



Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
Licenciatura em Fisioterapia
Projeto de Graduação

**Efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular na
sensação de posição articular do joelho: estudo
randomizado controlado**

Daniela Sofia Bastos Pereira
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
38644@ufp.edu.pt

Joana Azevedo
Mestre em Fisioterapia Desportiva
Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa
jsazevedo@ufp.edu.pt

Porto, 22 de abril de 2024

Resumo

Objetivo: Investigar o efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular (FM) na sensação de posição articular do joelho (SPAJ) de indivíduos saudáveis com níveis de atividade física baixos ou moderados. **Métodos:** Foi conduzido um estudo randomizado controlado em *cross-over* com 12 participantes, sujeitos a 3 condições: 2 experimentais, em que a FM era induzida por um protocolo concêntrico do quadríceps (QD_CC) e dos isquiotibiais (IQT_CC), em ordem aleatória e separados pelo menos 1 semana; e uma condição de controlo, de 5 minutos de repouso. A SPAJ foi avaliada antes e após as condições num dinamómetro isocinético, através de posicionamento/reposicionamento ativo, para a amplitude de 45° de flexão do joelho, na posição de sentado e decúbito ventral. Foram calculados os erros angulares absolutos, relativos e variáveis. **Resultados:** Apenas se verificaram aumentos significativos nos erros absolutos, relativamente aos protocolos QD_CC nas 2 posições de teste (sentado: $p=0,037$; decúbito ventral: $p=0,028$) e no protocolo IQT_CC, apenas na posição de decúbito ventral ($p=0,003$). **Conclusão:** Protocolos de FM concêntricos do QD ou IQT parecem afetar negativamente a SPAJ. **Palavras-chave:** Sensação de Posição Articular; Joelho; Proprioceção; Fadiga muscular

Abstract

Aim: To investigate the effect of different muscle fatigue (MF) protocols on the knee joint position sense (KJPS) of healthy individuals with low or moderate physical activity levels. **Methods:** A randomized controlled cross-over study was conducted with 12 participants, submitted to 3 conditions: 2 experimental, in which MF was induced by a concentric protocol of the quadriceps (QD_CC) and hamstrings (HS_CC), in random order and separated by at least 1 week; and a control condition, of 5 minutes of rest. The KJPS was assessed before and after the conditions in an isokinetic dynamometer, through active positioning/repositioning, for the range of 45° of knee flexion, in the sitting and prone position. Absolute, relative and variable angular errors were calculated. **Results:** There were only significant increases in absolute errors regarding the QD_CC protocol in the 2 test positions (sitting: $p=0.037$; prone: $p=0.028$) and in the HS_CC protocol, only in the prone position ($p=0.003$). **Conclusion:** Concentric MF protocols of the QD or HS seem to negatively affect KJPS.

Key-words: Joint Position Sense; Knee; Proprioception; Muscle fatigue

1. Introdução

Em 1906, Charles Sherrington definia pela primeira vez propriocepção como a percepção do movimento articular e corporal, assim como da posição do corpo ou dos segmentos corporais no espaço (Sherrington, 1920).

A propriocepção envolve 3 subcomponentes, sendo elas: a sensação de posição articular (SPA), descrita como a capacidade de se memorizar um ângulo articular e conseguir reproduzi-lo seja de forma ativa ou passiva, sem recorrer ao auxílio da visão (Rozzi et al., 2000); a cinestesia, caracterizada pela capacidade de detetar movimentos passivos lentos (Myers & Lephart, 2000; Riemann et al., 2002); e a sensação de tensão muscular, referente a uma sensação de resistência ou peso (Allison et al., 2016; Riemann et al., 2002).

Segundo diferentes autores, a propriocepção do joelho é garantida por mecanorreceptores articulares (como as terminações de Ruffini, as terminações de Golgi, as terminações de Paccini ou as terminações livres), e mecanorreceptores musculares, nos quais se incluem os fusos neuromusculares e os órgãos tendinosos de Golgi (Craig & Rollman, 1999; Gandevia & Burke, 1992; Lephart et al., 1998). De acordo com Olsson et al. (2004), os mecanorreceptores musculares responsáveis pela SPA do joelho encontram-se mais ativos entre os 40° e os 80° de flexão do joelho (ou seja, em amplitudes intermédias), enquanto que os mecanorreceptores articulares são ativados essencialmente no final das amplitudes de movimento (isto é, em amplitudes mais extremas).

Relativamente à fadiga muscular, esta pode ser definida como a diminuição da capacidade de um músculo gerar força e potência durante um exercício físico intenso, originando um aumento do desconforto e da percepção de esforço, podendo dever-se a fatores periféricos e/ou centrais (Gandevia, 2001; Ribeiro & Oliveira, 2011). Anteriormente, já foi descrito que a fadiga muscular periférica, por ocorrer dentro do músculo, leva a alterações metabólicas que provocam o aumento do limiar de descarga do fuso neuromuscular, afetando assim a capacidade de percepção e reprodução de uma determinada amplitude/posição-alvo (Gribble & Hertel, 2004; Ribeiro & Oliveira, 2008; Ribeiro & Oliveira, 2011).

Diversos autores investigaram previamente os efeitos da fadiga muscular na propriocepção do joelho, contudo, os resultados apresentados têm-se verificado pouco consensuais entre eles. Estudos em atletas de futebol (Salgado et al., 2015) e de voleibol (Ribeiro et al.,

2008) confirmaram um impacto negativo da fadiga muscular na SPA do joelho. Pelo contrário, outras investigações não reportaram alterações significativas após indução de fadiga muscular por exemplo em atletas de andebol (Niederseer et al., 2014) ou bailarinos (Dieling et al., 2014). Para além da falta de consenso, verifica-se que as investigações já publicadas se direcionam para amostras essencialmente constituídas por indivíduos treinados, sendo este tema ainda pouco explorado no que diz respeito a indivíduos saudáveis e sem envolvimento em prática desportiva, sendo por isso necessários mais estudos para aumentar o conhecimento em relação ao efeito da fadiga muscular em indivíduos sem lesões nos joelhos e com níveis de atividade física mais baixos ou moderados.

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular na SPAJ de indivíduos saudáveis com níveis de atividade física baixos a moderados.

2. Metodologia

Para dar resposta aos objetivos propostos, foi conduzido um estudo randomizado controlado, com *design* em *cross-over*.

2.1. Amostra e critérios de elegibilidade

A amostra para este estudo foi constituída por 12 estudantes universitários do sexo masculino, que se enquadravam nos critérios de elegibilidade para este estudo. A recolha de dados decorreu no Laboratório de Biomecânica do Porto na Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Como critérios de inclusão foram considerados indivíduos do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 18 e 30 anos, sem história de patologias ou cirurgias no joelho e com níveis de atividade física baixos ou moderados (Changela et al., 2012; IPAQ Research Committee, 2005; Wu et al., 2017).

Por outro lado, foram excluídos indivíduos que reportassem patologias do foro cardiorrespiratório, neurológico ou vestibular, indivíduos que apresentassem resultados positivos nos testes de integridade articular do joelho (gaveta anterior e posterior, teste de

Lachman, stress em valgo e varo) e os que se encontrassem a tomar medicação que pudesse afetar o controlo motor, como analgésicos, anti-inflamatórios, antibióticos ou relaxantes musculares) (Boerboom et al., 2008; Gear, 2011; Ju, et al., 2010; Ribeiro et al., 2007; Salgado et al., 2015).

2.2. Procedimentos éticos

Todos os voluntários foram informados sobre os objetivos e procedimentos envolvidos no estudo. De seguida, assinaram o formulário de consentimento informado, de forma a declararem por escrito a sua aceitação de participação. De acordo com a declaração de Helsínquia, foi transmitida informação relativa à possibilidade de desistência a qualquer momento, sem prejuízo pessoal.

Foi também assegurado aos participantes o anonimato e a confidencialidade sobre os dados recolhidos e garantido que estes não seriam usados para outros fins que não esta investigação, e para tal, a cada participante foi atribuído um código numérico, não o identificando em nenhum dos documentos utilizados ou dados armazenados no computador.

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

2.3. Instrumentos

Para identificação de possíveis critérios de exclusão, foi utilizado um questionário de caracterização da amostra (Anexo I), construído pela investigadora. Para avaliação do peso e altura foi utilizada uma balança de bio-impedância (*InBody 270*) e um estadiómetro, respetivamente.

Para quantificação do nível de atividade física dos participantes, foi utilizado o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) (Anexo II). O IPAQ consiste num conjunto de 7 questões que permitem estimar o tempo semanal gasto, por exemplo em caminhadas e atividades físicas de intensidade moderada e vigorosa, assim como do tempo de inatividade física, isto é, na posição de sentado.

Para avaliação da SPAJ, foi utilizado o dinamómetro isocinético (*Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, New York*), e uma venda para eliminar a informação visual.

2.4. Procedimentos metodológicos

Os participantes que se voluntariaram inicialmente efetuaram o preenchimento da declaração de consentimento informado. Posteriormente, preencheram um questionário de caracterização da amostra para identificação de potenciais critérios de exclusão. De forma a garantir a elegibilidade dos participantes, foram ainda efetuados os testes de integridade articular do joelho (gaveta anterior e posterior, teste de *Lachman*, stress em valgo e em varo); e foi quantificado o nível de atividade física através do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) (IPAQ Research Committee, 2005). Os participantes elegíveis foram ainda avaliados quanto ao seu peso e altura, de forma a posteriormente se proceder ao cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC).

Todos os procedimentos envolveram o membro inferior dominante e, por isso, a determinação do mesmo nos indivíduos elegíveis foi realizada questionando-os qual membro usavam para chutar uma bola (Ribeiro et al., 2011).

O estudo contou com 3 condições sendo que todos os participantes realizaram todas as condições, tendo por isso o estudo um *design* em *crossover*. Na primeira visita ao laboratório, os participantes executaram a condição de controlo, em que a SPAJ foi avaliada antes e imediatamente após um período de repouso de 5 minutos, mais um dos 2 protocolos de fadiga do estudo, em ordem aleatória. Na segunda visita ao laboratório, realizou-se o protocolo de fadiga em falta. As sessões tiveram um intervalo de pelo menos 1 semana, de forma a permitir a recuperação da fadiga do protocolo anterior (Ribeiro et al., 2011; Shokri et al., 2018).

Os protocolos de fadiga muscular consistiram no seguinte (Da Silva et al., 2022; Da Silva et al., 2021; Mathiassen, 1989):

- Protocolo concêntrico do quadríceps (QD_CC) – 40 contrações concêntricas máximas consecutivas para extensão, a velocidade angular de 30°/s, numa amplitude entre os 90° e os 30° de flexão do joelho;
- Protocolo concêntrico dos isquiotibiais (IQT_CC) - 30 contrações concêntricas máximas consecutivas para flexão, a velocidade angular de 30°/s, numa amplitude entre os 30° e os 90° de flexão do joelho.

Antes do início de cada condição, foi testada a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) do quadríceps e isquiotibiais. Os protocolos de fadiga anteriores seriam concluídos no final das repetições definidas acima ou interrompidos caso fossem

detetadas 3 contrações consecutivas abaixo dos 50% da CIVM registada (Granacher et al., 2010; Thomas et al., 2010).

Para os procedimentos de avaliação da SPAJ, os participantes estavam vendados e descalços, e envolveram um teste em posição de sentado e outro em decúbito ventral, em ordem também aleatorizada. A posição-alvo em ambos os testes foi os 45° de flexão do joelho (Ali et al., 2013; Clark et al., 2016):

- Para o teste em posição de sentado, o participante estava sentado na cadeira do dinamómetro isocinético, mantendo a coxofemoral e o joelho a 90° de flexão. Partindo de uma posição inicial de 90° de flexão, os participantes tinham de realizar uma extensão do joelho ativa (posicionamento ativo), até a alavanca do dinamómetro bloquear na amplitude-alvo (45°). O participante foi instruído a manter a contração durante 5 segundos de forma a memorizar a posição, e ao final deste período, voltava à posição inicial, efetuando de seguida 3 tentativas de reposicionamento também ativo. Cada reposicionamento foi mantido por 5 segundos e o participante foi instruído a indicar verbalmente quando achava que estava na posição;

- Para o teste em decúbito ventral, o participante estava deitado em decúbito ventral na cadeira do dinamómetro isocinético, que se encontrava reclinada, mantendo a coxofemoral e o joelho a 0° de extensão. Partindo de uma posição inicial de 0° de extensão, os participantes tinham de realizar uma flexão do joelho ativa (posicionamento ativo), até a alavanca do dinamómetro bloquear na amplitude-alvo (45°). O participante foi instruído a manter a contração durante 5 segundos de forma a memorizar a posição, e ao final deste período, voltava à posição inicial, efetuando de seguida igualmente 3 tentativas de reposicionamento ativo. Cada reposicionamento foi também mantido 5 segundos e o participante foi instruído a indicar verbalmente quando achava que estava na posição.

Após o cálculo da média obtida nas 3 tentativas de reposicionamento, foram calculados 3 erros:

- O erro angular absoluto (EAA), definido como o valor absoluto da diferença entre a amplitude-alvo e amplitude alcançada (Bennell et al., 2005);

- O erro angular relativo (EAR), definido como a diferença aritmética entre a amplitude-alvo e a amplitude alcançada pelo participante, reportando a direção em que este falha a

Efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular na sensação de posição articular do joelho: estudo randomizado controlado

amplitude-alvo (Bennell et al., 2005), sendo que valores negativos são indicativos de uma subestimação da amplitude-alvo e valores positivos de uma sobrestimação da mesma.

- O erro angular variável (EAV), definido como o desvio-padrão dos 3 reposicionamentos, representando a consistência entre os reposicionamentos (Olsson et al., 2004).

2.5. Procedimentos estatísticos

A análise de dados foi efetuada com auxílio do software de análise estatística *IBM SPSS v.26* para o *Windows*, considerando um nível de significância de 5%. Tendo em conta a dimensão final da amostra, a normalidade da distribuição das variáveis foi testada através do teste de *Shapiro-Wilk*, tendo-se verificado que as variáveis não seguiam uma distribuição normal. Procedeu-se então à análise descritiva para caracterização da amostra e das variáveis em estudo, estando as variáveis quantitativas descritas em termos de mediana (Mdn) e amplitude interquartil (AIQ) e as qualitativas em frequência (n) e percentagem (%). Foram assim conduzidos testes não-paramétricos, nomeadamente: o teste de *Wilcoxon* para comparação dos erros de reposicionamento (EAA, EAR e EAV) nas avaliações antes e imediatamente após nas condições de Controlo, QD_CC e IQT_CC, em ambas as posições de avaliação (sentado e decúbito ventral); e o teste de *Friedman*, para a comparação intergrupos (entre Controlo, QD_CC e IQT_CC), nos diferentes erros (EAA, EAR e EAV), momentos (antes e após) e posições de teste (sentado e decúbito ventral).

3. Resultados

As características gerais dos participantes referentes à idade, peso, altura, IMC, CIVM do músculo quadricípite e isquiotibiais, nível de atividade física e membro inferior dominante dos participantes encontram-se representadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características gerais dos participantes

	n=12	
	Mdn	AIQ
Idade (anos)	23,00	3,00
Peso (kg)	70,55	12,58
Altura (m)	1,74	0,13
IMC (kg/m²)	23,15	3,25
CIVM Quadrícipite (N)	231,50	52,00
CIVM Isquiotibiais (N)	132,50	51,00
Nível de atividade física (IPAQ)	n (%)	
Baixo	7 (58,3%)	
Moderado	5 (41,7%)	
Membro inferior dominante	n (%)	
Esquerdo	2 (16,7%)	
Direito	10 (83,3%)	

A amostra para este estudo foi então constituída por 12 indivíduos do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 18 e 30 anos (Mdn: 23 anos; AIQ: 3 anos). Os resultados da análise do IMC, revelaram uma Mdn de 23,15 kg/m², o que sugere, tendo em conta os valores estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (Onis & Habicht, 1996), que os participantes se encontram numa categoria de IMC normal. Em relação aos dados da CIVM, o músculo quadrícipite apresentou uma Mdn de 231,50 e uma AIQ de 52,00, enquanto que os isquiotibiais apresentaram uma Mdn de 132,50 e uma AIQ de 51,00. No que diz respeito ao nível de atividade física avaliado pelo IPAQ, 7 indivíduos foram classificados com um baixo nível (58,3%) de atividade física e 5 deles com um nível moderado (41,7%). Relativamente à dominância do membro inferior, a maioria dos participantes (10) tinham como membro inferior dominante o direito (83,3%) e apenas 2 participantes possuíam dominância no membro inferior esquerdo (16,7%).

Na Tabela 2 é apresentada a análise estatística relativa aos erros de reposicionamento dos participantes, para as duas posições de teste e para as 3 condições do estudo, antes e imediatamente após as mesmas.

Tabela 2: Comparação dos valores dos erros de reposicionamento antes e imediatamente após as condições do estudo.

Efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular na sensação de posição articular do joelho: estudo randomizado controlado

		SENTADO			DECÚBITO VENTRAL		
		Antes	Após	<i>p</i>	Antes	Após	<i>p</i>
		Mdn; AIQ	Mdn; AIQ		Mdn; AIQ	Mdn; AIQ	
EAA	Controlo	3,33; 6,66	3,84; 5,59	0,814	3,17; 4,16	5,75; 6,00	0,239
	QD_CC	3,37; 2,92	5,17; 4,75	0,037*	3,37; 3,92	4,67; 6,00	0,028*
	IQT_CC	3,08; 1,67	3,10; 4,02	0,158	3,74; 3,23	5,84; 3,84	0,003*
	<i>p</i>	0,920	0,401		0,640	0,979	
EAR	Controlo	0,33; 5,34	-1,17; 7,92	0,583	2,33; 4,36	1,67; 12,21	1,000
	QD_CC	-2,00; 5,85	-2,50; 10,38	0,583	0,67; 6,22	-1,34; 12,51	0,433
	IQT_CC	-2,87; 3,96	-2,33; 8,41	0,937	1,84; 7,11	1,83; 11,50	0,695
	<i>p</i>	0,920	0,667		1,000	0,098	
EAV	Controlo	2,08; 2,68	1,77; 0,82	0,424	2,04; 2,11	2,02; 2,98	0,556
	QD_CC	2,16; 2,02	1,63; 2,16	0,556	2,20; 2,26	2,16; 2,32	0,754
	IQT_CC	1,63; 1,89	1,63; 1,03	0,575	2,60; 1,88	2,37; 2,33	0,824
	<i>p</i>	0,859	0,915		0,979	0,819	

(*) $p < 0,05$. **Legenda:** EAA: erros angulares absolutos; EAR: erros angulares relativos; EAV: erros angulares variáveis; QD_CC: protocolo concêntrico do quadrícipite; IQT_CC: protocolo concêntrico dos isquiotibiais; Mdn: Mediana; AIQ: Amplitude Interquartil

Pela análise da tabela 2, especificamente nos EAA, é possível verificar que estes aumentaram significativamente na avaliação Após no protocolo QD_CC nas duas posições de teste (sentado: $p=0,037$; decúbito ventral: $p=0,028$), enquanto que no protocolo IQT_CC, apenas se registaram aumentos significativos na posição de teste em decúbito ventral ($p=0,003$). Apesar destas alterações, não se verificaram diferenças entre as condições na avaliação Antes ou Após ($p > 0,05$), tanto na posição de teste em sentado ou decúbito ventral.

Quanto aos EAR, é possível verificar que em nenhuma das posições de teste se verificou alteração significativa destes erros entre a avaliação Antes e Após em nenhuma das condições do estudo ($p > 0,05$). Desta forma, a comparação intergrupos também não revelou nenhuma diferença entre os grupos nos 2 momentos de avaliação ($p > 0,05$)

Também nos EAV não se registou alteração significativa nas avaliações em ambas as posições de teste entre a avaliação Antes e Após, não tendo por isso variado a consistência entre reposicionamentos entre as avaliações ($p > 0,05$). Assim, também a comparação entre

condições não demonstrou diferenças entre elas em nenhum momento ou posição de teste ($p>0.05$)

4. Discussão

O objetivo deste estudo consistiu em investigar o efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular (FM) na SPAJ de indivíduos saudáveis com níveis de atividade física baixos a moderados.

De forma geral, verificou-se que os erros de reposicionamento absolutos aumentaram significativamente após os protocolos de fadiga concêntricos, tanto do quadríceps como dos isquiotibiais, embora neste último se tenha verificado apenas na avaliação em decúbito ventral. Desta forma, os resultados sugerem que estes protocolos afetaram negativamente a SPAJ dos participantes do presente estudo.

Relativamente ao protocolo de fadiga QD_CC, os resultados de Bazneshin et al. (2015) vão de encontro aos do presente estudo. Com efeito, os autores avaliaram também o impacto da FM na SPAJ de indivíduos saudáveis do sexo masculino antes e após um protocolo de fadiga que consistia em extensões repetidas do joelho a 70% e 50% da CIVM do QD, tendo utilizado a mesma amplitude de teste (45°) e um reposicionamento ativo, tendo assim verificado um aumento significativo dos EAA após indução da FM.

Contrariamente aos resultados do presente estudo no protocolo IQT_CC, Allen et al. (2010) concluíram que numa posição de teste em sentado, os EAR foram significativamente diferentes após-fadiga ($p>0,005$). No entanto, vários aspetos no estudo de Allen et al. (2010) podem justificar a disparidade entre os resultados. Em primeiro lugar, os autores usaram um método de reposicionamento contralateral e não ipsilateral. Em segundo lugar, a amostra englobou indivíduos do sexo feminino. No entanto, de acordo com Fouladi et al. (2012), a SPAJ varia ao longo do ciclo menstrual, verificando-se por exemplo que durante a fase lútea a acuidade propriocetiva é superior, enquanto que na fase menstrual, esta encontra-se diminuída. Não existe referência por parte dos autores se esta variável foi então controlada na análise estatística, e por isso, pode ter influenciado os resultados.

Apesar de a evidência sugerir que a FM periférica, por ocorrer no interior do músculo, pode conduzir ao aumento do limiar de descarga do fuso neuromuscular, o que pode afetar negativamente a SPAJ (Gribble & Hertel, 2004; Ribeiro & Oliveira, 2008; Ribeiro & Oliveira, 2011), existem igualmente estudos que apresentam resultados com conclusões contrárias. É o caso de Miura et al. (2004) e Dieling et al. (2014) que não identificaram nos seus estudos diferenças significativas nos EAA após os seus protocolos de FM. Todavia, é de denotar que ambos os estudos utilizam velocidades angulares mais elevadas (120°/s e 180°/s, respetivamente) nos seus protocolos. Com efeito, de acordo com Mathiassen (1989), a fadiga desenvolve-se em maior extensão em velocidades angulares mais baixas, como por exemplo a 30°/s, comparativamente a velocidades mais elevadas, razão pela qual esta velocidade foi escolhida para os protocolos de FM do presente estudo. Para além disso, os estudos citados aplicaram ainda protocolos de fadiga conjuntos para QD e IQT, ao contrário do presente estudo, onde foram aplicados protocolos de fadiga isolados para cada um destes músculos. Verifica-se também no estudo de Dieling et al. (2014) que foi utilizado um método de reposicionamento passivo, o que segundo Proske et al. (2000), leva a uma menor ativação por parte dos mecanorreceptores musculares, podendo este facto igualmente justificar a ausência de efeitos após a fadiga. Além disso, a amostra engloba também participantes do sexo feminino, o que conforme já discutido anteriormente, por a SPAJ sofrer alterações ao longo do ciclo menstrual (Fouladi et al., 2012), deverá haver controlo destas variáveis na análise estatística, o que também não se encontra mencionado no estudo. No mesmo sentido, o estudo de Miura et al. (2004), diferencia-se do presente estudo pelo facto de as amplitudes-alvo serem aleatórias entre os 10° e os 80° de flexão do joelho, ou seja, a capacidade de reposicionamento de alguns participantes foi testada para amplitudes intermédias, onde os responsáveis pela SPAJ serão sobretudo os mecanorreceptores musculares, enquanto outros foram avaliados para amplitudes extremas, onde se encontra descrito haver uma contribuição por parte de mecanorreceptores articulares (Olsson et al., 2004). Assim, os indivíduos que foram avaliados por reposicionamento para estas amplitudes extremas poderão não ter sofrido alterações na sua acuidade propriocetiva pelo facto dos mecanorreceptores articulares não terem sido particularmente afetados pela FM.

Também Shokri et al. (2018) avaliaram o efeito da FM na capacidade de reposicionamento ativo para 3 amplitudes (45°/60°/75°). No entanto, apesar de o método de avaliação da SPAJ ser semelhante ao do presente estudo, os resultados foram

divergentes, uma vez que os autores apuraram que após o protocolo concêntrico, os EAA diminuíram significativamente. É importante referir que o protocolo de FM, apesar também de ser concêntrico, fadigava tanto o QD como os IQT, o que por si só já poderá originar diferenças relativamente aos resultados do presente estudo. Para além disto, conforme também já discutido, a FM foi induzida a uma velocidade angular elevada (180°/s), o que também poderá não levar a uma indução importante de FM. Por fim, a amostra de Shokri et al. (2018) também foi constituída exclusivamente por participantes do sexo feminino, e igualmente não é mencionado controlo sobre a fase do ciclo menstrual em que as participantes se encontravam no momento da avaliação.

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidos. Em primeiro lugar, o tamanho amostral que poderia ser superior. Em segundo lugar, o *design* em *cross-over*, no qual não é possível evitar um potencial efeito de aprendizagem, embora se tenha realizado randomização das condições experimentais para minimizar esse efeito. Em terceiro lugar, destaca-se a escolha do questionário IPAQ como método de avaliação da atividade física dos participantes, que apesar de amplamente utilizado na literatura, o uso por exemplo de acelerómetros poderia ter constituído um método mais fiável. Por fim, em quarto lugar, pode apontar-se o facto de se ter utilizado apenas uma amplitude de teste.

5. Conclusão

Os resultados do presente estudo sugerem que protocolos de fadiga do quadríceps e dos isquiotibiais parecem afetar negativamente a SPAJ de indivíduos saudáveis com níveis baixos a moderados de atividade física. Para estudos futuros, recomendam-se dimensões da amostra superiores, com a quantificação da atividade física através de métodos mais fiáveis, e que avaliem a capacidade de reposicionamento para mais amplitudes de teste.

Este trabalho é relevante na área da fisioterapia, uma vez que investiga a influência da FM na acuidade propriocetiva do joelho. Esta variável é crucial para os fisioterapeutas, uma vez que pode contribuir para a instabilidade articular e, conseqüentemente, para o aumento da prevalência de lesões do joelho. Assim, o controlo da acuidade propriocetiva através da avaliação da SPAJ poderá constituir uma medida preventiva.

6. Bibliografia

- Ali, Y., Farzaneh, G., & Homayoon, A. (2013). The Effect Of Fatigue On The Ankle And Knee Proprioception And Dynamic Control Of Posture. *International Journal of Sports Sciences & Fitness*, 3(2), 235-249. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=90508075&lang=pt-pt&site=ehost-live&scope=site>
- Allen, T., Leung, M., & Proske, U. (2010). The effect of fatigue from exercise on human limb position sense. *The Journal of physiology*, 588(8), 1369-1377. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2010.187732>
- Allison, K. F., Sell, T. C., Benjaminse, A., & Lephart, S. M. (2016). Force sense of the knee not affected by fatiguing the knee extensors and flexors [Article]. *Journal of sport rehabilitation*, 25(2), 155-163. <https://doi.org/10.1123/jsr.2014-0298>
- Bazneshin, M. M., Amiri, A., Jamshidi, A. A., & Vasaghi-Gharamaleki, B. (2015). Quadriceps muscle fatigue and knee joint position sense in healthy men. *Physical Treatments - Specific Physical Therapy Journal*, 5(2), 109-114. <https://doi.org/10.15412/J.PTJ.07050207>
- Bennell, K., Wee, E., Crossley, K., Stillman, B., & Hodges, P. (2005). Effects of experimentally-induced anterior knee pain on knee joint position sense in healthy individuals. *Journal of Orthopaedic Research*, 23(1), 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.orthres.2004.06.008>
- Boerboom, A. L., Huizinga, M. R., Kaan, W. A., Stewart, R. E., Hof, A. L., Bulstra, S. K., & Diercks, R. L. (2008). Validation of a method to measure the proprioception of the knee. *Gait & Posture*, 28(4), 610-614. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.04.007>
- Changela, P. K., & Selvamani, K. (2012). A study to evaluate the effect of fatigue on knee joint proprioception and balance in healthy individuals. *Sports Medicine Journal/Medicina Sportivâ*, 8(2). <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=3f9e783b-cad7-4506-843a-33862f96765e%40redis&bdata=Jmxhbmc9cHQtcHQmc2l0ZT1laG9zdC1saXZlJnNjb3BIPXNpdGU%3d#AN=77231505&db=s3h>
- Clark, N. C., Akins, J. S., Heebner, N. R., Sell, T. C., Abt, J. P., Lovalekar, M., & Lephart, S. M. (2016). Reliability and measurement precision of concentric-to-isometric and

Efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular na sensação de posição articular do joelho: estudo randomizado controlado

eccentric-to-isometric knee active joint position sense tests in uninjured physically active adults. *Physical Therapy in Sport*, 18, 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.06.005>

Craig, J. C., & Rollman, G. B. (1999). Somesthesia. *Annual Review of Psychology*, 50(1), 305-331. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.50.1.305>

Da Silva, F., Colson, S. S., Zghal, F., Chorin, F., Guérin, O., & Monjo, F. (2022). Immediate voluntary activation deficits following submaximal eccentric contractions of knee extensors are associated with alterations of the sense of movement. *Scientific Reports*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06081-2>

Da Silva, F., Monjo, F., Gioda, J., Blain, G. M., Piponnier, E., Corcelle, B., & Colson, S. S. (2022). Knee position sense and knee flexor neuromuscular function are similarly altered after two submaximal eccentric bouts. *European journal of applied physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05063-6>

Da Silva, F., Monjo, F., Zghal, F., Chorin, F., Guérin, O., & Colson, S. S. (2021). Altered Position Sense after Submaximal Eccentric Exercise—inducing Central Fatigue. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(1), 218-227. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002444>

De Onis, M., & Habicht, J. P. (1996). Anthropometric reference data for international use: recommendations from a World Health Organization Expert Committee. *The American journal of clinical nutrition*, 64(4), 650-658. <https://doi.org/10.1093/ajcn/64.4.650>

Dieling, S., van der Esch, M., & Janssen, T. W. J. (2014). The Effect of Muscle Fatigue on Knee Joint Proprioception in Ballet Dancers and Non-dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 18(4), 143-148. <https://doi.org/10.12678/1089-313X.18.4.143>

Fouladi, R., Rajabi, R., Naseri, N., Pourkazemi, F., & Geranmayeh, M. (2012). Menstrual cycle and knee joint position sense in healthy female athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20, 1647-1652. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00167-011-1811-7>

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews*, 81(4), 1725-1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>

Gandevia, S. C., & Burke, D. (1992). Does the nervous system depend on kinesthetic information to control natural limb movements? *Behavioral and Brain Sciences*, *15*, 614-632. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0007254X>

Gear, W. S. (2011). Effect of different levels of localized muscle fatigue on knee position sense. *Journal of Sports Science and Medicine*, *10*(4), 725-730. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3761499/pdf/jssm-10-725.pdf>

Granacher, U., Gruber, M., Förderer, D., Strass, D., & Gollhofer, A. (2010). Effects of ankle fatigue on functional reflex activity during gait perturbations in young and elderly men. *Gait & posture*, *32*(1), 107-112. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.03.016>

Gribble, P. A., & Hertel, J. (2004). Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *85*(4), 589-592. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.031>

IPAQ Research Committee. (2005). Guidelines for data processing and analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)-short and long forms. <http://www.ipaq.ki.se/scoring.pdf>. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1573950400545533440>

Ju, Y. Y., Wang, C. W., & Cheng, H. Y. K. (2010). Effects of active fatiguing movement versus passive repetitive movement on knee proprioception. *Clinical biomechanics*, *25*(7), 708-712. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.04.017>

Lephart, S. M., Pincivero, D. M., & Rozzi, S. L. (1998). Proprioception of the ankle and knee. *Sports medicine*, *25*(3), 149-155. [https://doi.org/0112-1642/98/0003-0149/\\$03.50/0](https://doi.org/0112-1642/98/0003-0149/$03.50/0)

Mathiassen, S. E. (1989). Influence of angular velocity and movement frequency on development of fatigue in repeated isokinetic knee extensions. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *59*, 80-88. <https://doi.org/10.1007/BF02396584>

Miura, K., Ishibashi, Y., Tsuda, E., Okamura, Y., Otsuka, H., & Toh, S. (2004). The effect of local and general fatigue on knee proprioception. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, *20*(4), 414-418. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2004.01.007>

Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2000). The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *Journal of athletic training*, 35(3), 351.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1323397/>

Niederseer, D., Mörtl, H., Liebensteiner, M. C., Egger, A., Thaler, C. W., Plöderl, M., Niebauer, J., & Raschner, C. (2014). General fatigue and joint position sense in male elite handball players [Article]. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 65(6), 149-153.

<https://doi.org/10.5960/dzsm.2014.129>

Olsson, L., Lund, H., Henriksen, M., Rogind, H., Bliddal, H., & Danneskiold-Samsøe, B. (2004). Test-retest reliability of a knee joint position sense measurement method in sitting and prone position. *Advances in Physiotherapy*, 6(1), 37-47.

<https://doi.org/10.1080/14038190310009894>

Proske, U., Wise, A., & Gregory, J. (2000). The role of muscle receptors in the detection of movements. *Progress in neurobiology*, 60(1), 85-96. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(99\)00022-2](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(99)00022-2)

Ribeiro, F., Mota, J., & Oliveira, J. (2007). Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee in the elderly. *European journal of applied physiology*, 99(4), 379-385.

<https://doi.org/10.1007/s00421-006-0357-8>

Ribeiro, F., Santos, F., Gonçalves, P., & Oliveira, J. (2008). Effects of volleyball match-induced fatigue on knee joint position sense [Article]. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 397-402. <https://doi.org/10.1080/02614360802373060>

Ribeiro, F., Venâncio, J., Quintas, P., & Oliveira, J. (2011). The effect of fatigue on knee position sense is not dependent upon the muscle group fatigued [Article]. *Muscle and Nerve*, 44(2), 217-220. <https://doi.org/10.1002/mus.22018>

Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*, 37(1), 71-79.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164311/pdf/attr_37_01_0071.pdf

Riemann, B. L., Myers, J. B., & Lephart, S. M. (2002). Sensorimotor system measurement techniques. *Journal of athletic training*, 37(1), 85-98.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164313/pdf/attr_37_01_0085.pdf

Efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular na sensação de posição articular do joelho: estudo randomizado controlado

Rozzi, S., Yuktanandana, P., Pincivero, D., & Lephart, S. (2000). Role of fatigue on proprioception and neuromuscular control (*Proprioception and neuromuscular control in joint stability*). (pp. 375-384). IL: Human Kinetics.

Salgado, E., Ribeiro, F., & Oliveira, J. (2015). Joint-position sense is altered by football pre-participation warm-up exercise and match induced fatigue. *Knee*, 22(3), 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2014.10.002>

Sherrington, C. S. (1920). *The Integrative Action of the Nervous System* (6^a ed.). Yale University Press.

Shokri, P., Eslamian, F., Shakouri, S. K., Ohanian, S., & Jahanjoo, F. (2018). Fatigue Induced Effects after Concentric versus Eccentric Exercises on Sense of Force and Senses of Position among Young Normal Adults-A Controlled Single-Blinded Study. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 6(3), 258-267. <https://doi.org/10.24896/jrmds.20186340>

Thomas, A. C., McLean, S. G., & Palmieri-Smith, R. M. (2010). Quadriceps and hamstrings fatigue alters hip and knee mechanics. *Journal of applied biomechanics*, 26(2), 159-170. <https://doi.org/10.1123/jab.26.2.159>

Wu, R., Delahunt, E., Ditroilo, M., Lowery, M. M., & De Vito, G. (2017). Effect of knee joint angle and contraction intensity on hamstrings coactivation. *Med Sci Sports Exerc*, 49(8), 1668-1676.

Anexos

Anexo I- Questionário de Caracterização da Amostra

Código:

Efeito de diferentes protocolos de fadiga muscular na sensação de posição articular do joelho

- Já teve alguma lesão no joelho? – Sim ___ Não ___
 - Se sim, por favor, indique qual: _____

- Já realizou alguma cirurgia no joelho? - Sim ___ Não ___
 - Se sim, por favor, indique qual: _____

- Tem alguma patologia cardiorrespiratória, neurológica ou vestibular?
Sim ___ Não ___
 - Se sim, por favor, indique qual: _____

- Encontra-se a tomar medicação (sedativos, ansiolíticos, antibióticos, analgésicos, AINE's, miorrelaxantes, antibióticos)? - Sim ___ Não ___
 - Se sim, por favor indique qual: _____

A preencher pela investigadora

Teste de Lachman _____ Gaveta anterior _____ Gaveta Posterior _____

Stress em valgo _____ Stress em varo _____

Membro inferior dominante – Esquerdo _____ Direito _____

Nível de atividade física: _____

Idade: _____ Peso: _____ Altura: _____ IMC: _____

Obrigada pela sua colaboração!

Anexo II - Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)

Estamos interessados em saber os tipos de atividades físicas que faz na sua vida quotidiana. As perguntas que lhe irei fazer são sobre o tempo que gastou a ser fisicamente ativo nos últimos 7 dias. Por favor, responda a cada pergunta, mesmo que não se considere uma pessoa ativa. Por favor, pense sobre as atividades que faz no trabalho, em casa, a ir de um lugar para outro, e no seu tempo livre para o exercício, lazer ou desporto.

Pense em todas as atividades **vigorosas** que fez nos **últimos 7 dias**. **Atividades físicas vigorosas** referem-se a atividades de esforço físico elevado e que o fazem respirar com mais dificuldade do que o normal. Pense apenas nas atividades físicas que fez por pelo menos 10 minutos.

1. Durante os **últimos 7 dias**, em quantos dias fez atividades físicas vigorosas, como levantamento de pesos, cavar, aeróbica, ou andar de bicicleta?

_____ **dias por semana**

Não fez atividades físicas vigorosas ➡ *Passar para a questão 3*

2. Quanto tempo gastou fazendo atividades físicas **vigorosas** naqueles dias?

_____ **horas por dia**

_____ **minutos por dia**

Não sabe/Não tem a certeza

Pense em todas as atividades **moderadas** que fez nos **últimos 7 dias**. Atividades moderadas referem-se a atividades de esforço físico moderado e que o fazem respirar com um pouco mais de dificuldade do que o normal. Pense apenas nas atividades físicas que fez por pelo menos 10 minutos

3. Durante os **últimos 7 dias**, em quantos dias fez atividades físicas moderadas, como o transporte de cargas leves, ciclismo a um ritmo regular, ténis? Não incluem caminhar.

_____ **dias por semana**

Não fez atividades físicas moderadas ➡ *Passar para a questão 5*

4. Quanto tempo gastou fazendo atividades físicas moderadas naqueles dias?

_____ **horas por dia**

_____ **minutos por dia**

Não sabe/Não tem a certeza

Pense sobre o tempo que gastou **caminhando** nos **últimos 7 dias**. Isto inclui no trabalho e em casa, andar de um lugar para outro, e qualquer outro passeio que tenha feito exclusivamente para a recreação, desporto, lazer ou exercício.

5. Durante os **últimos 7 dias**, em quantos dias caminhou por pelo menos 10 minutos de cada vez?

_____ **dias por semana**

Não caminhou ➡ *Passar para a questão 7*

6. Quanto tempo gastou caminhando naqueles dias?

_____ **horas por dia**

_____ **minutos por dia**

Não sabe/Não tem a certeza

A última questão é sobre o tempo que gastou **sentado** em dias de semana durante os **últimos 7 dias**. Incluem o tempo gasto no trabalho/escola, em casa, e durante o tempo de lazer. Inclui o tempo gasto sentado à mesa, visitando amigos, lendo ou estando sentado ou deitado a ver televisão.

7. Durante os **últimos 7 dias**, quanto tempo passou **sentado** em dias da semana?

_____ **horas por dia**

_____ **minutos por dia**

Não sabe/Não tem a certeza

Este é o fim do questionário, obrigada pela participação!