









Treinamento de resistência de flexores e extensores de joelho: existe relação entre o número de repetições semanais e equilíbrio de agonistas antagonistas?

Resistance training of knee flexors and extensors: is there a relationship between the number of weekly repetitions and antagonist agonist balance?

Rodrigo Pereira da Silva^{1,2,7} , Giovana Brugnerotto¹ , Diogo Rodrigues¹ , Henrique Stelzer Nogueira² ,
Dilmar Pinto Guedes Jr^{1,4} , Leonardo Emmanuel de Medeiros Lima^{5,6} , Aylton Figueira Junior⁵ ,
Victor Zuniga Dourado³ 

1. Universidade Metropolitana de Santos, Santos, SP, Brasil

2. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

3. Universidade Federal de São Paulo, Santos, SP, Brasil

4. Universidade Santa Cecília, Santos, SP, Brasil

5. Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

6. Centro Universitário de Jaguariúna, Jaguariúna, SP, Brasil

7. Faculdade Praia Grande, Praia Grande, SP, Brasil

RESUMO

Introdução: O treinamento de volume semanal é um método de monitoramento e pode mostrar o equilíbrio dos músculos envolvidos nos movimentos articulares, como quadríceps e isquiotibiais até os movimentos de extensão e flexão do joelho. A relação isquiotibiais (I)/quadríceps (Q) no teste de torque isocinético é uma forma de analisar o risco de lesão no joelho. **Objetivo:** Testar a hipótese de que existe relação entre o volume de repetições semanais de TR e o equilíbrio dos músculos extensores e flexores do joelho. **Métodos:** Avaliar a relação entre o volume de repetições semanais e o equilíbrio muscular dos extensores e flexores do joelho em 21 sujeitos treinados em teste de torque isocinético em velocidades angulares de 60°/s e 300°/s. **Resultados:** A análise dos dados demonstrou que não houve diferença no volume semanal de repetições realizadas para Q e I, e apresentar ser pobre em I/Q, apesar de uma boa relação I/Q pobre em 300°/s. **Conclusão:** Esses dados contradizem a literatura atual, pois estudos mostram diferenças no treinamento de volume semanal entre quadríceps e isquiotibiais, bem como melhores valores da relação I/Q a 60°/s para pessoas sem lesão no joelho. Nossos dados contribuem para a discussão contínua sobre o equilíbrio muscular e a preservação da saúde do joelho.

Palavras-chave: treinamento de força; agonistas e antagonistas; equilíbrio muscular; treinamento de resistência.

ABSTRACT

Introduction: Weekly volume training is a monitoring method and can show balance in muscles involved in joint movements, as quadriceps and hamstring muscles to knee extension and flexion movements. The hamstring (H)/quadriceps (Q) ratio in isokinetic torque test is a way to analysis for knee injury risk. **Objective:** test the hypothesis that there is a relationship between the volume of repetitions weekly RT and the balance of the knee extensors and flexors muscles. **Methods:** To evaluate the relationship between the weekly repetitions volume and muscle balance of knee extensors and flexors in 21 strength trained subjects in isokinetic torque test at 60°/s and 300°/s angular velocities. **Results:** The data analysis demonstrated that there was no difference in the weekly volume of reps performed for Q and H and shows poor H/Q ratio at 60°/s, despite of a good H/Q ratio at 300°/s. **Conclusion:** These data contradict the current literature, as studies show differences in weekly volume training between quadriceps and hamstring, as well as better values of H/Q ratio at 60°/s for no knee injury people. Our data contribute to the ongoing discussion about muscle balance and preservation of knee health.

Keywords: strength training; agonists and antagonists; muscle balance; resistance training.

Recebido em: 13 de março de 2021; Aceito em: 20 de setembro de 2021.

Correspondência: Rodrigo Pereira da Silva, Avenida Gerson Maturani, 1001, Casa 77, Enseada 110440280 Guarujá, SP, Brasil. r.pereirads@hotmail.com

Introdução

O número de repetições por grupo muscular é uma variável importante para determinar o volume de treinamento e considera-se importante que ambos os músculos agonistas e antagonistas sejam treinados igualmente para manter um equilíbrio muscular adequado [1]. Um desequilíbrio entre os músculos agonistas e antagonistas pode aumentar o risco de lesão [2-4]. O dinamômetro isocinético é o método padrão ouro para determinar importantes variáveis de desempenho muscular, como força, potência, trabalho e equilíbrio em grupos musculares [5].

A relação isquiotibiais/quadríceps (I/Q) é o resultado do valor de pico de torque da equação dos flexores/extensores do joelho no modo concêntrico/concêntrico [6-8]. Embora alguns estudos tenham investigado o volume de repetições semanais ideal por grupo muscular [9] e vários estudos tenham avaliado a relação entre o equilíbrio dos músculos agonistas e antagonistas usando o dinamômetro isocinético [6,10-14], poucos estudos têm associado o volume de repetições semanais com o déficit de força dos músculos flexores e extensores da articulação do joelho. O objetivo deste estudo é testar a hipótese de que existe relação entre o volume de repetições semanais de TR e o equilíbrio dos músculos extensores e flexores do joelho.

Material e métodos

Amostra

21 indivíduos (masculino n = 10; feminino n = 11), foram recrutados por conveniência. Eram praticantes de musculação em academia de ginástica, com tempo de experiência nos últimos três anos, informado por entrevista, e não apresentavam lesões nos joelhos. Todos os sujeitos foram informados dos procedimentos experimentais e, posteriormente, forneceram consentimento informado por escrito para participar. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Metropolitana de Santos (protocolo 1.598.072).

Volume de repetições semanais

Os exercícios foram selecionados considerando exercícios específicos para os músculos quadríceps (Q) e isquiotibiais (I) de acordo com a tabela proposta por Teixeira *et al.* [15]. A análise do volume de repetições semanais realizadas por grupo muscular de cada sujeito foi calculada pela equação: número de repetições x número de séries x frequência de treinamento semanal por grupo muscular.

Instrumento da pesquisa

Para avaliação do desempenho muscular e do equilíbrio, os pesquisadores utilizaram um dinamômetro isocinético (*Biodex, Lumex Inc., Ronkonkoma, NY, EUA*), do Departamento de Ciências do Movimento Humano, Epidemiologia e Laboratório do Movimento Humano - EPIMOV, Santos (SP-Brasil).

Procedimentos

Inicialmente, todos os sujeitos estavam familiarizados com o teste do dinamômetro isocinético. Cada sujeito foi posicionado na cadeira de teste do joelho do dinamômetro isocinético com as alças de estabilização no tórax e uma almofada horizontal no terço médio e na metade proximal do terço distal das coxas. O tronco estava apoiado no encosto da cadeira do teste. O eixo da articulação do joelho foi alinhado com o eixo mecânico do dinamômetro. A amplitude de movimento inicial da articulação do joelho era de flexão de 90°. Uma vez posicionados, os sujeitos realizaram uma sessão de familiarização com três repetições submáximas nas mesmas velocidades utilizadas nos testes, a fim de reduzir os efeitos do aprendizado e garantir a reprodutibilidade da coleta de dados [16]. Os testes máximos e de contração concêntrica dos extensores e flexores foram realizados no membro dominante, um com velocidade angular de 60°/s (série de cinco repetições) e 300°/s (série de 30 repetições) para análise das variáveis. As variáveis de contração muscular medidas foram pico médio de torque, potência média, produção total de trabalho e I/Q.

Os sujeitos realizaram cinco repetições de contração concêntrica dos músculos extensores / flexores com esforço máximo, e foram fortemente incentivados pelo pesquisador durante todo o procedimento do teste [17]. A influência gravitacional foi corrigida durante o teste. Para os dados descritivos, após a confirmação da não normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, o teste de Mann-Whitney foi escolhido para comparar o índice de massa corporal (IMC), tempo de prática e volume de treinamento muscular semanal dos isquiotibiais, todos entre os sexos, enquanto após a confirmação de normalidade, optou-se pelo teste t de Student para comparar idade, peso, altura e volume de treinamento muscular do quadríceps semanal, todos entre os sexos.

Os resultados dos dados descritivos da comparação dos sexos não mostraram diferenças significativas entre o treinamento de volume semanal de isquiotibiais e quadríceps, e mostraram diferenças significativas para IMC, peso e altura. Portanto, a comparação do pico de torque e do treinamento de volume dos músculos (isquiotibiais e quadríceps) foi limitada apenas intragrupos.

O teste de Shapiro-Wilk mostra não normalidade para ambos os sexos com treinamento semanal de volume dos isquiotibiais e quadríceps, para todas as velocidades de pico de torque e para a razão agonista/antagonista. Portanto, o teste de Wilcoxon foi escolhido para comparar intragrupos o volume de treinamento semanal dos exercícios dos músculos isquiotibiais e quadríceps e para comparar o pico de torque dos testes isocinéticos dos flexores e extensores do joelho.

O teste de correlação de Spearman foi escolhido para verificar a associação entre os resultados do treinamento de volume semanal e o torque muscular. O teste de Shapiro-Wilk mostra para I/Q a 60°/s e a 300°/s em ambos os grupos de sexos, então o teste t Student foi escolhido para comparar esta relação entre força máxima (60°/s) e força de resistência (300°/s). A significância adotada para todas as análises foi $p \leq 0,05$.

Resultados

A Tabela I mostra as características gerais da amostra. Os homens são mais pesados e possuem maior estatura quando comparados às mulheres, portanto, na análise do IMC, os homens são classificados como com sobrepeso e as mulheres eutróficas. Sobre o tempo de prática de treinamento de força, 81% da amostra possui pelo menos 6 anos de treinamento sistemático e ininterrupto.

Tabela I - Descrição dos dados dos participantes recrutados

Sujeitos	Idade (anos)	Massa corporal (kg)	Altura (m)	IMC (kg / m ²)	Tempo de prática (anos)
Homens					
1	31,00	70,00	1,75	22,86	6,00
2	23,00	89,00	1,76	28,73	6,00
3	30,00	85,00	1,73	28,40	10,00
4	27,00	88,00	1,88	24,90	6,00
5	26,00	119,00	1,78	37,56	7,00
6	27,00	90,00	1,78	28,41	7,00
7	48,00	87,00	1,86	25,15	20,00
8	45,00	77,00	1,71	26,33	20,00
9	45,00	81,00	1,81	24,72	25,00
10	30,00	67,00	1,75	21,88	6,00
Média	33,20	85,30*	1,78*	26,89**	11,30
DP	9,16	14,29	0,05	4,41	7,38
Mulheres					
1	30,00	65,00	1,65	23,88	8,00
2	37,00	70,00	1,69	24,51	10,00
3	34,00	64,00	1,68	22,68	8,00
4	18,00	70,00	1,76	22,60	3,00
5	21,00	66,00	1,73	22,05	3,00
6	21,00	71,00	1,74	23,45	3,00
7	41,00	58,00	1,55	24,14	20,00
8	43,00	54,00	1,50	24,00	10,00
9	37,00	64,00	1,64	23,80	20,00
10	43,00	49,00	1,49	22,07	3,00
11	21,00	82,00	1,69	28,71	7,00
Média	31,45	64,82	1,65	23,81	8,64
DP	9,68	8,96	0,09	1,83	6,27

DP = desvio padrão; kg = quilograma; m = metros; *p ≤ 0,05 comparação entre os sexos pelo teste t Student; ** p ≤ 0,05 comparação entre os sexos pelo teste Mann-Whitney

A Tabela II mostra o treinamento semanal semelhante para isquiotibiais e quadríceps em ambos os grupos de sexos. Todas as variáveis de extensão de joelho produziram significativamente mais força máxima, resistência muscular e potência muscular quando comparadas à flexão de joelho para ambos os sexos. No entanto, diferenças significativas foram encontradas entre isocinético de extensão e flexão para todos os parâmetros.

Tabela II - Comparação entre volume de treinamento semanal, pico de torque e potência muscular

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Homens														
Média	46,30	43,30	271,20 ^a	131,07	137,72 ^b	88,32	173,51 ^c	97,48	276,35 ^d	162,66	249,96 ^e	124,14	101,90 ^f	67,70
DP	10,50	7,67	60,98	24,04	32,27	21,08	41,51	21,94	48,54	38,49	61,38	25,49	23,16	12,84
Mulheres														
Média	45,36	45,27	175,33 ^g	79,97	93,09 ^h	62,32	115,58 ⁱ	57,82	181,11 ^j	105,47	162,04 ^k	74,39	68,06 ^l	47,55
DP	13,31	13,34	44,63	18,76	20,58	13,55	35,19	17,25	50,32	30,14	41,58	18,69	17,74	8,61

DP = desvio padrão; A = volume de treinamento semanal do quadríceps; B = volume de treinamento semanal dos isquiotibiais; C = pico de torque da extensão 600/s (Nm); D = pico de torque da flexão 600/s (Nm); E = pico de torque da extensão 3000/s (Nm); F = pico de torque da flexão 3000/s (Nm); G = potência de extensão 600/s (watts); H = potência de flexão 600/s (watts); I = potência de extensão 3000/s (watts); J = potência de flexão 3000/s (watts); K = pico de torque médio extensão 600/s (Nm); L = pico de torque médio flexão 600/s (Nm); M = pico de torque médio extensão 3000/s (Nm); N = pico de torque médio flexão 3000/s (Nm); a = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon C vs D no grupo Homens; b = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon E vs F no grupo Homens; c = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon G vs H no grupo Homens; d = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon I vs J no grupo Homens; e = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon K vs L no grupo Homens; f = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon M vs N no grupo Homens; g = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon C vs D no grupo Mulheres; h = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon E vs F no grupo Mulheres; i = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon G vs H no grupo Mulheres; j = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon I vs J no grupo Mulheres; k = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon K vs L no grupo Mulheres; l = $p \leq 0,05$ teste de Wilcoxon M vs N no grupo Mulheres

Correlações fortes e significativas foram encontradas entre os parâmetros para cada movimento concêntrico (extensão e extensão ou flexão e flexão), assim como entre os movimentos concêntricos (extensão e flexão), conforme demonstrado nas tabelas III e IV.

Tabela III - Correlação no grupo dos homens (parte 1)

		A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2
A1	Coefficiente de correlação	1,000	-0,228	-0,272	0,006	-0,228	0,006	-0,336	,907**	-0,488	-0,488	-0,304	-0,095	-0,443	-0,545
	Sig. (2 extremes)		0,526	0,446	0,986	0,526	0,986	0,343	0,000	0,153	0,153	0,393	0,794	0,199	0,103
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
B1	Coefficiente de correlação	-0,228	1,000	0,588	,903**	0,539	,939**	0,612	-0,380	,891**	,697*	,806**	0,479	,842**	,697*
	Sig. (2 extremes)	0,526		0,074	0,000	0,108	0,000	0,060	0,279	0,001	0,025	0,005	0,162	0,002	0,025
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
C1	Coefficiente de correlação	-0,272	0,588	1,000	,721*	,927**	,685*	,988**	-0,386	0,600	,806**	0,430	0,430	0,491	,661*
	Sig. (2 extremes)	0,446	0,074		0,019	0,000	0,029	0,000	0,270	0,067	0,005	0,214	0,214	0,150	0,038
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
D1	Coefficiente de correlação	0,006	,903**	,721*	1,000	,661*	,988**	,709*	-0,222	,806**	,721*	,782**	0,588	,770**	,685*
	Sig. (2 extremes)	0,986	0,000	0,019		0,038	0,000	0,022	0,538	0,005	0,019	0,008	0,074	0,009	0,029
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
E1	Coefficiente de correlação	-0,228	0,539	,927**	,661*	1,000	0,624	,952**	-0,367	0,588	,818**	0,455	0,527	0,467	,709*
	Sig. (2 extremes)	0,526	0,108	0,000	0,038		0,054	0,000	0,296	0,074	0,004	0,187	0,117	0,174	0,022
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
F1	Coefficiente de correlação	0,006	,939**	,685*	,988**	0,624	1,000	,673*	-0,184	,794**	,673*	,745*	0,503	,745*	,636*
	Sig. (2 extremes)	0,986	0,000	0,029	0,000	0,054		0,033	0,611	0,006	0,033	0,013	0,138	0,013	0,048
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
G1	Coefficiente de correlação	-0,336	0,612	,988**	,709*	,952**	,673*	1,000	-0,462	,661*	,867**	0,491	0,491	0,552	,733*
	Sig. (2 extremes)	0,343	0,060	0,000	0,022	0,000	0,033		0,178	0,038	0,001	0,150	0,150	0,098	0,016
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

A1 = volume de treinamento semanal do quadríceps; B1 = pico de torque de extensão 60°/s (Nm); C1 = pico de torque de extensão 300°/s (Nm); D1 = potência de extensão 60°/s (watts); E1 = potência de extensão 300°/s (watts); F1 = pico de torque médio da extensão 60°/s (Nm); G1 = pico de torque médio da extensão 300°/s (Nm); A2 = volume de treinamento semanal dos isquiotibiais; B2 = pico de torque de flexão 60°/s (Nm); C2 = pico de torque de flexão 300°/s (Nm); D2 = potência de flexão 60°/s (watts); E2 = potência de flexão 300°/s (watts); F2 = pico de torque médio de flexão 60°/s (Nm); G2 = pico de torque médio de flexão 300°/s (Nm).

* $p \leq 0,05$ pelo teste de Spearman; ** $p \leq 0,01$ pelo teste de Spearman

Tabela III - Correlação no grupo dos homens (parte 2)

		A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2
A2	Coefficiente de correlação	,907**	-0,380	-0,386	-0,222	-0,367	-0,184	-0,462	1,000	-,665*	-,665*	-0,545	-0,412	-,634*	-,710*
	Sig. (2 extremes)	0,000	0,279	0,270	0,538	0,296	0,611	0,178		0,036	0,036	0,103	0,237	0,049	0,022
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
B2	Coefficiente de correlação	-0,488	,891**	0,600	,806**	0,588	,794**	,661*	-,665*	1,000	,879**	,939**	,673*	,976**	,927**
	Sig. (2 extremes)	0,153	0,001	0,067	0,005	0,074	0,006	0,038	0,036		0,001	0,000	0,033	0,000	0,000
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
C2	Coefficiente de correlação	-0,488	,697*	,806**	,721*	,818**	,673*	,867**	-,665*	,879**	1,000	,770**	,636*	,818**	,952**
	Sig. (2 extremes)	0,153	0,025	0,005	0,019	0,004	0,033	0,001	0,036	0,001		0,009	0,048	0,004	0,000
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
D2	Coefficiente de correlação	-0,304	,806**	0,430	,782**	0,455	,745*	0,491	-0,545	,939**	,770**	1,000	,794**	,976**	,879**
	Sig. (2 extremes)	0,393	0,005	0,214	0,008	0,187	0,013	0,150	0,103	0,000	0,009		0,006	0,000	0,001
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
E2	Coefficiente de correlação	-0,095	0,479	0,430	0,588	0,527	0,503	0,491	-0,412	,673*	,636*	,794**	1,000	,697*	,721*
	Sig. (2 extremes)	0,794	0,162	0,214	0,074	0,117	0,138	0,150	0,237	0,033	0,048	0,006		0,025	0,019
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
F2	Coefficiente de correlação	-0,443	,842**	0,491	,770**	0,467	,745*	0,552	-,634*	,976**	,818**	,976**	,697*	1,000	,903**
	Sig. (2 extremes)	0,199	0,002	0,150	0,009	0,174	0,013	0,098	0,049	0,000	0,004	0,000	0,025		0,000
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
G2	Coefficiente de correlação	-0,545	,697*	,661*	,685*	,709*	,636*	,733*	-,710*	,927**	,952**	,879**	,721*	,903**	1,000
	Sig. (2 extremes)	0,103	0,025	0,038	0,029	0,022	0,048	0,016	0,022	0,000	0,000	0,001	0,019	0,000	
	N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

A1 = volume de treinamento semanal do quadríceps semanal; B1 = pico de torque de extensão 60°/s (Nm); C1 = pico de torque de extensão 300°/s (Nm); D1 = potência de extensão 60°/s (watts); E1 = potência de extensão 300°/s (watts); F1 = pico de torque médio da extensão 60°/s (Nm); G1 = pico de torque médio da extensão 300°/s (Nm); A2 = volume de treinamento semanal dos isquiotibiais; B2 = pico de torque de flexão 60°/s (Nm); C2 = pico de torque de flexão 300°/s (Nm); D2 = potência de flexão 60°/s (watts); E2 = potência de flexão 300°/s (watts); F2 = pico de torque médio de flexão 60°/s (Nm); G2 = pico de torque médio de flexão 300°/s (Nm).

* $p \leq 0,05$ pelo teste de Spearman; ** $p \leq 0,01$ pelo teste de Spearman

Tabela IV - Correlação no grupo das mulheres (parte 1)

		A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2
A1	Coeficiente de correlação	1,000	-0,216	-0,230	-0,221	-0,174	-0,160	-0,268	,781**	-0,244	-0,103	-0,301	-0,202	-0,362	-0,183
	Sig. (2 extremes)		0,523	0,496	0,514	0,609	0,639	0,426	0,005	0,469	0,762	0,369	0,551	0,274	0,590
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
B1	Coeficiente de correlação	-0,216	1,000	,745**	,964**	,664*	,973**	,645*	-0,395	,845**	,718*	,827**	,664*	,891**	0,545
	Sig. (2 extremes)	0,523		0,008	0,000	0,026	0,000	0,032	0,229	0,001	0,013	0,002	0,026	0,000	0,083
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
C1	Coeficiente de correlação	-0,230	,745**	1,000	,836**	,955**	,755**	,945**	-,605*	,836**	,936**	,691*	,727*	,727*	,773**
	Sig. (2 extremes)	0,496	0,008		0,001	0,000	0,007	0,000	0,049	0,001	0,000	0,019	0,011	0,011	0,005
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
D1	Coeficiente de correlação	-0,221	,964**	,836**	1,000	,755**	,982**	,727*	-0,479	,918**	,800**	,891**	,764**	,927**	,691*
	Sig. (2 extremes)	0,514	0,000	0,001		0,007	0,000	0,011	0,136	0,000	0,003	0,000	0,006	0,000	0,019
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
E1	Coeficiente de correlação	-0,174	,664*	,955**	,755**	1,000	,664*	,982**	-,0516	,700*	,900**	,655*	,718*	,664*	,836**
	Sig. (2 extremes)	0,609	0,026	0,000	0,007		0,026	0,000	0,104	0,016	0,000	0,029	0,013	0,026	0,001
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
F1	Coeficiente de correlação	-0,160	,973**	,755**	,982**	,664*	1,000	,627*	-0,377	,900**	,736**	,882**	,745**	,918**	0,582
	Sig. (2 extremes)	0,639	0,000	0,007	0,000	0,026		0,039	0,253	0,000	0,010	0,000	0,008	0,000	0,060
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
G1	Coeficiente de correlação	-0,268	,645*	,945**	,727*	,982**	,627*	1,000	-0,535	,673*	,845**	0,591	,645*	,609*	,845**
	Sig. (2 extremes)	0,426	0,032	0,000	0,011	0,000	0,039		0,090	0,023	0,001	0,056	0,032	0,047	0,001
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

A1 = volume de treinamento semanal do quadríceps; B1 = pico de torque de extensão 60°/s (Nm); C1 = pico de torque de extensão 300°/s (Nm); D1 = potência de extensão 60°/s (watts); E1 = potência de extensão 300°/s (watts); F1 = pico de torque médio da extensão 60°/s (Nm); G1 = pico de torque médio da extensão 300°/s (Nm); A2 = volume de treinamento semanal dos isquiotibiais; B2 = pico de torque de flexão 60°/s (Nm); C2 = pico de torque de flexão 300°/s (Nm); D2 = potência de flexão 600 / s (watts); E2 = potência de flexão 300°/s (watts); F2 = pico de torque médio de flexão 60°/s (Nm); G2 = pico de torque médio de flexão 300°/s (Nm).

* p ≤ 0,05 pelo teste de Spearman; ** p ≤ 0,01 pelo teste de Spearman

Tabela IV - Correlação no grupo das mulheres (parte 2)

		A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2
A2	Coeficiente de correlação	,781**	-0,395	-,605*	-0,479	-0,516	-0,377	-0,535	1,000	-0,530	-0,586	-0,554	-0,493	-,605*	-0,395
	Sig. (2 extremes)	0,005	0,229	0,049	0,136	0,104	0,253	0,090		0,093	0,058	0,077	0,123	0,049	0,229
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
B2	Coeficiente de correlação	-0,244	,845**	,836**	,918**	,700*	,900**	,673*	-0,530	1,000	,809**	,836**	,845**	,873**	,627*
	Sig. (2 extremes)	0,469	0,001	0,001	0,000	0,016	0,000	0,023	0,093		0,003	0,001	0,001	0,000	0,039
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
C2	Coeficiente de correlação	-0,103	,718*	,936**	,800**	,900**	,736**	,845**	-0,586	,809**	1,000	,718*	,800**	,745**	,655*
	Sig. (2 extremes)	0,762	0,013	0,000	0,003	0,000	0,010	0,001	0,058	0,003		0,013	0,003	0,008	0,029
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
D2	Coeficiente de correlação	-0,301	,827**	,691*	,891**	,655*	,882**	0,591	-0,554	,836**	,718*	1,000	,873**	,982**	,664*
	Sig. (2 extremes)	0,369	0,002	0,019	0,000	0,029	0,000	0,056	0,077	0,001	0,013		0,000	0,000	0,026
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
E2	Coeficiente de correlação	-0,202	,664*	,727*	,764**	,718*	,745**	,645*	-0,493	,845**	,800**	,873**	1,000	,845**	,664*
	Sig. (2 extremes)	0,551	0,026	0,011	0,006	0,013	0,008	0,032	0,123	0,001	0,003	0,000		0,001	0,026
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
F2	Coeficiente de correlação	-0,362	,891**	,727*	,927**	,664*	,918**	,609*	-0,605*	,873**	,745**	,982**	,845**	1,000	,609*
	Sig. (2 extremes)	0,274	0,000	0,011	0,000	0,026	0,000	0,047	0,049	0,000	0,008	0,000	0,001		0,047
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
G2	Coeficiente de correlação	-0,183	0,545	,773**	,691*	,836**	0,582	,845**	-0,395	,627*	,655*	,664*	,664*	,609*	1,000
	Sig. (2 extremes)	0,590	0,083	0,005	0,019	0,001	0,060	0,001	0,229	0,039	0,029	0,026	0,026	0,047	
	N	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

A1 = volume de treinamento semanal do quadríceps; B1 = pico de torque de extensão 60°/s (Nm); C1 = pico de torque de extensão 300°/s (Nm); D1 = potência de extensão 60°/s (watts); E1 = potência de extensão 300°/s (watts); F1 = pico de torque médio da extensão 60°/s (Nm); G1 = pico de torque médio da extensão 300°/s (Nm); A2 = volume de treinamento semanal dos isquiotibiais; B2 = pico de torque de flexão 60°/s (Nm); C2 = pico de torque de flexão 300°/s (Nm); D2 = potência de flexão 60°/s (watts); E2 = potência de flexão 300°/s (watts); F2 = pico de torque médio de flexão 60°/s (Nm); G2 = pico de torque médio de flexão 300°/s (Nm).

* $p \leq 0,05$ pelo teste de Spearman; ** $p \leq 0,01$ pelo teste de Spearman

A Tabela V mostra o desequilíbrio muscular entre os músculos flexores e extensores da articulação do joelho na avaliação a 60°/s (força máxima), embora apresente relação I/Q maior significativa a 300°/s (força de resistência). Esses achados estão abaixo do mínimo recomendado pela literatura que é de 50% [14], enfatizando que esses dados são indicados para indivíduos saudáveis, e os avaliados no presente estudo são treinados.

Tabela V - Relação I/Q nos testes de 600/s e 3000 no dinamômetro isocinético

Grupos	Relação I/Q (± DP) 600/s	Relação I/Q (±DP) 3000/s
Homens	0,49 (± 0,05)	0,65 (± 0,10)*
Mulheres	0,46 (± 0,07)	0,67 (± 0,06)*

*p ≤ 0,01 para o teste t Student entre a relação I/Q a 600/s e 3000/s

Discussão

O volume de treinamento realizado para cada grupo muscular em programas de treinamento de resistência, projetados para diferentes adaptações, tem sido analisado por diversos estudos científicos [9,18-21]. Diversas pesquisas investigaram o resultado de diferentes volumes de carga em RT para diferentes propósitos. O número de exercícios, séries, repetições e frequência são algumas das variáveis utilizadas para controlar o volume do treinamento resistido [22-24]. Por esse motivo, para investigar o volume semanal de repetições considerou-se a equação: número de exercícios x número de séries x número de repetições x número de sessões semanais. Os resultados dos estudos citados mostraram um volume estatisticamente maior de repetições semanais para os músculos quadríceps em comparação com os músculos isquiotibiais.

Considerando que o objetivo do presente estudo foi analisar o volume semanal de repetições do quadríceps e isquiotibiais e o equilíbrio muscular dos extensores e flexores da articulação do joelho, os dados do nosso estudo confirmaram a hipótese inicial apenas para a relação I/Q para resistência força (300°/s) como resultado do volume semanal equacionado de treinamento de força muscular para quadríceps e isquiotibiais, mas não para força máxima (60°/s), embora nosso estudo mostre correlações fortes e significativas entre os parâmetros isocinéticos para extensão e flexão do joelho.

Teixeira *et al.* [15] quantificaram o volume semanal de séries para diferentes grupos musculares de homens e mulheres visando hipertrofia muscular. Um total de 105 registros de treinamento foram analisados, 42 mulheres e 63 homens, com pelo menos seis meses de experiência em TR. O volume semanal médio de séries para quadríceps (Q) e isquiotibiais (I) nos homens foi de 16 séries e oito séries, respectivamente, e nas mulheres os valores foram 30 séries para Q e 16 séries para I, diferente do encontrado em nosso estudo, visto que o estudo citado apresentou diferença no volume de treinamento entre Q e I.

Fatores socioculturais podem, em parte, explicar a razão pela qual as pessoas superestimam alguns grupos musculares em relação a outros grupos musculares

(músculos quadríceps/isquiotibiais, músculos abdominais/músculos lombares), mas as propriedades biomecânicas de alguns músculos e a complexidade de alguns exercícios podem explicar o fenômeno também [15]. Exercícios específicos para isquiotibiais devem ser realizados para aumentar a força e reduzir o desequilíbrio muscular entre os extensores e flexores da articulação do joelho, reduzindo o risco de lesões como a lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) [25].

A relação I/Q, avaliada no dinamômetro isocinético, mostra o equilíbrio muscular entre o (Q) e o (I), o que é extremamente útil, tanto para atletas quanto para não atletas. Em velocidades mais baixas ($60\text{-}180^\circ/\text{s}$), a relação I/Q deve ser em torno de 60% (ou 0,6). Valores abaixo de 50% (ou 0,5) indicam grau severo de desequilíbrio muscular [16,26].

Um estudo de Grygorowicz *et al.* [27] avaliou 48 atletas no teste do dinamômetro isocinético a $600^\circ/\text{s}$ e encontrou uma relação I/Q média de 0,58 no grupo sem lesões (grupo A), e uma relação I/Q menor nos grupos B (lesões leves) e C (lesões graves). Lee *et al.* [28] encontraram, para não atletas, em seu teste do dinamômetro isocinético a $60^\circ/\text{s}$, valores da relação I/Q em torno de $0,56 \pm 0,17$ no grupo com lesão e $0,58 \pm 0,006$ no grupo controle. A razão I/Q média encontrada em nosso estudo mostra uma razão I/Q pobre para força máxima ($60^\circ/\text{s}$), e uma boa razão I/Q para força de resistência ($300^\circ/\text{s}$), o que contradiz os achados dos estudos citados relação I/Q em $60^\circ/\text{s}$, e que apesar dos sujeitos da amostra não terem lesões nos joelhos, o que pode ser alguma limitação para esta discussão, houve um equilíbrio no volume de treinamento semanal para os músculos Q e I, e a relação I/Q na relação $60^\circ/\text{s}$ esperava-se melhor.

Existem algumas limitações quanto ao uso da relação I/Q e do risco de lesão, uma vez que a relação é feita utilizando valores de ação concêntrica dos músculos extensores em relação aos músculos flexores, enquanto nos esportes ou atividades da vida diária um concêntrico a ação dos músculos extensores é acompanhada por uma ação excêntrica dos músculos flexores [28]. Desta forma, os músculos flexores desempenham um papel de frenagem do movimento articular em diferentes gestos motores específicos do esporte. Com base no princípio da especificidade, as ações musculares excêntricas para os flexores do joelho devem ser incluídas nos programas de TR.

Uma limitação importante do presente estudo foi o fato de os autores não terem tido acesso a outras variáveis de treinamento, como intervalos, peso e intensidade de 1RM, e outros parâmetros biomecânicos para um conhecimento mais claro sobre a atividade muscular na resposta ao treinamento. Todas as limitações apontadas podem explicar parcialmente os resultados encontrados em nosso estudo, os quais conflitam com a literatura atual e limitada.

Conclusão

Os resultados não demonstraram diferença significativa no volume semanal de repetições realizadas para os músculos Q e I, mas uma relação I/Q pobre em $60^\circ/\text{s}$

e uma boa relação I/Q em 300°s, o que contradiz os achados de outros estudos. Nossos dados contribuem para discussões futuras, e mais estudos são necessários que possam contribuir para um melhor entendimento dos programas de treinamento de força, com foco na saúde do joelho.

Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

Fontes de financiamento

Não houve fontes de financiamento externas para este estudo.

Contribuição dos autores

Concepção e delineamento da pesquisa: Rodrigues D, Figueira Jr A; **Análise e interpretação dos dados:** Guedes Jr D, Junior A, Dourado VZ; **Análise estatística:** Nogueira HS, Dourado VZ; **Redação do manuscrito:** Brugnerotto G, Lima LEM, Nogueira HS; **Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:** Silva RP.

Referências

1. Delvaux F, Schwartz C, Decréquy T, Devalckeneer T, Paulus J, Bornheim S, Croisier JL. Influence of a field hamstring eccentric training on muscle strength and flexibility. *Int J Sports Med* 2020;41(4):233-41. doi: 0.1055/a-1073-7809
2. Haddara R, Harandi VJ, Lee PVS. Anterior cruciate ligament agonist and antagonist muscle force differences between males and females during perturbed walking. *J Biomech* 2020;110:109971. doi: 10.1016/j.jbiomech.2020.109971
3. Andrade MS, Junqueira MS, De Lira AB, Vancini RL, Seffrin A, Nikolaidis PT, Knechtle B. Age-related differences in torque in angle-specific and peak torque hamstring to quadriceps ratios in female soccer players from 11 to 18 years old: A cross-sectional study. *Res Sports Med* 2021;29(1):77-89. doi: 10.1080/15438627.2020.1742713
4. Carnahan H, Elliott D. Pedal asymmetry in the reproduction of spatial locations. *Cortex* 1987;23(1):157-9. doi: 10.1016/S0010-9452(87)80028-X
5. Santos HH, Hanashiro DN, Ávila MA, Camargo PR, Oliveira AB, Salvini TF. Efeito do treino isocinético excêntrico sobre a razão I/Q do torque e EMGs em sujeitos saudáveis. *Rev Bras Med Esporte* 2014;20(3):227-32. doi: 10.1590/1517-86922014200301210
6. Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *J Athl Train* [Internet]. 2001[cited 2021 Sept 20];36(4):378. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC155432/>
7. Croix MDS, Deighan M, Armstrong N. Functional eccentric-concentric ratio of knee extensors and flexors in pre-pubertal children, teenagers and adult males and females. *Int J Sports Med* 2007;28(9):768-72. doi: 10.1055/s-2007-964985
8. Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport* 2008;11(5):452-9. doi: 10.1016/j.jsams.2007.04.009
9. Schoenfeld BJ, Contreras B, Krieger J, Grgic J, Delcastillo K, Belliard R, Alto, A. Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Med Sci Sports Exerc* 2019;51(1):94-103. doi: 10.1249/MSS.0000000000001764
10. Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM. Avaliação isocinética dos músculos extensores e flexores de joelho em jogadores de futebol profissional. *Rev Bras Med Esporte* 2011;17(3):189-92. doi: 10.1590/S1517-86922011000300008
11. Tourny-Chollet C, Leroy D, Delarue Y, Beuret-Blanquart F. Isokinetic-based comparison of hamstring-quadriceps ratio between soccer players and sedentary subjects. *Isokinetics and Exercise Science* [Internet]. 2003 [cited Sept 20];11(1):85-6. Available from: <https://content.iospress.com/articles/>

isokinetics-and-exercise-science/ies00121

12. Alexandre PF, Lacerda RC, de Deus LA, de Melo FT, dos Santos Alves MG. Análise comparativa do desempenho muscular isocinético entre jogadores de futebol e futsal. *Educação Física em Revista* [Internet]. 2009 [cited 2021 Sept 20];3(2). Available from: <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/efr/article/view/1342>
13. Ksibi I, Kessomtini W, Ilehi Y, Maaoui R, Rahali Khachlouf H. Isokinetic profile of knee muscles in Tunisian competitive footballers. *Tunis Med* [Internet]. 2015 [cited 2021 Sep 20];93(5):322-5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26578051/>
14. Barcelos BB, Teixeira LP, Lara S. Analysis of the postural balance and knee isokinetic muscle strength of female futsal players. *Fisioter Pesqui* 2018;25(1):28-34. doi: 10.1590/1809-2950/16654325012018
15. Teixeira CV, Pereira EF, Evangelista AL, Lopes CR, Guedes Júnior DP, J Schoenfeld B, *et al.* Is the weekly sets volume training performed by trained subjects in accordance with training recommendations guidelines for muscle hypertrophy? *Motriz: Rev Educ Fis* 2018;24(2). doi: 10.1590/S1980-6574201800020011
16. Brown LE, Weir JP, Oliveira HB, Bottaro M, Lima LCDJ, Fernandes Filho J. Recomendação de procedimentos da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (ASEP) I: avaliação precisa da força e potência muscular. *Rev Bras Ciênc Mov* 2003;95-110. doi: 10.18511/rbcm.v11i4.533
17. Rendos NK, Harriell K, Qazi S, Regis RC, Alipio TC, Signorile J F. Variations in verbal encouragement modify isokinetic performance. *J Strength Cond Res* 2019;33(3):708-16. doi: 10.1519/JSC.0000000000002998
18. Barcelos BB, Teixeira LP, Lara S. Analysis of the postural balance and knee isokinetic muscle strength of female futsal players. *Fisioter Pesqui* 2018;25(1):28-34. doi: 10.1590/1809-2950/16654325012018
19. Santos WDN, Vieira CA, Bottaro M, Nunes VA, Ramirez-Campillo R, Steele J, Gentil, P. Resistance training performed to failure or not to failure results in similar total volume, but with different fatigue and discomfort levels. *J Strength Cond Res* 2021;35(5):1372-79. doi: 10.1519/JSC.0000000000002915
20. Helms ER, Cross MR, Brown SR, Storey A, Cronin J, Zourdos MC. Rating of perceived exertion as a method of volume autoregulation within a periodized program. *J Strength Cond Res* 2018;32(6):1627-1636. doi: 10.1519/JSC.0000000000002032
21. Heaselgrave SR, Blacker J, Smeuninx B, McKendry J, Breen L. Dose-response relationship of weekly resistance-training volume and frequency on muscular adaptations in trained men. *Int J Sports Physiol Perform* 2019;14(3):360-8. doi: 10.1123/ijsp.2018-0427
22. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci* 2017;35(11):1073-82. doi: 10.1080/02640414.2016.1210197
23. Santos ALGd. Evidências sobre o volume de treinamento resistido para hipertrofia muscular de indivíduos treinados: uma revisão narrativa da literatura [TCC]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2017.
24. Corrêa DA, Rizatto GF, Marchetti PH, Lopes CR. Breve revisão dos efeitos do treinamento de força com restrição vascular nas adaptações musculares de força e hipertrofia. *Revista CPAQV Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida* [Internet]. 2016 [cited Sept 20];8(2):2. Available from: <http://www.cpaqv.org/revista/CPAQV/ojs-2.3.7/index.php?journal=CPAQV&page=article&op=view&path%5B%5D=111>
25. Ebben WP. Hamstring activation during lower body resistance training exercises. *Int J Sports Physiol Perform* 2009;4(1):84-96. doi: 10.1123/ijsp.4.1.84.
26. Andrews JR. *Reabilitação física das lesões desportivas*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
27. Grygorowicz M, Kubacki J, Pilis W, Gieremek K, Rzepka R. Selected isokinetic tests in knee injury prevention. *Biology of Sport* 2010;27(1). doi: 10.5604/20831862.907793
28. Lee D-H, Lee J-H, Jeong H-J, Lee S-J. Lack of correlation between dynamic balance and hamstring-to-quadriceps ratio in patients with chronic anterior cruciate ligament tears. *Knee Surg Relat Res* 2015;27(2):101-7. doi: 10.5792/ksrr.2015.27.2.101