



Variação da pressão intraocular após teste submáximo de força no treinamento resistido

Intraocular pressure variation after submaximal strength test in resistance training

Marcelo Conte¹
Marinho Jorge Scarpi²
Reginaldo Alexandre Rossin³
Hélio Rubens Beteli⁴
Rodrigo Gustavo Lopes⁵
Haroldo Leão Marcos⁶

RESUMO

Objetivo: Verificar a variação da pressão intraocular (PIO) decorrente da aplicação do teste de predição para uma repetição máxima (1RM). **Métodos:** Foram avaliados em estudo observacional 145 calouros ($22,04 \pm 4,17$ anos; de ambos os sexos) do curso de Educação Física da Escola Superior de Educação Física de Jundiaí (ESEFJ). Os critérios de exclusão foram: opacidade de meios, alteração de globo ocular ou ausência de globo ocular. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A avaliação da PIO foi determinada por duas medidas consecutivas com o tonômetro de Perkins: i) pré-teste: antes do teste de 1RM e ii) pós-teste: logo após a realização do teste. O teste de 1RM consistiu em prever o valor de uma repetição máxima através de repetições até a fadiga. Foram utilizados os seguintes exercícios resistidos: supino, pulley dorsal, desenvolvimento, rosca direta e leg press 45°. Como procedimento estatístico foi empregado o teste “t” de Student pareado. **Resultados:** Ocorreu redução da PIO após a realização do teste de predição de 1RM: $13,48 \pm 3,32$ vs. $10,20 \pm 3,72$ mmHg ($p < 0,001$) olho direito e $13,13 \pm 3,96$ vs. $9,74 \pm 3,33$ mmHg ($p < 0,001$) olho esquerdo. **Conclusão:** Foi verificada redução da PIO após a realização de teste de predição de 1RM em universitários.

Descritores: Pressão intraocular/etiologia; Exercício/fisiologia; Esforço físico; Levantamento de peso; Hipotensão ocular

Trabalho realizado no Centro de Oftalmologia Esportiva - Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP - São Paulo (SP) - Brasil; Grupo de Pesquisa em Oftalmologia Esportiva - Escola Superior de Educação Física de Jundiaí (ESEFJ) - Jundiaí (SP) - Brasil.

¹ Pós-graduando (Doutorado) em Ciências Visuais na Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP - São Paulo (SP) - Brasil.

² Livre-docente; Professor adjunto da UNIFESP - São Paulo (SP) - Brasil; Professor colaborador da Escola Superior de Educação Física de Jundiaí - ESEFJ - Jundiaí (SP) - Brasil.

³ Especialista em Treinamento Físico pela ESEFJ - Jundiaí (SP) - Brasil.

⁴ Acadêmico da ESEFJ - Jundiaí (SP) - Brasil.

⁵ Especialista em Treinamento Físico pela ESEFJ - Jundiaí (SP) - Brasil.

⁶ Especialista em Treinamento Resistido e Condicionamento Físico, membro do grupo de Oftalmologia Esportiva da UNIFESP - São Paulo (SP) - Brasil.

Endereço para correspondência: Marcelo Conte, Rua Humberto Notari, 80/86 - Sorocaba (SP) CEP 18016-430
E-mail: contemarcelo@bol.com.br

Recebido para publicação em 27.09.2008

Última versão recebida em 12.03.2009

Aprovação em 21.03.2009

INTRODUÇÃO

O sedentarismo é considerado como um fator de risco para redução da longevidade, tão importante quanto o tabagismo, hipertensão arterial e a dislipidemia. Sugere-se o exercício físico na prevenção e controle de relevantes problemas de saúde pública, como por exemplo, a síndrome metabólica, caracterizada pela hipertensão arterial, resistência à insulina, hiperinsulinemia, intolerância à glicose/diabetes do tipo II, obesidade central e dislipidemia⁽¹⁻²⁾.

Contudo, o treinamento resistido (TR), popularmente conhecido como musculação, se tornou amplamente aceito e utilizado, não somente como componente do treinamento de atletas, mas também visando promoção da saúde⁽³⁾, reabilitação de traumatismos e lesões musculares ou articulares e para desenvolvimento da aptidão física⁽⁴⁾.

Neste tipo de exercício físico, é comum a aplicação de testes que visam mensurar a força ou a resistência muscular. Nesse sentido, os testes mais aplicados para avaliar a força no treinamento resistido são os testes de 1RM (carga mais elevada que o indivíduo pode deslocar em uma tentativa), o qual

apresenta maior risco de lesões indicado para pessoas fisicamente treinadas e ainda o teste de predição de IRM⁽⁵⁻⁶⁾, menos lesivo e utilizado em iniciantes ou indivíduos com algum tipo de limitação para deslocamento de cargas elevadas.

Especificamente, é controversa a relação entre a pressão intraocular (PIO) e atividade física (AF), bem como, os escores de PIO de acordo com intensidade do exercício, gênero, nível de aptidão física e tipo de exercício⁽⁷⁾. O fluxo sanguíneo ocular é outro aspecto que merece destaque na relação com a atividade física, de acordo com alguns autores⁽⁸⁾, o exercício modifica pressão da perfusão ocular (PPO) e aumenta o fluxo sanguíneo na retina imediatamente após a finalização do exercício, enquanto o fluxo de sangue aumenta persistentemente na coróide. Acredita-se que o respectivo fluxo de sangue nessas duas regiões está relacionado ao importante mecanismo autoregulatório da retina, com envolvimento do óxido nítrico (NO).

Em exercícios em apnéia, situação frequentemente no TR, pode ocorrer aumento da PIO⁽⁹⁾, por outro lado em exercícios aeróbios, foi verificado o aumento da PIO em atletas do sexo masculino e não no feminino, e ainda não foi observado efeito sobre os homens sedentários, mas redução em mulheres sedentárias⁽⁷⁾. De fato, em sedentários submetidos a exercício agudo ocorreu diminuição da PIO a qual permaneceu baixa até 2 horas após a interrupção do exercício, diferente dos praticantes de exercícios que apresentam aumento da PIO imediatamente após o término do exercício e redução iniciando após 30 minutos do término⁽¹⁰⁾. Na prática de exercícios aeróbios esta diminuição é mais evidente do que nos exercícios anaeróbios, tanto para praticantes de exercícios quanto para sedentários⁽¹¹⁾.

A maior diminuição da PIO com exercícios dinâmicos do que com os isométricos foi motivo para indicá-los como coadjuvantes no tratamento de pacientes com glaucoma⁽¹²⁾. Exercícios leves, moderados ou intensos foram estimulados aos pacientes com glaucoma devido à ação hipotensiva⁽¹³⁾. A desidratação consequente ao exercício pode explicar o mecanismo de hipotensão ocular⁽¹⁴⁾. A intensidade dos exercícios parece ser responsável pela magnitude da diminuição inicial da PIO⁽¹⁵⁾. Outros autores não encontraram alteração da PIO sob efeito do exercício físico e sim com a reposição hídrica⁽¹⁶⁾. Investigações, até então, não demonstram se estas respostas são válidas para um mesmo indivíduo submetido à diversidade de exercícios físicos e acompanhado por longo período, ao invés de exercício agudo e observado em uma única oportunidade.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi verificar a variação da pressão intraocular (PIO) decorrente da aplicação do teste de predição para IRM.

MÉTODOS

Tratou-se de estudo observacional sendo estudados 145 calouros do Curso de Educação Física matriculados na Escola Superior de Educação Física de Jundiaí (ESEFJ), de ambos os sexos (95 masculino e 50 feminino), com idade de $22,04 \pm 4,17$ anos. Foram excluídos do estudo indivíduos que apresenta-

vam sinais que levassem à suspeita de doença ocular e/ou que não permitissem análise do comportamento da PIO de ambos os olhos, como: i) opacidade de meios; ii) alteração de volume do bulbo ocular ou ausência de bulbo ocular.

O projeto foi submetido à avaliação dos Comitês de Ética em Pesquisa da ESEFJ e UNIFESP, sendo aprovado pelas duas Instituições sob o número de documento nº 006/07 - CAAE-0092.0.174.335-07. Todos participantes foram esclarecidos sobre a pesquisa e o respectivo grau de envolvimento e, então, solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Os indivíduos foram submetidos a ectoscopia, medida da acuidade visual, avaliação da motilidade ocular extrínseca, medida da estereopsia e avaliação da percepção de cores.

A avaliação da PIO foi mensurada, nos dois olhos após a instilação de uma gota de colírio de proparacaína e uma gota de colírio de fluoresceína, com os indivíduos na posição sentada, observando objeto à distância com o olho contralateral utilizando tonômetro de aplanção Perkins, sempre pelo mesmo oftalmologista com ampla experiência nessa técnica, por duas medidas: i) pré-teste: imediatamente antes da realização do teste de predição e ii) pós-teste logo após a aplicação do respectivo teste. Nesse sentido, para esse estudo, cada voluntário realizou o teste de predição em cinco exercícios, de acordo com a respectiva sequência: supino, puxador dorsal, desenvolvimento ombro, rosca direta e leg-press 45°.

De fato, o teste de predição visa estimar a carga máxima para exercícios resistidos através da aplicação de cargas submáximas até a exaustão. De acordo com o protocolo, foi aplicada uma carga aleatória e solicitado aos voluntários que executasse até a fadiga, cada exercício. As repetições foram registradas e relacionadas à tabela específica para verificação da estimativa de IRM⁽⁶⁾.

Como procedimento estatístico foi aplicado o teste “t” de Student pareado⁽¹⁷⁾, para comparar as médias de PIO antes e após a execução dos testes.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os dados referentes a características da amostra, bem como da força máxima estimada pelo teste de predição de IRM. Pode-se observar na tabela 2 que ocorreu redução da PIO após a realização do teste de predição de IRM: $13,48 \pm 3,32$ vs. $10,20 \pm 3,72$ mmHg ($p < 0,001$) olho direito e $13,13 \pm 3,96$ vs. $9,74 \pm 3,33$ mmHg ($p < 0,001$).

DISCUSSÃO

Após a realização do teste submáximo de força (predição de IRM) em cinco exercícios resistidos foi verificado redução, em média, de 3 mmHg da PIO (em ambos os olhos) nos universitários estudados. Esta diminuição da PIO está de acordo com estudo precedente⁽¹⁸⁾ que investigou 25 indivíduos do sexo masculino (faixa etária entre 18 e 30 anos), porém que

Tabela 1. Idade, peso, estatura dos 145 indivíduos estudados e força máxima estimada em cada exercício pelo teste de predição de 1RM

Idade (anos)	Peso (quilos)	Estatura (centímetros)	Supino (quilos)	Puxador dorsal (quilos)	Desen. deltóide (quilos)	Rosca direta (quilos)	Leg-press 45° (quilos)
22,04 ± 4,17	68 ± 13,300	171,90 ± 9,20	40,500 ± 23,300	86,500 ± 35,100	33,200 ± 17,900	21,900 ± 10,500	195,200 ± 89,400

Tabela 2. Valores da PIO pré e após aplicação do teste de predição de 1RM, segundo olho, dos 145 indivíduos estudados

Sexo	PIO Olho direito (mmHg)		PIO Olho esquerdo (mmHg)	
	Pré-teste	Após teste	Pré-teste	Após teste
Masculino	13,40 ± 3,30	9,60 ± 3,50*	13,10 ± 3,00	9,20 ± 3,30*
Feminino	13,70 ± 3,30	11,30 ± 3,90*	13,30 ± 2,80	10,20 ± 3,20*
TOTAL	13,48 ± 3,32	10,20 ± 3,72*	13,13 ± 3,96	9,74 ± 3,33

*p < 0,001

realizaram somente, um único exercício (supino) com oito repetições a 85% da carga máxima.

Por outro lado, em outra investigação⁽⁹⁾ foi mensurada a PIO, utilizando tonômetro eletrônico, de 30 homens (faixa etária entre 18 a 40 anos) todos com pressão intraocular > 21 mmHg e com ausência de glaucoma, os quais realizaram no exercício supino com quatro repetições a 80% de 1RM em dois modos: modo I (olho direito), com apnéia na última repetição e modo II (olho esquerdo), respiração normal durante a última repetição houve aumento da PIO. Contudo, no respectivo estudo o aumento da PIO foi maior no modo I comparado com o modo II. De acordo com os autores, este fato pode ser explicado pelo aumento da pressão intravenosa torácica além da compressão do sistema intravenoso torácico (ar retido nos pulmões) sendo essa pressão transmitida pelas veias jugular, orbital e vórtex promovendo o aumento do volume coroidal e consequentemente da PIO. Nesse caso sugere-se o efeito do tipo de respiração e a alta intensidade do exercício como os principais responsáveis pela elevação da PIO.

No entanto, importa registrar que no teste de predição de 1RM a intensidade não foi controlada, bem como o tipo de respiração, ou seja, as repetições foram realizadas até a exaustão, com percentual de carga variado e ainda com a PIO sendo avaliada após uma sequência de exercícios (supino, puxador dorsal, desenvolvimento ombro, rosca direta e leg-press) e não após a realização de um único exercício com utilização de tonômetro de aplanção.

Por outro lado, o exercício físico, principalmente o intenso promove um desequilíbrio ácido-básico proveniente dos ácidos formados no processo metabólico os quais acarretam o aumento da concentração de H⁺ livre nos líquidos orgânicos e consequente redução do pH⁽¹⁹⁾, gerando o desequilíbrio hidro-eletrolítico, reduzindo o transporte ativo de sódio no corpo ciliar e consequentemente diminuindo a formação do humor aquoso.

Tal situação metabólica acarreta hipocloremia e hipocalcemia entre outros distúrbios, além da hipocapnia decorrente da hiperventilação acionada. De fato, ao investigarem⁽²⁰⁾ 11 voluntários, com idade média de 23 anos, submetidos a exercício

isométrico com 2 minutos de duração a 50% da contração máxima voluntária, com a ventilação acompanhada através de espirômetro em duas situações distintas: com adição de CO₂ para evitar a hipocapnia e sem adição de CO₂, somente foi observada redução significativa na PIO (de 18,3 ± 0,7 para 15,6 ± 0,6 mmHg) na situação de hipocapnia.

Outro fato, que também deve ser considerado no presente estudo está relacionado à possibilidade de desidratação dos voluntários devido à baixa ingestão de água antes do teste e/ou decorrente do esforço físico, pois a realização de exercícios resistidos até a exaustão pode promover a perda de água, embora não significativa, contribuindo para hipotensão ocular, já que as pressões arteriais e também a ocular estão diretamente relacionadas ao volume hídrico⁽²¹⁾. Nesse sentido, a osmolalidade, é profundamente modificada nos esforços físicos, sendo a perda de líquido, juntamente com sódio e cloro, durante o exercício altamente variável, dependendo do volume, intensidade, tipo de exercício, condições ambientais de calor e umidade⁽²²⁾.

De fato, com a diminuição de água ocorre a perda de peso e a capacidade de hidrólise de lipídeos fica sensivelmente reduzida⁽²³⁾, assim sendo, a diminuição da PIO verificada pode estar relacionada com a osmolalidade plasmática, pois o nível de hidratação anterior ao teste não foi controlado.

Outra importante hipótese para redução da PIO é a ação do sistema nervoso autonômico, pois é sabido que durante o exercício físico ocorre um aumento da atividade simpática, nesse caso a respectiva ação adrenérgica promove a estimulação dos receptores α₂ gerando o aumento do escoamento do humor aquoso pelas veias episcleral e uveoescleral⁽²⁴⁾ embora a estimulação dos receptores β₂ aumente a formação do humor aquoso⁽²⁵⁾. Porém, embora não consensual, alguns autores sugerem participação dominante da reativação parassimpática logo após a interrupção do exercício para promover a recuperação da FC⁽²⁶⁻²⁷⁾, assim sendo, existe a possibilidade da consequente estimulação dos receptores muscaríneos localizados na musculatura lisa do corpo ciliar, gerando a contração do músculo ciliar com consequente tração da malha trabecular facilitando o escoamento do humor aquoso para o canal de Schlemm⁽²⁵⁾ e consequentemente contribuindo para a redução da PIO.

CONCLUSÃO

Em síntese, foi verificada redução da PIO após a realização de teste de predição de 1RM em universitários. Porém, estudos adicionais devem ser realizados em relação ao exercício resistido e PIO, com acompanhamento mais detalhado de outras variáveis do treinamento e também dos possíveis efeitos da desidratação, redução do pH decorrente do esforço físico e da ação do sistema nervoso autônomo, visando a identificação dos fatores associados ao aumento ou redução da PIO decorrente do exercício resistido.

ABSTRACT

Purpose: To verify the intraocular pressure (IOP) after submaximal strength test. **Methods:** 145 Physical Education freshmen (22.04 ± 4.17 years old; female and male) from Superior Physical Education School of Jundiá (ESEFJ) were evaluated in an observational study. The exclusion criteria were: media opacity and eyeball absence or changes. All subjects agreed to take part in this research and signed up the Informed Consent. IOP was measured by Perkins tonometer: i) pretest: just before the submaximal strength test performance and ii) post-test: immediately after the strength test. The strength test consisted in the one-repetition-maximum-assessment through repetition until fatigue. Resistance training exercises such as bench press, pulley dorsal high, shoulder press, arm curl and leg press 45° were performed. Statistical analyses were obtained through paired Student's "t" test. **Results:** Decrease of IOP was observed after the strength test: 13.48 ± 3.32 vs. 10.20 ± 3.72 ($p < 0.001$) in the right eye and 13.13 ± 3.96 vs. 9.74 ± 3.33 ($p < 0.001$) in the left eye. **Conclusion:** IOP showed relevant decrease after submaximal strength test performance in college students.

Keywords: Intraocular pressure/etiology; Exercise/physiology; Exertion; Weight lifting; Ocular hypotension

REFERÊNCIAS

1. Ciolac EG & Guimarães GV. Exercício físico e síndrome metabólica. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10(4):30-8.
2. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;31(1):533-53.
3. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR. Physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;31(1):1985-6.
4. American College of Sports and Medicine. Position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(6):975-91.
5. Bompa TO. *A Periodização no treinamento esportivo*. São Paulo: Ed. Manole, 2001.
6. Brzycki M. Strength testing: predicting a one-rep max from reps to fatigue. *Journal of Physical Education, Recreat Dance*. 1993;64(1):88-90.
7. Dane S, Kocer I, Demirel H, Uçok K, Tan U. Effect of acute submaximal exercise on intraocular pressure in athletes and sedentary subjects. *Int J Neurosci*. 2006;116(10):1223-30.
8. Okuno T et al. Ocular blood flow changes after dynamic exercise in humans. *Eye*. 2006;20(7):796-800.
9. Vieira GM, Oliveira HB, Andrade DT, Bottaro M, Ritch R. Intraocular pressure variation during weight lifting. *Arch Ophthalmol*. 2006;124(9):1251-4. Comment in: *Arch Ophthalmol*. 2008 Feb;126(2):287-8; author reply 288.
10. Dane S, Kocer I, Demirel H, Uçok K, Tan U. Long-term effects of mild exercise on intraocular pressure in athletes and sedentary subjects. *Int J Neurosci*. 2006;116(10):1207-14.
11. Ozmerdivenli R, Simsek E, Bulut S, Karacabey K, Saygin O. Comparison of the effects of acute and regular exercise on intraocular pressure in Turkish athlete and sedentarians. *Int J Neurosci*. 2006;116(3):351-60.
12. Avunduk AM, Yilmaz B, Sahin N, Kapicioglu Z, Dayanir V. The comparison of intraocular pressure reductions after isometric and isokinetic exercises in normal individuals. *Ophthalmologica*. 1999;213(5):290-4.
13. Oureshi IA. Effects of mild, moderate and severe exercise on intraocular pressure of sedentary subjects. *Ann Hum Biol*. 1995;22(6):545-53.
14. Martin B, Harris A, Hammel T, Malinovsky V. Mechanism of exercise-induced ocular hypotension. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1999;40(5):1011-5.
15. Qureshi IA, Xi XR, Huang YB, Wu XD. Magnitude of decrease in intraocular pressure depends upon intensity of exercise. *Korean J Ophthalmol*. 1996;10(2):109-15.
16. Moura MA, Rodrigues LOC, Waisberg Y, de Almeida HG, Silami-Garcia E. Effects of submaximal exercise with water ingestion on intraocular pressure in healthy males. *Braz J Med Res*. 2002;35(1):121-5.
17. Barros MVG & Reis RS. *Análise de dados em atividade física*. Londrina: Midiograf, 2003.
18. Vieira GM, Penna EP, Bottaro M, Bezerra RF. The acute effects of isotonic exercise on intraocular pressure. *Arq Bras Oftalmol*. 2003;66(4):431-5.
19. Powers SK & Howley ET. *Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. São Paulo: Manole, 2006.
20. Harris A, Malinovsky V, Cantor LB, Henderson PA, Martin BJ. Isocapnia blocks exercise-induced reductions in ocular tension. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1992;33(7):2229-32.
21. Martin B, Harris A, Hammel T, Malinovsky V. Mechanism of exercise-induced ocular hypotension. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1999;40(5):1011-5.
22. Moreira CAM, Gomes ACV, Garcia ES. Hidratação durante o exercício: a sede é suficiente? *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(6):405-9.
23. Ashkenazi I, Melamed S, Blumenthal M. The effect of continuous strenuous exercise on intraocular pressure. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1992;33(10).
24. Güngör K, Beydagi H, Bekir N, Arslan C, Süer C, Erbagci I, et al. The impact of acute dynamic exercise on intraocular pressure: role of the beta 2-adrenergic receptor polymorphism. *J Int Med Res*. 2002;30(1):26-33.
25. Paranhos Jr, Augusto, Lhama, Daniela, Lobo, Rodrigo. *Revisão de farmacologia*. In: Paranhos Jr, Augusto. *Urgências em glaucoma*. São Paulo: Lemos Editorial, 2004.
26. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozak IH, Yokoyama H et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 1994;24(6):1529-35.
27. Kannankeril PJ, Le FK, Goldberger J. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. *J Investig Med*. 2004;52(6):394-401.