

FÁBIO MIGUEL PENHA SOUSA

**AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA DA FORÇA
MUSCULAR DOS ÍSQUIO-PERÓNIO-TIBIAIS E
QUADRICÍPITE ATRAVÉS DE DINAMOMETRIA
ISOCINÉTICA EM PRATICANTES DE AULAS DE
CYCLING**

Orientador: Professor Doutor Rodrigo Miguel Arsénio dos Santos Ruivo

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2019

FÁBIO MIGUEL PENHA SOUSA

**AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA DA FORÇA
MUSCULAR DOS ÍSQUIO-PERÓNIO-TIBIAIS E
QUADRICÍPITE ATRAVÉS DE DINAMOMETRIA
ISOCINÉTICA EM PRATICANTES DE AULAS DE
CYCLING**

Dissertação defendida em Provas Públicas para a obtenção do grau de Mestre em Exercício e Bem-Estar conferido pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, no dia 25 de Fevereiro de 2019, com o Despacho Reitoral nº12/2019, com a seguinte composição de júri:

Presidente: Professor Doutor António João Labisa da Silva Palmeira

Arguente: Professor Doutor Luís Fernandes Monteiro

Orientador: Professor Doutor Rodrigo Miguel Arsénio dos Santos Ruivo

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2019

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os que me ajudaram de alguma forma permitindo que fosse possível realizar este trabalho.

Foram dois anos bastante intensos, conciliando a vida profissional, pessoal e académica, mas ao mesmo tempo foram muito gratificantes, desafiantes e bastante enriquecedores por todo o trabalho desenvolvido.

Ao Professor Rodrigo Ruivo, por ter aceite ser meu orientador durante a dissertação, por toda a disponibilidade, motivação e conhecimento demonstrado ao longo deste trabalho.

Ao Professor Pedro Pezarat Correia, por ter permitido desenvolver a parte prática deste trabalho no Laboratório de Função Neuromuscular da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa.

A todos os colaboradores do Laboratório de Função Neuromuscular pela disponibilidade e ajuda durante os testes isocinéticos.

À Cláudia Silva pelo excelente trabalho efetuado na análise estatística dos resultados obtidos.

A todos os participantes envolvidos no estudo, agradeço profundamente a disponibilidade, porque sem eles não seria possível realizar este trabalho.

A todos os meus familiares e amigos que me foram motivando para que a conclusão deste trabalho fosse possível.

À minha esposa, Mariana Coito, o meu maior agradecimento por todo o apoio prestado durante todo o Mestrado.

Resumo

Objetivo: Avaliação isocinética da força muscular dos ísquio-perónio-tibiais e quadricípite nas velocidades de 60°/s e 180°/s, comparando o rácio concêntrico entre os ísquio-perónio-tibiais e quadricípite (I:Q) através de dinamometria isocinética em praticantes de aulas de *cycling* em ginásio.

Método: Numa primeira fase, foi elaborada uma revisão sistemática de literatura (RSL) com base em estudos do tipo caso-controlo e, numa segunda fase, foi realizado um estudo caso-controlo em que os participantes realizaram os movimentos de flexão e extensão do joelho num dinamómetro isocinético nas velocidades de 60°/s e 180°/s.

Resultados: Na RSL foram selecionados 15 artigos. Os rácios concêntricos variaram entre os 50% e 80% em que os valores de rácios mais elevados foram obtidos em velocidades angulares mais altas. Os resultados do estudo caso-controlo demonstraram que não houve diferenças significativas no rácio I:Q entre os grupos.

Conclusão: Os resultados dos estudos analisados na RSL indicam que a modalidade desportiva e a velocidade de execução influenciam o perfil isocinético de força. O estudo caso-controlo revelou que o rácio I:Q na velocidade 60°/s encontra-se dentro dos valores que a literatura indica ser os normativos para o equilíbrio muscular e prevenção de lesões, enquanto na velocidade de 180°/s está abaixo dos valores normativos.

Palavras-chave: Força Muscular, Isocinético, Ísquio-Perónio-Tibiais, Quadricípite, Rácio e Torque Máximo.

Abstract

Objective: Isokinetic evaluation of the hamstrings and quadriceps muscle strength at velocities of 60°/s and 180°/s, comparing the concentric ratio between hamstrings and quadriceps (H:Q) by isokinetic dynamometry of cycling classes in the gym.

Method: In a first phase, a systematic literature review (SRL) was developed based on case-control studies and, in a second phase, a case-control study was performed in which the participants performed knee flexion and extension movements on an isokinetic dynamometer at speeds of 60°/s and 180°/s.

Results: In the RSL 15 articles were selected. The concentric ratios ranged from 50% to 80% where higher ratios were obtained at higher angular velocities. The results of the case-control study demonstrated that there were no significant differences in the H:Q ratio between the groups.

Conclusion: The results of the studies analyzed in the SRL indicate that the sport modality and the speed of execution influence the isokinetic profile of force. The case-control study showed that the H:Q ratio at 60°/s speed is within the values indicated by the literature to be the norm for muscle balance and injury prevention, while at the rate of 180°/s it is below the norm.

Key words: Hamstrings, Isokinetic, Muscle Strength, Peak Torque, Quadríceps and Ratio.

Abreviaturas

AP – Average Power

BFC – Bíceps femoral porção curta

BFL – Bíceps femoral porção longa

EMG – Eletromiografia

Gast – Gastrocnemius

Gmax - Glúteo máximo

I:Q – Rácio entre Ísquio-perónio-tibiais e Quadríceps

LCA – Ligamento Cruzado Anterior

PL – Peroneus Longus

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PT – Peak Torque

PT/BW – Peak Torque / Body Weight

RF – Reto femoral

RSL – Revisão Sistemática da Literatura

SemM – Semimembranoso

SemT – Semitendinoso

SOL – Soleares

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences

TA – Tibial anterior

TP – Tibial posterior

TW – Total Work

Vint – Vasto intermédio

VL – Vasto lateral

VM – Vasto medial

Índice Geral

Introdução Geral	11
Capítulo I.....	12
Manuscrito I - Rácio da Força Muscular dos Ísquio-Perónio-Tibiais e Quadrícipite Através de Dinamometria Isocinética: Revisão Sistemática da Literatura.....	12
Resumo	13
Abstract.....	14
1 - Introdução.....	15
1.1 - Objetivos	17
2 - Metodologia	17
2.1 - Protocolo	17
2.2 - Estratégia de pesquisa	17
2.3 - Seleção de estudos.....	17
2.4 - Processo de extração	18
2.5 - Variáveis extraídas	18
2.6 - Qualidade dos estudos	18
2.7 - Medições principais.....	18
2.8 - Método de análise.....	19
3 - Resultados	19
3.1 - Seleção de estudos.....	19
3.2 - Qualidade dos estudos	20
3.3 - Resultados dos estudos individuais	21
3.4 - Síntese de resultados	24
4 - Discussão.....	25
4.1 - Sumário de evidências.....	25
4.2 - Limitações	28
4.3 - Conclusões	28

5 - Referências Bibliográficas	29
Capítulo II.....	34
Manuscrito II – Avaliação Isocinética da Força Muscular dos Ísquio-Perónio-Tibiais e Quadrícipite Através de Dinamometria Isocinética em Praticantes de Aulas de <i>Cycling</i> em Ginásio	34
Resumo	35
Abstract.....	36
1 - Introdução.....	37
1.1 - Objetivos	42
2 - Metodologia	42
2.1 - Amostra	42
2.2 - Instrumentos	43
2.3 - Desenho da Intervenção	43
2.4 - Procedimentos	44
2.5 - Análise estatística.....	45
3 - Resultados	46
3.1 - Parâmetros isocinéticos na flexão e extensão do joelho	47
3.2 - Avaliação da força bilateral.....	48
3.3 - Correlação entre a força isocinética e a velocidade de execução.....	49
4 - Discussão.....	49
4.1 - Limitações	52
4.2 - Conclusões	52
5 - Referências Bibliográficas	53
6 - Anexos.....	I
Anexo I - Consentimento Informado.....	I
Anexo II – Questionário de Atividade Física	IV

Índice de Tabelas

Manuscrito I

Tabela 1 - Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.	21
Tabela 2 - Características e resultados dos estudos incluídos na revisão sistemática. ...	22

Manuscrito II

Tabela 3 - Caracterização da amostra.....	43
Tabela 4 - Média, desvio padrão e resultados do teste t para dados independentes dos parâmetros de avaliação isocinética de flexão e extensão do joelho PT(Nm), PT/BW(Nm/Kg), TW(J), AP(W) e rácio I:Q(%), para o grupo de controlo e grupo <i>cycling</i> , nas velocidades de 60°/ e 180°/s.....	47
Tabela 5 - Média, desvio padrão e resultados do teste t para dados dependentes do PT(Nm) a 60°/s na extensão e flexão do joelho e rácio I:Q, para o grupo de controlo e grupo <i>cycling</i> , no membro direito e esquerdo.	48
Tabela 6 - Correlação entre o PT a 60°/ s e 180°/s na extensão e flexão do joelho para o grupo controlo e grupo <i>cycling</i>	49

Índice de Figuras

Manuscrito I

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos estudos para a revisão..... 20

Manuscrito II

Figura 2 - Representação do ciclo do pedal (Adaptado de Holderbaum, Petersen e
Guimarães (2012))..... 38

Figura 3 - Fluxograma do processo de seleção dos participantes para o estudo. 43

Introdução Geral

No que diz respeito às lesões cápsulo-ligamentares, dos três grandes complexos articulares que compõem o membro inferior, um dos que sofre mais lesões é o do joelho. Muitas destas lesões podem advir de um desequilíbrio muscular que pode ser consequência de diferenças de força entre um músculo agonista e um músculo antagonista de uma dada articulação. Também as diferenças bilaterais de força entre membros inferiores pode ser propiciadora de lesão (Neto Júnior, Pastre, & Monteiro, 2004).

A força muscular é uma importante componente da prestação desportiva. Por essa razão a avaliação da força muscular com recurso à dinamometria isocinética é largamente utilizada uma vez que podemos ter uma avaliação dinâmica, objetiva, precisa e reprodutível (Brown, 2000).

Uma das variáveis que pode ser avaliada é o rácio concêntrico I:Q, que consiste na divisão do *Peak Torque* (PT) dos ísquio-perónio-tibiais relativamente ao PT do quadrícipite. É um parâmetro muito usado para descrever as propriedades das forças musculares que atuam na articulação do joelho (Osternig, 1986). Pode ser calculado numa velocidade pré-determinada (Kannus, 1994).

O rácio I:Q tem vindo a ser analisado em diversas modalidades, tais como o futebol, voleibol, basquetebol e desportos de combate.

Uma vez que não existem estudos que avaliem o rácio concêntrico I:Q em atividades cíclicas, o objetivo do estudo prático foi analisar de que forma o efeito dessas atividades pode influenciar o equilíbrio muscular entre ísquio-perónio-tibiais e quadrícipite.

Organização da Dissertação

A dissertação encontra-se organizada em dois capítulos. O primeiro capítulo corresponde a uma RSL, permitindo identificar estudos que analisaram o rácio I:Q em atletas de diversas modalidades desportivas. O segundo capítulo corresponde a um estudo prático cujo objetivo foi avaliar de forma isocinética a força muscular dos ísquio-perónio-tibiais e quadrícipite nas velocidades de 60°/s e 180°/s e analisar o rácio I:Q em praticantes de *cycling* em aulas de ginásios.

Capítulo I

Manuscrito I - Rácio da Força Muscular dos Ísquio-Perónio-Tibiais e Quadríceps Através de Dinamometria Isocinética: Revisão Sistemática da Literatura

Resumo

Introdução: A força muscular é uma importante componente da prestação desportiva sendo comumente avaliada com recurso à dinamometria isocinética.

Objetivos: Com esta revisão sistemática da literatura pretendeu-se reunir evidência científica sobre o rácio concêntrico da força muscular entre ísquio-perónio-tibiais e quadricípite (I:Q) em diversas modalidades desportivas através de dinamometria isocinética.

Métodos: Foi realizada uma pesquisa sistemática da literatura em duas bases de dados eletrónicas (PubMed e Scielo) por forma a identificar estudos relevantes entre Janeiro de 1994 e Abril de 2018, usando termos pré-determinados relacionados com o rácio I:Q (Quadricípite, Ísquio-Perónio-Tibiais, Rácio, Torque Máximo, Isocinético e Força Muscular). Apenas foram incluídos estudos caso-controlo que reuniam evidência sobre o rácio I:Q em atletas de diversas modalidades desportivas através de dinamometria isocinética. A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada através da escala Downs and Black.

Resultados: Quinze estudos cumpriram os critérios de inclusão. Os rácios concêntricos variaram entre os 50% e 80% em que os valores de rácios mais elevados foram obtidos em velocidades angulares mais altas.

Conclusão: A modalidade desportiva praticada influencia o perfil isocinético de força havendo uma oscilação do rácio I:Q entre 50-80%. Serão necessários mais estudos no futuro afim de caracterizar o perfil isocinético de força em atividades cíclicas.

Palavras Chave: Força Muscular, Isocinético, Ísquio-Perónio-Tibiais, Quadricípite, Rácio e Torque Máximo.

Abstract

Introduction: Muscular strength is an important component of sports performance being usually evaluated using isokinetic dynamometry.

Objective: With this systematic review of the literature it was intended to gather scientific evidence on the concentric ratio of muscle strength between hamstrings and quadriceps (H:Q) in various sports modalities through isokinetic dynamometry.

Method: A systematic literature search was conducted in two electronic databases (PubMed and Scielo) in order to identify relevant studies between January 1994 and April 2018, using pre-determined terms related to the H:Q ratio (Hamstrings, Isokinetic, Muscle Strength, Peak Torque, Quadriceps and Ratio). Only case-control studies were included that collected evidence on the H:Q ratio in athletes of various sports modalities through isokinetic dynamometry. The methodological quality of included studies was assessed using the Downs and Black scale.

Results: Fifteen studies met the inclusion criteria. The concentric ratios ranged from 50% to 80% where higher ratios were obtained at higher angular velocities.

Conclusion: Sports modality practiced influences the isokinetic force profile, with an oscillation of the H:Q ratio between 50-80%. More studies will be needed in the future to characterize the isokinetic profile of force in cyclic activities.

Key Words: Hamstrings, Isokinetic, Muscle Strength, Peak Torque, Quadriceps and Ratio.

1 - Introdução

No que diz respeito às lesões cápsulo-ligamentares, dos três grandes complexos articulares que compõem o membro inferior, um dos que sofre mais lesões é o do joelho. Muitas destas lesões podem advir de um desequilíbrio muscular que pode ser consequência de diferenças de força entre um músculo agonista e um músculo antagonista de uma dada articulação. Também as diferenças bilaterais de força entre membros inferiores pode ser propiciadora de lesão (Neto Júnior, Pastre, & Monteiro, 2004).

Assim, funções reduzidas dos ísquio-perónio-tibiais (antagonista), devido a atividades que enfatizam elevadas cargas no quadrícipite (agonista), contribuem para um grande desenvolvimento desta musculatura, podendo resultar em desequilíbrios musculares entre os antagonistas e agonistas, originando um rácio I:Q mais baixo, aumentando assim a suscetibilidade de lesão dos tecidos moles e estruturas ósseas (Ahmad et al., 2006; Baltzopoulos & Brodie, 1989; Baratta et al., 1988). A boa funcionalidade dinâmica dos músculos estabilizadores do joelho, otimizada através de um adequado equilíbrio muscular pode ser determinante na prevenção e/ou na limitação da severidade de lesões (Aagaard, Simonsen, Magnusson, Larsson, & Dyhre-Poulsen, 1998).

A contração do quadrícipite é capaz de criar uma rotação anterior da tibia em relação ao fémur, assim como uma significativa translação do tibial anterior, principalmente com grandes cargas (Ahmad et al., 2006; Coombs & Garbutt, 2002; J. Magalhães, Oliveira, Ascensão, & Soares, 2004; Nisell, Ericson, Németh, & Ekholm, 1989; Rosene, Fogarty, & Mahaffey, 2001).

Grandes forças de stress podem consequentemente afetar o ligamento cruzado anterior (LCA), no entanto a tensão induzida pela contração do quadrícipite pode ser reduzida através da co-contração dos antagonistas que é diretamente proporcional à sua capacidade de gerar força concêntrica (Baratta et al., 1988; Renström, Arms, Stanwyck, Johnson, & Pope, 1986; Wilkerson et al., 2004).

É então perceptível que a força muscular é uma importante componente da prestação desportiva e deve ser avaliada. Por essa razão a avaliação da força muscular com recurso à dinamometria isocinética é largamente utilizada uma vez que podemos ter uma avaliação dinâmica, objetiva, precisa e reproduzível (Brown, 2000). A dinamometria isocinética, que permite analisar as forças a interagir com as articulações,

possibilita a quantificação rápida e confiável de variáveis relacionadas à performance muscular em várias velocidades, incluindo o PT, trabalho, relação agonista/antagonista, diferenças bilaterais de força e índice de fadiga (Oberg, Möller, Gillquist, & Ekstrand, 1986; Terreri, Greve, & AmatuZZi, 2001).

O PT representa o ponto de maior torque em uma dada amplitude do movimento articular analisado. Muitas das vezes esta variável isocinética é estudada com a velocidade de 60°/s. Está reportado na literatura que quanto menor a velocidade angular maior é o torque (Yoon, Park, Kang, Chun, & Shin, 1991).

O rácio I:Q corresponde à divisão do PT dos ísquio-perónio-tibiais relativamente ao PT do quadrícipite e é um parâmetro muito usado para descrever as propriedades das forças musculares que atuam na articulação do joelho (Osternig, 1986).

O rácio concêntrico I:Q é calculado através do PT concêntrico dos ísquio-perónio-tibiais dividido pelo PT concêntrico do quadrícipite num determinado ângulo e velocidade (Kannus, 1994). Em termos conceptuais implica que as contrações concêntricas ocorressem ao mesmo tempo no quadrícipite e nos ísquio-perónio-tibiais. No entanto durante a extensão do joelho apenas existe a contração excêntrica para os ísquio-perónio-tibiais combinado com a contração concêntrica do quadrícipite ou vice-versa no caso da flexão do joelho (Aagaard et al., 1998).

Apesar de não referir a força muscular para a estabilização do joelho durante as suas ações, o rácio concêntrico é sugerido para indicar se existe uma similaridade de qualidade nos padrões de PT e velocidade dos ísquio-perónio-tibiais e quadrícipite (Aagaard, Simonsen, Trolle, Bangsbo, & Klausen, 1995).

Diversos estudos demonstraram que o rácio concêntrico I:Q permanece constante, entre 50-60% a baixa velocidade angular (30°/s - 60°/s) e entre 70-80% a média velocidade ($\geq 180^\circ/s$) independentemente da idade, do género e do lado testado (Aagaard et al., 1995; Ahmad et al., 2006; Bennell et al., 1998; Brown, 2000; Colliander & Tesch, 1989; Coombs & Garbutt, 2002; Gür, Akova, Pündük, & Küçükoğlu, 1999; Hewett, Myer, & Zazulak, 2008; J. Magalhães et al., 2004; Westing & Seger, 1989).

De um ponto de vista funcional o rácio dinâmico I:Q é caracterizado pela ação concêntrica do agonista simultaneamente com a ação excêntrica do antagonista ou vice-versa providenciando uma estimativa da capacidade de estabilização muscular da articulação do joelho (Aagaard et al., 1995).

Num outro contexto de análise poder-se-ia também abordar a diferença bilateral de PT entre músculos dos membros inferiores. Uma diferença bilateral superior a 10%

do rácio concêntrico I:Q pode contribuir para uma lesão (Buchanan & Vardaxis, 2003; Calmels & Minaire, 1995; Grace, Sweetser, Nelson, Ydens, & Skipper, 1984; Kannus, 1994; Wyatt & Edwards, 1981), assim como uma diferença de PT acima de 15% (Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010). Num estudo de Knapik, Bauman, Jones, Harris e Vaughan (1991) as atletas femininas que apresentavam os ísquio-perónio-tibiais de um dos membros com menos 15% da força relativamente ao outro, eram 2,6 vezes mais suscetíveis de terem uma lesão no membro inferior mais fraco.

1.1 - Objetivos

O objetivo desta revisão sistemática foi reunir evidência científica que compara o rácio concêntrico da força muscular entre ísquio-perónio-tibiais e quadrícipite em diversas modalidades desportivas através de dinamometria isocinética.

2 - Metodologia

2.1 - Protocolo

A presente revisão sistemática segue as recomendações do “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses” (PRISMA) (Liberati et al., 2009).

2.2 - Estratégia de pesquisa

Foi realizada uma pesquisa sistemática da literatura em duas bases de dados eletrónicas (PubMed e Scielo) por forma a identificar estudos relevantes entre Janeiro de 1994 e Abril de 2018, em português e inglês, usando termos pré-determinados relacionados com o rácio da força muscular entre ísquio-perónio-tibiais e quadrícipite. As palavras chave usadas na pesquisa foram: “Quadriceps” OR “Hamstrings” AND “Ratio” OR “Peak Torque” OR “Isokinetic” OR “Muscle Strength”.

Apenas foram incluídos estudos caso-controlo que reuniam evidência sobre o rácio concêntrico da força muscular entre ísquio-perónio-tibiais e quadrícipite em atletas de diversas modalidades desportivas através de dinamometria isocinética.

2.3 - Seleção de estudos

A presente revisão sistemática da literatura considerou apenas estudos onde o rácio I:Q fosse objetivamente medido em atletas de modalidades desportivas.

Foram incluídos os estudos que cumpriram os seguintes critérios de inclusão: (1) estudos caso-controlo; (2) estudos com sujeitos adultos (mais de 18 anos), de ambos os

géneros desde que praticantes de alguma modalidade; (3) estudos em que a forma de intervenção aplicada se refere a dinamometria isocinética.

Foram excluídos todos os estudos que: (1) não especificassem as velocidades em que foi feita a dinamometria isocinética; (2) o rácio não fosse apresentado de forma exata; (3) os participantes estivessem com algum tipo de lesão.

2.4 - Processo de extração

Foi desenvolvida uma folha Excel onde foram registadas todas as variáveis necessárias para que se possam comparar entre si.

2.5 - Variáveis extraídas

Em todos os artigos foram caracterizadas as variáveis do estudo (Autor, Tipo de Estudo, Qualidade e Número de Grupos), Participantes (Número, Idade, Peso, Altura, Atividade Física e Sexo) Método (Velocidades, Repetições, Descanso e Tipo de Contração) e Resultados (Rácio I:Q).

2.6 - Qualidade dos estudos

A avaliação da qualidade metodológica dos estudos foi feita através da escala de Downs and Black (Downs & Black, 1998). É uma escala composta por 27 parâmetros perfazendo o total de 32 pontos, em que todos os parâmetros valem 1 ponto com a exceção do parâmetro 5 que vale 2 pontos e do parâmetro 27 que vale 5 pontos. Para uma melhor interpretação do resultados foi usada nesta revisão sistemática uma versão adaptada utilizada na revisão sistemática de Hooper, Jutai, Strong, Russell-Minda (2008) composta pelos mesmos 27 parâmetros com a exceção do parâmetro 27 apenas contabilizar 1 ponto, perfazendo o total de 28 pontos. Desta forma a tabela de classificação dos artigos usados nesta revisão sistemática, com a versão adaptada, foi a seguinte: Excelente (26-28); Bom (20-25); Razoável (15-19); Pobre (≤ 14).

2.7 - Medições principais

A principal variável que foi medida foi o rácio concêntrico I:Q entre os diversos estudos, verificando os diferentes valores dos vários estudos e relacionando com as diferentes populações e velocidades de medição através da dinamometria isocinética.

2.8 - Método de análise

Os estudos foram agrupados por modalidades e em seguida por velocidades de medição de forma a homogeneizar a amostra e dessa forma apresentar o rácio I:Q médio para cada grupo.

3 - Resultados

3.1 - Seleção de estudos

Após efetuar a procura na base de dados PubMed e Scielo foram identificados 681 estudos. Após a revisão dos títulos e dos resumos foram excluídos 661 por não cumprirem os critérios de inclusão. Dos 20 selecionados foram excluídos 5 após leitura integral por não apresentarem resultados exatos, ou seja, eram apresentados através de gráfico de barras, não praticarem modalidades e medições incorretas, ou seja, não era específico a velocidade de medição, ficando assim 15 estudos para serem incluídos nesta revisão sistemática da literatura. Todo o processo de seleção de artigos foi efetuado apenas por um revisor.

O processo de seleção dos estudos é apresentado na Figura 1.

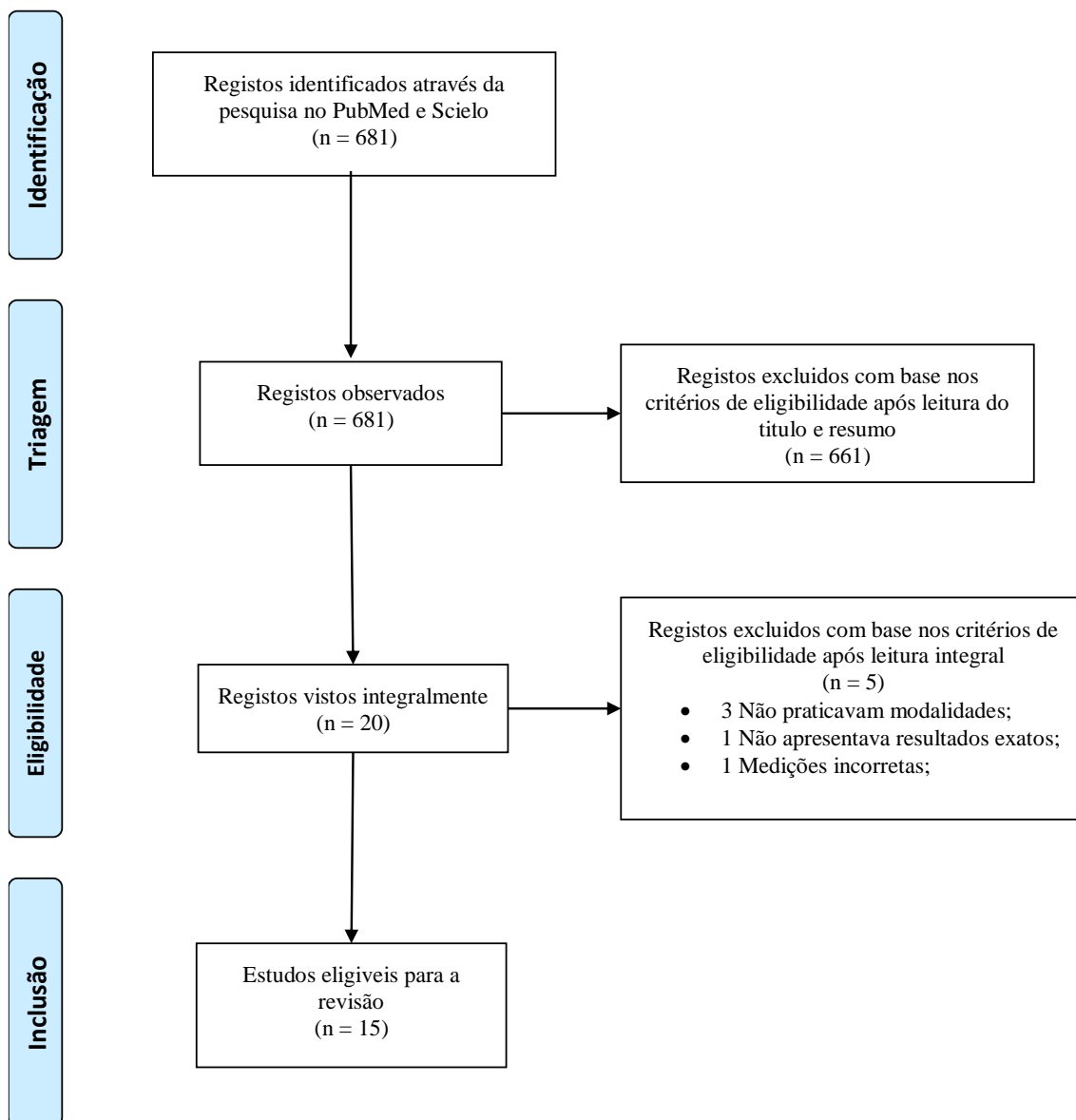


Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos estudos para a revisão.

3.2 - Qualidade dos estudos

Na avaliação dos estudos através da escala Downs and Black, 6 estudos obtiveram a classificação Razoável e 9 a classificação Bom, como se pode verificar pela Tabela 1 que sumariza todos os pontos dados a cada estudo de forma a avaliar a sua qualidade.

Tabela 1 - Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.

Estudo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total
Aagaard et al (1995)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	20
Aagaard et al (1998)	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	17
Bittencourt et al (2005)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	22
Carvalho e Cabri (2007)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	20
Ferreira et al (2010)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	22
Ferreira et al (2015)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	21
Inger et al (1994)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	20
Machado et al (2009)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	19
Magalhães et al (2001)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	19
Magalhães et al (2001)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	19
Pacheco et al (2011)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	22
Rosene et al (2001)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	19
Siqueira et al (2002)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	19
Vieira (2011)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	20
Zakas et al (1995)	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	21

3.3 - Resultados dos estudos individuais

Na Tabela 2 podem ser consultados os resultados dos diversos estudos analisados. Encontram-se identificados os grupos que foram formados para cada estudo assim como o total da amostra correspondente, caracterizando também o sexo, idade e modalidade praticada pelos participantes. Os resultados dos rácios obtidos encontram-se agrupados pelas velocidades a que os participantes executaram os movimentos concêntricos, em que dentro da mesma velocidade encontram-se os resultados dos diversos grupos em estudo.

Tabela 2 - Características e resultados dos estudos incluídos na revisão sistemática.

Autor	Modalidade	Participantes (número)	Grupos	Idade (anos, média)	Velocidades (%/s)	Rácio concêntrico (%)
Aagaard et al (1995)	Futebol	22	1	23,5	30 120 240	47 51 51
Carvalho e Cabri (2007)	Futebol	245	30 GR 45 DC 37 DL 45 MC 47 MA 41 AV	GR=30 DC=26 DL=25 MC=26 MA=26 AV=27	60 180	GR=61 DC=57 DL=59 MC=58 MA=57 AV=57 GR=70 DC=65 DL=68 MC=68 MA=66 AV=65
Pacheco et al (2011)	Futebol	39	1	23,8	60 240	58 70
Ferreira et al (2010)	Futsal	23	1	27	60 120 180 300	53 55 58 60
Magalhães et al (2001)	Voleibol Futebol	64	18 Voleibol 46 Futebol	Voleibol=23,9 Futebol=25,2	90 360	Voleibol=50 Futebol=57 Voleibol=78 Futebol=80
Bittencourt et al (2005)	Voleibol	36	20 Infanto-Juvenil 16 Juvenil	Infanto-Juvenil=17 Juvenil=19,5	60 300	Infanto-Juvenil=49 Juvenil=54 Infanto-Juvenil=68 Juvenil=66
Magalhães et al (2001)	Voleibol	35	25 Masculino 10 Feminino	Masculino=21,7 Feminino=25	90 360	Masculino=50 Feminino=44 Masculino=80 Feminino=67
Zakas et al (1995)	Futebol Basquetebol	112	10 BI 10 BII 17 BIII 16 BIV 15 FI 15 FII 9 FIII 12 FIV	BI=25,5 BII=22,1 BIII=20,2 BIV=20,7 FI=26,6 FII=23,3 FIII=23,7 FIV= 21	60 180	BI=71 BII=69 BIII=74 BIV=70 FI=68 FII=71 FIII=72 FIV=67 BI=76 BII=72 BIII=77 BIV=75 FI=80 FII=78 FIII=78 FIV=76

Ferreira et al (2015)	Basquetebol	38	21 Basquetebol 17 Controlo	Basquetebol=21,5 Controlo=20	60	Basquetebol=56 Controlo=55
Machado et al (2009)	Taekwondo Kickboxing	10	5 Taekwondo 5 Kickboxing	Taekwondo=18 Kickboxing=18	60	Taekwondo=57 Kickboxing=48
Vieira (2011)	Taekwondo	6	1	17,5	60 180	56 67
Aagaard et al (1998)	Salto Vara Salto Comprimento Salto Altura	9	1		30 240	50 61
Siqueira et al (2002)	Corredores Saltadores	54	20 Corredores 14 Saltadores 20 Controlo	Corredores=22 Saltadores=20,5 Controlo=19,9	60 240	Corredores=57 Saltadores=61 Controlo=58 Corredores=66 Saltadores=66 Controlo=70
Inger et al (1994)	Estudantes de Desporto	53	1	22,5	60 240	60 73
Rosene et al (2001)	Estudantes de Desporto	81	9 Vm 12 Vf 17 Fm 10 Ff 10 Bf 23 Sf	19,3	60 120 180	Ff=53 Sf=47 Vf=51 Bf=55 Tf=50 Fm=51 Vm=51 Tm=51 Ff=62 Sf=51 Vf=53 Bf=66 Tf=56 Fm=57 Vm=50 Tm=55 Ff=68 Sf=59 Vf=57 Bf=64 Tf=59 Fm=61 Vm=58 Tm=60

Legenda: GR – Guarda redes; DC – Defesa central; DL – Defesa lateral; MC – Médio centro; MA – Médio ala; AV – Avançado; BI – Basquetebol 1ª Divisão;

BII – Basquetebol 2ª Divisão; BIII – Basquetebol 3ª Divisão; BIV – Basquetebol 4ª Divisão; FI – Futebol 1ª Divisão; FII – Futebol 2ª Divisão; FIII – Futebol 3ª Divisão;

FIV – Futebol 4ª Divisão; Vm – Voleibol masculino; Vf – Voleibol feminino; Fm – Futebol masculino; Ff – Futebol feminino; Bf – Basquetebol feminino; Sf – Softball feminino;

3.4 - Síntese de resultados

Os rácios concêntricos I:Q variaram entre 50-80%. Quanto maior foi a velocidade angular, maior a tendência dos valores do rácio I:Q serem mais elevados.

Na modalidade de Futebol, em velocidades mais baixas (30°/s, 60°/s) a variação dos rácios I:Q ficou entre 47-61%, enquanto nas velocidades mais altas (120°/s, 180°/s, 240°/s, 360°/s) ficou entre 51-80% (Aagaard et al., 1995; Carvalho & Cabri, 2018; Magalhães et al., 2001; Zabka et al., 2011). No estudo de Zakas et al (1995), os rácios I:Q em velocidades altas estão de acordo com os outros autores, no entanto a velocidades baixas (60°/s) oscilaram entre 67-72%.

Na modalidade de Futsal tanto em velocidades baixas como altas não houve grandes oscilações, ficando os rácios I:Q entre 53-60% (Ferreira, Gomes, C. Ferreira, Arruda, & França, 2010).

Na modalidade de Voleibol, a baixas velocidades (60°/s, 90°/s) os rácios I:Q ficaram entre 44-57% enquanto a altas velocidades (300°/s, 360°/s) obtiveram-se valores superiores ficando entre 66-80% (Bittencourt et al., 2005; Magalhães et al., 2001).

No Basquetebol, Ferreira, Macedo e Carvalho (2015) indicam que na velocidade 60°/s o rácio I:Q é de 56%, no entanto Zakas et al (1995) indica que nas velocidades de 60°/s e 180°/s existe uma variância entre 69-77%.

Nas modalidades de combate, na velocidade de 60°/s, o Taekwondo obteve o rácio I:Q de 57% enquanto o KickBoxing obteve 48% (Machado et al., 2009). Vieira (2011) confirmou o valor médio de 57% para a velocidade de 60°/s no Taekwondo e obteve o valor médio de 67% para a velocidade de 180°/s.

Na modalidade de Atletismo, Aagaard et al (1998) avaliou as competições de salto em que a 30°/s o rácio I:Q foi de 50% e a 240°/s obteve 61%. Siqueira et al (2002) decidiram comparar as competições de salto e corrida em que obtiveram a 60°/s o rácio I:Q de 61% e 57% respetivamente, enquanto para a velocidade de 240°/s não houve diferenças obtendo para ambos 66%.

Num estudo de Inger et al (1994) em que foram avaliados estudantes de desporto, praticando diversas modalidades de termos recreativos, obteve o rácio I:Q de 60% para a velocidade 60°/s e 73% para 240°/s. Posteriormente, Rosene et al (2001), fez novo estudo analisando a mesma população em que diferenciou os praticantes de diversas modalidades (Voleibol, Futebol, Basquetebol, SoftBall). A velocidade baixa (60°/s) os rácios I:Q variaram entre 47-55% enquanto a velocidades altas (120°/s, 180°/s) a variação ocorreu entre 50-68%.

A correção da gravidade pode influenciar o rácio I:Q nas diversas velocidades. Para evitar valores incorretos deve-se sempre fazer a correção da gravidade no equipamento (Aagaard et al., 1995).

4 - Discussão

4.1 - Sumário de evidências

Como não existe nenhum protocolo padronizado para avaliar a força das diversas modalidades, torna-se difícil comparar os resultados entre os diversos estudos.

O rácio I:Q tem sido associado com as exigências específicas da atividade funcional dos desportos (Calmels & Minaire, 1995). À velocidade angular de 90°/s Magalhães et al (2001) encontrou diferenças significativas entre os voleibolistas e futebolistas, em que os voleibolistas apresentam um rácio I:Q mais baixo do que os futebolistas, por apresentarem maior fraqueza dos ísquio-perónio-tibiais. Este facto pode dever-se às características da modalidade (Mercer, Gleeson, Claridge, & Clement, 1998), o que no caso do voleibol, deve-se ao quadrícipite ter uma solicitação frequente em muitas das ações típicas, ou/e por insuficiente trabalho compensatório de força dos músculos ísquio-perónio-tibiais. Embora possamos estar perante um facto resultante de uma adaptação específica às exigências do voleibol, pode representar um fator de risco acrescido à ocorrência de lesões nos tecidos moles (Aagaard et al., 1995; Mercer et al., 1998; Yamamoto, 1993; Zakas et al., 1995).

O valor médio de rácio I:Q encontrado nos futebolistas encontram-se de acordo com a literatura para a velocidade de 60°/s situando-se entre os 50-60% (Aagaard et al., 1998; Aagaard et al., 1995; Brown, 2000; Coombs & Garbutt, 2002; Kannus, 1994) e superior para a velocidade de 180°/s que fica entre os 70-80% (Brown, 2000; Oberg et al., 1986). De facto, estes resultados sugerem que, no futebol, independentemente da posição ocupada dentro do campo, se encontram em equilíbrio funcional e dinâmico ao nível do joelho.

Nesse sentido, Croisier, Ganteaume, Binet, Genty e Ferret (2008) de 2000 a 2005, acompanharam 462 jogadores de futebol profissional brasileiros, belgas e franceses, objetivando determinar se as variáveis da força avaliadas por teste isocinético na pré-temporada poderiam ser preditoras da subsequente lesão muscular, e se a normalização dos desequilíbrios de força, também verificados na pré-temporada, poderia reduzir a incidência de lesões. A taxa de lesão muscular foi significativamente

maior nos indivíduos que apresentaram desequilíbrios de força não tratada, em comparação com os jogadores sem nenhum desequilíbrio verificado na pré-temporada, apresentando risco relativo de 4,7 vezes mais chance de lesão. O risco de lesão permaneceu significativamente alto nos jogadores com desequilíbrio e que participaram de um trabalho de compensação, porém sem um controle posterior (risco relativo de 2,9). Em contrapartida, a normalização dos parâmetros isocinéticos reduziu o risco de lesão, quando comparado a jogadores sem desequilíbrios (risco relativo 1,4) (Ferreira et al., 2010).

Colonna e Ricciardi (1998) avaliaram PT e rácio I:Q em 11 atletas da elite do voleibol na Itália sendo utilizada a velocidade de 60°/s e realizada normalização da variável *Peak Torque/Body Weight* (PT/BW). Os rácios I:Q obtidos tiveram médias de 54,7% na perna direita e de 53,7% na perna esquerda. Nos atletas brasileiros das categorias infantojuvenil e juvenil, respetivamente, as médias foram de 49% e 53,7% na perna direita (dominante) e de 47,2% e 49,3% na perna esquerda (não-dominante) (Bittencourt et al., 2005).

Relativamente ao basquetebol, Ferreira et al (2015) verificou que o PT e o PT/BW do quadrícipite e dos ísquio-perónio-tibiais foram superiores nas atletas de basquetebol, comparativamente com o grupo constituído pelas estudantes, o que se traduz no aumento da capacidade para produzir força, não havendo diferenças no rácio I:Q nem desequilíbrio bilateral, assim como Zakas et al (1995) já o tinha confirmado anteriormente. A ausência de diferenças no rácio deve-se ao desenvolvimento da musculatura ser feito de uma forma equilibrada.

Estes resultados estão em concordância com o estudo realizado por Hahn, Foldspang e Ingemann-Hansen (1999) o qual verificou a existência de uma relação direta entre a força muscular do quadrícipite e o número de horas semanais de prática de basquetebol em atletas femininas, em que quanto maior o número de horas semanais maior o valor de força muscular. Este estudo vem corroborar também a pesquisa realizada por Zakas et al (1995), a qual para além de providenciar dados acerca do PT do quadrícipite, ainda acrescentou informação acerca dos ísquio-perónio-tibiais, observando em atletas de uma equipa nacional de basquetebol valores mais elevados de PT tanto para o quadrícipite como para os ísquio-perónio-tibiais, quando comparados com atletas de basquetebol de divisões inferiores, verificando assim a existência de uma relação direta entre a força muscular e o volume de atividade desportiva.

Analisando os atletas de Taekwondo, Vieira (2011) reportou que o rácio I:Q foi de 55% para ambos os membros a uma velocidade de 60°/s, o que vai de encontro com o padrão normativo relatado na literatura como adequado para avaliações a baixa velocidade. Valores entre 50-60% são considerados ideais da relação I:Q como indicador de uma boa estabilidade dinâmica articular do joelho (Aagaard et al., 1998; E. Kellis & Baltzopoulos, 1995).

No estudo de Machado et al (2009) não houve diferenças entre os praticantes de Taekwondo e Kickboxing quanto ao PT e rácio I:Q. Os atletas apresentaram equilíbrios musculares adequados, tendo condições de força semelhantes e baixo risco de lesão musculoesquelética associada à articulação de joelho. De fato, embora as lesões musculares tenham relativa frequência de incidência em atletas de Taekwondo e Kickboxing, as lesões mais prevalentes nessas modalidades são as contusões musculares (Gartland, Malik, & Lovell, 2001; Kazemi & Pieter, 2004; Pieter, 2005).

No entanto os valores obtidos no rácio I:Q cumprem a tendência verificada em outras modalidades, que quando a velocidade aumenta o rácio I:Q aumenta. A sua avaliação constitui por isso, para o Taekwondo, um dos parâmetros fundamentais a nível da qualificação da performance atlética humana, essencial tanto no campo avaliativo como terapêutico (Morrissey, Hooper, Drechsler, & Hill, 2004).

Comparando estudantes de diferentes desportos, Rosene et al (2001), concluiu não haver diferenças significativas no rácio I:Q, assim como Zakas et al (1995) comparando jogadores de futebol e basquetebol diferentes divisões também concluiu o mesmo. Os desportos representados no estudo de Rosene et al (2001), foram comparados entre divisões similares e requerem todos movimentos similares para efetuar as atividades correspondentes. O facto de poder haver adaptação do treino e nível de competição similar pode ser o responsável por haver divergências de rácios entre os participantes nos desportos em estudo.

De salientar ainda que estudos comparativos das alterações neuromusculares induzidas por diferentes tipos de exercício sugerem que, após exercício intenso prolongado do tipo intermitente, se registam diminuições significativas da força muscular gerada pelos ísquio-perónio-tibiais e incrementos no tempo de atraso eletromecânico deste grupo muscular, não só comprometendo a estabilidade da articulação do joelho por aumento da laxidez articular, como representam uma forte ameaça à integridade do LCA (Gleeson, Reilly, Mercer, Rakowski, & Rees, 1998; Mercer et al., 1998). Desta forma, realça-se a importância da força produzida pelos

íisquio-perónio-tibiais, enquanto músculos antagonistas, como fator de prevenção da integridade desta articulação, em especial durante a realização de exercícios intensos e prolongados de carácter intermitente, como por exemplo um jogo de futebol ou de voleibol.

O rácio entre o PT dos íisquio-perónio-tibiais no modo excêntrico e o PT do quadricípites no modo concêntrico, ao contrário do utilizado (concêntrico / concêntrico), parece ser, do ponto de vista funcional, mais específico do padrão de movimentos de flexão e extensão realizados em torno da articulação do joelho em determinadas ações motoras (Aagaard et al., 1998; Aagaard et al., 1995), como por exemplo o remate do futebolista. Nesta perspetiva, a avaliação dos íisquio-perónio-tibiais é realizada no modo excêntrico, já que esse é o padrão de co-ativação desenvolvido enquanto grupo muscular antagonista em diversas ações motoras, particularmente na desaceleração do membro inferior nas últimas fases da extensão do joelho. No entanto, este método de avaliação poderá apresentar dificuldades de operacionalização, tornando-se inviável como instrumento massivo de controlo e acompanhamento do treino em atletas de alto rendimento. A avaliação desta relação de força no modo concêntrico/excêntrico pode não só revelar-se muito demorada em virtude das características técnicas do dinamómetro, como também ser influenciada pelo fator aprendizagem. Devido à sua elevada exigência coordenativa, a avaliação de movimentos isocinéticos no modo excêntrico, sem experiências anteriores, é complexa, podendo distorcer os resultados.

4.2 - Limitações

Apenas foram utilizados o PubMed e o Scielo como base de dados eletrónica para efetuar a revisão sistemática. Poderá haver mais estudos para além dos analisados que podem reforçar ou até contradizer o que foi apurado no decorrer da revisão.

4.3 - Conclusões

A modalidade desportiva praticada influencia o perfil isocinético de força havendo uma oscilação do rácio concêntrico I:Q entre os 50-80%. Estes resultados realçam a importância do equilíbrio muscular dos membros inferiores durante a atividade específica da modalidade, e provavelmente, refletem a influência dessa atividade na força muscular exibida nos membros inferiores pelos atletas.

Considerando que não foram verificados estudos que analisassem o rácio I:Q em atividades com movimentos cíclicos, como é o caso do *cycling*, serão necessários no futuro afim de caracterizar o perfil isocinético de força.

5 - Referências Bibliográficas

- Aagaard, P., Simonsen, E., Magnusson, S., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 231-237.
- Aagaard, P., Simonsen, E., Trolle, M., Bangsbo, J., & Klausen, K. (1995). Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiologica Scandinavica*, 154(4), 421-427.
- Ahmad, C., Clark, A., Heilmann, N., Schoeb, J., Gardner, T., & Levine, W. (2006). Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 370-374.
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D. (1989). Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports Medicine*, 8(2), 101-116.
- Baratta, R., Solomonow, M., Zhou, B., Letson, D., Chuinard, R., & D'Ambrosia, R. (1988). Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *American Journal of Sports Medicine*, 16(2), 113-122.
- Bennell, K., Wajswelner, H., Lew, P., Schall-Riauour, A., Leslie, S., Plant, D., & Cirone, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 32(4), 309-314.
- Bittencourt, N., Amaral, G., Anjos, M., D'Alessandro, R., Aurélio Silva, A., & Fonseca, S.. (2005). Avaliação muscular isocinética da articulação do joelho em atletas das seleções brasileiras infante e juvenil de voleibol masculino. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11, 331-336.
- Brown, L. (2000). *Isokinetics in Human Performance: Human Kinetics*.
- Buchanan, P., & Vardaxis, V. (2003). Sex-Related and Age-Related Differences in Knee Strength of Basketball Players Ages 11-17 Years. *Journal of Athletic Training*, 38(3), 231-237.
- Calmels, P., & Minaire, P. (1995). A review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disability and Rehabilitation*, 17(6), 265-276.
- Carvalho, P., & Cabri, J. (2007). Avaliação Isocinética da Força dos Músculos da Coxa em Futebolistas. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*, 1(2), 4-13.

- Colliander, E., & Tesch, P. (1989). Bilateral eccentric and concentric torque of quadriceps and hamstring muscles in females and males. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 59(3), 227-232.
- Colonna, S., & Ricciardi, F. (1998). Comparison between the isokinetic knee strength and jump height in a group of volleyball players. *Medicina Dello Sport*, 51(2), 207-212.
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Sciences & Medicine*, 1(3), 56-62.
- Croisier, J., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475.
- Downs, S., & Black, N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 52(6), 377-384.
- Ferreira, A., Gomes, S., Ferreira, C., Arruda, M., & França, N. (2010). Avaliação do desempenho isocinético da musculatura extensora e flexora do joelho de atletas de futsal em membro dominante e não dominante. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 32, 229-243.
- Ferreira, S., Macedo, R., & Carvalho, P. (2015). Avaliação Isocinética dos Músculos Extensores e Flexores do Joelho em Atletas de Basquetebol Feminino da Região Norte. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*, 29-36.
- Gartland, S., Malik, M., & Lovell, M. (2001). Injury and injury rates in Muay Thai kick boxing. *British Journal of Sports Medicine*, 35(5), 308-313.
- Gleeson, N., Reilly, T., Mercer, T., Rakowski, S., & Rees, D. (1998). Influence of acute endurance activity on leg neuromuscular and musculoskeletal performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(4), 596-608.
- Grace, T., Sweetser, E., Nelson, M., Ydens, L., & Skipper, B. (1984). Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries. A prospective blind study. *Journal of Bone and Joint Surgery. American volume*, 66(5), 734-740.
- Gür, H., Akova, B., Pündük, Z., & Küçükoğlu, S. (1999). Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 9(2), 81-87.

- Hahn, T., Foldspang, A., & Ingemann-Hansen, T. (1999). Dynamic strength of the quadriceps muscle and sports activity. *British Journal of Sports Medicine*, 33(2), 117-120.
- Hewett, T., Myer, G., & Zazulak, B. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(5), 452-459.
- Hooper, P., Jutai, J., Strong, G., & Russell-Minda, E. (2008). Age-related macular degeneration and low-vision rehabilitation: a systematic review. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 43(2), 180-187.
- Inger, H., Ludvigsen, P., & Steen, H. (1994). Isokinetic hamstrings/quadriceps ratios: Normal values and reproducibility in sport students. *Isokinetics and Exercise Science*, 4(4), 141-145.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine*, 15 Suppl 1, 11-18.
- Kazemi, M., & Pieter, W. (2004). Injuries at a Canadian National Taekwondo Championships: a prospective study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 5(1), 22.
- Kellis, E., & Baltzopoulos, V. (1995). Isokinetic eccentric exercise. *Sports Medicine*, 19(3), 202-222.
- Knapik, J., Bauman, C., Jones, B., Harris, J., & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 76-81.
- Liberati, A., Altman, D., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P., Ioannidis, J., Clarke, M., Devereaux, P., Kleijnen, J., Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*, 339, b2700.
- Machado, S., De Souza, R., Simão, A., Jerônimo, D., Da Silva, N., Osório, R., & Magini, M. (2009). Estudo comparativo de variáveis isocinéticas do joelho em atletas de taekwondo e kickboxing. *Fitness & Performance Journal*, 8, 407-411.
- Magalhães, J., Oliveira, J., Ascensão, A., & Soares, J. (2001). Avaliação isocinética da força muscular de atletas em função do desporto praticado, idade, sexo e posições específicas. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 1, 13-21.

- Magalhães, J., Oliveira, J., Ascensão, A., & Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 119-125.
- Mercer, T., Gleeson, N., Claridge, S., & Clement, S. (1998). Prolonged intermittent high intensity exercise impairs neuromuscular performance of the knee flexors. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(6), 560-562.
- Morrissey, M., Hooper, D., Drechsler, W., & Hill, H. (2004). Relationship of leg muscle strength and knee function in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(6), 360-366.
- Neto Júnior, J., Pastre, C., & Monteiro, H. (2004). Alterações posturais em atletas brasileiros do sexo masculino que participaram de provas de potência muscular em competições internacionais. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10, 195-198.
- Nisell, R., Ericson, M., Németh, G., & Ekholm, J. (1989). Tibiofemoral joint forces during isokinetic knee extension. *American Journal of Sports Medicine*, 17(1), 49-54.
- Oberg, B., Möller, M., Gillquist, J., & Ekstrand, J. (1986). Isokinetic torque levels for knee extensors and knee flexors in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 7(1), 50-53.
- Osternig, L. (1986). Isokinetic dynamometry: implications for muscle testing and rehabilitation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 45-80.
- Pieter, W. (2005). Martial arts injuries. *Medicine and Sport Science*, 48, 59-73.
- Renström, P., Arms, S., Stanwyck, T., Johnson, R., & Pope, M. (1986). Strain within the anterior cruciate ligament during hamstring and quadriceps activity. *American Journal of Sports Medicine*, 14(1), 83-87.
- Rosene, J., Fogarty, T., & Mahaffey, B. (2001). Isokinetic Hamstrings:Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes. *Journal of Athletic Training*, 36(4), 378-383.
- Siqueira, C., Pelegrini, F., Fontana, M., & Greve, J. (2002). Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumper athletes and runner athletes. *Revista do Hospital das Clínicas*, 57, 19-24.
- Terreri, A., Greve, J., & Amatuzzi, M. (2001). Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 7, 62-66.

- Vieira, T. (2011). Avaliação Isocinética da Força Muscular dos Isquiotibiais e Quadrícipite em Atletas da Equipa Nacional Portuguesa de Taekwondo. (*Mestrado*), *Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto*.
- Westing, S., & Seger, J. (1989). Eccentric and concentric torque-velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstring muscles in females. *International Journal of Sports Medicine*, 10(3), 175-180.
- Wilkerson, G., Colston, M., Short, N., Neal, K., Hoewischer, P., & Pixley, J. (2004). Neuromuscular Changes in Female Collegiate Athletes Resulting From a Plyometric Jump-Training Program. *Journal of Athletic Training*, 39(1), 17-23.
- Wyatt, M., & Edwards, A. (1981). Comparison of Quadriceps and Hamstring Torque Values during Isokinetic Exercise. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 3(2), 48-56.
- Yamamoto, T. (1993). Relationship between hamstring strains and leg muscle strength. A follow-up study of collegiate track and field athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33(2), 194-199.
- Yoon, T., Park, D., Kang, S., Chun, S., & Shin, J. (1991). Isometric and isokinetic torque curves at the knee joint. *Yonsei Medical Journal*, 32(1), 33-43.
- Zabka, F., Valente, H., & Pacheco, A. (2011). Avaliação isocinética dos músculos extensores e flexores de joelho em jogadores de futebol profissional. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 17, 189-192.
- Zakas, A., Mandroukas, K., Vamvakoudis, E., Christoulas, K., & Aggelopoulou, N. (1995). Peak torque of quadriceps and hamstring muscles in basketball and soccer players of different divisions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(3), 199-205.

Capítulo II

Manuscrito II – Avaliação Isocinética da Força Muscular dos Ísquio-Perónio-Tibiais e Quadricípites Através de Dinamometria Isocinética em Praticantes de Aulas de Cycling em Ginásio

Resumo

Introdução: As aulas de *cycling* em ginásio são cada vez mais populares. Os seus benefícios são, entre outros, o aumento da força e da aptidão cardio-respiratória.

Objetivo: Caracterizar o perfil de força dos membros inferiores dos praticantes de aulas de *cycling* em ginásios, através da avaliação da força isocinética desenvolvida nos movimentos de flexão e extensão do joelho.

Método: O estudo teve o formato de caso-controlo sendo os participantes distribuídos em dois grupos: *cycling* (N = 13) e controlo (N = 14). Os critérios para inclusão no estudo eram ter pelo menos 18 anos de idade, prática regular de aulas de *cycling* (mínimo 2 vezes por semana) e sem problemas clínicos que pudessem ser agravados pelos procedimentos do estudo. Antes do início do teste foram determinados os limites de flexão e extensão (0° - 110°) do joelho e o peso do membro a testar. Os participantes efetuaram um aquecimento para os movimentos de flexão e extensão do joelho realizados nas velocidades angulares 60°/s e 180°/s. Foram avaliados os dois membros inferiores. O membro pelo qual a avaliação se iniciou foi aleatório, realizando 8 repetições na velocidade 180°/s seguido de 4 repetições na velocidade 60°/s separadas por um período de descanso de 90 segundos. Durante a realização do teste foi proporcionado feedback visual e auditivo.

Resultados: Não foi verificada a existência de diferenças significativas entre o grupo *cycling* e o grupo controlo ($p < 0,05$) nos parâmetros de força isocinética (*Peak Torque* (PT), *Peak Torque/Body Weight* (PT/BW), *Total Work* (TW), *Average Power* (AP) e Rácio I:Q). Apenas foi verificada diferença significativa de força entre o membro inferior dominante e não-dominante em ambos os grupos nos flexores do joelho na velocidade de 60°/s.

Conclusão: O rácio I:Q na velocidade 60°/s encontra-se dentro dos valores que a literatura indica ser os normativos para o equilíbrio muscular e prevenção de lesões, enquanto na velocidade de 180°/s está abaixo dos valores normativos.

Palavras Chave: Força Muscular, Isocinético, Ísquio-Perónio-Tibiais, Quadrícipite, Rácio e Torque Máximo.

Abstract

Introduction: Cycling classes are becoming increasingly popular. Its benefits include, among others, increased strength and cardio-respiratory fitness.

Objective: To characterize the strength profile of the lower limbs of cycling classes in gymnasiums, through the evaluation of the isokinetic strength developed in knee flexion and extension movements.

Method: The study had the format of case-control being the participants distributed in two groups: cycling practitioners (N = 13) and control (N = 14). Criteria to be included in the study were being at least 18 years of age, regular cycling classes (minimum 2 times per week) and no clinical problems that could be aggravated by the study procedures. Prior to the start of the test, the limits of flexion and extension of the knee (0° - 110°) and the weight of the limb to be tested were determined. The participants performed a warm-up for knee flexion and extension movements performed at angular velocities 60°/s and 180°/s. The two lower limbs were evaluated. The limb for which the evaluation was started was random, performing 8 repetitions at 180°/s followed by 4 repetitions at 60°/s separated by a rest period of 90 seconds. Visual and auditory feedback were provided during the test.

Results: No significant differences were observed between the *cycling* group and the control group ($p < 0.05$) in the isokinetic strength parameters (Peak Torque (PT), Peak Torque/Body Weight (PT/BW), Total Work (TW), Average Power (AP) and Ratio I:Q). Only a significant difference force between dominant and non-dominant lower limb was observed in both groups in the knee flexors at velocity 60°/s.

Conclusion: The experimental study showed that the H:Q ratio at 60°/s speed is within the values indicated by the literature to be the norm for muscle balance and injury prevention, while at the rate of 180°/s it is below the norm.

Key Words: Hamstrings, Isokinetic, Muscle Strength, Peak Torque, Quadríceps and Ratio.

1 - Introdução

Milhões de bicicletas são diariamente usadas para transporte, recreação ou competição. As bicicletas estacionárias (ciclo-ergómetros), permitem testes controlados e medições acessíveis de diversas variáveis fisiológicas (batimento cardíaco, coeficientes de gases respiratórios, etc), sendo também utilizadas para reabilitação de doenças cardíacas (Cooper & Hasson, 1970), artrite reumatoide (Nordemar, Berg, Ekblom, & Edström, 1976) e doença pulmonar obstrutiva crónica (Busch & McClements, 1988).

Ao contrário da corrida ou natação, pedalar é um movimento mais estandardizado uma vez que a bicicleta limita os movimentos dos membros inferiores. O padrão de ativação muscular permite que a produção de força seja congruente com o ciclo do pedal. Compreendendo este padrão, fisioterapeutas e treinadores de ciclismo podem-se focar numa fase específica do ciclo do pedal para treinar um grupo muscular específico. Para esta compreensão é necessário saber as estratégias de coordenação muscular que ocorrem durante o ciclo do pedal quando se manipula variáveis externas como a carga, cadência, posição do corpo, suporte de fixação dos pedais, nível de treino do atleta e fadiga (Hug & Dorel, 2009).

A manipulação correta destas variáveis externas pode auxiliar a prevenir a dor no joelho é o problema crónico dos ciclistas, podendo ser causada pelo fortalecimento desequilibrado do quadrícipite face aos ísquio-perónio-tibiais havendo uma sobrecarga sobre a patela uma vez que a maioria do esforço na fase descendente é transmitido através desta (Sanner & O'Halloran, 2000).

Diversos estudos demonstraram que o rácio concêntrico I:Q permanece constante, entre 50-60% a baixa velocidade angular (30°/s - 60°/s) e entre 70-80% a média velocidade ($\geq 180^\circ/s$) independentemente da idade, do género e do lado testado (Aagaard, Simonsen, Trolle, Bangsbo, & Klausen, 1995; Ahmad et al., 2006; Bennell et al., 1998; Brown, 2000; Colliander & Tesch, 1989; Coombs & Garbutt, 2002; Gür, Akova, Pündük, & Küçükoğlu, 1999; Hewett, Myer, & Zazulak, 2008; Magalhães, Oliveira, Ascensão, & Soares, 2004; Westing & Seger, 1989). Estes valores de referência normativos são indicadores de uma boa estabilidade dinâmica articular do joelho (Aagaard, Simonsen, Magnusson, Larsson, & Dyhre-Poulsen, 1998; Kellis & Baltzopoulos, 1995).

Para uma melhor compreensão da cinemática do ciclista, o ciclo do pedal foi dividido em 4 quadrantes ($1^\circ = 0-90^\circ$, $2^\circ = 90-180^\circ$, $3^\circ = 180-270^\circ$, $4^\circ = 270-360^\circ$) com o 0 e 360° a representar o topo do ciclo. Esta divisão em quadrantes já foi previamente utilizada em estudos anteriores (Baum & Li, 2003; da Silva et al., 2016; Hug & Dorel, 2009) (Figura 2).

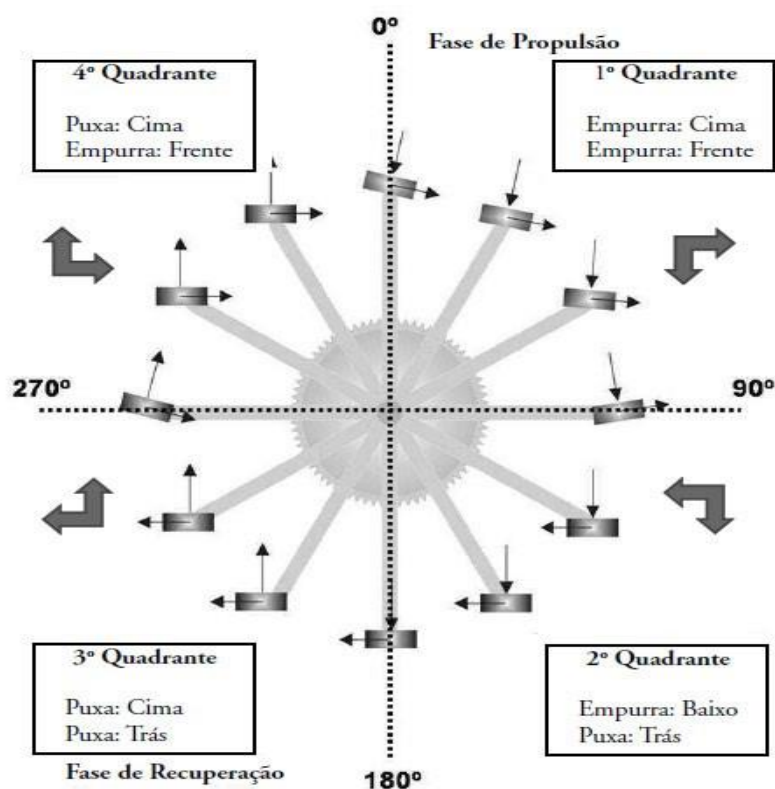


Figura 2 - Representação do ciclo do pedal (Adaptado de Holderbaum, Petersen e Guimarães (2012)).

Durante o movimento é desejado que haja uma otimização do recrutamento do quadrícipite e dos ísquio-perónio-tibiais para produzir força no pedal. Estes grupos musculares foram descritos como tendo diferentes contribuições em diferentes fases do ciclo de movimento não deixando de haver, no entanto, outros grupos musculares que participam no ciclo do pedal.

O nível de atividade muscular é quantificado pela amplitude de eletromiogramas (EMG) e para compreender melhor este mecanismo contributivo durante o movimento foi usada anteriormente a EMG superficial para mensurar a coordenação da ativação muscular no *cycling* (Prilutsky & Gregory, 2000; Smirmaul et al., 2010; Soderberg & Cook, 1984; Wakeling & Horn, 2009).

Através de EMG intramuscular Silva et al (2016) verificou a predominância da atividade muscular nos 4 quadrantes em 8 músculos distintos: No 1º e 4º quadrante o vasto lateral (VL), vasto medial (VM), vasto intermédio (Vint), reto femoral (RF) são os dominantes. No 1º e 2º quadrante o semimembranoso (SemM) e o bíceps femoral porção longa (BFL). No 2º e 3º quadrante o semitendinoso (SemT) e o bíceps femoral porção curta (BFC). Hull e Jorge (1985), além dos anteriores ainda acrescentaram o glúteo máximo (Gmax) que domina o 1º e 2º quadrante. Os flexores plantares peroneus longus (PL), soleares (SOL) e tibial posterior (TP) mostraram atividade apenas durante a fase descendente enquanto os gastrocnemius (Gast) são ativados na fase descendente e ascendente e o tibial anterior (TA) durante o 2º, 3º e 4º quadrante (Chapman, Vicenzino, Blanch, & Hodges, 2008; Chapman, Vicenzino, Blanch, Knox, & Hodges, 2006). Isto acontece derivado à dorsi-flexão do tornozelo pelo TA e a flexão do joelho pelos Gast durante a fase de subida (3º e 4º quadrante).

No estudo de Katona, Pilissy, Tihanyi e Laczkó (2014) verifica-se que o EMG bruto do quadrícipite mostra um pico claro de atividade no 1º e 4º quadrante que se encontra relacionado com a sua função durante o movimento que é a produção de força. O EMG bruto dos ísquio-perónio-tibiais mostra uma atividade linear ao longo do movimento sendo a sua função controlar o movimento através da co-contração com o quadrícipite, tendo uma pequena oscilação no pico de atividade do quadrícipite. Com esta evidência, assume-se que em cadências mais lentas o movimento depende maioritariamente da atividade do quadrícipite enquanto em cadências mais rápidas o movimento depende do quadrícipite e dos ísquio-perónio-tibiais porque é necessário um maior controlo no movimento face ao aumento da atividade do quadrícipite.

Marsh e Martin (1995), ao colocar ciclistas treinados e não treinados a pedalar em conjunto verificou que a ativação muscular do VL, RF, BF e SOL foi idêntico entre grupos com a exceção de um aumento da ativação dos Gast por parte dos não treinados. Os ciclistas devido a terem uma técnica mais aprimorada de movimento efetuam uma ativação inferior da musculatura dos Gast e SOL sendo as restantes iguais. Neptune, Kautz e Hull (1997) acrescentaram os ísquio-perónio-tibiais e VM ao seu estudo chegando à mesma conclusão.

Para verificar a influência da potência na ativação muscular, Ericson (1986) realizou exercícios com carga constante alterando a potência, separados por tempo de descanso suficiente de modo a evitar fadiga. Verificou aumento do nível de ativação

EMG nos principais músculos dos membros inferiores (Gmax, VM, VL, RF, BF, Gast e SemT) conforme a intensidade aumentou de 120w para 240w.

A cadência de movimento é dos fatores mais estudados no ciclista. Ericson (1986) verificou aumento da atividade muscular no Gmax, VM, SemM, Gast e SOL conforme a cadência aumentou de 40 para 100rpm, não havendo alterações no nível de ativação do RF e BF. Neptune et al (1997) ao gravar a atividade muscular de 8 músculos diferentes dos membros inferiores a 250w com cadências a variar de 45 a 120rpm, verificou que Gast, BF, semM e VM aumentaram o nível de atividade EMG sistematicamente conforme a cadência aumentou. A relação EMG-Cadência entre o Gmax e os SOL mostra um padrão quadrático no qual o nível de atividade mínima situa-se perto da cadencia 90rpm enquanto RF e TA não registaram alterações na atividade EMG com o aumento da cadência. Sarre, Lepers, Maffiuletti, Millet e Martin (2003) não verificaram efeitos significantes do efeito da cadência na atividade EMG do VL e VM enquanto a do RF foi mais elevada a baixas cadências (60rpm). Lucia et al (2004) colocou ciclistas profissionais a 370w, em que foram verificados resultados contraditórios, havendo um decréscimo do nível de atividade EMG no VL e Gmax com o aumento da cadência.

Em geral se a maioria dos estudos reportam um aumento da atividade EMG nos Gast e semM relativamente ao aumento da cadência, para outros músculos os resultados já são discrepantes. Estas discrepâncias podem ser explicadas pela diferença do nível de treino do atleta, cadências ou níveis de intensidade.

Conforme a cadência aumenta, há uma considerável tendência linear para que a atividade EMG máxima de vários músculos (VL, RF, BF, SOL e Gast) venha mais cedo no ciclo de movimento de forma a desenvolver força sempre no mesmo sector do ciclo (Li & Baum, 2004; Marsh & Martin, 1995). Estes resultados foram confirmados por Neptune et al (1997) em que o *Onset* e *Offset*, ou seja, momento em que começa e acaba o período de maior ativação muscular, do Gmax, BF, RF, SemM e VM foi antecipado conforme a cadência aumentou com a exceção dos SOL que atrasou.

Quando foi examinada a atividade muscular sob diferentes cargas durante o *cycling* numa bicicleta estacionária, verificou-se que a cadência ótima (menor amplitude de EMG) foi mais alta quando a carga também foi mais alta, ou seja, maior carga requer maior cadência para um trabalho muscular eficiente (Katona et al., 2014). O aumento da cadência resulta conseqüentemente na alteração do controlo do movimento ao ser alterado o *timing* em que ocorrem os picos de EMG dos grupos musculares (Baum &

Li, 2003; Farina, Merletti, & Enoka, 2004) ou a co-ativação do par flexores-extensores do joelho (Katona & Laczko, 2013).

A atividade muscular aumenta numa taxa maior no caso de uma carga mais alta quando a cadência aumenta.

Quando a carga é baixa, tanto o quadrícipite quanto os ísquio-perónio-tibiais têm um aumento similar na EMG à medida que a cadência aumenta. A baixa correlação entre a cadência e os valores de EMG pode indicar que a função destes dois músculos não é muito maior que a função dos outros músculos participantes e que as suas atividades não dominam a cadência. Quando a carga é moderada a função do quadrícipite e ísquio-perónio-tibiais torna-se mais elevada de forma a aumentar a cadência, sendo os ísquio-perónio-tibiais os maiores responsáveis pelo aumento da cadência. Quando a carga é alta, a função do quadrícipite e ísquio-perónio-tibiais destaca-se dos outros músculos participantes em que ambos aumentaram proporcionalmente a sua EMG passando a ser os dominantes durante o movimento (Katona et al., 2014).

Uma posição adequada na bicicleta é primordial para ciclistas de competição ou pacientes envolvidos em terapia de reabilitação. As mudanças mais comuns na posição do corpo devem-se à altura do selim, à orientação do tronco (o ângulo entre o tronco e a linha que conecta o centro da articulação da anca e do eixo do pedal) ou quando o ciclista muda da posição sentado para a posição de pé.

A altura do selim é definida como a distância vertical entre o topo do selim e o centro do pedal quando este se encontra em baixo e o braço do pedal está alinhado com o tubo do selim (Hug & Dorel, 2009).

Primeiro, Hamley e Thomas (1967) verificaram que a altura do selim alinhado com o trocânter era o mais eficiente quando o consumo de oxigénio era tomado como critério. Posteriormente, Jorge e Hull (1986) verificaram um aumento no nível de ativação muscular no quadrícipite e ísquio-perónio-tibiais quando o selim baixou para 95% da altura do trocânter. Em contraste, Ericson (1986) mostrou que as mudanças na altura do selim não estavam relacionadas com as mudanças de ativação no quadrícipite. Estas discrepâncias podem ser explicadas pelas diferenças de intensidade usadas nos estudos e nos métodos para determinar a altura do selim.

Na reabilitação, os pacientes preferiram uma posição mais ereta porque oferece uma posição mais confortável. No entanto o Gmax foi significativamente mais ativado em uma posição agachada em comparação a uma posição ereta. Esta escolha pode

dever-se a um aumento da atividade metabólica devido á demanda energética necessária para que o Gmax possa exercer a sua atividade, causando assim mais desconforto.

1.1 - Objetivos

Este trabalho pretendeu caracterizar o perfil de força dos membros inferiores dos praticantes de aulas de *cycling* em ginásio, através da avaliação da força isocinética desenvolvida nos movimentos de flexão e extensão do joelho.

Mais especificamente, pretendeu-se com este estudo avaliar os diferentes parâmetros de força isocinética (PT, PT/BW, TW, AP e Rácio I:Q) comparando-a com um grupo controlo, avaliar a força bilateral dos membros inferiores em ambos os grupos e identificar a influência da velocidade do movimento isocinético nos parâmetros de força obtidos.

Pretender-se-á comparar o rácio I:Q relativamente aos valores que a literatura indica ser o ideal, colocando-se como hipótese de estudo que o rácio I:Q será equilibrado, não havendo desta forma desequilíbrios musculares nos praticantes de *cycling*.

2 - Metodologia

2.1 - Amostra

Os 27 participantes foram distribuídos em dois grupos: grupo *cycling* constituído por 13 praticantes de *cycling*, 8 masculinos e 5 femininos com idades compreendidas entre os 23 e 45 anos (média 31.7 ± 8.7 anos) e grupo de controlo constituído por 14 praticantes de treino de força, 10 masculinos e 4 femininos com idades compreendidas entre os 19 e 36 anos (média 29.7 ± 5.5 anos). A caracterização da amostra pode ser verificada na Tabela 3.

Os critérios para entrar no estudo eram ter pelo menos 18 anos de idade, prática regular de aulas de *cycling* (mínimo 2 vezes por semana) e sem problemas clínicos que pudessem ser agravados pelos procedimentos do estudo, nomeadamente lesões graves nos últimos 6 meses, presença de dor ou inflamação, instabilidade articular e ligamentar nos membros inferiores, assim como referência de dor durante a realização da avaliação (Carvalho & Cabri, 2018).

Tabela 3 - Caracterização da amostra.

	Altura (Cm)		Idade (Anos)		Peso (Kg)		Tempo Cycling (min)		Tempo Treino de Força (min)	
	Média	SD	Média	SD	Média	SD	Média	SD	Média	SD
Experimental	171,38	8,68	31,69	8,12	73,08	14,13	139	90	190	119
Controlo	174,5	8,17	29,71	5,5	73,36	9,5	-	-	200	75

2.2 - Instrumentos

Para a realização da avaliação isocinética foi utilizado um dinamómetro Biodex Medical System 3 Pro® (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY, EUA), que é um instrumento que apresenta uma elevada validade e fiabilidade (Drouin, Valovich-mcLeod, Shultz, Gansneder, & Perrin, 2004).

2.3 - Desenho da Intervenção

O estudo teve o formato de caso-controlo em que é feita uma única recolha de dados aos participantes num determinado momento e após a recolha dos dados foi feita a análise e comparação entre os grupos (Figura 3).

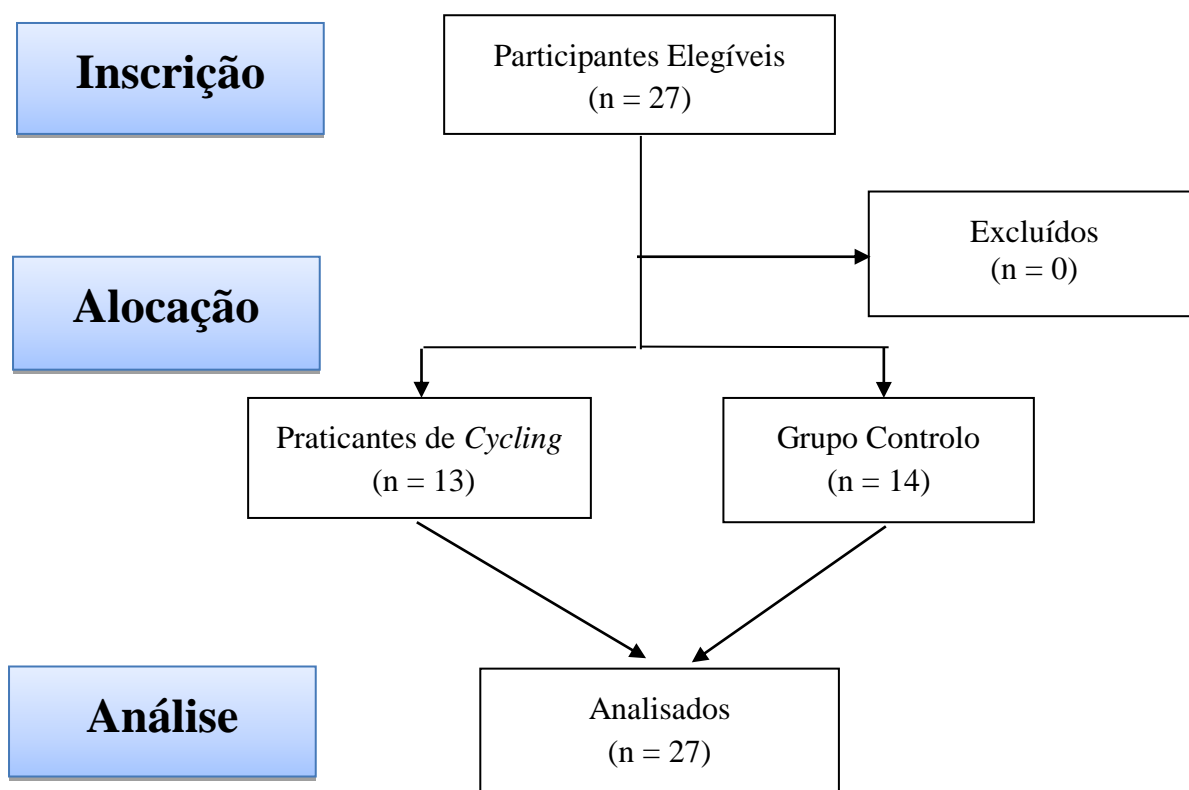


Figura 3 - Fluxograma do processo de seleção dos participantes para o estudo.

2.4 - Procedimentos

O estudo foi realizado no Laboratório de Função Neuromuscular da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa.

Após lerem e assinarem o consentimento informado, assim como o questionário de atividade física, pesaram-se e mediram-se os participantes. Foi verificado o seu membro dominante através da indicação do participante. Posicionaram-se no dinamómetro isocinético, assumindo cada um deles a posição de sentado, com um ângulo de flexão da coxo-femoral de 90°. O eixo motor foi alinhado visualmente com o eixo da articulação do joelho e foram aplicadas as estabilizações necessárias ao nível do tronco, da cintura pélvica e da coxa (1/3 distal) de forma a evitar as substituições e compensações inerentes a esforços máximos, por parte de outros grupos musculares e alavancas do corpo humano, para que o joelho a ser testado se mova com um único grau de liberdade (Magalhães et al., 2004).

O ponto de aplicação da resistência foi posicionado no terço distal da perna, 2 centímetros acima do maléolo lateral da articulação tibiotársica (sensor acima dos maléolos) e, em seguida, corretamente fixado com tiras adjacentes. Os participantes foram instruídos a realizar o teste com as mãos cruzadas sobre o tronco (Ferreira, Macedo, & Carvalho, 2018).

Foram determinados os limites de flexão e extensão (0° - 110°) do joelho e o peso do membro a testar, através do sistema intrínseco do dinamómetro, para a correção dos valores de PT nos movimentos de flexão e extensão devido à ação da gravidade (Hole et al., 2000).

Antes do início do teste, os participantes efetuaram um aquecimento no Biodex constituído por cinco repetições sub-máximas para os movimentos de flexão e extensão do joelho, realizados nas velocidades angulares determinadas para a recolha dos dados (60°/s e 180°/s). Foram escolhidas estas velocidades angulares porque a força muscular tem de ser medida a baixas velocidades e a potência a velocidades mais elevadas (Osternig, 1986). Este período de aquecimento serviu, igualmente, para familiarizar os sujeitos com o aparelho permitindo uma adaptação ao seu modo de utilização e uma integração do esforço necessário durante a realização do teste à velocidade escolhida (Zakas, Mandroukas, Vamvakoudis, Christoulas, & Aggelopoulou, 1995).

O membro inferior pelo qual a avaliação se iniciou foi randomizado (Bittencourt et al., 2005; A. Ferreira, Gomes, Ferreira, Arruda, & França, 2010; S. Ferreira, Macedo,

& Carvalho, 2015), realizando 8 repetições na velocidade 180°/s seguido de 4 repetições na velocidade 60°/s separadas por um período de descanso de 90 segundos.

Durante a realização do teste foi proporcionado feedback visual e auditivo (Rahnama, Lees, & Bambaecchi, 2005).

2.5 - Análise estatística

Para realizar o tratamento estatístico foi utilizado o programa de estatística *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) v24. Foi determinada a média (\bar{x}) e o desvio padrão ($\pm sd$) das variáveis PT, PT/BW, TW, AP e o rácio I:Q, para cada um dos grupos (controlo e *cycling*), nos movimentos de flexão e extensão do joelho em duas velocidades angulares distintas (60°/s e 180°/s).

Para realizar a comparação entre grupos (controlo e *cycling*), foi utilizado o teste t para amostras independentes, com um nível de significância de 0,05.

Para verificar a normalidade dos grupos foi aplicado o teste de Shapiro Wilk, e considerou-se um nível de significância de 0,05. Este teste revelou a existência de normalidade em quase todas as variáveis dependentes em estudo. Apenas na variável idade o grupo *cycling* não apresentou normalidade, contudo constatou-se que os desvios à normalidade eram pouco severos ($Sk < 3$ e $Ku < 7$), podendo deste modo recorrer-se a testes paramétricos.

Por sua vez, para realizar a comparação da força bilateral foi utilizado o teste t para amostras dependentes com nível de significância 0,05.

Para determinação da correlação entre PT e velocidade, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson com um nível de significância de 0,05.

A idade, altura e peso não apresentaram diferenças significativas entre grupos ($P < 0.05$).

3 - Resultados

Relativamente à força isocinética foram determinados resultados correspondentes a cinco tipos de parâmetros, cujo significado funcional passo a caracterizar:

- *Peak Torque* (PT) que corresponde ao valor máximo do momento de força, isto é, corresponde ao maior ponto encontrado nas curvas isocinéticas de momento de força. Esta variável está mais relacionada com a força máxima e foi calculada em Newton x Metro.

- *Peak Torque / Body Weight* (PT/BW) que corresponde ao valor máximo do momento de força relativo ao peso corporal. Esta medida foi calculada em percentagem

- *Total Work* (TW) calculado em Joule, e que corresponde ao produto da força aplicada pela amplitude de rotação.

- *Average Power* (AP) calculada em watts, significa a quantidade média de trabalho realizado ou energia transferida por unidade de tempo. Esta variável está relacionada com a força rápida.

- Rácio concêntrico-concêntrico ísquio-perónio-tibiais: quadríceps (I:Q) calculado em percentagem, representa o PT dos ísquio-perónio-tibiais relativamente ao PT do quadríceps e é um parâmetro muito usado para descrever as propriedades das forças musculares que atuam na articulação do joelho.

3.1 - Parâmetros isocinéticos na flexão e extensão do joelho

Os resultados da avaliação da força isocinética para flexão e extensão do joelho, no grupo de controlo e *cycling*, podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Média, desvio padrão e resultados do teste t para dados independentes dos parâmetros de avaliação isocinética de flexão e extensão do joelho PT(Nm), PT/BW(Nm/Kg), TW(J), AP(W) e rácio I:Q(%), para o grupo de controlo e grupo *cycling*, nas velocidades de 60°/s e 180°/s.

		Grupo Controlo		Grupo <i>Cycling</i>		Teste T	
		Média	SD	Média	SD	t	Sig
Flexão	PT	106,74	26,39	98,85	32,02	-0,701	0,490
	PT/BW	145,51	30,56	134,25	30,67	-0,380	0,707
	60°/s TW	492,25	151,00	447,18	143,17	-0,748	0,462
	AP	73,54	19,88	69,03	23,97	-0,441	0,663
	PT	73,45	19,27	73,14	26,12	-0,035	0,972
	180°/s PT/BW	99,76	20,47	98,55	24,85	-0,154	0,879
	TW	701,26	208,94	657,03	216,14	-0,412	0,684
	AP	124,66	37,19	120,98	42,86	-0,102	0,920
Extensão	PT	204,09	48,85	197,40	58,29	-0,324	0,749
	PT/BW	277,66	51,65	269,73	56,65	-0,139	0,891
	60°/s TW	930,56	248,66	861,52	229,68	-0,541	0,594
	AP	139,06	36,13	132,66	39,35	-0,239	0,813
	PT	137,31	36,84	135,72	41,84	-0,105	0,918
	180°/s PT/BW	186,28	39,40	184,11	33,80	-0,153	0,880
	TW	1329,32	372,75	1269,66	379,92	-0,954	0,349
	AP	236,28	64,86	233,59	72,62	-0,794	0,434
Rácio	60°/s	52,99	10,10	50,08	7,87	-0,318	0,753
Flexão/Extensão	180°/s	53,86	5,05	53,10	7,33	-0,533	0,599

*Statistically significant difference ($P < 0.05$)

Não foi verificada a existência de diferenças significativas entre o grupo *cycling* e o grupo de controlo ($p < 0,05$) nos parâmetros em estudo.

3.2 - Avaliação da força bilateral

Os resultados da avaliação da força isocinética para flexão e extensão do joelho direito e esquerdo, podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 - Média, desvio padrão e resultados do teste t para dados dependentes do PT(Nm) a 60°/s na extensão e flexão do joelho e rácio I:Q, para o grupo de controlo e grupo *cycling*, no membro direito e esquerdo.

		Direita		Esquerda		Teste T	
		Média	SD	Média	SD	t	Sig
Flexão	Controlo	107,78	26,54	101,58	25,13	-2,580	0,023*
	<i>Cycling</i>	99,25	31,61	90,62	30,15	-3,539	0,004*
Extensão	Controlo	205,09	51,49	204,04	47,68	-0,250	0,807
	<i>Cycling</i>	195,65	59,63	186,83	53,23	-1,653	0,124
Rácio F/E	Controlo	53,48	10,40	49,86	4,75	-1,639	0,125
	<i>Cycling</i>	50,85	7,26	48,10	5,27	-1,817	0,094

* *Statistically significant difference* ($p < 0.05$)

Tanto no grupo *cycling* como no grupo controlo existe uma diferença significativa no PT, ($p < 0,05$) entre a direita e a esquerda na flexão do joelho. Todos os participantes indicaram ser o direito o seu membro dominante. No grupo *cycling* registaram-se valores médios de PT do membro dominante mais elevados ($x=99,25$) do que no membro não-dominante ($x=90,62$). No grupo de controlo também se registaram valores médios do PT do membro dominante mais elevados ($x=107.78$) do que no membro não-dominante ($x=101.58$).

3.3 - Correlação entre a força isocinética e a velocidade de execução

Os resultados da correlação entre a força isocinética e a velocidade de execução, podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 - Correlação entre o PT a 60°/s e 180°/s na extensão e flexão do joelho para o grupo controlo e grupo *cycling*.

		PT Flexão 180°/s	PT Extensão 180°/s
<i>Cycling</i>	PT Flexão 60°/s	- 0,949	
	PT Extensão 60°/s		- 0,936
Controlo	PT Flexão 60°/s	- 0,929	
	PT Extensão 60°/s		- 0,895

Tanto no grupo *cycling* como no grupo controlo existiu uma correlação significativa ($p < 0.05$), negativa e muito forte entre a velocidade 60°/s e 180°/s no PT na flexão e extensão do joelho. O valor de r foi sempre superior a - 0.895.

4 - Discussão

Através dos resultados obtidos pode-se inferir que todos os parâmetros de força isocinética (PT, PT/BW, TW, AP, Rácio I:Q) não apresentaram diferenças significativas entre grupos tanto na flexão como na extensão do joelho.

Uma vez que não existem estudos prévios com valores de rácio I:Q em praticantes de *cycling* recorreu-se à comparação dos valores médios de rácio I:Q com os valores de referência normativos que se situam entre 50-60% para a velocidade de 60°/s e entre 70-80% para a velocidade de 180°/s. Na velocidade de 60°/s o rácio I:Q obtido de 50% encontra-se dentro dos valores normativos indicando uma boa estabilidade dinâmica articular do joelho. Na velocidade de 180°/s o rácio I:Q obtido de 53% encontra-se bastante abaixo da norma. Uma vez que o ciclo do pedal é congruente com a ativação muscular dos membros inferiores, todos os grupos musculares são trabalhados de uma forma uniforme não havendo deste modo sobrecarga de uns grupos musculares em detrimento de outros, proporcionando assim um rácio I:Q equilibrado. Uma possibilidade para o rácio I:Q na velocidade de 180°/s estar muito abaixo do valor normativo pode dever-se ao fator aprendizagem. Como esta velocidade foi a primeira a

ser avaliada e os participantes não tinham qualquer familiarização anterior com o Biodex, com exceção das repetições de aquecimento, poderá ter influenciado a sua propriocepção de esforço máximo dos ísquio-perónio-tibiais durante a avaliação.

Na modalidade de futebol, o rácio I:Q variou entre 57-61% na velocidade de 60°/s (Carvalho & Cabri, 2007; Zabka, Valente, & Pacheco, 2011) enquanto o grupo *cycling* obteve 50%. Na velocidade de 180°/s foram registados rácios I:Q entre 65-70% (Carvalho & Cabri, 2007) ficando o grupo *cycling* pelos 53%. Relativamente aos valores de PT, os futebolistas voltaram a apresentar valores superiores. No estudo de Carvalho e Cabri (2007) os valores de PT na velocidade 60°/s para o quadrícipite variou entre 228.8±24.9Nm e 277.2±41.2Nm e dos ísquio-perónio-tibiais entre 133.6±22.9Nm e 160.4±17.3Nm conforme a posição de campo enquanto o grupo *cycling* obteve 197.40±58.29Nm e 98.85±32.02Nm respetivamente. Na velocidade de 180°/s os futebolistas apresentaram para o quadrícipite entre 163±22Nm e 195.8±26.7Nm e para os ísquio-perónio-tibiais entre 109.3±14.15Nm e 131.4±16Nm enquanto o grupo *cycling* obteve 135.72±41.84Nm e 73.14±26.12Nm. Zabka et al (2011) apresentou valores de PT/BW superiores chegando a 336.6±33.1Nm/Kg para o quadrícipite e 193.6±25.3Nm/Kg para os ísquio-perónio-tibiais na velocidade de 60°/s enquanto o grupo *cycling* obteve 269.73±56,65Nm/Kg e 134.25±30.67Nm/Kg.

Na modalidade de voleibol os rácios já se aproximam comparativamente com os rácios obtidos pelo grupo *cycling* situando-se entre os 49-54% para a velocidade de 60°/s (Bittencourt et al., 2005). No que respeita aos valores de PT/BW os valores foram superiores ao grupo *cycling* obtendo 356.8±47.7Nm/Kg para o quadrícipite e 188.2±19.3Nm/Kg para os ísquio-perónio-tibiais.

As modalidades de basquetebol (Ferreira et al., 2015) e taekwondo (Vieira, 2011) apresentaram o rácio I:Q de 56% para a velocidade de 60°/s. No taekwondo para a velocidade de 180°/s o rácio I:Q subiu para 67%. A média dos valores de PT no Taekwondo voltaram a ser superiores relativamente ao grupo *cycling* tanto na velocidade de 60°/s (235.9Nm no quadrícipite e 141.2Nm nos ísquio-perónio-tibiais) como na velocidade de 180°/s (158.4Nm no quadrícipite e 104.3Nm nos ísquio-perónio-tibiais). A média dos valores de TW também foram analisados e voltaram a ser superiores no Taekwondo. Na velocidade de 60°/s obtiveram média de 1039.7J no quadrícipite e 710.7J nos ísquio-perónio-tibiais comparativamente grupo *cycling* que obteve 861.5J e 447.2J respetivamente. Na velocidade de 180°/s obtiveram 1677.4J no

quadricípites e 1183.5J nos ísquio-perónio-tibiais comparando com o grupo *cycling* que obteve 1269.7J e 657J.

As modalidades desportivas referidas apresentam no geral maior rácio I:Q que o grupo *cycling*. Analisando os valores de PT, PT/BW e TW estes foram menores no grupo *cycling* relativamente às outras modalidades em estudo, muito possivelmente devido ao volume de treino aplicado, uma vez que todos os estudos foram feitos com atletas de alta competição em que o volume de treino é muito mais alto e o tempo de competição também pode influenciar os valores de força obtidos.

Comparando ambos os grupos controlo e *cycling* não era expectável encontrar diferenças significativas uma vez que o treino de força praticado pelo grupo controlo pode equivaler ao treino de *cycling*, gerando as mesmas adaptações musculares, desde que a intensidade seja similar (Steele et al., 2018).

A diferença bilateral entre o membro esquerdo e direito na variável PT apenas foi significativa na flexão do joelho tanto no grupo controlo como *cycling* ($p < 0.05$). Esta diferença pode ser explicada devido ao facto de o membro direito ser o membro dominante dos participantes. O membro dominante ao ser geralmente mais requisitado para desempenhar as tarefas quotidianas obriga um maior recrutamento dos ísquio-perónio-tibiais e consequentemente a uma maior produção de força. No entanto esta diferença bilateral não ultrapassou os 10% não contribuindo para o desequilíbrio muscular e aparecimento de lesões como já foi referido por diversos autores anteriormente (Buchanan & Vardaxis, 2003; Calmels & Minaire, 1995; Grace, Sweetser, Nelson, Ydens, & Skipper, 1984; Kannus, 1994; Wyatt & Edwards, 1981). Já num estudo de Ferreira et al (2010), com atletas de futsal, foram reportadas diferenças significativas no quadricípites entre membro dominante e não-dominante não havendo diferenças nos ísquio-perónio-tibiais na velocidade de 60°/s ($p < 0.05$). Todas as outras modalidades descritas não apresentaram qualquer diferença significativa de força bilateral tanto a nível de quadricípites como de ísquio-perónio-tibiais.

No que diz respeito à velocidade de execução, a forte correlação mostrou que quanto maior a velocidade menor é o torque produzido como indica o estudo de Yoon, Park, Kang, Chun e Shin (1991). Ao compararmos os valores de rácio nas duas velocidades angulares (60°/s e 180°/s) verificamos que não existem diferenças significativas. No entanto, em ambos os grupos, quanto maior a velocidade maior o TW e AP diminuindo o PT e PT/BW, não havendo novamente diferenças significativas entre grupos. Como o *cycling* possui cadências lentas e rápidas promove o equilíbrio de todos

os parâmetros de avaliação isocinética em ambas as velocidades. Estes resultados são suportados pela curva força-velocidade que nos indica que, para ações concêntricas, para velocidades mais baixas a força produzida é superior.

4.1 - Limitações

Realizando apenas uma medição isocinética num determinado momento e sendo a primeira vez que muitos dos participantes realizaram o teste pode ter influenciado os resultados. Para resultados mais consistentes deveria ter sido realizada uma sessão de familiarização e após essa sessão realizar outras duas onde se faria a média dos resultados obtidos. Este procedimento não foi realizado devido a indisponibilidade dos participantes em fazerem as deslocações para realizarem os testes.

A fadiga também poderá ter influenciado os resultados do teste isocinético pois o tempo de descanso entre as atividades profissionais (aulas de grupo) e a execução do teste não foi a mesma para todos os participantes.

O facto de não ter conseguido controlar a variável de treino de força praticado por ambos os grupos poderá ter influenciado os resultados. Os grupos apenas deveriam distar no que diz respeito ao treino de *cycling*, ou seja, o grupo *cycling* apenas realizar *cycling* e o grupo controlo não realizar qualquer atividade.

4.2 - Conclusões

O rácio I:Q na velocidade 60°/s encontra-se dentro dos valores que a literatura indica ser os normativos para o equilíbrio muscular e prevenção de lesões, enquanto na velocidade de 180°/s está abaixo dos valores normativos.

As diferenças bilaterais entre membros não foram significativas com a exceção dos flexores na velocidade de 60°/s.

Confirmou-se também que quanto maior a velocidade menor é o PT produzido pelos membros.

Ao realizar estudos futuros deverá ter-se em conta as limitações expostas anteriormente.

5 - Referências Bibliográficas

- Aagaard, P., Simonsen, E., Magnusson, S., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 231-237.
- Aagaard, P., Simonsen, E., Trolle, M., Bangsbo, J., & Klausen, K. (1995). Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiologica Scandinavica*, 154(4), 421-427.
- Ahmad, C., Clark, A., Heilmann, N., Schoeb, J., Gardner, T., & Levine, W. (2006). Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. *American Journal of Sports Medicine*, 34(3), 370-374.
- Baum, B., & Li, L. (2003). Lower extremity muscle activities during cycling are influenced by load and frequency. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(2), 181-190.
- Bennell, K., Wajswelner, H., Lew, P., Schall-Riaucour, A., Leslie, S., Plant, D., & Cirone, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 32(4), 309-314.
- Bittencourt, N., Amaral, G., Anjos, M., D'Alessandro, R., Aurélio Silva, A., & Fonseca, S.. (2005). Avaliação muscular isocinética da articulação do joelho em atletas das seleções brasileiras infante e juvenil de voleibol masculino. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11, 331-336.
- Brown, L. (2000). *Isokinetics in Human Performance: Human Kinetics*.
- Buchanan, P., & Vardaxis, V. (2003). Sex-Related and Age-Related Differences in Knee Strength of Basketball Players Ages 11-17 Years. *Journal of Athletic Training*, 38(3), 231-237.
- Busch, A., & McClements, J. (1988). Effects of a supervised home exercise program on patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Physical Therapy*, 68(4), 469-474.
- Calmels, P., & Minaire, P. (1995). A review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disability and Rehabilitation*, 17(6), 265-276.
- Carvalho, P., & Cabri, J. (2007). Avaliação Isocinética da Força dos Músculos da Coxa em Futebolistas. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*, 1(2), 4-13.

- Chapman, A., Vicenzino, B., Blanch, P., & Hodges, P. (2008). Patterns of leg muscle recruitment vary between novice and highly trained cyclists. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(3), 359-371.
- Chapman, A., Vicenzino, B., Blanch, P., Knox, J., & Hodges, P. (2006). Leg muscle recruitment in highly trained cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 24(2), 115-124.
- Colliander, E., & Tesch, P. (1989). Bilateral eccentric and concentric torque of quadriceps and hamstring muscles in females and males. *European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology*, 59(3), 227-232.
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Sciences & Medicine*, 1(3), 56-62.
- Cooper, J., & Hasson, J. (1970). Clinical pathologic conference. *American Heart Journal*, 80(6), 824-830.
- Silva, J., Tarassova, O., Ekblom, M., Andersson, E., Rönquist, G., & Arndt, A. (2016). Quadriceps and hamstring muscle activity during cycling as measured with intramuscular electromyography. *European Journal of Applied Physiology*, 116(9), 1807-1817.
- Drouin, J., Valovich-mcLeod, T., Shultz, S., Gansneder, B., & Perrin, D. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 22-29.
- Ericson, M. (1986). On the biomechanics of cycling. A study of joint and muscle load during exercise on the bicycle ergometer. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine Supplement*, 16, 1-43.
- Farina, D., Merletti, R., & Enoka, R. (2004). The extraction of neural strategies from the surface EMG. *Journal of Applied Physiology* (1985), 96(4), 1486-1495.
- Ferreira, A., Gomes, S., Ferreira, C., Arruda, M., & França, N. (2010). Avaliação do desempenho isocinético da musculatura extensora e flexora do joelho de atletas de futsal em membro dominante e não dominante. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 32, 229-243.
- Ferreira, S., Macedo, R., & Carvalho, P. (2015). Avaliação Isocinética dos Músculos Extensores e Flexores do Joelho em Atletas de Basquetebol Feminino da Região Norte. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*, 29-36.

- Grace, T., Sweetser, E., Nelson, M., Ydens, L., & Skipper, B. (1984). Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries. A prospective blind study. *Journal of Bone and Joint Surgery, American volume*, 66(5), 734-740.
- Gür, H., Akova, B., Pündük, Z., & Küçükoğlu, S. (1999). Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 9(2), 81-87.
- Hamley, E., & Thomas, V. (1967). Physiological and postural factors in the calibration of the bicycle ergometer. *Journal of Physiology*, 191(2), 55-56.
- Hewett, T., Myer, G., & Zazulak, B. (2008). Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 11(5), 452-459.
- Holderbaum, G., Petersen, R., & Guimarães, A. (2012). Interação de variáveis biomecânicas na composição de "feedback" visual aumentado para o ensino do ciclismo. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* 26(4), 553-569.
- Hole, C., Smit, G., Hammond, J., Kumar, A., Saxton, J., & Cochrane, T. (2000). Dynamic control and conventional strength ratios of the quadriceps and hamstrings in subjects with anterior cruciate ligament deficiency. *Ergonomics*, 43(10), 1603-1609.
- Hug, F., & Dorel, S. (2009). Electromyographic analysis of pedaling: a review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(2), 182-198.
- Hull, M., & Jorge, M. (1985). A method for biomechanical analysis of bicycle pedalling. *Journal of Biomechanics*, 18(9), 631-644.
- Jorge, M., & Hull, M. (1986). Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. *Journal of Biomechanics*, 19(9), 683-694.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine*, 15 Suppl 1, 11-18.
- Katona, P., & Laczko, J. (2013). Speed and crank resistance affects coactivation of knee muscles during cycling movements. *Society for the neural control of movement: 23rd Annual Meeting Abstracts*.
- Katona, P., Pilissy, T., Tihanyi, A., & Laczkó, J. (2014). The combined effect of cycling cadence and crank resistance on hamstrings and quadriceps muscle activities during cycling. *Acta Physiologica Hungarica*, 101(4), 505-516.

- Kellis, E., & Baltzopoulos, V. (1995). Isokinetic eccentric exercise. *Sports Medicine*, 19(3), 202-222.
- Li, L., & Baum, B. (2004). Electromechanical delay estimated by using electromyography during cycling at different pedaling frequencies. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(6), 647-652.
- Lucia, A., San Juan, A., Montilla, M., CaNete, S., Santalla, A., Earnest, C., & Pérez, M. (2004). In professional road cyclists, low pedaling cadences are less efficient. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1048-1054.
- Magalhães, J., Oliveira, J., Ascensão, A., & Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 119-125.
- Marsh, A., & Martin, P. (1995). The relationship between cadence and lower extremity EMG in cyclists and noncyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(2), 217-225.
- Neptune, R., Kautz, S., & Hull, M. (1997). The effect of pedaling rate on coordination in cycling. *Journal of Biomechanics*, 30(10), 1051-1058.
- Nordemar, R., Berg, U., Ekblom, B., & Edström, L. (1976). Changes in muscle fibre size and physical performance in patients with rheumatoid arthritis after 7 months physical training. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 5(4), 233-238.
- Osternig, L. (1986). Isokinetic dynamometry: implications for muscle testing and rehabilitation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 45-80.
- Prilutsky, B., & Gregory, R. (2000). Analysis of muscle coordination strategies in cycling. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8(3), 362-370.
- Rahnama, N., Lees, A., & Bambaecichi, E. (2005). Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics*, 48(11-14), 1568-1575.
- Sanner, W., & O'Halloran, W. (2000). The biomechanics, etiology, and treatment of cycling injuries. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 90(7), 354-376.
- Sarre, G., Lepers, R., Maffiuletti, N., Millet, G., & Martin, A. (2003). Influence of cycling cadence on neuromuscular activity of the knee extensors in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 88(4-5), 476-479.

- Smirmaul, B., Dantas, J., Fontes, E., Altimari, L., Okano, A., & Moraes, A. (2010). Comparison of electromyography fatigue threshold in lower limb muscles in trained and untrained men. *Electromyography Clinical Neurophysiology*, (49), 1-6.
- Soderberg, G. L., & Cook, T. M. (1984). Electromyography in biomechanics. *Physical Therapy*, 64(12), 1813-1820.
- Steele, J., Butler, A., Comerford, Z., Dyer, J., Lloyd, N., Ward, J., Fisher, J., Gentil, P., Scott, C., Ozaki, H. (2018). Similar acute physiological responses from effort and duration matched leg press and recumbent cycling tasks. *PeerJ*, 6, e4403.
- Vieira, T. (2011). Avaliação Isocinética da Força Muscular dos Isquiotibiais e Quadríceps em Atletas da Equipa Nacional Portuguesa de Taekwondo. (*Mestrado*), Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto.
- Wakeling, J., & Horn, T. (2009). Neuromechanics of muscle synergies during cycling. *Journal of Neurophysiology*, 101(2), 843-854.
- Westing, S., & Seger, J. (1989). Eccentric and concentric torque-velocity characteristics, torque output comparisons, and gravity effect torque corrections for the quadriceps and hamstring muscles in females. *International Journal of Sports Medicine*, 10(3), 175-180.
- Wyatt, M., & Edwards, A. (1981). Comparison of Quadriceps and Hamstring Torque Values during Isokinetic Exercise. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 3(2), 48-56.
- Yoon, T., Park, D., Kang, S., Chun, S., & Shin, J. (1991). Isometric and isokinetic torque curves at the knee joint. *Yonsei Medical Journal*, 32(1), 33-43.
- Zabka, F., Valente, H., & Pacheco, A. (2011). Avaliação isocinética dos músculos extensores e flexores de joelho em jogadores de futebol profissional. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 17, 189-192.
- Zakas, A., Mandroukas, K., Vamvakoudis, E., Christoulas, K., & Aggelopoulou, N. (1995). Peak torque of quadriceps and hamstring muscles in basketball and soccer players of different divisions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(3), 199-205.

6 - Anexos

Anexo I - Consentimento Informado

Mestrando: Fábio Sousa

Contacto Telefónico: 914620884

Orientador da Dissertação: Professor Doutor Rodrigo Ruivo

Eu _____, declaro que autorizo que os meus dados, referentes à intervenção feita, sejam utilizados na elaboração de um estudo científico (dissertação) referente ao 2º ano do Mestrado em Exercício e Bem-Estar, para apresentação na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Toda a informação será tratada confidencialmente, omitindo todos os meus dados pessoais – nome, número de telefone ou qualquer outro tipo de informação que possa permitir a minha identificação. Os dados recolhidos serão utilizados exclusivamente para a realização deste estudo.

Foi-me explicado de forma satisfatória, o objetivo do estudo, bem como todos os seus procedimentos.

Foi-me explicado que tenho o direito de colocar, agora e durante o desenvolvimento do estudo, qualquer questão sobre este, a investigação ou os métodos a utilizar.

Tenho disponibilidade para pertencer a este estudo participando na avaliação requerida.

Fui também informado que sou livre de recusar a utilização dos meus dados clínicos neste estudo, bem como o direito de desistir deste em qualquer fase, sem ser prejudicado.

Quando o estudo terminar todos os dados relativamente aos participantes serão eliminados.

Foi-me explicado que a minha participação não irá privar-me de receber todos os cuidados de saúde necessários à minha condição.

Ao participar no estudo o participante fica com conhecimento do seu perfil de força associado aos seus membros inferiores.

Assinatura do utente ou responsável legal:

Assinatura do mestrando:

Data: _____

Para qualquer questão contactar o investigador do estudo.

Objetivo:

O objetivo deste estudo é verificar qual o rácio I:Q em participantes das aulas de cycling.

Participantes:

Os critérios para entrar no estudo incluem ter pelo menos 18 anos de idade, prática regular de aulas de cycling e sem problemas clínicos que possam ser agravados pelos procedimentos do estudo, nomeadamente lesões graves nos últimos 6 meses, presença de dor ou inflamação, instabilidade articular e ligamentar nos membros inferiores, assim como referência de dor durante a realização da avaliação

Instrumentos:

Para a realização da avaliação isocinética irá ser utilizado um dinamómetro Biodex Medical System 3 Pro® (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY, EUA), que é um instrumento que apresenta uma elevada validade e fiabilidade.

Desenho da intervenção:

O estudo terá o formato de Caso-Controlo em que é feita uma única recolha de dados aos participantes num determinado momento, durando aproximadamente 30 minutos e após a recolha dos dados será feita a análise e comparação entre os grupos.

Procedimentos:

Posicionam-se os participantes no dinamómetro isocinético, assumindo cada um deles a posição de sentado, com um ângulo de flexão da coxo-femural de 85°. O eixo motor é alinhado visualmente com o eixo da articulação do joelho e são aplicadas as estabilizações necessárias ao nível do tronco, da cintura pélvica e da coxa (1/3 distal) de forma a evitar as substituições e compensações inerentes a esforços máximos, por parte de outros grupos musculares e alavancas do corpo humano, para que o joelho a ser testado se mova com um único grau de liberdade.

O ponto de aplicação da resistência é posicionado no terço distal da perna, 2 centímetros acima do maléolo lateral da articulação tibiotársica (sensor acima dos maléolos) e, em seguida, corretamente fixado com tiras adjacentes. Os participantes são instruídos a realizarem o teste com as mãos cruzadas sobre o tronco.

É determinado o peso do membro a testar, através do sistema intrínseco do dinamómetro, para a correção dos valores de *Peak Torque* nos movimentos de flexão e extensão do joelho devido à ação da gravidade.

Antes do início do teste, as participantes efetuam um aquecimento para os movimentos de flexão e extensão do joelho, sendo estas são realizadas na velocidade angular

determinada para a recolha dos dados. Este período de aquecimento serve, igualmente, para familiarizar os sujeitos com o aparelho, permitindo uma adaptação ao seu modo de utilização e uma integração do esforço necessário durante a realização do teste à velocidade escolhida.

As velocidades de execução utilizadas neste estudo para avaliar o *Peak Torque* do quadricípite e dos ísquio-perónio-tibiais será de 180°/s (8 repetições) e 60°/s (4 repetições) numa amplitude de movimento compreendida entre os 110° e os 0°. Durante a realização do teste é proporcionado feedback visual e auditivo.

Anexo II – Questionário de Atividade Física

Nome: _____ Idade: _____

Preenche a tabela com as atividades que praticas diariamente e a sua duração.

	2ª Feira	3ª Feira	4ª Feira	5ª Feira	6ª Feira	Sábado	Domingo
Aula de Cycling	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos
Treino de Força	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos
Aula de Grupo 1 (Qual?):	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos
Aula de Grupo 2 (Qual?):	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos
Aula de Grupo 3 (Qual?):	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos
Aula de Grupo 4 (Qual?):	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos
Desporto federado (Qual?):	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos
Outra Atividade Física 1 (Qual?):	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos
Outra Atividade Física 2 (Qual?):	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos	_____ Minutos