

# Fortalecimento do quadríceps através do método *Kaatsu Training* em mulheres com dor femoropatelar

*Quadriceps strengthening by the Kaatsu Training method in women with patellofemoral pain*

*Fortalecimiento del cuádriceps con el método kaatsu training en mujeres con dolor patelofemoral*

Fabiano Marcon Girardi<sup>1</sup>, Leandro Caetano Guenka<sup>2</sup>

**RESUMO** | Este é um estudo transversal, comparativo e randomizado, cujo objetivo foi avaliar os efeitos da técnica de oclusão vascular parcial (*Kaatsu Training*) associada a exercícios de baixa carga no fortalecimento muscular de quadríceps em mulheres com dor femoropatelar. Foram avaliadas 18 mulheres com dor femoropatelar, com idade entre 18 e 35 anos, que foram alocadas em dois grupos. O grupo experimental realizou fortalecimento com redução do fluxo sanguíneo por meio de um esfigmomanômetro, associado com baixa carga ( $\cong 20\%$  RM). Enquanto o grupo-controle realizou exercícios com a mesma carga, porém sem redução do fluxo sanguíneo. O tratamento foi realizado três vezes na semana, em um período de seis semanas, totalizando 18 sessões. Para avaliação foram utilizadas a escala numérica de avaliação da dor (NPRS) e o questionário *anterior knee pain scale* (AKPS); a força muscular de extensores do joelho foi avaliada através do dinamômetro digital. Os resultados mostraram que a técnica de oclusão vascular parcial provocou melhorias significativas nos valores de ganho de força do quadríceps no membro direito, 6,22kg ( $p=0,03$ ), e esquerdo, 6,98kg ( $p=0,04$ ), em mulheres com dor femoropatelar. Portanto, treinamento com oclusão vascular parcial pode ser uma alternativa útil para ganho de força da musculatura extensora do joelho em mulheres com dor femoropatelar que, devido à dor, tenham baixa tolerância a exercícios de alta carga para fortalecimento muscular, sendo uma técnica eficaz, segura e com boa relação de custo-benefício, não necessitando a compra de uma cadeira extensora, uma vez que utilizando um manguito é possível obter resultados significativos associados a exercícios de baixa carga.

**Descritores** | Joelho; Dor; Resistência Física; Reabilitação.

**ABSTRACT** | This is a cross-sectional, comparative, and randomized study aimed to evaluate the effects of the partial vascular occlusion technique (*Kaatsu Training*) associated with low load exercises in the muscle strengthening of quadriceps in women with patellofemoral pain. We evaluated 18 women with patellofemoral pain, aged from 18 to 35 years, allocated into two groups. The experimental group performed the strengthening with blood flow reduction with the aid of a sphygmomanometer, associated with low load ( $\cong 20\%$  RM). Whereas the control group performed exercises with the same load, but without blood flow reduction. The treatment was performed three times a week for six weeks, totaling 18 sessions. We used the numerical pain rating scale (NPRS) and the anterior knee pain scale (AKPS) questionnaire for evaluation; we evaluated the muscle strength of knee extensors by the digital dynamometer. The results showed that the partial vascular occlusion technique significantly improved the values of quadriceps strength gain in the right, 6.22kg ( $p=0.03$ ) and left limb, 6.98kg ( $p=0.04$ ), in women with patellofemoral pain. Therefore, training with partial vascular occlusion can be useful for strengthening of the knee extensor musculature in women with patellofemoral pain who, because of the pain, have low tolerance to high load exercises for muscle strengthening. An effective, safe and cost-effective technique, which does not require an investment in a leg extension machine, since, with a cuff, low load exercises can offer significant results.

**Keywords** | Knee; Pain; Physical Endurance; Rehabilitation.

**RESUMEN** | Se trata de un estudio transversal, comparativo y aleatorizado. El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de la técnica de oclusión vascular parcial (*kaatsu training*)

<sup>1</sup>Centro Universitário União de Ensino do Sudoeste do Paraná (Unisep) – Francisco Beltrão (PR), Brasil. E-mail: fabiano.girardi98@gmail.com. ORCID-0000-0002-6907-4900

<sup>2</sup>Centro Universitário União de Ensino do Sudoeste do Paraná (Unisep) – Campus Francisco Beltrão (PR), Brasil. E-mail: guenkaleandro@gmail.com. ORCID-0000-0002-4069-5746

asociada a ejercicios de baja carga en el fortalecimiento del músculo cuádriceps de mujeres con dolor patelofemoral. Participaron dieciocho mujeres con dolor patelofemoral, con edades entre 18 y 35 años, las cuales fueron divididas en dos grupos. El grupo experimental realizó fortalecimiento con restricción del flujo sanguíneo mediante un esfigmomanómetro asociado a baja carga ( $\cong 20\%$  RM). Mientras tanto el grupo control realizó ejercicios con la misma carga, pero sin restricción del flujo sanguíneo. El tratamiento se aplicó tres veces por semana, durante seis semanas, en total fueron 18 sesiones. Para la evaluación se utilizaron la escala numérica de calificación del dolor (NPRS) y la *anterior knee pain scale* (AKPS); para estimar la fuerza muscular de los extensores de la rodilla se aplicó el dinamómetro digital. Los resultados mostraron que la

técnica de oclusión vascular parcial resultó en mejoras significativas en los valores de ganancia de fuerza del cuádriceps en el miembro derecho, 6,22kg ( $P=0,03$ ), e izquierdo, 6,98kg ( $P=0,04$ ), en mujeres con dolor patelofemoral. Por lo tanto, el entrenamiento con oclusión vascular parcial puede ser una alternativa útil para ganar fuerza en los músculos extensores de la rodilla en mujeres con dolor patelofemoral que, debido al dolor, tienen baja tolerancia a los ejercicios de alta carga para el fortalecimiento muscular, lo que muestra ser una técnica eficaz, segura y con buen costo-beneficio, y no necesita para esto la compra de una silla extensible, ya que con un manguito es posible obtener resultados significativos asociados con ejercicios de baja carga.

**Palabras clave** | Rodilla; Dolor; Resistencia Física; Rehabilitación.

## INTRODUÇÃO

A dor anterior do joelho é conhecida como dor femoropatelar (DFP), sendo sua principal característica para definição de um diagnóstico assertivo a dor ao redor ou atrás da patela, especificamente no decorrer de atividades em que há uma sobrecarga maior na articulação do joelho durante a flexão, por exemplo, em movimentos de agachar, subir/descer escadas e correr<sup>1</sup>. Uma série de fatores biomecânicos pode levar a uma DFP, entre elas: alinhamento anormal patelar, morfologia troclear e fraqueza de quadríceps<sup>1</sup>. Essa condição acomete cerca de 20% da população geral, com maior ênfase em mulheres, e 28,9% dos adolescentes atletas e sedentários numa prevalência anual<sup>2</sup>.

Exercícios específicos para o ganho de força do quadríceps estão presentes em protocolos para DFP. O *American College of Sports Medicine*<sup>3</sup> recomenda de 60 a 70% de uma repetição máxima (1RM) para desenvolver ganho de força e de 70 a 85% de 1RM para o ganho de hipertrofia muscular. Em pacientes com DFP essas cargas elevadas podem levar a maior sobrecarga articular e agravar os sintomas algícos<sup>4</sup>.

O *Kaatsu Training* é um treinamento de restrição de fluxo sanguíneo, associado a exercício, que utiliza a oclusão vascular parcial através da restrição do fluxo sanguíneo com carga reduzida (20 a 40% de 1RM), sem gerar sobrecarga articular. É eficaz em pacientes que apresentam disfunções musculoesqueléticas que podem causar comprometimento articular e fraqueza da musculatura adjacente<sup>5</sup>.

O exercício de restrição de fluxo sanguíneo com cargas baixas (20 a 40% de 1RM) tem se mostrado

uma ferramenta segura<sup>6</sup> e eficaz para melhorar a morfologia e a resposta de força no tecido muscular humano<sup>7</sup>. Essa restrição gera uma hipoxemia tecidual local que acelera o gasto de glicogênio, tornando o meio ácido, ativando o hipotálamo e gerando uma resposta de aumento da produção de GH, o hormônio do crescimento. Contudo a oclusão parcial atua bloqueando a miostatina, proteína responsável pela diminuição da massa muscular, ocorrendo então uma maior ativação de fibras musculares do tipo IIb (fibras rápidas e anaeróbicas), que auxiliam no ganho de força<sup>8</sup>.

Em um estudo que utilizou o treinamento de restrição de fluxo sanguíneo em pacientes acometidos por dor femoropatelar, observou-se que o aumento de força foi semelhante no grupo experimental e no grupo-controle. Porém, o grupo-controle realizou o treinamento com alta carga (70% de 1RM), enquanto o grupo experimental com baixa carga (30% de 1RM)<sup>4</sup>. Contudo, neste estudo a técnica, com exercícios para treino de força com baixa carga, foi utilizada tanto no grupo experimental quanto no grupo-controle, a fim de conseguir detectar, de fato, o efeito da oclusão vascular parcial.

Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do método *Kaatsu Training*, realizado por meio da oclusão vascular parcial, associado a treinos com baixa carga em mulheres com DFP.

## METODOLOGIA

Trata-se de um estudo transversal, comparativo e randomizado, com avaliador duplo-cego e de abordagem

quantitativa, realizado no Centro Universitário Unisep (CEUUN), em Francisco Beltrão (PR), no período de 17 de agosto a 9 de outubro de 2020. As avaliações iniciais e finais foram realizadas por dois colegas de classe, enquanto o tratamento das intervenções foi desenvolvido pelos autores deste trabalho. Os avaliadores não tinham conhecimento de quais participantes estariam no grupo-controle ou no grupo intervenção. Participaram do estudo 18 mulheres acometidas por DFP, na faixa etária de 18 a 35 anos. Após a seleção, as participantes foram divididas aleatoriamente através de um sorteio, no qual seus nomes foram escritos em pequenos papéis e colocados dentro de um recipiente, sendo sorteados e organizados em dois grupos. No grupo experimental foi aplicado o protocolo de tratamento com a oclusão vascular parcial e no grupo-controle a oclusão não foi realizada.

Os critérios de inclusão foram: mulheres com idade entre 18 e 35 anos; acometidas por dor na região anterior do joelho; e identificadas pelo questionário *anterior knee pain scale* (AKPS)<sup>9</sup>. Os critérios de exclusão foram: possuir outras patologias relacionadas ao joelho; apresentar varizes ou problemas cardiovasculares; ter realizado tratamento fisioterapêutico nos últimos dois meses; e ser gestante.

Inicialmente cada participante preencheu a ficha de avaliação e dados antropométricos. Posteriormente foi avaliada a musculatura extensora do joelho bilateralmente por 1RM, 20% de 1RM bilateral e pressão arterial sistólica (PAS) em repouso.

Na sequência, aplicou-se a escala numérica de avaliação da dor e o questionário AKPS. O resultado do AKPS é um escore de 0 a 100, em que 100 significa aptidão para a prática de exercícios físicos e 0 indica afastamento das atividades funcionais diárias. Um escore abaixo de 82 aponta tendência para desordens femoropatulares<sup>10</sup>.

Realizou-se também a quantificação da força muscular dos extensores do joelho através de um dinamômetro digital portátil (E-lastic) que, por meio de um aplicativo no celular com a ativação do Bluetooth e GPS, apresenta dados dispostos em gráficos, que quantificam a força da musculatura extensora do joelho em quilos (kg). Todas as participantes realizaram esse teste em sedestação, com flexão do quadril a 90° e flexão de joelho a aproximadamente 70°, posição em que se tem o torque de pico extensor do joelho<sup>11</sup>.

O tratamento ocorreu na parte da cadeira extensora de um equipamento de musculação. Foi utilizado o aparelho da marca Movement, modelo W2, para a realização dos exercícios de força muscular extensora de joelho.

A frequência foi de três vezes na semana, por um período de seis semanas, totalizando 18 intervenções.

O grupo experimental foi submetido a um treinamento de força muscular com baixa carga, aproximadamente 20% de 1RM. Devido à limitação do aparelho, não foi possível trabalhar com essa carga exata, entretanto, empregou-se a carga mais próxima de 20%, com apenas uma barra de resistência da estação que pesava aproximadamente 6,80kg de resistência externa. Associado à carga, realizou-se a oclusão vascular parcial por meio de um esfigmomanômetro, com largura de aproximadamente 15cm, da marca Solidor, acoplado na região proximal da coxa unilateral, com pressão de insuflação 20mmHg + PAS em repouso<sup>12</sup>, sendo obtida uma média da PAS de 123,33mmHg do grupo experimental. Foram realizados exercícios alternados em cadeia cinética aberta na cadeira extensora para o recrutamento e a ativação do grupamento muscular do quadríceps, em quatro séries. A primeira série foi de 30 repetições e as outras três, de 15 repetições, com intervalos de 20s entre cada série, sem desinsuflar o manguito<sup>13</sup>. Já o grupo-controle passou pelo mesmo protocolo com a mesma carga de 6,80kg do grupo experimental, sem a oclusão vascular parcial, realizando apenas o exercício conservador.

## Análise estatística

As variáveis numéricas foram avaliadas quanto à distribuição de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e, sendo o pressuposto de normalidade aceito, foram apresentadas em média ( $\bar{x}$ ) e desvio-padrão (DP). Para comparar as diferenças entre as médias dos grupos, utilizou-se o teste t de Student para amostras não pareadas, com significância de 5%.

## RESULTADOS

Das 18 participantes que iniciaram o programa, três não completaram o acompanhamento (duas no grupo-controle e uma no grupo experimental). Os dados antropométricos encontram-se na Tabela 1.

Após ser realizada a avaliação inicial, não se encontrou diferença estatística significativa entre os grupos (Tabela 2).

Na comparação entre os grupos após a avaliação final, verificou-se diferença estatisticamente significativa quanto à resistência máxima da musculatura extensora do joelho direito e do joelho esquerdo, com maior média de força para o grupo experimental (Tabela 3).

Tabela 1. Caracterização da amostra, média (desvio-padrão)

	Grupo-controle (n=7) $\bar{X}$ (DP)	Grupo experimental (n=8) $\bar{X}$ (DP)
Idade (anos)	28,5 (3,90)	23,2 (1,98)
Peso (kg)	60,6 (12,17)	58 (6,44)
Altura (m)	1,59 (0,03)	1,62 (0,06)
IMC	23,7 (4,68)	22,0 (2,05)
Pressão Arterial Sistólica/Repouso (mmHg)	114,3 (13,97)	122,5 (7,07)

$\bar{X}$ (DP): média (desvio-padrão); IMC: índice de massa corporal.

Tabela 2. Comparação dos valores iniciais da força do quadríceps bilateral

Variáveis	Grupo-Controle $\bar{X}$ (DP)	Grupo Experimental $\bar{X}$ (DP)	T	p
RM_D_Inicial	37,42 (8,16)	39,47 (5,46)	-0,57	0,57
RM_E_Inicial	38,65 (5,34)	39,72 (7,58)	-0,31	0,76
20%_RM_D_Inicial	7,48 (1,63)	8,20 (1,55)	-0,86	0,40
20%_RM_E_Inicial	7,73 (1,06)	7,94 (1,51)	-0,31	0,76
Score_AKPS_Inicial	79,85 (13,92)	77,75 (11,53)	0,32	0,75
Dor_NPRS_Inicial	6,71 (1,11)	6,12 (0,64)	1,27	0,23

$\bar{X}$ (DP): média (desvio-padrão); RM\_D\_Inicial: resistência máxima inicial do quadríceps do joelho direito; RM\_E\_Inicial: resistência máxima inicial do quadríceps do joelho esquerdo; Score\_AKPS\_Inicial: escore inicial do questionário *anterior knee pain scale*; Dor\_NPRS\_Inicial: valor inicial da escala numérica de dor.

\*Teste t de Student ( $p \leq 0,05$ ): diferença estatisticamente significante.

Tabela 3. Comparação dos valores finais da força do quadríceps bilateral

Variáveis	Grupo-Controle $\bar{X}$ (DP)	Grupo Experimental $\bar{X}$ (DP)	T	p
RM_D_Final	39,28 (7,78)	47,57 (5,50)	-2,40	<b>0,03*</b>
RM_E_Final	40,20 (6,63)	48,25 (7,16)	-2,28	<b>0,04*</b>
Score_AKPS_Final	90,28 (6,04)	90,87 (6,08)	-0,18	0,85
Dor_NPRS_Final	3,28 (1,11)	1,87 (1,55)	1,99	0,06

$\bar{X}$ (DP): média (desvio-padrão); RM\_D\_Final: resistência máxima final da musculatura do joelho direito; RM\_E\_Final: resistência máxima final da musculatura do joelho esquerdo; Score\_AKPS\_Final: escore final do questionário *anterior knee pain scale*; Dor\_NPRS\_Final: valor final da escala numérica de dor.

\*Teste t de Student ( $p \leq 0,05$ ): diferença estatisticamente significante.

O grupo experimental apresentou melhora significativa quanto ao valor de força da musculatura extensora do joelho esquerdo na comparação dos valores da avaliação inicial e final (Figura 1). Após a intervenção, as participantes conseguiram elevar a pontuação de 39,72kg na avaliação inicial para 48,25kg na avaliação final.

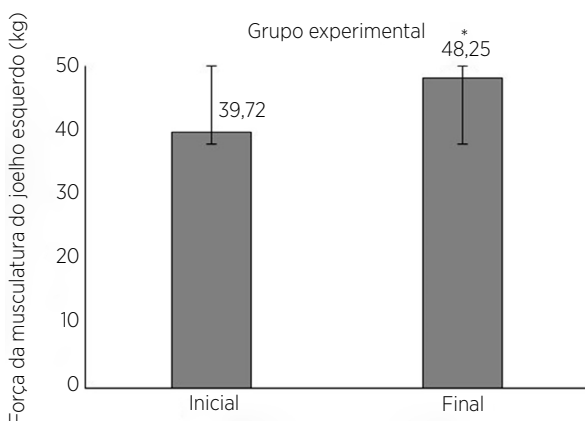


Figura 1. Comparação entre médias da força muscular finais de uma repetição máxima dos extensores do joelho esquerdo

\*Teste t de Student ( $p \leq 0,05$ ): diferença estatisticamente significante.

O grupo experimental apresentou aumento significativo no valor de força da musculatura do joelho direito quando comparados os valores da avaliação inicial e final (Figura 2). Após a intervenção, houve o aumento de 39,47kg na avaliação inicial para 47,57kg na avaliação final.

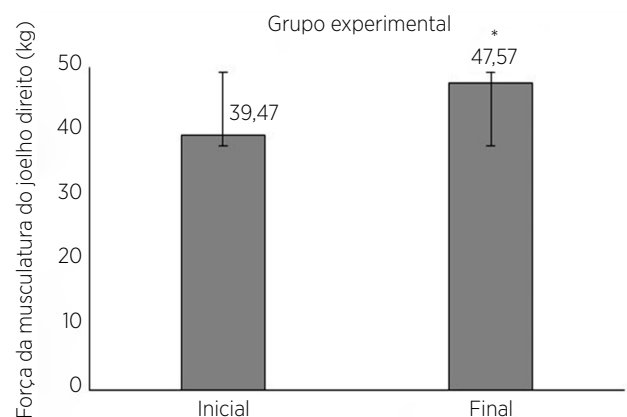


Figura 2. Comparação entre médias da força muscular finais de uma repetição máxima do quadríceps direito

Para o questionário AKPS não houve diferenças significativas entre os grupos.

## DISCUSSÃO

O método de restrição de fluxo com baixa carga proporcionou um aumento significativo no ganho de força da musculatura extensora dos joelhos em mulheres com DFP quando comparados os resultados dos grupos experimental e controle. Reforça-se que o ganho de força é importante, visto que o tratamento conservador da DFP tradicionalmente se concentra no fortalecimento do quadríceps. Esse manejo se baseia na ideia de que o quadríceps é responsável pela estabilização dinâmica da patela dentro do sulco troclear<sup>14</sup>.

Estudos que avaliaram os resultados de um treinamento de força do quadríceps (variando de quatro a seis semanas) mostraram ganhos em torno de 5 a 25%<sup>15,16</sup>. Resultados semelhantes ao deste estudo, em que o grupo experimental apresentou ganho de 21% no membro esquerdo e 20,5% no membro direito. Em geral, os exercícios de resistência de alta intensidade (aproximadamente 80% de 1RM) são considerados ideais para aumentar o tamanho e a força muscular. No entanto, muitos pacientes com lesões no joelho relatam desconforto ao realizar exercícios convencionais para ganhos de força muscular com alta carga. Nesse contexto, surgem exercícios de resistência de baixa intensidade (20% de 1RM) combinados com a oclusão vascular no intuito de aumentar a força muscular.

Giles et al.<sup>4</sup> apresentaram um protocolo que consiste em exercícios com baixas cargas associados à restrição do fluxo sanguíneo em pacientes com DFP (n=69). Os participantes desse estudo foram divididos em dois grupos: grupo-controle (70% de 1RM), sem oclusão, e grupo experimental (30% de 1RM), com oclusão. Ambos os grupos realizaram exercícios na cadeira extensora e *leg press*. O aumento de força foi semelhante nos dois grupos, mas o grupo que realizou a oclusão apresentou melhor resultado com relação à diminuição da dor.

Alguns autores mostraram que a oclusão vascular parcial associada a exercícios de baixa carga pode aumentar a força muscular devido a uma maior ativação de fibras de contração rápida (tipo II)<sup>17,18</sup>. A oclusão parcial gera um ambiente anaeróbico no ventre muscular, antecipando a ativação das fibras do tipo II, com maior predominância de força, e, assim, diminuindo a ativação das fibras de contração lenta (tipo I)<sup>5,18</sup>. Outros autores levantaram a hipótese de que os efeitos da oclusão vascular parcial estão relacionados ao aumento da secreção do hormônio do crescimento (GH) e à ativação do mecanismo de síntese proteica<sup>19</sup>. Trabalhos mostram que o treinamento com baixa carga e restrição do fluxo sanguíneo (30% de 1RM) apresentou os mesmos resultados em termos de adaptações musculares funcionais, quando comparado ao treinamento com alta carga (75% de 1RM)<sup>18,20</sup>. No entanto,

os exercícios de resistência com pressão de oclusão vascular relativamente baixa podem ser considerados potencialmente úteis para o aumento da força<sup>21</sup>.

Neste estudo, a dor, mensurada através da escala numérica de avaliação da dor<sup>22</sup>, diminuiu em ambos os grupos de moderada na avaliação inicial para leve na avaliação final. A redução da dor como consequência do treinamento de força muscular deve-se ao fato de que os músculos da articulação do joelho evitam o deslizamento lateral da patela e o aumento da área de contato articular, levando à diminuição da sobrecarga articular e, conseqüentemente, à redução da dor<sup>23</sup>. Contudo, o resultado da diminuição da dor poderia ser mais expressivo e significativo se o número amostral fosse maior.

Uma revisão sistemática baseada em ensaios clínicos mostrou que o treinamento de força dos músculos do quadril e do joelho, três vezes por semana, durante seis semanas, pode reduzir a dor e melhorar a funcionalidade em pessoas com níveis muito altos de dor femoropatelar<sup>24</sup>. Através da análise dos resultados do questionário AKPS, foi possível constatar que as participantes saíram do status “com tendência para desordens femoropatelares” para o nível “aptidão para realizar atividades físicas”.

Vale ressaltar a questão da mudança mínima detectável (MDC), pois um estudo mostrou que, para o AKPS, a MDC é de 14, o que significa que para refletir mudança real na condição do paciente é necessária uma variação de 14 pontos ou mais<sup>25</sup>. Neste estudo, pode-se observar que o grupo experimental obteve um aumento de 13,12 pontos, valor muito próximo para que fosse possível detectar uma mudança real.

Deve-se levar em consideração algumas limitações que este estudo possui. A primeira delas é que não foi possível utilizar a carga exata de 20% de 1RM, devido à limitação da cadeira extensora com a carga externa imposta pela máquina, utilizando carga fixa de 6,80kg, equivalente ao peso de uma barra de resistência do aparelho. A carga utilizada tanto para o grupo-controle quanto para o grupo experimental foi de valores próximos a 20% de 1RM. Além disso, vale destacar que o tratamento foi realizado em um curto período e com número menor de participantes, em razão da pandemia do coronavírus.

Outro possível viés do estudo está relacionado a um dos principais problemas de um estudo transversal: causalidade reversa. Já que, para a variável força muscular, não se pode afirmar se sua perda foi causa ou consequência da DFP, dependendo da condição clínica e/ou funcional da paciente. Futuros estudos devem incluir maior tamanho amostral e intervenção de oclusão vascular parcial com o objetivo de avaliar qualquer efeito placebo.

## CONCLUSÃO

O treinamento com oclusão vascular parcial pode ser uma boa alternativa para o ganho de força da musculatura extensora do joelho em mulheres com DFP que, devido à dor, apresentem baixa tolerância a exercícios com alta carga para fortalecimento muscular. Isso porque a técnica possibilita obter ganho de força com baixas cargas em associação ao método *Kaatsu Training*.

## REFERÊNCIAS

- Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, Collins NJ, Davis IS, Powers CM, et al. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part I: terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. *Br J Sports Med*. 2016;50(14):839-43. doi: 10.1136/bjsports-2016-096384.
- Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, et al. Incidence and prevalence of patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2018;13(1):e0190892. doi: 10.1371/journal.pone.0190892.
- American College of Sports Medicine. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.
- Giles L, Webster KE, McClelland J, Cook JL. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *Br J Sports Med*. 2017;51(23):1688-94. doi: 10.1136/bjsports-2016-096329.
- Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017;51(13):1003-11. doi: 10.1136/bjsports-2016-097071.
- Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bemben MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(4):510-8. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x.
- Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: a systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2016;19(8):669-75. doi: 10.1016/j.jsams.2015.09.005.
- Killinger B, Lauver JD, Donovan L, Goetschius J. The effects of blood flow restriction on muscle activation and hypoxia in individuals with chronic ankle instability. *J Sport Rehabil*. 2019;29(5):633-9. doi: 10.1123/jsr.2018-0416.
- Cunha RA, Costa LOP, Hespanhol LC Jr, Pires RS, Kujala UM, Lopes AD. Translation, cross-cultural adaptation, and clinimetric testing of instruments used to assess patients with patellofemoral pain syndrome in the Brazilian population. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(5):332-9. doi: 10.2519/jospt.2013.4228.
- Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK, Taimela S, Hurme M, Nelimarkka O. Scoring of patellofemoral disorders. *Arthroscopy*. 1993;9(2):159-63. doi: 10.1016/s0749-8063(05)80366-4.
- Pincivero DM, Salfetnikov Y, Campy RM, Coelho AJ. Angle-and gender-specific quadriceps femoris muscle recruitment and knee extensor torque. *J Biomech*. 2004;37(11):1689-97. doi: 10.1016/j.jbiomech.2004.02.005.
- Goldfarb AH, Garten RS, Chee PDM, Cho C, Reeves GV, Hollander DB, et al. Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls: influence of partial vascular occlusion. *Eur J Appl Physiol*. 2008;104(5):813-9. doi: 10.1007/s00421-008-0836-1.
- Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety. *Front Physiol*. 2019;10:533. doi: 10.3389/fphys.2019.00533.
- Powers CM. Rehabilitation of patellofemoral joint disorders: a critical review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;28(5):345-54. doi: 10.2519/jospt.1998.28.5.345.
- Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, Williams PS, Guiler MK, Knutson MJ, et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scand J Med Sci Sports*. 2011;21(5):653-62. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01100.x.
- Anwer S, Alghadir A. Effect of isometric quadriceps exercise on muscle strength, pain, and function in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled study. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(5):745-8. doi: 10.1589/jpts.26.745.
- Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara AY, Fernandes AR, Parcell AC, Ricard M, et al. Effects of strength training and vascular occlusion. *Int J Sports Med*. 2008;29(8):664-7. doi: 10.1055/s-2007-989405.
- Wernbom M, Augustsson J, Raastad T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise? *Scand J Med Sci Sports*. 2008;18(4):401-16. doi: 10.1111/j.1600-0838.2008.00788.x.
- Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med*. 2010;31(1):1-4. doi: 10.1055/s-0029-1239499.
- Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(10):2525-33. doi: 10.1007/s00421-011-1873-8.
- Sumide T, Sakuraba K, Sawaki K, Ohmura H, Tamura Y. Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *J Sci Med Sport*. 2009;12(1):107-12. doi: 10.1016/j.jsams.2007.09.009.
- Calil AM, Pimenta CAM. Intensidad del dolor y adecuación de la analgesia. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2005;13(5):692-9. doi: 10.1590/S0104-11692005000500013.
- Chiu JKW, Wong YM, Yung PSH, Ng GYF. The effects of quadriceps strengthening on pain, function, and patellofemoral joint contact area in persons with patellofemoral pain. *Am J Phys Med Rehabil*. 2012;91(2):98-106. doi: 10.1097/PHM.0b013e318228c505.
- Santos TRT, Oliveira BA, Ocarino JM, Holt KG, Fonseca ST. Effectiveness of hip muscle strengthening in patellofemoral pain syndrome patients: a systematic review. *Braz J Phys Ther*. 2015;19(3):167-76. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0089.
- Watson CJ, Propps M, Ratner J, Zeigler DL, Horton P, Smith SS. Reliability and responsiveness of the lower extremity functional scale and the anterior knee pain scale in patients with anterior knee pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(3):136-46. doi: 10.2519/jospt.2005.35.3.136.