Excesso de Peso e Qualidade de Vida relacionada à Saúde em Adolescentes de Florianópolis

Libório, M. F. R. A. (2010). Ambientes obesogênicos: Casa, área de residência e escola. Dissertação de Mestrado em Educação Física Especialização em Desenvolvimento da Criança na variante de Desenvolvimento Motor. <http://hdl.handle.net/10348/638>

Lubans, D. R., Aguiar, E. J., Callister, R. (2010). The effects of free weights and elastic tubing resistance training on physical self-perception in adolescents. *Psychology Sports Exercise*, Amsterdam, v. 11, p. 497-504

Machado, S., Souza, R. A., Simão, A., Jerônimo, D., Silva, N., Osorio, R., & Magini, M. (2009). Comparative study of isokinetic variables of the knee in taekwondo and kickboxing athletes. *Fitness & Performance Journal*, 8(6), 407-411. doi: 10.3900/fpj.8.6.407.e

Marchi-Alves, L. M., Yagui, M., Rodrigues, C., Mazzo, A., Rangel, E., Girão, F. (2011). Infant obesity in the past and nowadays: the importance of anthropometric assessment by nurses. *Esc. Anna Nery* vol.15 no.2 Rio de Janeiro

Mcardle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. (2008). *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 229-837

McGuigan, M. R., Tatasciore, M., Newton, R. U., Pettigrew, S. (2009). Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Lincoln, v. 23, n.1, p. 80-85

Nobre, M., Figueiredo, T., Simão, R. (2010). Influência do método agonista-antagonista no desempenho do treinamento de força para membros inferiores. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, São Paulo, v.4, n.22, p.397-401. ISSN 1981-9900

Observatório Nacional da Actividade Física e do Desporto. (2011). *Livro verde da actividade física*. - Lisboa: Instituto do Desporto de Portugal

Oliveira, A., Arruda, M., Lopes, M., (2007). Características do crescimento e do desenvolvimento físico de pré-adolescentes e a relevância do treinamento de longo prazo. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, ano III, nº 14

Onis, M., Blössner, M., Borghi, E. (2010). Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 92, 1257–64

Parker, B. A., Smithmyer, S. L., Pelberg, J. A., Mishkin, A. D., Herr, M. D., & Proctor, D. N. (2007). Sex differences in leg vasodilation during graded knee extensor exercise in young adults. *J Appl Physiol* (1985), 103(5), 1583-1591. doi:10.1152/jappphysiol.00662.2007

Ratel, S., Tonson, A., Le Fur, Y., Cozzzone, P., Bendahan, D. (2009). Skeletal muscle oxidative capacity in children: a ³¹P-MRS study. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, Paris, v. 23, p. 79-85

Robbins, D.W., Young, W. B., Behm, D. G., Payne, W. R., Klimstra, M. D. (2010). Physical performance and electromyographic responses to an acute bout of paired set strength training Versus traditional strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 24, Num. 5, p. 1237-1245

Singh, A. S., Mulder, C., Twisk, J. W., Mechelen, W., Chinapaw M. J. (2008). Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature. *Obes Rev*, 9, 474-488

Souza, D. P. D., Silva, G. S., Oliveira, A. D. M., & Shinohara, N. K. S. (2007). Etiologia da obesidade em crianças e adolescentes. *Revista brasileira de nutrição clínica*

Steinberger J, Daniels SR, Eckel RH, Hayman L, Lustig RH, McCrindle B. (2009). Progress and challenges in metabolic syndrome in children and adolescents: a scientific statement from the American Heart Association Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in the Young Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Cardiovascular Nursing and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism, 119(4): 628-47

Terreri, A., Greve, J., AmatuZZi M. (2001). Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Laboratório de Estudos do Movimento. Grupo de Medicina Esportiva. Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Rev Bras Med Esporte*, Vol. 7, Nº 5

Tremblay, M. S., LeBlanc, A. G., Kho, M. E., Saunders, T. J., Larouche, R., Colley, R. C., . . . Connor Gorber, S. (2011). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8, 98. doi: 10.1186/1479-5868-8-98

Verdijk, L. B., Van, L.L., Meijer, K., Savelberg, H. H. (2009). One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. *J Sports Sci.*;27:59-68

WHO, Steps to health - A European Framework to Promote Physical Activity for Health. Copenhagen: WorldHealth Organization - Regional Office for Europe. 2013.

WHO, Steps to health (2007). A European Framework to Promote Physical Activity for Health. Copenhagen: World Health Organization - Regional Office for Europe

Yagui, C. M., Marchi-Alves, L. M., Rodrigues, C. S., Mazzo, A., Rangel, E. M. L., Girão, F. B. (2011). Infant obesity in the past and nowadays: the importance of anthropometric assessment by nurses. *Esc Anna Nery* (impr.); 15 (2):238-244

Capítulo II – Método Geral

II. Método Geral

O presente trabalho seguiu o método da revisão sistemática de literatura e o método do estudo transversal. A Pubmed e Sportdiscus foram os motores de pesquisa mais usados na consulta de artigos publicados no intervalo temporal entre janeiro de 2008 e fevereiro de 2014. No entanto, até à data de conclusão do presente trabalho, procedeu-se à pesquisa contínua de novos artigos, a bem da atualização e pertinência da investigação em causa.

II.1 Método da Revisão Sistemática de Literatura

Os motores de pesquisa mais usados na consulta de artigos foram a Pubmed e Sportdiscus. Utilizou-se o modelo “PICO” como estratégia de pesquisa recorrendo às seguintes palavras-chave: Obesidade, Obesidade Pediátrica, Obesidade Infantil, Adolescentes Obesos, Jovens Obesos, Força Muscular, Equilíbrio Muscular, Fadiga Muscular, Membros Inferiores, Agonista, Antagonista, Percentagem de Massa Gorda, Índice de Massa Corporal, Prescrição, Avaliação Isocinética, Joelho, Treino de Força, Amplitude Articular.

A seleção dos artigos respeitou os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados no intervalo temporal entre janeiro de 2008 e fevereiro de 2014, com qualquer desenho de estudo, à exceção de meta-análises e revisões sistemáticas de literatura; estudos com participantes incluindo uma faixa etária entre os 10 e os 18 anos (WHO, 2013), de etnia caucasiana e com obesidade; avaliação da aptidão muscular dos membros inferiores por dinamometria isocinética.

Os critérios de exclusão definidos foram os seguintes: artigos que realizavam meta-análise ou revisões sistemáticas de literatura e artigos que analisavam adolescentes obesos de etnia não caucasiana ou com patologias osteoarticulares, limitações funcionais ou problemas cognitivos que pudessem colocar em causa a produção de peak torque.

II.2 Método do Estudo

Participantes

O estudo teve por base uma amostra de 58 adolescentes obesos (38 raparigas e 20 rapazes), com idades compreendidas entre os 12 anos e os 17 anos ($16,10 \pm 1,33$), participantes no programa TOP (tratamento da obesidade pediátrica). A todos os participantes no estudo e aos respetivos encarregados de educação foi solicitada a assinatura de um consentimento informado.

Instrumentos

Na avaliação antropométrica da composição corporal e da aptidão muscular, todos os participantes tiveram acesso a uma explicação prévia e clara antes de se proceder às medições, que foram feitas pelo mesmo avaliador de acordo com o mesmo método, no respeito dos protocolos de cada equipamento.

O peso foi calculado na posição antropométrica (protocolo na presente investigação) através da utilização da balança de bio-impedância elétrica (BF-511, OMRON, Japão).

No que diz respeito à estatura, a avaliação na posição antropométrica foi efetuada no estadiómetro (SECA).

O IMC foi calculado dividindo o peso (em kg) pela altura ao quadrado (em metros) (Cole et al., 2000; WHO, 2000).

A avaliação da composição corporal foi realizada por densitometria radiológica de dupla energia (Hologic-QDR 4500, Hologic, Inc., Bedford, MA, USA), modo pencil beam, versão de software 12.5, através do exame de corpo inteiro, de acordo com os procedimentos indicados pelo manual do fabricante.

A aptidão muscular foi avaliada por dinamometria isocinética (Biodex System 3 - Biodex Corp., Shirley, USA), com o objetivo de determinar a força dos membros inferiores. Os testes foram realizados segundo os protocolos de 60°/s e 180°/s, referidos no manuscrito II, definidos para este equipamento (Wilk et al., 1991).

Desenho do estudo

Este estudo apresenta um desenho transversal e observacional constituído por um único momento de avaliação, o qual correspondeu ao *baseline* de cada um dos três *cohorts* do programa TOP (Tratamento da Obesidade Pediátrica). Todos os participantes se deslocaram ao Departamento de Desporto da Universidade de Évora para a realização das avaliações da composição corporal e da aptidão muscular.

Procedimentos

Para a familiarização dos protocolos e instrumentos de avaliação, realizou-se um acompanhamento das avaliações do 2ºcohorte (12meses) e do 3ºcohorte (6meses). Quando se finalizou o último momento de avaliação, foram requisitados os dados necessários para a elaboração da base de dados a ser utilizada no estudo transversal.

Foram incluídas na base de dados as variáveis antropométricas, a composição corporal, a força e a fadiga muscular. Todas as variáveis em estudo foram analisadas descritivamente (média e desvio padrão). Posteriormente, procedeu-se à análise da normalidade das mesmas através do teste de Kolmogorov-Smirnov. Para se realizar a comparação entre géneros e condições do IMC, utilizou-se o teste *T* para a recolha de amostras independentes. A análise das associações entre o IMC e as variáveis da aptidão muscular foi realizada através da correlação bivariada de Pearson e correlação parcial, uma vez que todas as variáveis tinham uma distribuição normal.

Bibliografia

Cole J., Bellizzi C., Flegal M., Dietz H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BmJ*, 320 (7244): p. 1240-3

WHO, Steps to health - A European Framework to Promote Physical Activity for Health. Copenhagen: WorldHealth Organization - Regional Office for Europe. 2013.

WHO, World Health Organization. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Technical Report Series N.º 894., WHO, Editor. 2000: Geneva.

Wilk, K. (1991). Isokinetic testing – Setup and Positioning. In *Biodex System II Manual, Applications/Operations*, Biodex Medical System, Inc, New York, USA

Capítulo III – Resultados

III.1 Força dos Membros Inferiores Avaliada por Dinamometria Isocinética e sua Associação à Composição Corporal em Adolescentes com Obesidade (Revisão Sistemática de Literatura)

III.1.1 Resumo

Objetivo. A presente revisão sistemática de literatura teve como objetivo analisar os índices de fadiga, força e desequilíbrios musculares nos membros inferiores, em adolescentes com obesidade.

Método. Na estratégia da pesquisa utilizou-se o modelo “PICO”. A Pubmed e Sportdiscus foram os motores de pesquisa usados na consulta de artigos publicados no intervalo temporal entre janeiro de 2008 e fevereiro de 2014.

A análise e a seleção dos artigos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão definidos ficaram a cargo de uma única pessoa.

Resultados. Pela pesquisa automática, foram encontrados 477 artigos (470 por pesquisa automática e 7 por pesquisa manual). Foram incluídos nesta revisão sistemática de literatura 6 estudos referentes a populações com idades compreendidas entre os 8 e os 18 anos. No entanto, não foram encontrados estudos sobre equilíbrio muscular em adolescentes com obesidade.

Palavras-Chave: Obesidade Pediátrica, Força Muscular, Equilíbrio Muscular, Fadiga Muscular, Membros Inferiores, Agonista, Antagonista.

III.1.2 Introdução

A obesidade pediátrica está associada a problemas graves de saúde e tem vindo a revelar-se a epidemia do século XXI, sendo considerada uma doença multifactorial (Libório, A., 2010; de Onis et al., 2010). Marchi-Alves (2011) verificou que nas faixas etárias mais precoces, o número de obesos tem crescido rapidamente (Marchi-Alves et al., 2011; Altenburg et al., 2012). No que diz respeito a Portugal, a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2013) refere que uma em cada três crianças tem excesso de peso ou obesidade infantil. Portugal está entre os países europeus com maior número de crianças afetadas por este problema de saúde (WHO, 2013).

Steinberger et al. (2009) verificou que o risco de uma criança obesa vir a ser um adulto obeso é de 25%, aumentando para 80% quando o excesso de peso se instala durante a adolescência. Calcula-se que no futuro se registre um aumento do número de adultos afetados pela obesidade e por patologias que podem surgir na infância (Steinberger et al., 2009; Buchan et al., 2010; Singh et al., 2008; WHO, 2013; Yagui et al., 2011).

Desta forma, e para prevenir a obesidade, é importante limitar o aumento de peso durante a infância e a adolescência, de maneira a evitar a proliferação das células adiposas. É de salientar que essa proliferação potencia o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes, asma, doenças do fígado, apneia do sono, vários tipos de cancro, problemas osteoarticulares e musculares (Albi et al., 2013). Para além dos problemas fisiológicos, existem também problemas graves ao nível do foro social e psicológico. Os distúrbios psicossociais, o isolamento social, a depressão, a associação de um corpo obeso a uma função social precária são consequências precoces da obesidade (Fisberg et al., 2006; Kunkel et al., 2007; Souza et al., 2007; WHO, 2013). Deste modo, as crianças e jovens obesos estão mais sujeitos a atos de *bullying* e outros tipos de discriminação, o que afeta o seu rendimento escolar e a sua autoestima (WHO, 2013). Outro fator dissuasor é que o próprio peso acrescido num adolescente obeso desmotiva a prática da atividade física (Nantel et al., 2011; Tsiros et al., 2013). Segundo Browning, C. (2012), os obesos têm menor resistência e valores de peak torque mais baixos do que os indivíduos normoponderais, determinando a sua fraca mobilidade e capacidade funcional.

Deste modo, há que sensibilizar os jovens para a prática da atividade física, uma vez que esta possibilita a melhoria da aptidão cardiovascular, da aptidão muscular e da coordenação motora (Tremblay et al., 2011). O treino de força tem um papel fundamental nos programas de exercício físico e tem sido recomendado por organizações de saúde

como o *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2009), com o objetivo de melhorar a força muscular, a composição corporal, o condicionamento físico (McGuigan et al., 2009), o desempenho motor (Behringer et al., 2011), a autoestima e a auto-percepção da imagem corporal (Lubans et al., 2010).

Segundo Abdelmoula et al. (2012), os adolescentes com obesidade atingem valores de peak torque mais elevados nos quadricípedes durante a extensão do joelho em exercícios isocinéticos do que os adolescentes normoponderais. No entanto, esta conclusão ainda suscita dúvidas e continua a ser motivo de controvérsia. Alguns autores afirmam que não há diferenças ao nível do peak torque em exercícios isométricos e isocinéticos (Blimkie et al., 1990). No entanto, outros autores afirmam precisamente o contrário, ou seja, que os adolescentes obesos atingem valores de peak torque mais elevados do que os adolescentes normoponderais (Maffiuletti et al., 2008).

Segundo Faigenbaum (2012), o treino de força tem demonstrado continuamente ser um treino seguro e eficaz para crianças e adolescentes, desde que as diretrizes a cumprir sejam adequadas para o grupo etário e se assegure uma supervisão qualificada. Os objetivos atuais de saúde pública consistem em aumentar o número de jovens em idade escolar que participam em atividades de fortalecimento muscular, organizadas e supervisionadas por profissionais especializados (Behringer et al., 2010; Faigenbaum et al., 2012).

No que diz respeito à fisiologia, os adolescentes são muito diferentes dos adultos. O processo de maturação e de crescimento é variável entre os adolescentes. O desenvolvimento do jovem depende da sua idade biológica, que por vezes se confunde com a sua idade cronológica. Independentemente da sua idade biológica, o jovem poderá sempre beneficiar de um programa de treino de força. Os adolescentes que participam num programa de treino de força sofrem muitas alterações fisiológicas (hipertrofia muscular e a ativação, coordenação, recrutamento e disparo da unidade motora, Baechle & Earle, 2008) que ajudam a melhorar a sua aptidão física geral, no seu progresso no condicionamento físico geral, podendo também contribuir para o desenvolvimento de habilidades específicas para se tornarem atletas. Assim, é fulcral continuar o treino de força ao longo da vida (Kalan et al., 2009).

Segundo Faigenbaum et al. (2008), as crianças e jovens têm uma recuperação mais rápida que os adultos após a realização de um exercício físico intenso, pois têm uma maior percentagem de fibras musculares tipo I, menor atividade do metabolismo glicolítico, menor ativação neuromuscular, menor habilidade de ativação das fibras tipo II, melhor

regulação do mecanismo ácido-base (Ratel et al., 2009). Outro fator que pode explicar esta maior capacidade de recuperação prende-se com a baixa capacidade de produção de peak torque em crianças quando comparadas com a de outras populações, pois uma maior produção de peak torque está correlacionada com maior fadiga. Poderá explicar esta relação o facto de que indivíduos com maiores produções de peak torque apresentam, durante o exercício, maior pressão intramuscular, maior oclusão vascular, maior acumulação de metabolitos, menor fornecimento de oxigénio no músculo e uma fadiga precoce durante a contração muscular (Parker et al., 2007; Faigenbaun et al., 2008).

Américo et al. (2011) afirma que o desequilíbrio das forças que agem estaticamente e dinamicamente sobre as articulações podem surgir devido a um padrão ou rotina de movimentos em atividades diárias ou desportivas, levando ao desenvolvimento de uma musculatura específica causada por essa mesma sobrecarga. Esses desenvolvimentos específicos poderão causar alterações na postura ou alterações osteoarticulares e/ou musculo tendinosas de uma articulação. Quando o desequilíbrio entre os músculos agonistas e antagonistas é superior a 10%, o risco de lesão é 3 a 20 vezes superior ao de músculos que não apresentem desequilíbrios. Haverá deste modo uma maior suscetibilidade à lesão no grupo muscular mais fraco (Américo et al., 2011).

No que diz respeito ao equilíbrio muscular, a razão entre agonista/antagonista fornece informações significativas que contribuem para deteção de alterações musculo-esqueléticas, a orientação de medidas preventivas e a implementação de programas de treino específicos. Deste modo, os exercícios isocinéticos fornecem valores fidedignos sobre o torque gerado e, consecutivamente, sobre a força entre os flexores e extensores (Verdijk et al., 2009). Assim, a avaliação isocinética, é um método fiável e objetivo para avaliar o peak torque e a fadiga, através de uma amplitude e velocidade de movimento constante (Dirnberger et al., 2012).

Segundo Maffiuletti et al. (2008), o tecido muscular é o responsável por originar qualquer movimento. A falta de força em adolescentes obesos, especialmente nos quadricípedes, tem uma extrema importância porque os quadricípedes são responsáveis pela produção de força em atividades variadas no nosso dia-a-dia, incluindo a locomoção, tarefas funcionais e atividades desportivas. Neste contexto, é de salientar que Zoico et al. (2004) verificou que em adolescentes obesos, a pouca percentagem de massa isenta de gordura aumenta significativamente a probabilidade de limitações funcionais. Convém assinalar ainda que Gushue et al. (2005) constataram que em adolescentes obesos, a carga anormal no joelho causa artrites.

Visto que a avaliação isocinética é um método fiável e tendo em conta que o treino de força é seguro e determinante para as melhorias da força muscular, da saúde, do condicionamento físico, e da autoestima em adolescentes obesos, é pertinente analisar a capacidade de produção de força dos membros inferiores por dinamometria isocinética em adolescentes obesos.

III.1.3 Objetivo

A presente revisão sistemática de literatura tem como objetivo analisar os índices de fadiga, força e desequilíbrios musculares nos membros inferiores em adolescentes com obesidade.

III.1.4 Método

A Pubmed e Sportdiscus foram os motores de pesquisa mais usados na consulta de artigos.

Utilizou-se o modelo “PICO” como estratégia de pesquisa utilizando as seguintes palavras chave: Obesidade, Obesidade Pediátrica, Obesidade Infantil, Adolescentes Obesos, Jovens Obesos, Força Muscular, Equilíbrio Muscular, Fadiga Muscular, Membros Inferiores, Agonista, Antagonista, Percentagem de Massa Gorda, Índice de Massa Corporal, Prescrição, Avaliação Isocinética, Joelho, Treino de Força, Amplitude Articular.

Strength assessment, Muscle Strength, Resistance Training, Peak Torque, Agonist, Antagonist, Adolescent, Obesity, Children, Overweight, Knee, Isokinetic Evaluation, Isokinetic Assessment, Isokinetic Test, Reliability, Feasibility, Range of Motion, movement.

Tabela 1 – PICO - População/Intervenção/Comparação/Outcome

População/Paciente/Problema	Intervenção	Comparação/Controlo	Outcome
Adolescentes Obesos Jovens Obesos	Hospitalar Terapia Exercício Prescrição Treino de Força Membros Inferiores Coxa		Desequilíbrio Muscular Agonista/Antagonista
Adolesc* Obes* Teenage* Obes* Child* Obes* Youth Obes*	Strength exercise Strength training Resistance exercise Resistance training Strength assessment Resistance exercise assessment Strength evaluation Resistance exercise evaluation Muscle Strength Dynamometer Isokinetic Isokinetic Evaluation Peak torque assessment		Agonist Antagonist ratio Lower Body Strength Peak torque

A seleção dos artigos respeitou os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados no intervalo temporal entre janeiro de 2008 e fevereiro de 2014, com qualquer desenho de estudo, à exceção de meta-análises e revisões sistemáticas de literatura; estudos com participantes incluindo uma faixa etária entre os dez e os dezoito anos (WHO, 2013), de etnia caucasiana e com obesidade; avaliação da aptidão muscular dos membros inferiores por dinamometria isocinética.

Os critérios de exclusão definidos foram os seguintes: artigos que realizavam meta-análise ou revisões sistemáticas de literatura e artigos que analisavam adolescentes obesos de etnia não caucasiana ou com patologias osteoarticulares, limitações funcionais ou problemas cognitivos que pudessem colocar em causa a produção de peak torque.

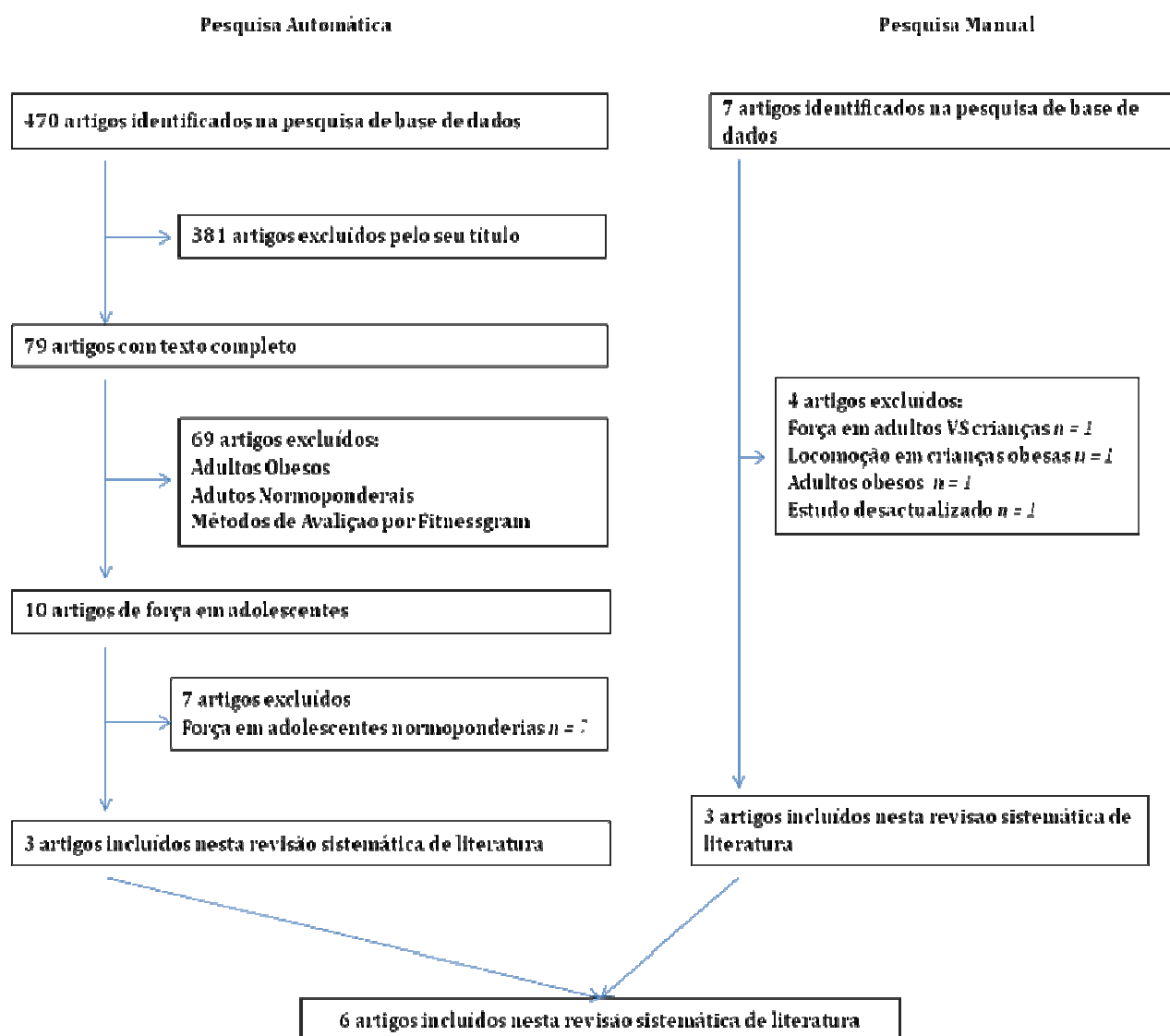
III.1.4.1 Resultados

Após uma detalhada pesquisa automática foram encontrados 470 artigos dos quais 381 artigos foram excluídos após consulta dos seus títulos, que não se enquadravam nos critérios de inclusão. Restaram 79 artigos, dos quais 69 foram excluídos seja porque os participantes não pertenciam ao intervalo etário pretendido, seja porque utilizavam o Fitnessgram como instrumento de avaliação. Dos dez restantes artigos, sete foram excluídos por abordarem o tema da força em adolescentes normoponderais. Assim sendo, foram selecionados três artigos nesta revisão sistemática de literatura.

No que diz respeito à pesquisa manual, foram encontrados sete artigos, dos quais quatro foram excluídos pelos seguintes motivos: o primeiro artigo abordava a força entre adultos e crianças, o segundo concentrava-se na locomoção em crianças com obesidade, o terceiro em adultos obesos e o último estava já bastante desatualizado.

Foram incluídos apenas seis estudos nesta revisão sistemática de literatura, dos quais quatro analisam a força e a fadiga muscular dos membros inferiores em adolescentes obesos, um investiga a fadiga muscular em adolescentes normoponderais e o último estuda o equilíbrio muscular (agonista/antagonista) em jovens atletas de Kickboxing e Taekwondo. Ressalta desta revisão sistemática a inexistência de estudos sobre equilíbrio muscular em adolescentes obesos segundo o critério de estudo na Figura 1 (Fluxograma).

Figura 1 - Fluxograma



III.1.4.2 Desenho dos Estudos

De acordo com a tabela de Lau et al. (2007), todos os artigos são estudos observacionais transversais com grande relevância, aprimorando o nível de evidência (nível2).

III.1.4.3 Participantes dos Estudos

Todos os estudos têm como objeto de estudo grupos de adolescentes caucasianos. Entre os estudos, quatro analisam adolescentes com obesidade, designadamente os estudos de Rauch et al. (2012), Tsiros et al. (2013), Maffiuletti et al. (2008) e Abdelmoula et al. (2012). Os restantes dois estudos de Machado et al. (2009) e Bottaro et al. (2011), investigam adolescentes normoponderais.

O número de participantes nos estudos eleva-se a 389 adolescentes, dos quais 169 com obesidade e 220 normoponderais, sendo todos eles de etnia caucasiana. O estudo de Machado et al. (2009) apresenta a amostra de menor dimensão, composta por dez participantes, ao passo que o estudo de Tsiros et al. (2013) apresentou a amostra de maior dimensão, constituída por 239 participantes.

O intervalo etário dos participantes situa-se entre os oito e os dezoito anos.

III.1.4.4 Grupo de Controlo

Em 5 estudos, o grupo de controlo foi sempre composto por adolescentes normoponderais com uma faixa etária semelhante. No entanto, no estudo de Machado et al. (2009), o grupo de controlo tinha uma faixa etária situada nos 18 anos de idade, sendo esses participantes atletas de Taekeondo e Kickboxing.

III.1.4.5 Instrumentos

Todos os estudos utilizam a dinamometria isocinética como instrumento de avaliação da aptidão muscular, à exceção do estudo de Rauch et al. (2012), que utiliza a Leonardo Ground Reaction Platform.

Os estudos de Bottaro et al. (2011), Tsiros et al. (2013) e Machado et al. (2009) utilizaram o Biodex System 3, cumprindo o protocolo do fabricante, enquanto o estudo de Maffiuletti et al. (2008) utiliza o Cybex. Por fim, o estudo de Abdelmoula et al. (2012) utiliza um dinamómetro isocinético “home build”.

No que diz respeito à composição corporal, apenas os estudos de Abdelmoula et al. (2012) e Tsiros et al. (2013) utilizaram o DEXA na avaliação da composição corporal. No entanto, no estudo de Maffiuletti et al. (2008), um fabricante italiano utiliza o aparelho Dieto System para a medição da composição corporal. Os estudos de Bottaro et al. (2011), Rauch et al. (2012) e Machado et al. (2009) não referem os instrumentos usados na avaliação da composição corporal.

III.1.5 Resultados dos Estudos

Os artigos incluídos nesta revisão sistemática de literatura analisam a força e fadiga em adolescentes normoponderais.

Dos seis estudos, quatro apresentaram resultados sobre o peak torque em adolescentes obesos, concluindo que esses jovens atingem valores de peak torque (Newton) e peak power (Watts) mais elevados nos membros inferiores do que os adolescentes normoponderais. No entanto, se relacionarmos o peso corporal com o peak torque (Newton) e peak power (Watts), os estudos verificaram que adolescentes obesos têm valores de peak torque inferiores aos atingidos por adolescentes normoponderais, à exceção do estudo de Maffiuletti et al. (2008), que conclui não existir diferença entre os dois grupos.

No estudo de Rauch et al. (2012), os adolescentes com obesidade atingiram um maior peak torque de 1,62KW, enquanto os normoponderais registaram 1,09KW. No entanto, ao comparar estes valores com o seu peso corporal, os adolescentes com obesidade atingiram 30,9 (W/kg) e os normoponderais 41,6 (W/kg).

No estudo de Maffiuletti et al. (2008), os adolescentes com obesidade atingiram 135 (N.m) e os normoponderais 116,5 (N.m). No entanto, os dois grupos obtiveram o mesmo valor de 2,20 (KW) quando se teve em conta o seu peso corporal.

No estudo de Abdelmoula et al. (2012), os adolescentes com obesidade atingiram 232 (N.m), enquanto os normoponderais registaram 176 (N.m). Comparando com o peso corporal, os adolescentes com obesidade atingiram 2,46 (KW) e os normoponderais 3,27 (KW).

O estudo de Machado et al. (2009) foi o único artigo que abordou o equilíbrio muscular nos membros inferiores, sendo a sua amostra composta por jovens com 18 anos de idade, apesar de serem atletas de artes marciais. Assim, os valores obtidos são um pouco diferentes em relação aos estudos da força em adolescentes com obesidade ou normoponderais. O peak torque encontrado em atletas de Taekeondo foi de 157,23 (N.m) na extensão do joelho e de 89,21 (N.m) na flexão do joelho. Em relação aos atletas de Kickboxing, os valores da extensão e flexão do joelho foram de 148,49 (N.m) e a 71,76 (N.m) respetivamente. Além deste estudo, que consideramos pertinente, não se encontrou nenhum outro estudo sobre equilíbrio muscular em adolescentes com obesidade.

Tabela 2 - Estudos e principais resultados

Autor	Desenho do Estudo	Ano	País	Nível de evidência	Participantes Adolescentes	Gênero		Total	Idade (anos)	Média	Instrumentos		Resultados
						M	F				Força	Comp. Corp.	
Bottaro, M., et al.	Transversal e observacional	2011	Brasil	Nível 2	Normoponderais	18	0	18	-	11,1	Biodex 3	-	Adolescentes + resistência à fadiga
Rauch, R., et al.	Transversal e observacional	2012	Canadá	Nível 2	40 Com obesidade + 40 normoponderais	2x19	2x21	80	8-18	12,4	Leonardo Ground Reaction Force Platform	-	Obesos + peak force (N) e peak power (W). Obesos < relação peso corporal vs peak power (W) e peak force (N)
Tsiros, M., et al.	Transversal e observacional	2013	Austrália	Nível 2	107 Com obesidade (M=56; F=51); 132 normoponderais (M=76; F=56)	132	107	239	10-13	-	Biodex 3	DEXA	Obesos com + EJ Torque < em relação ao peso corporal
Maffiuletti, N., et al.	Transversal e observacional	2008	Itália	Nível 2	10 Com obesidade + 10 normoponderais	-	-	20	13-17	15,6	Cybex	Dieto system	Obesos + EJ Torque. = em relação ao peso corporal.
Abdelmoula, A., et al.	Transversal e observacional	2012	França	Nível 2	12 com obesidade + 10 normoponderais	-	-	22	12-15	14,2	Dinamometro isocinético (home build)	DEXA	Obesos com + EJ Torque mas < em relação ao peso corporal
Machado, S., et al.	Transversal e observacional	2009	Brasil	Nível 2	5 Atletas de Kickboxing; 5 Atletas de Taekwondo	10	0	10	18	-	Biodex 3	-	TKD e KB = equilíbrio muscular

EJ - Extensão do joelho, TKD – Taekeondo, KB – Kickboxing, DEXA – Dual Energy X-ray Absorptiometry, Biodex 3 – Biodex System 3

Tabela 3 - Critério do nível de evidência dos estudos

Nível de Evidência	Critério
Nível 1	Randomized Control Trials sem limitações
Nível 2	Randomized Control Trials com limitações Estudos Observacionais com grande evidência
Nível 3	Outros estudos observacionais (prospective cohort studies, case-control studies, case series)
Nível 4	Inadequado ou sem dados da amostra do tema - “Anecdotal evidence or clinical experience”

Adaptado de: Lau DC et al. (2007).

III.1.6 Discussão

Há muito poucos estudos que têm como objetivo o estudo da força, fadiga e equilíbrio muscular em adolescentes com obesidade. É de salientar que existe uma grande lacuna no que diz respeito ao estudo do equilíbrio muscular nos membros inferiores em adolescentes com obesidade. Com efeito, de acordo com a seleção feita segundo os critérios de inclusão e exclusão, não foram encontrados estudos sobre este tema. De acordo com Abdelmoula et al. (2012), a controvérsia em torno deste tema é ainda bastante grande, sendo de todo pertinente a realização de novos estudos sobre este tema de modo a preencher esta lacuna na investigação atual. Nos estudos encontrados verificou-se que o intervalo etário dos participantes se situava entre os oito e os dezoito anos e a amostra foi composta maioritariamente por adolescentes normoponderais, o que vem acentuar a falta de estudos que avaliem a capacidade de produção de peak torque dos membros inferiores por dinamometria isocinética em adolescentes com obesidade.

Como referido anteriormente, segundo Baechle & Earle (2008), a fisiologia dos adolescentes e dos adultos é muito diferente. O estudo de Bottaro et al. (2011), embora se concentre apenas em adolescentes normoponderais, é bastante pertinente no que diz respeito ao estudo da força e fadiga muscular, pois confirma uma menor fadiga nos adolescentes em relação aos adultos. Por outro lado, o seu método de avaliação da aptidão muscular é o Biodex 3. O estudo de Maffiuletti et al. (2008) apresenta uma conclusão que cumpre referir, nomeadamente a de que a fadiga é igual em adolescentes obesos e normoponderais. É de salientar que o estudo proporcionado por Rauch et al. (2012) não usa

o mesmo instrumento de avaliação da aptidão muscular mas analisa o peak torque dos membros inferiores em adolescentes obesos.

O artigo de Machado et al. (2009) foi o único que abordou o equilíbrio muscular nos membros inferiores, sendo a sua amostra composta por jovens com dezoito anos de idade, apesar de atletas de artes marciais. Assim, os valores obtidos são um pouco diferentes em relação aos estudos da força em adolescentes com obesidade ou normoponderais. As características da modalidade poderão explicar este resultado, já que as artes marciais em causa poderão estar mais orientadas para a velocidade e agilidade e não tanto para a força.

No que diz respeito à composição corporal, metade dos estudos incluídos (três) nesta revisão sistemática de literatura não disponibiliza o seu instrumento de avaliação. Seria relevante obter esta informação e conhecer a sua fundamentação, bem como as categorias de obesidade avaliadas.

Seria desejável que existissem mais estudos que recorressem aos mesmos instrumentos de avaliação da aptidão muscular e composição corporal. Tal permitiria formular conclusões mais fundamentadas, obter mais resultados e constituir uma base mais alargada para a realização de estudos futuros.

III.1.7 Conclusões

Através dos 6 estudos encontrados, podemos concluir que os adolescentes com obesidade atingem valores de peak torque mais elevados do que os adolescentes normoponderais. No entanto, se compararmos estes valores com o seu peso corporal, a situação inverte-se, ou seja, os adolescentes normoponderais obtêm valores mais elevados do que os adolescentes com obesidade.

A fadiga muscular é menor em adolescentes do que em adultos.

No que diz respeito ao equilíbrio muscular, não há desequilíbrios nos membros inferiores em adolescentes normoponderais, sendo esses atletas de artes marciais.

Não há artigos sobre o equilíbrio muscular nos membros inferiores em adolescentes com obesidade.

III.2 Força dos Membros Inferiores Avaliada por Dinamometria Isocinética e sua Associação à Composição Corporal em Adolescentes com Obesidade

III.2.1 Resumo

Objetivo. O presente estudo tem como objetivo analisar os índices de força, desequilíbrios musculares e a fadiga nos membros inferiores e a sua associação à composição corporal, em adolescentes com obesidade.

Método. Este estudo transversal e observacional recorreu a uma amostra constituída por 58 adolescentes obesos caucasianos (38 raparigas e 20 rapazes), com idades compreendidas entre os 12 anos e os 17 anos ($16,10 \pm 1,33$ anos), avaliados num único momento. Utilizou-se o Biodex System 3 com os protocolos de $60^\circ/s$ e $180^\circ/s$ para se avaliar a aptidão muscular e o DEXA (Hologic-QDR 4500, Hologic, Inc., Bedford, MA, USA), modo pencil beam, versão de software 12.5, através do exame de corpo inteiro, de acordo com os procedimentos indicados pelo manual do fabricante para a avaliação da composição corporal. Afim de comparar os géneros e as condições do IMC, utilizou-se o teste T para a recolha de amostras independentes. A análise das associações entre o IMC e as variáveis da aptidão muscular foi realizada através da correlação bivariada de Pearson e correlação parcial, uma vez que todas as variáveis tinham uma distribuição normal. As correlações parciais, com as variáveis de controlo idade, género e IMC, foram utilizadas para analisar as variáveis da aptidão muscular e composição corporal.

Resultados. Em relação à aptidão muscular, verificou-se que os rapazes apresentaram maior peak torque do que as raparigas nos movimentos de extensão do joelho a $60^\circ/s$ ($t=-5,22$; $p<0,001$), flexão do joelho a $60^\circ/s$ ($t=-4,80$; $p<0,001$), extensão do joelho a $180^\circ/s$ ($t=-5,62$; $p<0,001$) e flexão do joelho a $180^\circ/s$ ($t=-6,53$; $p<0,001$). No que diz respeito ao rácio agonista/antagonista a $180^\circ/s$, o género masculino também apresentou valores mais altos do que o feminino ($t=2,33$; $p=0,027$). Quanto à composição corporal, as raparigas apresentaram valores mais elevados do que os rapazes no que toca à quantidade de gordura absoluta total acumulada nos membros inferiores ($t=2,25$; $p=0,031$), à percentagem de gordura nos membros inferiores ($t=5,57$; $p<0,001$), à quantidade de gordura total ($t=2,25$; $p=0,031$) e à percentagem total de gordura ($t=5,50$; $p<0,001$). Por outro lado, os rapazes registaram valores mais altos do que as raparigas no que diz respeito à massa isenta de gordura total ($t=-4,60$; $p<0,001$) e à massa isenta de gordura nos membros inferiores ($t=-4,61$; $p<0,001$).

Conclusões. Os rapazes demonstraram atingir valores de peak torque mais elevados do que as raparigas na flexão do joelho. Quanto maior a percentagem de gordura

total e nos membros inferiores, menor será o peak torque na flexão do joelho. Quanto maior a percentagem de gordura total e nos membros inferiores, menor será o rácio agonista/antagonista.

Palavras-Chave: Obesidade Pediátrica, Força Muscular, Equilíbrio Muscular, Fadiga Muscular, Membros Inferiores, Agonista, Antagonista.

III.2.2 Introdução

A mobilidade e capacidade funcional são mais fracas entre indivíduos obesos do que entre indivíduos normoponderais, visto que os primeiros apresentam menores índices de peak torque e resistência muscular (Browning, C., 2012).

A probabilidade de contração de doenças cardiovasculares é maior entre indivíduos magros sem hábitos de treino do que entre indivíduos com excesso de peso que praticam desporto regularmente (Lee et al., 2009).

É necessário estudar a prática da atividade física entre os jovens, dada a sua importância para promover a aptidão cardiovascular, a aptidão muscular e a coordenação motora (Tremblay et al., 2011).

O treino de força tem um papel fundamental a desempenhar nos programas do exercício físico e tem sido recomendado por organizações de saúde como o *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2009), com o objetivo de melhorar a força muscular, a composição corporal, o condicionamento físico (McGuigan et al., 2009), o desempenho motor (Behringer et al., 2011), a auto-estima e a auto-percepção sobre a imagem corporal (Lubans et al., 2010).

Desde que as diretrizes sejam seguidas, estejam adequadas à idade e se assegure uma supervisão qualificada, Faigenbaum et al. (2012), afirma que o treino de força tem demonstrado continuamente ser um treino seguro e eficaz para crianças e adolescentes. A saúde pública tem como objetivo aumentar o número de jovens em idade escolar que participam em atividades de fortalecimento muscular, organizadas e supervisionadas por profissionais especializados (Behringer et al., 2010).

Após a realização de um exercício físico intenso, as crianças e jovens têm uma recuperação mais rápida do que os adultos, pois têm uma maior percentagem de fibras musculares tipo I e, um metabolismo glicolítico menos ativo, e demonstram menor ativação neuromuscular, menor habilidade de ativação das fibras tipo II, melhor regulação do mecanismo ácido-base. Esta maior capacidade de recuperação está relacionada também, com a baixa capacidade de produção de peak torque em crianças quando comparadas com outras populações, pois uma maior produção de peak torque está correlacionada com uma maior fadiga. Esta relação demonstra que os indivíduos que produzem maior peak torque apresentam, durante o exercício, maior pressão intramuscular, maior oclusão vascular, maior acumulação de metabolitos, diminuição do fornecimento de oxigénio no músculo e

uma fadiga precoce durante a contração muscular (Parker et al., 2007); (Faigenbaun et al., 2008); (Ratel et al., 2009).

Durante a extensão do joelho em exercícios isocinéticos, Abdelmoula et al. (2012) verificou que os adolescentes com obesidade atingem valores de peak torque mais elevados nos quadríceps do que os adolescentes normoponderais. No entanto, os estudos de Maffiuletti et al. (2008) verificaram que os adolescentes com obesidade atingem valores de peak torque mais elevados do que os adolescentes normoponderais. É de salientar que há ainda outros autores que não encontraram diferenças ao nível do peak torque em exercícios isométricos e isocinéticos (Blimkie et al., 1990).

Um padrão ou rotina de movimentos em atividades diárias ou desportivas podem levar ao desenvolvimento de uma musculatura específica causada pela sobrecarga. Deste modo, poderá registar-se um desequilíbrio de forças que agem estaticamente e dinamicamente sobre as articulações, o que poderá causar alterações na postura ou alterações osteoarticulares e/ou musculo-tendinosas de uma articulação (Américo et al., 2011). Quando o desequilíbrio entre os músculos agonistas e antagonistas é superior a 10%, o risco de lesão é 3 a 20 vezes superior ao de músculos que não apresentem desequilíbrios. Haverá deste modo uma maior suscetibilidade à lesão no grupo muscular mais fraco (Américo et al., 2011).

No que diz respeito ao equilíbrio muscular, a razão entre agonista/antagonista fornece informações significativas que contribuem para deteção de alterações musculo-esqueléticas, a orientação de medidas preventivas e a implementação de programas de treino específicos. Deste modo, os exercícios isocinéticos fornecem valores fidedignos sobre o torque gerado e, consecutivamente, sobre a força entre os flexores e extensores (Verdijk et al., 2009). Assim, a avaliação isocinética é um método fiável e objetivo para avaliar o peak torque e a fadiga através de uma amplitude e velocidade de movimento constante (Dirnberger et al., 2012).

Segundo Maffiuletti et al. (2008), o tecido muscular é o responsável por originar qualquer movimento. A falta de força, especialmente nos quadríceps, em adolescentes com obesidade tem uma extrema importância porque os quadríceps são responsáveis pela produção de peak torque em atividades variadas no nosso dia-a-dia, incluindo a locomoção, tarefas funcionais e atividades desportivas. Neste contexto, é de salientar que Zoico et al. (2004) verificou que em adolescentes obesos, a pouca percentagem de massa isenta de gordura aumenta significativamente a probabilidade de limitações funcionais.

Convém assinalar ainda, que Gushue et al. (2005), constataram que em adolescentes com obesidade, a carga anormal no joelho causa artrites.

O equilíbrio muscular em adolescentes com obesidade é um tema pouco explorado, sendo a literatura de apoio muito escassa e baseada em estudos publicados há mais de 5 anos. É importante a elaboração de estudos sobre este tema, já que este grupo populacional, para além de ser muito jovem, está mais sujeito à ocorrência de lesões articulares.

Variáveis Isocinéticas

A avaliação da força da extensão e flexão do joelho a 60°/s e 180°/s, é medida em Newton x Metro. O rácio agonista/antagonista a 60° e 180° representa a razão entre os flexores do joelho e os extensores do joelho multiplicado por 100, expresso em percentagem (%).

III.2.3 Objetivo

Visto que a avaliação isocinética é um método fiável e o treino de força é seguro e determinante para as melhorias da força muscular, da saúde, do condicionamento físico, e da autoestima em adolescentes obesos, é pertinente analisar a capacidade de produção de força dos membros inferiores avaliada por dinamometria isocinética e a sua associação à composição corporal em adolescentes com obesidade.

III.2.4 Método

III.2.4.1 Desenho do Estudo

O estudo transversal e observacional é constituído por um único momento de avaliação, o qual correspondeu ao *baseline* de cada um dos três *cohorts* do programa TOP (Tratamento da Obesidade Pediátrica). Todos os participantes se deslocaram ao Departamento de Desporto da Universidade de Évora para a realização das avaliações da composição corporal e da aptidão muscular.

III.2.4.2 Participantes do Estudo

A presente investigação recorreu a uma amostra constituída por 58 adolescentes obesos caucasianos (38 raparigas e 20 rapazes), com idades compreendidas entre os doze anos e os dezassete anos ($16,10 \pm 1,33$), participantes no programa TOP (tratamento da obesidade pediátrica). A todos os participantes no estudo e aos respetivos encarregados de educação foi solicitada a assinatura de um consentimento informado.

III.2.4.3 Instrumentos

Durante a avaliação antropométrica, composição corporal e aptidão muscular, todos os participantes tiveram acesso a uma explicação prévia e clara. As medições foram retiradas pelo mesmo avaliador e segundo o mesmo método, respeitando os protocolos de cada equipamento.

No que diz respeito à estatura, a avaliação na posição antropométrica foi efetuada no estadiômetro (SECA).

O IMC foi calculado dividindo o peso (em kg) pela altura ao quadrado (em metros) (Cole et al., 2000; WHO, 2000).

A avaliação da composição corporal foi realizada por densitometria radiológica de dupla energia (Hologic-QDR 4500, Hologic, Inc., Bedford, MA, USA), modo pencil beam, versão de software 12.5, através do exame de corpo inteiro, de acordo com os procedimentos indicados pelo manual do fabricante.

Para a avaliação antropométrica, utilizou-se a balança de bio impedância elétrica (BF-511, OMRON, Japão), com os participantes na posição antropométrica (posição ereta, peso distribuído pelos 2 pés, calcanhares unidos e bordos dos pés a 60°, cabeça no plano de Frankfurt, braços pendentes ao longo do corpo, palmas das mãos voltadas para a face lateral das coxas) (ACSM, 2009).

Com o objetivo de avaliar a aptidão muscular, utilizou-se a dinamometria isocinética (Biodex System 3 - Biodex Corp., Shirley, USA) para determinar a força dos membros inferiores. Os testes foram realizados segundo os protocolos definidos no manual do operador do fabricante deste equipamento (Wilk, 1991). O protocolo utilizado foi o de 60° por segundo e o de 180° por segundo. Foi efetuada a calibração do limite superior, do limite inferior e do de 90° em relação à perna dominante. Houve a preocupação de atingir em todos os casos uma amplitude de movimento no mínimo de 80° para assegurar a produção máxima de força durante o movimento (Wilk, 1991). Posteriormente, retirou-se o peso do membro inferior mantendo o joelho da perna dominante ligeiramente fletido. De seguida, para se dar início do movimento, foi mantida a flexão do joelho quase por completo e realizou-se uma repetição a 60° por segundo para se avaliar a evolução ao longo das próximas repetições. Após uma pausa de 3 segundos realizaram-se 3 extensões e flexões do joelho a 60° por segundo com a máxima força possível. Seguiu-se uma pausa de recuperação de 45 segundos para, de seguida, se dar início a uma só repetição, desta vez, a 180° por segundo. Esta repetição serviu apenas para se avaliar a evolução ao longo das

repetições seguintes. Depois de uma pausa de 3 segundos, realizaram-se 20 extensões e flexões do joelho com a máxima força possível. É de salientar que o valor para o índice de fadiga não deverá ser negativo pois tal indicaria que a pessoa teria feito mais força nas últimas repetições do que nas primeiras, sem que se verificasse fadiga muscular.

III.2.4.4 Procedimentos

III.2.4.4.1 Procedimentos Operacionais

Para a familiarização dos protocolos e instrumentos de avaliação, realizou-se um acompanhamento das avaliações do 2ºcohorte (12meses) e do 3ºcohorte (6meses). Quando se finalizou o último momento de avaliação, foram requisitados os dados necessários para a elaboração da base de dados a ser utilizada no estudo transversal.

A elaboração da base de dados registou as variáveis antropométricas, a composição corporal, a força e a fadiga muscular.

III.2.4.4.2 Procedimentos Estatísticos

Numa primeira abordagem, todas as variáveis em estudo foram analisadas descritivamente (média e desvio padrão). Posteriormente, realizou-se a análise da normalidade das mesmas através do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Para comparar os géneros e as condições do IMC, utilizou-se o teste T para a recolha de amostras independentes. As associações entre o IMC e as variáveis da aptidão muscular foram analisadas através da correlação bivariada de Pearson e da correlação parcial, uma vez que todas as variáveis tinham uma distribuição normal. As correlações parciais, com as variáveis de controlo idade, género e IMC, foram utilizadas para analisar as variáveis da aptidão muscular e composição corporal.

III.2.5 Resultados

É possível verificar na Tabela 4, a média e desvio padrão, entre o género e as variáveis antropométricas, força e composição corporal.

Tabela 4 – Relação do género com as variáveis Antropométricas, Força e Composição Corporal

Variáveis	Total	Raparigas	Rapazes	P
	Média±DP	Média±DP	Média±DP	
<i>Avaliação Antropométrica</i>				
Idade (anos)	16,10±1,33	15,99±1,38	16,32±1,22	0,380
Peso (Kg)	88,95±13,91	86,65±13,24	93,54±14,48	0,110
Altura (M)	1,62±0,07	1,59±0,04	1,69±0,08	0,000
Índice Massa Corporal (Kg/m ²)	33,59±4,84	34,10±5,43	32,55±3,28	0,211
Z-Score	2,78±0,52	2,79±0,58	2,77±0,41	0,898
Perímetro da cintura cristas ilíacas (Cm)	101,07±9,43	100,09±9,80	103,02±8,60	0,282
Perímetro da anca (Cm)	114,23±8,77	115,53±9,12	111,64±7,62	0,116
<i>Avaliação da Força</i>				
Extensão a 60º (N.m ⁻¹)	133,90±44,13	114,60±32,15	172,52±39,73	0,000
Flexão a 60º (N.m ⁻¹)	74,28±31,21	59,59±12,26	103,66±36,85	0,000
Racio Agonista/Antagonista a 60º (%)	55,94±12,66	53,94±10,87	59,92±15,24	0,162
Extensão a 180º (N.m ⁻¹)	88,81±33,25	73,22±21,57	120,00±30,74	0,000
Flexão a 180º (N.m ⁻¹)	49,88±21,53	38,67±11,17	72,31±19,73	0,000
Racio Agonista/Antagonista a 180º (%)	57,48±13,17	54,51±12,30	63,42±13,17	0,027
<i>Avaliação da Composição Corporal</i>				
MG Membros Inferiores (Kg)	16,70±4,86	15,17±3,55	12,89±3,33	0,031
MIGO Membros Inferiores (Kg)	24,20±4,32	16,72±2,30	21,28±3,74	0,000
%MG Membros Inferiores (%)	40,42±6,89	47,18±4,45	37,65±6,31	0,000
MG Corporal Total (Kg)	14,41±3,61	37,97±8,96	32,42±7,98	0,031
MIGO Corporal Total (Kg)	18,24±3,56	47,39±5,45	59,47±10,10	0,000
%MG Corporal Total (%)	44,00±6,81	44,04±4,08	35,27±5,91	0,000

MG – Massa Gorda; %MG – Percentagem de Massa Gorda; MIGO - Massa Isenta de Gordura; DP – Desvio Padrão

A análise dos resultados antropométricos permitiu verificar que, na comparação entre géneros, apenas se encontraram diferenças estatisticamente significativas para a variável altura ($t=4,69$; $p<0,001$), sendo os rapazes mais altos do que as raparigas. No que diz respeito às restantes variáveis antropométricas não se observaram diferenças significativas entre os dois géneros ($p>0,05$).

Em relação à aptidão muscular, verificou-se que os rapazes apresentaram maior capacidade de produção de peak torque do que as raparigas nos movimentos de extensão do joelho a 60°/s ($t=-5,22$; $p<0,001$), flexão do joelho a 60°/s ($t=-4,80$; $p<0,001$), extensão do joelho a 180°/s ($t=-5,62$; $p<0,001$) e flexão do joelho a 180°/s ($t=-6,53$; $p<0,001$). No que diz respeito ao rácio agonista/antagonista a 180°/s, o género masculino também apresentou valores mais altos do que o feminino ($t=2,33$; $p=0,027$).

Quanto à composição corporal, as raparigas apresentaram valores mais elevados do que os rapazes em relação à quantidade de gordura absoluta total nos membros inferiores ($t=2,25$; $p=0,031$), à percentagem de gordura nos membros inferiores ($t=5,57$; $p<0,001$), à quantidade de gordura total ($t=2,25$; $p=0,031$) e à percentagem total de gordura ($t=5,50$; $p<0,001$). Por outro lado, os rapazes demonstraram valores mais altos do que as raparigas no que diz respeito à massa isenta de gordura total ($t=-4,60$; $p<0,001$) e à massa isenta de gordura nos membros inferiores ($t=-4,61$; $p<0,001$).

Em relação à correlação das variáveis, verificou-se que o IMC e o Z-score do IMC não se correlacionaram com as variáveis da aptidão muscular ($p>0,05$ para todas), mas o peso apresentou uma correlação positiva com a flexão do joelho a 60°/s ($r=0,038$; $p=0,015$) e a 180°/s ($r=0,364$; $p=0,009$).

No que diz respeito às associações do IMC e Z-score do IMC para com as variáveis da composição corporal, verificaram-se correlações muito parecidas. Assim, o IMC e o Z-score do IMC correlacionam-se positivamente com a massa de gordura dos membros inferiores ($r=0,822$; $p<0,001$ e $r=0,770$; $p<0,001$, respetivamente), com a massa isenta de gordura dos membros inferiores ($r=0,351$; $p=0,011$ e $r=0,348$; $p=0,012$, respetivamente), com a percentagem de massa gorda dos membros inferiores ($r=0,414$; $p=0,003$ e $r=0,382$; $p=0,006$, respetivamente), massa gorda corporal total ($r=0,910$; $p<0,001$ e $r=0,856$; $p<0,001$, respetivamente), massa isenta de gordura total ($r=0,357$; $p=0,010$ e $r=0,359$; $p<0,010$, respetivamente) e a percentagem total de gordura ($r=0,548$; $p<0,001$ e $r=0,509$; $p<0,001$, respetivamente).

Relativamente às associações entre as variáveis da aptidão muscular e da composição corporal, verificou-se uma correlação negativa entre a capacidade de produção de peak torque na flexão do joelho a 60°/s e a 180°/s com a percentagem de gordura dos membros inferiores ($r=-0,718$; $p<0,001$ e $r=-0,710$; $p<0,001$, respetivamente) e com a gordura corporal relativa ($r=-0,680$; $p<0,001$ e $r=-0,687$; $p<0,001$, respetivamente).

Foi também observada uma correlação negativa entre o rácio agonista/antagonista a 60°/s e a 180°/s com a percentagem de gordura dos membros inferiores ($r=-0,374$; $p=0,007$ e $r=-0,318$; $p=0,023$, respetivamente) e com a percentagem total de gordura ($r=-0,318$; $p=0,023$ e $r=-0,314$; $p=0,025$).

Já no que diz respeito às correlações parciais, é de salientar que o controlo da variável idade não alterou as associações verificadas nas correlações bivariadas, exceto no que diz respeito à ocorrência de uma correlação negativa e significativa entre o rácio agonista/antagonista a 60°/s e o IMC ($r=-0,296$; $p=0,037$). Por outro lado, deixou de haver correlações significativas entre o IMC e a massa isenta de gordura dos membros inferiores e para com a massa isenta de gordura total.

Quando a variável género foi controlada, verificou-se uma associação negativa entre o rácio agonista/antagonista a 60°/s e a extensão do joelho a 60°/s ($r=-0,332$; $p=0,018$).

Quando a variável IMC foi controlada, verificou-se que a variável Z-score não se correlacionou com as variáveis da composição corporal.

O controlo em simultâneo das variáveis idade, género e IMC influenciaram significativamente a correlação negativa entre o rácio agonista/antagonista a 60°/s e a extensão do joelho a 60°/s ($r=-0,363$; $p=0,011$).

III.2.6 Discussão

Após os resultados obtidos da presente investigação, as hipóteses de estudo colocadas anteriormente foram elaboradas para dar resposta ao objetivo do trabalho.

Assim, no que diz respeito à primeira hipótese de estudo: Os índices de peak torque dos membros inferiores aumentam com o IMC em adolescentes obesos (Abdelmoula et al., 2012; Artero et al., 2010), podemos afirmar que se rejeita a hipótese de estudo pois não se verificou nenhuma correlação significativa entre o IMC e as variáveis da extensão e flexão do joelho a 60° e a 180°. Considerando que o método de avaliação utilizado no presente estudo e a faixa etária foram idênticas ao de outros trabalhos consultados Bottaro et al. (2011); Tsiros et al. (2013); Machado et al. (2009); Maffiuletti et al. (2008); Abdelmoula et al. (2012), verificou-se no nosso estudo que os adolescentes com obesidade apresentaram valores de peak torque maiores do que os atletas adolescentes normoponderais do estudo de Abdelmoula et al. (2012). Resultados semelhantes encontraram-se no estudo de Maffiuletti et al. (2008), no qual o grupo de adolescentes com obesidade registou valores de peak torque superiores, aos do grupo dos adolescentes normoponderais (+16,3%; $P < 0,05$). Tsiros et al. (2013) também verificou que os adolescentes com obesidade atingiram valores mais elevados (14% a 17%) de peak torque do que os adolescentes normoponderais. Assim, os dados concretos parecem indicar que os adolescentes com obesidade apresentaram valores de peak torque mais elevados do que os adolescentes normoponderais.

No entanto, no que diz respeito à força relativa, os adolescentes com obesidade atingem os 10% a 15% (Tsiros et al., 2013) e demonstram ter menos força quando comparados com adolescentes normoponderais. No estudo de Abdelmoula et al. (2012), verificou que a diferença era de 24,2%; $P < 0,05$. Esta disparidade pode resultar da contração dos tecidos musculares e da carga imposta pelo excesso de gordura. Por outro lado, devido ao peso corporal acrescido, os adolescentes com obesidade realizam um esforço extra que se traduz numa adaptação neurológica (Tsiros et al., 2013; Abdelmoula et al., 2012).

No que diz respeito à segunda hipótese de estudo: Existe estabilidade na coordenação agonista-antagonista nos membros inferiores de adolescentes com obesidade (Abdelmoula et al., 2012; Machado et al., 2009) é pertinente salientar que, de acordo com a literatura revista, a média dos rapazes no rácio agonista/antagonista aos 60°/s é de 59,92% e no rácio agonista/antagonista aos 180°/s é de 63,42%.

A indicação dos valores correspondentes à presença ou ausência de equilíbrio muscular resultante do rácio agonista/antagonista varia bastante na literatura consultada. Grace et al. (1984) e Harilainen et al. (1995) afirmam que o equilíbrio muscular ocorre entre os 55%-77%. Já Croce et al. (1996) e Dias et al. (2004) afirmam, por seu turno, que, para se atingir uma velocidade angular de 60°/s, os valores saudáveis tendem a estar próximo dos 60%. Colonna et al. (1998) também avaliou o rácio agonista/antagonista dos músculos flexores e extensores do joelho em atletas adolescentes de voleibol. Verificou que as médias se situavam abaixo dos 64% indicando um possível desequilíbrio muscular na articulação do joelho. No presente estudo, estes dados não puderam ser analisados já que os participantes eram todos adolescentes com obesidade. No entanto, Américo et al. (2011) afirma que, quando o desequilíbrio entre os músculos agonistas e antagonistas é superior a 10%, o risco de lesão é 3 a 20 vezes superior ao de músculos que não apresentam desequilíbrios, havendo deste modo uma maior suscetibilidade à lesão no grupo muscular mais fraco. No presente estudo, uma vez que os rapazes atingiram valores de aproximadamente 60% no rácio agonista/antagonista a 60°/s e 180°/s, os flexores do joelho correm maior risco de lesão, o que leva à rejeição da hipótese de estudo. No entanto, importa referir que os estudos encontrados foram realizados apenas com participantes normoponderais praticantes de uma determinada modalidade desportiva.

São muitos os estudos que abordam o cálculo do rácio agonista/antagonista (Aagaard et al., 1998; Richards et al., 1996). O rácio agonista/antagonista normalmente é calculado através da razão entre os valores do peak torque na flexão do joelho e os valores do peak torque na extensão do joelho (Aagaard et al., 1998). Baratta et al. (1988) demonstraram que a ação dos músculos flexores da coxa, como antagonistas, é diretamente proporcional à sua capacidade de gerar força concentricamente. Assim, convém salientar que na presente investigação, foi utilizado o mesmo cálculo que nos outros estudos revistos (Bottaro et al., 2011; Tsiros et al., 2013; Machado et al., 2009; Maffiuletti et al., 2008; Abdelmoula et al., 2012) de forma a permitir a comparação de resultados.

No que diz respeito à terceira hipótese de estudo: Em adolescentes com obesidade, o género feminino apresenta menor coordenação agonista-antagonista do que o género masculino (ONAF, 2011). De acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que os rapazes estão mais sujeitos a lesões do que as raparigas, já que apresentaram valores mais elevados na flexão do joelho, bem como no rácio agonista/antagonista, rejeitando-se assim a hipótese de estudo.

Um estudo de Hewett et al. (2008) permitiu verificar que os homens atingem maiores índices de peak torque nos flexores do joelho enquanto os valores das mulheres tendem a permanecer mais estáveis devido ao menor controlo neuromuscular que se verifica no género feminino. Assim, índices de peak torque mais elevados nos flexores do joelho aumentam o rácio agonista/antagonista. Na presente investigação, existiu uma relação positiva entre o rácio agonista/antagonista a 60°/s e a flexão do joelho a 60°/s e a 180°/s. Verificou-se ainda que, nos índices de peak torque na flexão do joelho a 60°/s e 180°/s, os rapazes apresentaram quase o dobro dos valores em relação às raparigas. Hewett et al. (2008) demonstrou que os homens atingem maiores índices de peak torque na flexão do joelho do que as mulheres. Estes resultados são semelhantes aos encontrados no presente estudo transversal, em que os rapazes apresentaram valores mais altos que as raparigas.

Alguns estudos com rapazes adolescentes, praticantes de artes marciais, demonstraram que no Taekeondo, os índices de peak torque na extensão aos 60°/s foram de 156 N.m⁻¹ e na flexão aos 60°/s foram de 88,5 N.m⁻¹. Na arte marcial de Kickboxing, os índices de peak torque na extensão aos 60°/s foram de 147 N.m⁻¹ e na flexão aos 60°/s foram de 70,5 N.m⁻¹ (Machado et al., 2009). Em relação ao Karate, Probst et al. (2007) verificou que os valores de extensão aos 60°/s foram de 190 N.m⁻¹ e na flexão aos 60°/s foram de 115 N.m⁻¹. A comparação destes resultados com os do nosso estudo transversal permitiu verificar que os adolescentes com obesidade atingiram valores mais altos na extensão e flexão do joelho a 60°/s do que os jovens atletas masculinos. Assim, quanto maiores são os valores da flexão do joelho, maior será o rácio agonista/antagonista, o que aumenta a predisposição à lesão.

Em relação à quarta hipótese de estudo, Os índices de fadiga dos membros inferiores aumentam com o IMC em adolescentes com obesidade (Faigenbaum et al., 2009; Parker et al., 2007; Ratel et al., 2009), verificou-se que os dados recolhidos durante a avaliação dos índices de fadiga não eram fiáveis. Segundo o protocolo utilizado, os valores para o índice de fadiga não deverão ser negativos, pois implicaria que a pessoa teria feito mais força nas últimas repetições do que nas primeiras, sem registar fadiga muscular. O avaliador explicou e demonstrou o protocolo e efetuou os procedimentos previstos. Por outro lado, não houve erros de leitura no Biodex. Assim, poderemos afirmar que alguns indivíduos realizaram de forma incorreta o protocolo dos índices de fadiga pelo que foi necessário excluir a análise desta variável do presente estudo.

Verificaram-se algumas limitações na realização do presente estudo, nomeadamente a existência de poucos estudos comparativos e a presença exclusiva de estudos transversais. Os estudos transversais permitem apenas identificar associações. No entanto, para analisar situações de causalidade, é necessária a realização de estudos longitudinais. Atualmente, os problemas encontrados prendem-se com a pouca literatura de apoio encontrada e com o facto de alguns estudos terem sido realizados há mais de 5 anos, o que põe em causa a fiabilidade do cálculo do rácio agonista/antagonista dos membros inferiores. O estudo do equilíbrio muscular dos membros inferiores é investigado em adolescentes que praticam atividades desportivas. São necessários mais estudos consagrados aos adolescentes com obesidade.

No entanto, importa destacar que a presente investigação tem vários pontos fortes, entre os quais, a utilização de instrumentos e protocolos de referência para a avaliação do peak torque, equilíbrio e fadiga muscular e para a avaliação da composição corporal, conferindo robustez aos resultados obtidos. Trata-se de uma população muito jovem e predisposta a lesões articulares, que poderá beneficiar de intervenções direcionadas para estes indicadores.

III.2.7 Conclusões

A presente investigação permitiu verificar que os rapazes atingem valores de peak torque mais elevados do que as raparigas na flexão do joelho.

Existe uma correlação significativa entre o peak torque na flexão do joelho e o rácio agonista/antagonista.

Quanto maior a percentagem de gordura total e gordura dos membros inferiores, menor será o peak torque na flexão do joelho.

Quanto maior a percentagem de gordura total e gordura dos membros inferiores, menor será o rácio agonista/antagonista.

A pertinência deste estudo deve-se, também, ao fato de ter utilizado instrumentos e protocolos de referência para a avaliação do peak torque e da composição corporal, numa população muito pouco estudada relativamente a estas variáveis, colocando em evidência a importância de realizar estudos futuros, preferencialmente longitudinais.

Bibliografia

- Aagaard, P., Simonsen, B., Magnusson, P., Larsson, B., Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med*, 26:231-7
- Abdelmoula, A., Martin, V., Bouchant, A., Walrand, S., Lavet, C., Taillardat, M., . . . Ratel, S. (2012). Knee extension strength in obese and nonobese male adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab*, 37(2), 269-275. doi: 10.1139/h2012-010
- Albin, A. (2013). Childhood obesity linked to more immediate health problems than previously thought. Web site at: <http://newsroom.ucla.edu/portal/ucla/childhood-obesity-associated-with-242401.aspx>
- Altenburg, T. M., Singh, A. S., van Mechelen, W., Brug, J., & Chinapaw, M. J. (2012). Direction of the association between body fatness and self-reported screen time in Dutch adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 9, 4. doi: 10.1186/1479-5868-9-4
- American College of Sports Medicine. (2009). Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 41. p. 687-708
- Américo, S. P. F., Souza, V. V., Guimarães, C. Q., Rolla, A. F. L. (2011). Use of 1-RM Test in the Measurement of Knee Flexors and Extensors Ratio in Young Adults. *Revista Brasileira de Medicina e Esporte*;17(2):111-114
- Artero, E. G., Espana-Romero, V., Ortega, F. B., Jimenez-Pavon, D., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., . . . Castillo, M. J. (2010). Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scand J Med Sci Sports*, 20(3), 418-427. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00959.x
- Baechle, T.R., Earle, R.W. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*, 3rd ed. Champaign: Human Kinetics
- Baratta, R., Solomonow, M., Zhou, H., Letson, D., Chuinard, R., D'Ambrosia, R. (1988). Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med*, 16:113-22
- Behringer, M., vom Heede, A., Yue, Z., Mester, J. (2010). Effects of resistance training in children and adolescents: A meta-analysis. *Pediatrics*, 126 (5), e1199-e1210

Behringer, M., Vom Heede, A., Matthews, M., Mester, J. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 23, no.2, p. 186-206

Behringer, M., Vom Heede, A., Matthews, M., Mester, J. (2011). Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 23, no.2, p. 186-206

Blimkie C.J.R.; Sale D.G.; Bar Or O., 1990: Voluntary strength evoked twitch contractile properties and motor unit activation of knee extensors in obese and non obese adolescent males. *European Journal Of Applied Physiology & Occupational Physiology*. 61(3-4): 313-318

Bottaro, M., Filho J., Ferreira, C., Sales, M., Almeida, J. (2011). Effects of diferente rest intervals on muscular performance in children. *Revista da Educação Física/UEM, Maringá*, v. 22, n. 4, p. 613-622

Browning, R. C. (2012). Locomotion Mechanics in Obese Adults and Children. *Current Obesity Reports*, 1(3), 152-159. doi: 10.1007/s13679-012-0021-z

Buchan, D. S., Ollis, S., Thomas, N. E., & Baker, J. S. (2010). The influence of a high intensity physical activity intervention on a selection of health related outcomes: an ecological approach. *BMC Public Health*, 10, 8. doi: 10.1186/1471-2458-10-8

Cole J., Bellizzi C., Flegal M., Dietz H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BmJ*, 320 (7244): p. 1240-3

Colonna, S., Ricciardi, F. (1998). Comparison between the isokinetic knee strength and jump height in a group of volleyball players. *Medicina Dello Sport*, 51:207-12

Croce, V., Pitetti, H., Horvat, M., Miller, J. (1996). Peak torque, average power, and hamstrings/quadriceps ratios in nondisabled adults and adults with mental retardation. *Arch Phys Med Rehabil*, 77:369-72

de Onis, M., Blossner, M., & Borghi, E. (2010). Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *Am J Clin Nutr*, 92(5), 1257-1264. doi: 10.3945/ajcn.2010.29786

Dias, D., Arantes, M., Alencar, A., Faria, C., Machala, C., Camargos, O. (2004). Relação isquiotibiais/quadríceps em mulheres idosas utilizando o dinamômetro isocinético. *Rev Bras Fisioter*, 8:111-5

Dirnberger, J., Wiesinger, H.P., Stöggl, T., Kösters, A., Müller, E. (2012). Absolute and relative strength-endurance of the knee flexor and extensor muscles: a reliability study using the IsoMed 2000 - dynamometer. *Sportverletz Sportschaden*. 26(3):142-7. doi: 10.1055/s-0032-1329361

Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Herman, R. E., Naclerio, F., Ratamess, N. A., Kang, J., & Myer, G. D. (2012). Reliability of the one-repetition-maximum power clean test in adolescent athletes. *J Strength Cond Res*, 26(2), 432-437. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220db2c

Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Herman, R. E., Naclerio, F., Ratamess, N. A., Kang, J., & Myer, G. D. (2012). Reliability of the one-repetition-maximum power clean test in adolescent athletes. *J Strength Cond Res*, 26(2), 432-437. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220db2c

Faigenbaum, A., Kraemer, W., Blimkie, C., Jeffreys, I., Micheli, L., Nitka, M., Rowland, T. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *Journal of Strength and Conditioning Research*; 23:S60–S79. [PubMed:19620931]

Faigenbaum, A., Ratamess, N., McFarland, J., Kaczmarek, J., Coraggio, J., Kang, J., Hoffman, J. (2008). Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens and men. *Pediatric Exercise Science*, Champaign, v. 20, p. 457-469

Fisberg, M. (2006). Obesidade na infância e adolescência. *Rev. bras. Educ. Fís. Esp.*, 20(5), 163-164

Grace, G., Sweetser, R., Nelson, A., Ydens, R., Skipper, J. (1984). Isokinetic muscle imbalance and knee joint injuries. *J Bone Joint Surg*, 66:734-40

Gushue, D. L., Houck, Lerner, J. A. L. (2005). Effects of childhood obesity on three-dimensional knee joint biomechanics during walking. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, vol. 25, no. 6, pp. 763–768

Harilainen, A., Alaranta, H., Sandelin, J., Vanhanen, I. (1995). Good muscle performance does not compensate instability symptoms in chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*, 3:135-7

Hewett, E., Myer, D., Zazulak, T. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport*, 11(5):452-9

Kalan, J. (2009). What factors need to be adapted in youth resistance training. Available from: <http://www.brianmac.co.uk/articles/article061.htm> [Accessed 17/11/2013]

Kunkel, N. (2007). Associação entre Excesso de Peso e Qualidade de Vida relacionada à Saúde em Adolescentes de Florianópolis

Lau, D.C., Douketis, J.D., Morrison, K.M., Hramiak, H.M., Sharma, A.M. (2007). Clinical practice guidelines on the management and prevention of obesity in adults and children. *CMAJ*, 176(8): S1-13

Lee, D. C., Sui, X., Church, T. S., Lee, I. M., & Blair, S. N. (2009). Associations of cardiorespiratory fitness and obesity with risks of impaired fasting glucose and type 2 diabetes in men. *Diabetes Care*, 32(2), 257-262. doi: 10.2337/dc08-1377

Libório, M. F. R. A. (2010). Ambientes obesogênicos: Casa, área de residência e escola. Dissertação de Mestrado em Educação Física Especialização em Desenvolvimento da Criança na variante de Desenvolvimento Motor

Lubans, D. R., Aguiar, E. J., Callister, R. (2010). The effects of free weights and elastic tubing resistance training on physical self-perception in adolescents. *Psychology Sports Exercise*, Amsterdam, v. 11, p. 497-504

Machado, S., Souza, R. A., Simão, A., Jerônimo, D., Silva, N., Osorio, R., & Magini, M. (2009). Comparative study of isokinetic variables of the knee in taekwondo and kickboxing athletes. *Fitness & Performance Journal*, 8(6), 407-411. doi: 10.3900/fpj.8.6.407.e

Maffiuletti, N. A., Jubeau, M., Agosti, F., De Col, A., & Sartorio, A. (2008). Quadriceps muscle function characteristics in severely obese and nonobese adolescents. *Eur J Appl Physiol*, 103(4), 481-484. doi: 10.1007/s00421-008-0737-3

Marchi-Alves, L. M., Yagui, M., Rodrigues, C., Mazzo, A., Rangel, E., Girão, F. (2011). Infant obesity in the past and nowadays: the importance of anthropometric assessment by nurses. *Esc. Anna Nery* vol.15 no.2 Rio de Janeiro

McGuigan, M. R., Tatasciore, M., Newton, R. U., Pettigrew, S. (2009). Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Lincoln, v. 23, n.1, p. 80-85

Nantel, J., Mathieu, M. E., & Prince, F. (2011). Physical activity and obesity: biomechanical and physiological key concepts. *J Obes*, 2011, 650230. doi: 10.1155/2011/650230

Observatório Nacional da Actividade Física e do Desporto. (2011). Livro verde da actividade física. - Lisboa: Instituto do Desporto de Portugal

Parker, B. A., Smithmyer, S. L., Pelberg, J. A., Mishkin, A. D., Herr, M. D., & Proctor, D. N. (2007). Sex differences in leg vasodilation during graded knee extensor exercise in young adults. *J Appl Physiol* (1985), 103(5), 1583-1591. doi:10.1152/jappphysiol.00662.2007

Probst, M., Fletcher, R., Seelig, S. (2007). A comparison of lower-body flexibility, strength, and knee stability between karate athletes and active controls. *J Strength Cond Res*, 21(2):451-5

Ratel, S., Tonson, A., Le Fur, Y., Cozzone, P., Bendahan, D. (2009). Skeletal muscle oxidative capacity in children: a ³¹P-MRS study. *Fundamental & Clinical Pharmacology*, Paris, v. 23, p. 79-85

Rauch, R., Veilleux, L., Rauch, F., Bock, D., Welisch, E., Filler, G., Robinson, T., Burrill, E., Norozi, K. (2012). Muscle force and power in obese and overweight children. *J Musculoskelet Neuronal Interact*; 12(2):80-83

Richards, P., Ajemian, V., Wiley, P., Zernicke, F. (1996). Knee joint dynamics predict patellar tendinitis in elite volleyball players. *Am J Sports Med*, 24:676-83

Singh, A. S., Mulder, C., Twisk, J. W., Mechelen, W., Chinapaw M. J. (2008). Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature. *Obes Rev*, 9, 474-488

Souza, D. P. D., Silva, G. S., Oliveira, A. D. M., & Shinohara, N. K. S. (2007). Etiologia da obesidade em crianças e adolescentes. *Revista brasileira de nutrição clínica*

Steinberger J, Daniels SR, Eckel RH, Hayman L, Lustig RH, McCrindle B. (2009). Progress and challenges in metabolic syndrome in children and adolescents: a scientific statement from the American Heart Association Atherosclerosis, Hypertension, and Obesity in the Young Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, Council on Cardiovascular Nursing and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism, 119(4): 628-47

Tremblay, M. S., LeBlanc, A. G., Kho, M. E., Saunders, T. J., Larouche, R., Colley, R. C., . . . Connor Gorber, S. (2011). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 8, 98. doi: 10.1186/1479-5868-8-98

Tsiros, M. D., Coates, A. M., Howe, P. R., Grimshaw, P. N., Walkley, J., Shield, A., . . . Buckley, J. D. (2013). Knee extensor strength differences in obese and healthy-weight 10- to 13-year-olds. *Eur J Appl Physiol*, 113(6), 1415-1422. doi: 10.1007/s00421-012-2561-z

Verdijk, L. B., Van, L.L., Meijer, K., Savelberg, H. H. (2009). One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. *J Sports Sci.*;27:59-68

WHO, Steps to health - A European Framework to Promote Physical Activity for Health. Copenhagen: WorldHealth Organization - Regional Office for Europe. 2013

WHO, World Health Organization. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Technical Report Series N.º 894., WHO, Editor. 2000: Geneva.

Wilk, K. (1991). Isokinetic testing – Setup and Positioning. In *Biodex System II Manual, Applications/Operations*, Biodex Medical System, Inc, New York, USA

Yagui, C. M., Marchi-Alves, L. M., Rodrigues, C. S., Mazzo, A., Rangel, E. M. L., Girão, F. B. (2011). Infant obesity in the past and nowadays: the importance of anthropometric assessment by nurses. *Esc Anna Nery (impr.)*; 15 (2):238-244

Zoico, E., Francesco, V. D., Guralnik, J. M. (2004). Physical disability and muscular strength in relation to obesity and different body composition indexes in a sample of healthy elderly women. *International Journal of Obesity*, vol. 28, no. 2, pp. 234–241

Capítulo IV – Discussão Geral

IV.1 Discussão Geral

Os resultados da revisão sistemática de literatura e do estudo transversal demonstram que o peak torque dos rapazes é superior ao das raparigas. Além disso, permitem verificar que os rapazes estão mais sujeitos a lesões do que as raparigas por apresentarem valores mais elevados na flexão do joelho e no rácio agonista/antagonista. Segundo um estudo realizado por Hewett et al. (2008), confirma que os homens têm mais peak torque que as mulheres na flexão do joelho devido ao menor controlo neuromuscular que se verifica no género feminino. Verificou-se ainda que na presente investigação, os índices de peak torque na flexão do joelho a 60°/s e 180°/s, os rapazes atingiram valores que representavam quase o dobro dos valores atingidos pelas raparigas.

No que concerne à extensão e flexão do joelho a 60°/s e utilizando os mesmo protocolos e instrumentos de avaliação, os adolescentes com obesidade avaliados no quadro da presente investigação atingiram valores mais elevados do que os jovens atletas masculinos analisados nos estudos de Machado et al. (2009), Abdelmoula et al. (2012) e Probst et al. (2007). Estes resultados parecem indicar que, quanto maiores são os valores da flexão do joelho, maior será o rácio agonista/antagonista, o que, por seu turno, aumenta a predisposição para a ocorrência de lesões. De acordo com os estudos de Maffiuletti et al. (2008) e Tsiros et al. (2013), os adolescentes com obesidade apresentam valores de peak torque superiores aos apresentados por adolescentes normoponderais. Considerando que o presente estudo utiliza o mesmo método de avaliação que os estudos supracitados e analisa a mesma faixa etária, é possível deduzir que os adolescentes com obesidade apresentam valores de peak torque superiores aos dos adolescentes normoponderais, evidenciando maior peak torque.

No atinente ao equilíbrio muscular, importa mencionar que a literatura disponível é escassa e não analisa o caso específico dos adolescentes com obesidade. Somente os estudos de Machado et al. (2009) e Probst et al. (2007) abordaram o tema do equilíbrio muscular utilizando, para o efeito, os mesmos instrumentos para a avaliação da aptidão muscular e composição corporal. No entanto, as referidas intervenções examinaram o equilíbrio muscular num grupo populacional diferente, nomeadamente rapazes adolescentes praticantes de artes marciais. Por outro lado, os valores correspondentes à presença ou ausência de equilíbrio muscular resultante do rácio agonista/antagonista variam bastante na literatura consultada. Grace et al. (1984) e Harilainen et al. (1995) afirmam que o equilíbrio muscular ocorre entre os 55%-77%. Já Croce et al. (1996) e Dias et al. (2004) defendem que, para uma velocidade angular de 60°/s, os valores saudáveis tendem a estar próximos dos 60%. Colonna et al. (1998) também avaliou o rácio agonista/antagonista dos músculos

flexores e extensores do joelho em atletas adolescentes de voleibol. Segundo o seu estudo, as médias situavam-se abaixo dos 64%, o que indicava um possível desequilíbrio muscular na articulação do joelho. Na presente investigação, não foi possível avaliar estes dados já que o grupo em análise era constituído exclusivamente por adolescentes com obesidade. No entanto, segundo Américo et al. (2011), quando o desequilíbrio entre músculos agonistas e antagonistas é superior a 10%, o risco de lesão é 3 a 20 vezes superior ao de grupos musculares sem desequilíbrios, pelo que a suscetibilidade à lesão no grupo muscular mais fraco será maior. No presente estudo, tendo em conta que os rapazes atingiram valores de aproximadamente 60% no rácio agonista/antagonista a 60°/s e 180°/s, a probabilidade de ocorrência de lesões nos flexores do joelho é maior.

Bibliografia

Abdelmoula, A., Martin, V., Bouchant, A., Walrand, S., Lavet, C., Taillardat, M., . . . Ratel, S. (2012). Knee extension strength in obese and nonobese male adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab*, 37(2), 269-275. doi: 10.1139/h2012-010

Américo, S. P. F., Souza, V. V., Guimarães, C. Q., Rolla, A. F. L. (2011). Use of 1-RM Test in the Measurement of Knee Flexors and Extensors Ratio in Young Adults. *Revista Brasileira de Medicina e Esporte*;17(2):111-114

Colonna, S., Ricciardi, F. (1998). Comparison between the isokinetic knee strength and jump height in a group of volleyball players. *Medicina Dello Sport*, 51:207-12

Croce, V., Pitetti, H., Horvat, M., Miller, J. (1996). Peak torque, average power, and hamstrings/quadriceps ratios in nondisabled adults and adults with mental retardation. *Arch Phys Med Rehabil*, 77:369-72

Dias, D., Arantes, M., Alencar, A., Faria, C., Machala, C., Camargos, O. (2004). Relação isquiotibiais/quadríceps em mulheres idosas utilizando o dinamômetro isocinético. *Rev Bras Fisioter*, 8:111-5

Grace, G., Sweetser, R., Nelson, A., Ydens, R., Skipper, J. (1984). Isokinetic muscle imbalance and knee joint injuries. *J Bone Joint Surg*, 66:734-40

Harilainen, A., Alaranta, H., Sandelin, J., Vanhanen, I. (1995). Good muscle performance does not compensate instability symptoms in chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*, 3:135-7

Hewett, E., Myer, D., Zazulak, T. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport*, 11(5):452-9

Machado, S., Souza, R. A., Simão, A., Jerônimo, D., Silva, N., Osorio, R., & Magini, M. (2009). Comparative study of isokinetic variables of the knee in taekwondo and kickboxing athletes. *Fitness & Performance Journal*, 8(6), 407-411. doi: 10.3900/fpj.8.6.407.e

Maffiuletti, N. A., Jubeau, M., Agosti, F., De Col, A., & Sartorio, A. (2008). Quadriceps muscle function characteristics in severely obese and nonobese adolescents. *Eur J Appl Physiol*, 103(4), 481-484. doi: 10.1007/s00421-008-0737-3

Probst, M., Fletcher, R., Seelig, S. (2007). A comparison of lower-body flexibility, strength, and knee stability between karate athletes and active controls. *J Strength Cond Res*, 21(2):451-5

Tsiros, M. D., Coates, A. M., Howe, P. R., Grimshaw, P. N., Walkley, J., Shield, A., . . . Buckley, J. D. (2013). Knee extensor strength differences in obese and healthy-weight 10- to 13-year-olds. *Eur J Appl Physiol*, 113(6), 1415-1422. doi: 10.1007/s00421-012-2561-z

Capítulo V – Conclusões Gerais

V.1 Conclusões Gerais

No âmbito do presente estudo, o qual teve como objetivo analisar a capacidade de produção de peak torque dos membros inferiores por dinamometria isocinética em adolescentes com obesidade, foi possível concluir que:

- Os rapazes atingem valores de peak torque mais elevados do que as raparigas.
- Quanto maior a percentagem de gordura total e gordura nos membros inferiores, menor será o peak torque na flexão do joelho.
- Quanto maior a percentagem de gordura total e gordura nos membros inferiores, menor será o rácio agonista/antagonista.
- Quanto maior for o peak torque na flexão do joelho, maior será o rácio agonista/antagonista.

A evidência científica existente até ao momento indica que os adolescentes com obesidade atingem valores de peak torque mais elevados do que os adolescentes normoponderais. No entanto, se compararmos estes valores em relação ao seu peso corporal, a situação inverte-se, ou seja, os adolescentes normoponderais atingem valores superiores aos atingidos pelos adolescentes com obesidade. No que diz respeito ao equilíbrio muscular, não há desequilíbrios nos membros inferiores em adolescentes normoponderais, sendo esses atletas de artes marciais. Foi possível verificar que a fadiga muscular é menor em adolescentes do que em adultos.

De acordo com os critérios de inclusão e exclusão, não foram encontrados artigos sobre o equilíbrio muscular nos membros inferiores em adolescentes com obesidade. Trata-se de um tema pouco explorado. A literatura de apoio disponível é muito escassa e alguns dos estudos foram realizados há mais de 5 anos. Seria importante que existissem estudos neste domínio consagrados a esta população, dada a sua predisposição para a ocorrência de lesões articulares e recomenda-se a realização de estudos longitudinais para orientar a prescrição do exercício, detetar e esclarecer a ocorrência de desequilíbrios musculares, de modo a evitar a ocorrência de lesão e aumentar a aptidão funcional em adolescentes com obesidade.