

Estudo comparativo da relação existente entre a força, a velocidade de contração e a potência muscular em jogadores de futebol e indivíduos sedentários

Gilberto Medeiros Borges*
Marco Aurélio Vaz**

Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar as relações entre a força e a velocidade de contração e a potência e a velocidade de contração de músculos dos membros inferiores em jogadores de futebol e indivíduos sedentários. Atletas de futebol de campo ($n = 10$) que treinam sistematicamente há 5 anos (mínimo) foram comparados com indivíduos sedentários ($n = 13$), que não estiveram engajados em programa de atividade física sistemática nos últimos 5 anos. Extensões de joelho foram executadas e a força máxima desenvolvida durante as contrações foi avaliada nas velocidades de $30^\circ/s$, $60^\circ/s$, $90^\circ/s$, $120^\circ/s$, $180^\circ/s$, $240^\circ/s$ e $300^\circ/s$. Uma relação linear inversa foi observada entre a força e a velocidade nos dois grupos, onde velocidades elevadas de contração foram responsáveis por uma diminuição nos níveis de força produzida. Os índices de força e potência foram maiores nos futebolistas que nos sedentários em todas as velocidades investigadas. Estes resultados sugerem que, durante movimentos de velocidade, os futebolistas têm a capacidade de desenvolver índices elevados de força, o que pode trazer vantagens práticas durante o jogo de futebol em diversas situações.

Abstract

The purpose of this study was to determine the force-velocity relation and the power-velocity relationship of the lower limbs between soccer players and sedentary subjects. Soccer players ($n = 10$) that were training systematically for at least 5 years were compared with sedentary individuals ($n = 13$), that were not engaged in any systematic physical activity program in the last 5 years. Knee extensions were performed and the maximal developed force during the contractions was evaluated at the velocities of $30^\circ/s$, $60^\circ/s$, $90^\circ/s$, $120^\circ/s$, $180^\circ/s$, $240^\circ/s$ and $300^\circ/s$. An inverse linear force-velocity relationship was observed in the two groups, such as higher velocities were responsible for a decrease in force generation. Force and power produced were bigger in the soccer players than in the sedentary subjects in all velocities investigated. These results suggest that, during fast movements, soccer players have the capacity of developing a higher force than sedentary subjects, what may bring practical advantages in several situations during a soccer game.

INTRODUÇÃO

O futebol é um dos esportes mais populares do mundo, e que mais cresce em número de praticantes amadores e profissionais. Junto a este crescimento do esporte, o jogo vem sofrendo diversas alterações técnicas e táticas ao longo dos anos, que vêm contribuindo para tornar o futebol cada vez

mais complexo. Com isso, o número de estudos relacionados à melhora da performance no futebol tem aumentado, embora de maneira discreta. Estes estudos têm-se direcionado principalmente à avaliações fisiológicas dos jogadores de futebol (Thomas and Reilly, 1979; Ekblom, 1986; Tumilty, 1993).

Grande parte dos estudos científicos com atletas de fute-

bol são relacionados às demandas energéticas e de consumo de oxigênio durante o jogo (Jacobs et al., 1982), à força desenvolvida nos membros inferiores (Oberg et al., 1986; Capranica et al., 1992; Mognoni et al., 1994) e à resistência física (Berg et al., 1985; Bangsbo e Lindquist, 1991, 1992), e têm auxiliado a descrever o jogo de futebol de forma detalhada. Entretanto, um dos aspectos fundamentais para o rendimento do futebolista, como por exemplo, a relação existente entre a força e a velocidade de contração muscular (relação F-V), não tem sido investigado.

A relação F-V é um dos principais componentes da capacidade de alto rendimento em esportes onde a potência muscular é determinante [onde a potência (P) é definida na equação: $P = \text{torque} \cdot \text{velocidade angular}$]. O futebol insere-se neste contexto. Estudos têm demonstrado que corridas de alta intensidade, relacionadas à potência muscular, são responsáveis por aproximadamente 20% do tempo total de jogos competitivos de futebol (Reilly e Thomas, 1976). Além disso, durante um jogo de futebol competitivo os jogadores realizam inúmeros saltos e arrancadas (Reilly e Thomas, 1976; Withers et al., 1982), o que determina uma alta demanda das fontes anaeróbicas de utilização de energia (Bangsbo e Lindquist, 1991; Mujika et al., 2000), responsáveis pela potência muscular. Finalmente, existe uma relação direta entre a qualidade do futebol desenvolvido por equipes competitivas de alto nível e a quantidade de exercícios de alta intensidade executados durante um jogo (Ekblom, 1986).

Mesmo sabendo-se da importância da potência para a performance do esporte, a relação entre a força e velocidade dos membros inferiores não tem sido investigada de forma sistemática em atletas de futebol. Devido às demandas do futebol de competição, supõe-se que a relação entre a força e a velocidade de contração seria alterada em atletas que estão inseridos em treinamento específico no esporte há vários anos. O principal objetivo deste trabalho foi determinar a relação entre a força e a velocidade de contração dos membros inferiores, e conseqüentemente a potência muscular, em jogadores de futebol e indivíduos sedentários. Antecipando que a relação entre a força e a velocidade de contração de membros inferiores seria diferente entre os dois grupos testados, o objetivo secundário deste trabalho foi estabelecer em quais velocidades de contração a força e a potência seriam diferentes entre atletas e sedentários. Espera-se que os resultados deste trabalho possibilitem a determinação de valores normais dessa relação para atletas de futebol, possibilitando,

desta forma, estudos comparativos, bem como que esses resultados possam auxiliar no melhor planejamento de treinamento de potência no futebol.

MÉTODOS

Para atingir-se os objetivos deste estudo, dois grupos de indivíduos saudáveis, sem histórico de lesão no joelho, foram avaliados. O primeiro grupo (Grupo 1) foi constituído por 10 atletas de futebol de campo do Sport Club Internacional (Porto Alegre, RS, Brasil), que disputam competições oficiais de nível Nacional na categoria Juniores [características (média \pm erro padrão): idade: $19,7 \pm 0,4$ anos; altura: $180,3 \pm 2,3$ cm; peso: $74,5 \pm 2,4$ Kg]. Estes atletas vinham treinando futebol sistematicamente há 5 anos (mínimo), com uma média semanal de treinamento de aproximadamente 15 horas. O segundo grupo (Grupo 2) foi constituído por 13 indivíduos sedentários, e que não estiveram engajados em nenhum programa de atividade física sistemática nos últimos 5 anos [características (média \pm erro padrão): idade: $21,4 \pm 1$ anos; altura: $180,2 \pm 1,3$ cm; peso: $74,2 \pm 2,3$ Kg].

Para determinar a relação entre a força e a velocidade nos sujeitos deste estudo, um dinamômetro isocinético Cybex Norm (Lumex Inc, Ronkonkoma, Nova Iorque, E.U.A.) foi utilizado. Este aparelho permite que se realize esforços musculares em velocidades angulares controladas e em amplitudes de movimentos previamente estabelecidas.

Os sujeitos foram posicionados na cadeira do dinamômetro, e fixados ao aparelho com tiras de velcro na região da cintura pélvica. Tiras de velcro também foram utilizadas na coxa dos sujeitos para evitar movimentos indesejáveis dos membros inferiores durante as contrações máximas. A amplitude do movimento foi ajustada de forma a permitir um movimento de extensão de 90° . A correção dos valores de torque em relação à força de gravidade foi realizada automaticamente pelo aparelho após a pesagem da perna dos sujeitos. O membro inferior do sujeito avaliado foi o membro dominante.

Ao chegar no laboratório, os indivíduos pedalarão confortavelmente durante 5 minutos em bicicleta ergométrica. Após, os sujeitos realizaram um protocolo de familiarização com o dinamômetro, realizando 3 extensões de joelho nas velocidades de $180^\circ/s$ e $300^\circ/s$. Em seguida, os sujeitos realizaram 1 extensão de joelho isométrica com duração de 5 segundos, em um ângulo de 60° (0° = extensão comple-

"A relação F-V é um dos principais componentes da capacidade de alto rendimento em esportes onde a potência muscular é determinante."

ta). Depois da contração isométrica, os sujeitos realizaram ainda 1 extensão de joelho a uma velocidade de 90°/s.

Após um intervalo de 5 min., o protocolo de coleta de dados para avaliação da relação força-velocidade foi realizado. Todas as contrações realizadas pelos indivíduos foram concêntricas, e consistiram de esforços voluntários máximos. Cada sujeito realizou 3 extensões de joelho em cada uma das seguintes velocidades: 30°/s, 60°/s, 90°/s, 120°/s, 180°/s, 240°/s e 300°/s. A ordem das velocidades utilizadas foi randomizada para cada indivíduo e um intervalo de 2 minutos foi observado entre cada velocidade a fim de evitar a fadiga muscular.

Os dados foram coletados por meio de computador, e visualizados durante todo o transcorrer dos testes. Durante a análise de dados, a repetição em que o torque máximo foi obtido (de cada série de três repetições em cada velocidade) foi selecionada.

Análise estatística. Em cada velocidade utilizada no estudo, a força foi comparada entre os grupos utilizando-se o teste t de Student. O mesmo foi realizado com a potência muscular. Um nível de significância de 5% foi utilizado para todas as análises.

RESULTADOS

A relação entre a força e a velocidade de contração de atletas e sedentários é apresentada na Figura 1. Nos dois grupos investigados neste estudo, a relação força-velocidade de contração segue uma relação linear inversa, onde velocidades aumentadas de contração são responsáveis por uma diminuição na produção de força. Em todas as velocidades estudadas, a força produzida foi maior nos futebolistas do que nos indivíduos sedentários, e esta diferença foi ainda mais marcante em velocidades baixas de contração muscular.

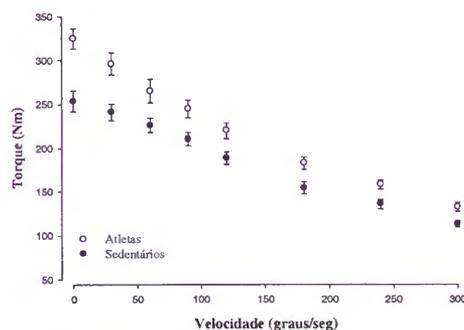


Figura 1. A relação entre torque e velocidade de contração, em atletas e indivíduos sedentários. Em velocidades altas de contração, a força desenvolvida é menor que em velocidades baixas de contração, nos dois grupos investigados.

A Figura 2 mostra a relação entre a potência e a velocidade de contração. Neste caso, a potência aumentou com o aumento da velocidade de contração. Como a força foi aumentada nos jogadores de futebol em todas as velocidades investigadas, eles também desenvolveram uma maior potência muscular do que os indivíduos sedentários, em todas as velocidades investigadas.

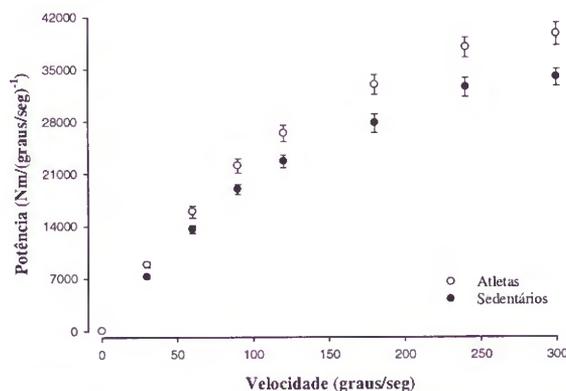


Figura 2. A relação entre a potência e a velocidade de contração, em atletas e indivíduos sedentários. À medida que a velocidade aumenta, a potência também aumenta nos dois grupos investigados.

DISCUSSÃO

O principal objetivo deste trabalho foi determinar a relação entre a força e a velocidade de contração, e consequentemente a relação entre a potência e a velocidade de contração, em jogadores de futebol e indivíduos sedentários. Jogadores de futebol apresentaram índices de potência muscular superiores aos índices apresentados por indivíduos sedentários, em todas as velocidades de contração investigadas.

A relação entre a força e a velocidade observada em indivíduos sedentários foi semelhante àquela descrita em estudos prévios que utilizaram equipamentos isocinéticos (Perrine e Edgerton, 1978; Lesmes et al., 1978; Caiozzo et al., 1981). Sabe-se que esta relação é um pouco diferenciada da relação força-velocidade originalmente proposta por Hill (1938) em células isoladas de anfíbios, à medida em que a força máxima obtida em velocidades baixas de contração muscular é relativamente inibida. No estudo realizado por Hill (1938), a relação força-velocidade é representada por uma parábola inversa onde a força máxima (relativa) é maior que a encontrada em estudos realizados *in vivo*. Quando a relação força-velocidade é investigada em humanos, como em nosso estudo, esta relação apresenta-se relativamente linear, mas ainda com inclinação negativa. As causas desta diferença podem ser inúmeras, e devem estar relacionadas com alguma forma de inibição do sistema neuromuscular (Perrine e Edgerton,

1978). Uma das possíveis explicações é a de que, nas ocasiões onde a força é muito grande (velocidades baixas de contração), um mecanismo de proteção do sistema músculo-esquelético, controlado pelo sistema nervoso, pode atuar de modo a reduzir os níveis de ativação muscular, o que resulta então em uma força produzida que é mais baixa que àquela produzida em músculos isolados de animais.

Embora a relação força-velocidade de contração tenha sido estudada em indivíduos submetidos a treinamento específico em aparelhos isocinéticos (Lesmes et al., 1978; Caiozzo et al., 1981), para nosso conhecimento este é o primeiro estudo que investigou detalhadamente a relação força-velocidade em atletas de futebol. Esta relação diferencia-se da relação obtida com indivíduos sedentários em dois aspectos primordiais: (1) a força produzida por atletas de futebol é sempre maior do que aquela produzida por indivíduos sedentários, e (2) o decréscimo de força em velocidades baixas de contração é diminuído no caso dos atletas. O fato de que a força é maior em futebolistas do que em sedentários deve estar relacionado ao fato de que os atletas de futebol treinam constantemente os membros inferiores em exercícios que exigem altos níveis de força e velocidade. Como o futebol é um esporte acíclico, não existe um padrão de movimentos em uma determinada velocidade que permita uma especificidade dos resultados do treinamento em relação à velocidade de contração. Desta forma, a força é maior nos futebolistas em todas as velocidades investigadas.

Em relação à segunda diferença fundamental dos jogadores de futebol e dos sedentários, percebe-se que o decréscimo de força em velocidades baixas de contração muscular não é tão acentuado nos futebolistas quanto nos sedentários. Aceitando-se que o mecanismo pelo qual ocorre esta inibição de força é vinculado à desativação neural (como explicada acima), é razoável supor-se que o treinamento continuado e sistemático de futebol diminui esta desativação que existe enquanto mecanismo de proteção do sistema músculo-esquelético. É fácil especular-se que o próprio treinamento de futebol modela o sistema músculo-esquelético de forma a torná-lo mais resistente a lesões, e, assim, um mecanismo de defesa como o descrito acima pode ser menos necessário. Esta hipótese deveria ser testada em um estudo subsequente.

Como conseqüência do aumento de força produzido nas diversas velocidades investigadas nesse estudo, os jogadores de futebol apresentam um aumento da potência muscular em todas as velocidades. Em tratando-se de performance com-

petitiva, este aumento é importante, à medida que virtualmente nenhum movimento ou gesto esportivo é baseado somente na força ou na velocidade, mas sempre na potência muscular. No caso do futebol, os arranques, os saltos, os chutes, as corridas de curta distância, entre outros gestos esportivos, dependem basicamente da potência muscular dos membros inferiores. Jogadores sem esta capacidade dificilmente obtêm sucesso no futebol de competição da atualidade. A diferença entre a potência dos membros inferiores de atletas e indivíduos sedentários é aumentada à medida que a velocidade de contração aumenta. Em termos práticos, isto pode significar que, em movimentos rápidos durante o jogo de futebol, a diferença de potência produzida entre os futebolistas e sedentários aumenta. Esse aumento da potência nos futebolistas pode trazer importantes benefícios práticos durante os jogos de futebol de competição.

Os resultados deste estudo abrem novas questões a serem investigadas em um futuro próximo. Por exemplo, seria importante investigar se a potência muscular é diferente em jogadores que atuam em diferentes posições durante os jogos. Além disso, seria interessante averiguar se a diferença de potência encontrada entre futebolistas e sedentários seria mantida ao comparar-se futebolistas e atletas de outras modalidades esportivas que utilizam os membros inferiores, mas em gestos e/ou atividades diferentes do futebol (maratonistas, ciclistas, entre outros).

"O fato de que a força é maior em futebolistas do que em sedentários deve estar relacionado ao fato de que os atletas de futebol treinam constantemente os membros inferiores em exercícios que exigem altos níveis de força e velocidade."

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANGSBO, J.; LINDQUIST, F. Activity profile of competition soccer. *Can. J. Sports Sci.*, 16:110-116, 1991.
- BANGSBO, J.; LINDQUIST, F. Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer. *Int. J. Sports Med.*, 13:125-132, 1992.
- BERG, K.E.; LAVOIE, J.C.; LATIN, R.W. Physiological training effects of playing youth soccer. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 17:656-660, 1985.
- CAIOZZO, V.J.; PERRINE, J.J.; EDGERTON, V.R. Training-induced alterations of the in vivo force-velocity relationship of human muscle. *J. Appl. Physiol.*, 51:750-754, 1981.
- CAPRANICA, L.; CAMA, G.; FANTON, F.; TESSITORE, A.; FIGURA, F. Force and power of preferred and non-preferred leg in young soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 31:358-363, 1992.
- EKBLOM, B. Applied physiology of soccer. *Sports Med.*, 3:50-60, 1986.
- HILL, A.V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc. R. Soc. B.*, 126:136-195, 1938.

- JACOBS, I.; WESTLIN, N.; KARLSSON, J.; RASMUSSEN, M.; HOUGHTON, B. Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *Eur. J. Appl. Physiol*, 48:297-302, 1982.
- LESMESS, G.R.; COSTILL, D.L.; COYLE, E.F.; FINK, W.J. Muscle strength and power changes during maximal isokinetic training. *Med. Sci. Sports*, 10:266-269, 1978.
- MOGNONI, P.; NARICI, M.V.; SIRTORI, M.D.; LORENZELLI, F. Isokinetic torques and kicking maximal ball velocity in young soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 34:357-361, 1994.
- MUJKA, I.; PADILLA, S.; IBÁÑEZ, J.; ISQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E. Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32: 518-525, 2000.
- OBERG, B.; MOLLER, M.; GILLQUIST, J.; EKSTRAND, J. Isokinetic torque levels for knee extensor and knee flexors in soccer players. *Int. J. Sports Med.*, 7:1, 50-3, 1986.
- PERRINE, J.J.; EDGERTON, V.R. Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Med. Sci. Sports*, 10:159-166, 1978.
- REILLY, T.; THOMAS, V. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J. Hum. Mov. Stud.*, 2:87-97, 1976.
- THOMAS, V.; REILLY, T. Fitness assessment of English league soccer players through the competitive season. *Br. J. Sports Med.*, 13:103-109, 1979.
- TUMILTY, D. Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Med.*, 16:80-96, 1993.
- WITHERS, R.T.; MARICIC, Z.; WASILEWSKI, S.; KELLY, L. Match analysis of Australian professional soccer players. *J. Hum. Mov. Stud.*, 8:159-176, 1982.

UNITERMOS

Treinamento; relação força-velocidade; futebol; potência.

***Gilberto Medeiros Borges** é Licenciado em Educação Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e Mestre em Ciências do Movimento Humano pela Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

*** Marco Aurélio Vaz** é Doutor em Cinesiologia pela Universidade de Calgary (Canadá), e Professor Adjunto do Departamento de Desportos e do Programa de Pós-Graduação (Mestrado/Doutorado) em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).