

FORÇA DE ROTAÇÃO E AMPLITUDE DE MOVIMENTO DO OMBRO EM TENISTAS JUNIORES MASCULINOS (16-18)

A. Nunes, Pedro Pezarat Correia, I. Carita, M. Valamatos

Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa

anunesp@hotmail.com

RESUMO

O principal objectivo desta pesquisa foi caracterizar o equilíbrio muscular do ombro rotador em tenistas portugueses do sexo masculino, com idades entre os 16-18 anos. A força isocinética de rotação interna e externa foi medida no dinamómetro Biodex, a 90° e 180°/s. A amplitude máxima de movimento de rotação externa e de rotação interna foi avaliada através de goniometria. Os parâmetros de força isocinética, a razão entre a força de rotação externa e a força de rotação interna (rácio RE:RI) e a máxima amplitude de movimento realizado em cada movimento de rotação foram comparados entre ambos os ombros. Os parâmetros isocinéticos da força de rotação interna e externa foram significativamente maiores ($p \leq 0,05$) no braço dominante em ambas as velocidades. Os valores médios do rácio RE:RI observados no braço dominante eram menores do que no braço não dominante e diferenças significativas foram encontradas apenas a 90°/s. O ombro dominante apresentou uma amplitude significativamente menor de rotação interna, uma amplitude significativamente superior de rotação externa e uma redução significativa na amplitude total de rotação, quando comparado com o ombro não dominante. Estas adaptações do braço dominante podem contribuir para maiores cargas sobre os músculos rotadores do ombro e na cápsula posterior e a conseqüentemente, predispor o tenista a instabilidade do ombro e conseqüente lesão. Assim, no tenista jovem deve ser desenvolvido desde cedo um trabalho específico visando o desenvolvimento da flexibilidade e da força muscular dos músculos rotadores externos. Esse trabalho visa criar condições para desenvolver um perfil muscular do ombro dominante mais preparado para suportar as elevadas cargas de rotação interna produzidas durante a execução dos gestos tenísticos.

Palavras-chave: Ténis, atletas de acções de lançamento, força isocinética, flexibilidade, ombro.



INTRODUÇÃO

Estudos epidemiológicos indicam que as lesões do ombro são comuns em atletas com uso excessivo de acções de lançamento como os tenistas, que repetem os movimentos do braço com rápida rotação interna durante a fase de aceleração (Maquirriain et al., 2005; Marx et al., 2001). O ombro é a parte mais afectada dos tenistas de todas as idades (Winge, 1989), incluindo dos jovens (Kibler et al., 2000; Bylak & Hutchinson, 1998).

Nos atletas que realizam acções de lançamento enquanto jogam, é necessário encontrar um acordo entre uma grande mobilidade e a estabilidade funcional. Wilk et al. (2002) referem-se a isso como o “paradoxo do lançador”. Para esse efeito, é necessário garantir um equilíbrio adequado entre os músculos rotadores internos responsáveis pela aceleração do braço e os músculos rotadores externos (Wilk et al., 1997). Foi verificado que a rotação interna do braço é o movimento angular que fornece o maior contributo para a velocidade da raquete no instante do contacto com a bola no serviço do ténis (Elliott et al., 1995; Sprigings et al., 1994) e no *drive* de direita (Elliott et al., 1997). Os músculos rotadores externos são responsáveis pela desaceleração do braço através de uma acção excêntrica, durante o final da fase de aceleração e o início da finalização, como foi observado no lançamento do beisebol (Gowan et al., 1987; Moynes et al., 1986) e no serviço de ténis (Moynes et al., 1986; Pezarat-Correia et al., 2007). Dois desses músculos rotadores externos – o infraesponhoso e o pequeno redondo – pertencem a um grupo muscular designado por coifa dos rotadores e são muito importantes para a estabilidade dinâmica da articulação glenoumeral. A sua acção mantém a cabeça umeral centrada na cavidade glenóide durante os rápidos movimentos do braço, produzidos na fase de aceleração nas acções de lançamento por cima da cabeça (Blevins, 1997).

A avaliação isocinética pode ser usada como um método de rotina de testes de força. Estudos anteriores têm proposto que uma relação adequada entre a força de rotação externa e a força de rotação interna do braço pode ser uma ferramenta útil para identificar o desequilíbrio no ombro do atleta (Aldrink & Kuck, 1986; Brown et al., 1988; Ellenbecker & Mattalino, 1997; Ellenbecker & Roetert, 2003; Wilk et al., 1993; Wilk et al., 2002). A faixa de 66-75% tem sido proposta como uma relação RE:RI adequada para proporcionar o equilíbrio muscular (Ellenbecker & Roetert, 2003). A diminuição deste rácio foi descrita em indivíduos com síndrome do impacto glenoumeral e instabilidade (Warner et al., 1990), em nadadores (Rupp et al., 1995) e no ombro dominante nos atletas que usam geralmente uma acção de arremesso por cima da cabeça, tais como no beisebol (Codine et al., 1997; Cummins et al., 2004; Ellenbecker & Mattalino, 1997; Ellenbecker et al., 2002; Noffal, 2003; Wilk et al., 1993, 2002), no pólo aquático (McMaster et al., 1991), no voleibol (Alfredson et al., 1998; Wang et al., 2000), no badminton (Ng & Patrick, 2002) e no ténis (Chandler et al., 1992; Codine et al., 1997; Cohen et al., 1994; Ellenbecker & Roetert, 2002; Ellenbecker & Roetert, 2003; Gozlan et al., 2006; Koziris et al., 1991; Pezarat-Correia et al., 2005, 2006). Verificou-se também que os tenistas apresentam um menor rácio no

braço dominante em relação aos não-atletas e corredores e um rácio mais elevado do que os jogadores de beisebol (Codine et al., 1997).

Além da alteração da relação RE:RI, o ombro dominante dos atletas de arremesso apresenta normalmente alterações na amplitude máxima de movimentos de rotação. Foi verificado que tenistas sub21 de ambos os sexos apresentavam diferenças no ombro dominante em relação ao ombro não dominante: um aumento na amplitude de rotação externa do braço (Ellenbecker & Roetert, 2002; Kibler et al., 1996), um déficit na amplitude de rotação interna e uma diminuição na amplitude total de rotação (Chandler et al., 1990; Ellenbecker et al., 2002; Ellenbecker & Roetert, 2002; Kibler et al., 1996). Uma menor rotação interna do braço dominante também foi observada noutros atletas que usam lançamento por cima da cabeça, como os jogadores de voleibol (Wang et al., 2000) e os lançadores de beisebol (Brown et al., 1988; Crocket et al., 2002). A diminuição da amplitude da rotação interna do ombro resulta do espessamento da porção postero-inferior da cápsula da articulação glenoumeral e de menor flexibilidade dos músculos rotadores externos do braço e pode contribuir para lesão (Myers et al., 2006). Jobe & Pink (1997) mostraram que essa redução de amplitude está altamente correlacionada com a patologia do ombro. A perda de graus de rotação interna glenoumeral do ombro dominante em relação ao ombro não dominante é definida como o déficit de rotação interna glenoumeral (DRIG). Uma associação do DRIG com o desenvolvimento de lesões no ombro, tem sido sugerida (Myers et al., 2006). A combinação da diminuição da amplitude de rotação interna com o desequilíbrio muscular entre a força de rotação interna e a força de rotação externa tem sido apontada como possível causa de lesão de sobrecarga no ombro (Chandler et al., 1992; Myers et al., 2006; Wilk et al., 2002; Winge et al., 1989).

O principal objectivo do presente estudo foi caracterizar o equilíbrio muscular entre os músculos rotadores internos e externos do ombro em tenistas juniores portugueses do sexo masculino. A relação isocinética entre a força de rotação externa e a força de rotação interna e a máxima amplitude realizada em cada movimento foram comparados para ambos os ombros. É nosso propósito contribuir para dados normativos sobre as adaptações verificadas na força e na amplitude máxima de rotação do ombro do tenista português de idade júnior (16-18 anos).

MÉTODOS

Trinta e dois jovens tenistas do sexo masculino entre os 16-18 anos ($17,7 \pm 0,7$) participaram no estudo. Todos os jogadores eram classificados no top 50 do ranking sub18 português de 2005 e apresentavam um tempo médio de prática de ténis de 8 ± 3 anos. O valor médio do peso foi de $68,4 \pm 5,9$ kg e a altura média foi de $178,6 \pm 5$ cm. Todos os participantes estavam isentos de lesões músculo-esqueléticas no ombro e assinaram documento de consentimento prévio para a participação no estudo.

Os sujeitos aqueceram aproximadamente cinco minutos, com um protocolo padronizado. Antes do ensaio, uma breve explicação da avaliação isocinética foi dada a cada atleta e algumas repetições práticas foram realizadas a cada velocidade de movimento. As medidas de força concêntrica de rotação externa e interna de ambos os braços dominante e não dominante foram realizadas num dinamómetro isocinético Biodex Medical System, a 90 e 180°/s. Durante os testes, os indivíduos estavam sentados no banco e fixos na cadeira com tiras de retenção colocadas no peito e nas coxas. O braço foi posicionado em 45° de abdução, no plano da escápula, com o cotovelo flexionado a 90°. Escolhemos esta posição porque é mais confortável e minimiza o stress nas estruturas articulares e musculares do ombro, em comparação com os 90° de abdução do braço no plano frontal (Greenfield et al., 1990; Kuhlman et al., 1992), e também porque esta posição é mais semelhante com a posição do braço durante a fase de aceleração no serviço e no *drive* de direita do que a posição neutra proposta por Hinton (1988).

Baseados numa posição de referência (0°) com o antebraço horizontal, os movimentos de rotação foram realizadas entre 15° de rotação interna e 60° de rotação externa, com 75° de amplitude total de movimento. Foram realizadas cinco repetições de esforço máximo a cada velocidade. Após cada ensaio e cada mudança de velocidade de avaliação, houve 10 e 90 segundos de descanso, respectivamente. Para cada movimento, foi calculado o momento máximo de força, o momento máximo de força ajustado ao peso corporal, o trabalho total e a potência média. Os valores de momento máximo de força foram corrigidos em função da gravidade.

12 A amplitude máxima dos movimentos de rotação externa e interna de ambos os ombros foi medida através de goniometria, pelo mesmo investigador. As medições foram realizadas com o sujeito deitado em supino sobre uma mesa, com a escápula estabilizada, o braço a 90° de abdução e os cotovelos a 90° de flexão. Em seguida, o investigador manipulou passivamente o antebraço para girar o braço no máximo das posições de rotação interna e externa. Em cada uma das posições a amplitude de movimento foi registada com um goniómetro (goniómetro líquido MIE, Medical Research Ltd, Leeds, Reino Unido). Escolhemos esta posição do braço, pois é semelhante à posição do braço durante a aceleração e a finalização do serviço.

Os valores médios e desvio padrão foram calculados para a força isocinética e parâmetros de amplitude máxima. A fim de analisar as diferenças entre os braços dominante e não dominante, foi utilizado o teste t de pares. Todos os testes estatísticos foram realizados com um nível de significância 0,05.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores médios e de desvio padrão e os resultados dos testes-t.

Com excepção do valor do momento máximo de força de rotação externa normalizado para o peso corporal, todos os parâmetros isocinéticos da força de rotação interna e exter-

Tabela 1. Valores de média e de desvio padrão (sd) e resultados do teste-t de pares (ombro dominante x ombro não dominante) dos parâmetros da força isocinética e de amplitude máxima de movimento de rotação para os ombros dominante e não dominante.

		Ombro Dominante		Ombro Não Dominante		Teste t pares		
		Média	sd	Média	sd	T	p	
RI	90°/s	PF	50.8	11.0	41.4	9.1	-8.197	0.001
		PFPC	72.3	13.9	65.1	13.5	-2.748	0.010
		TT	234.0	55.7	197.2	51.5	-6.879	0.001
		PM	53.3	13.1	43.8	11.5	-8.545	0.001
	180°/s	PF	49.1	10.0	40.3	9.1	-6.634	0.001
		PFPC	68.8	14.4	62.2	14.1	-2.320	0.027
		TT	226.4	58.8	189.1	54.3	-6.986	0.001
		PM	88.2	23.3	71.3	18.4	-6.413	0.001
RE	90°/s	PF	30.4	6.2	27.3	5.0	-3.693	0.001
		PFPC	44.7	9.8	44.5	14.6	-0.080	0.937
		TT	137.7	28.4	124.4	25.7	-3.698	0.001
		PM	31.7	6.8	27.9	6.0	-4.625	0.001
	180°/s	PF	31.0	6.8	26.6	4.8	-5.223	0.001
		PFPC	43.6	8.7	42.3	7.7	-0.746	0.461
		TT	126.1	31.6	113.4	27.2	-3.684	0.001
		PM	49.4	12.1	43.1	9.2	-4.171	0.001
Ratio RE:RI	90°/s	0.60	0.10	0.67	12.5	2.615	0.014	
	180°/s	0.63	0.09	0.67	10.5	1.539	0.134	
AM	RI	52.0	14.7	66.3	17.5	7.439	0.001	
	RE	106.6	11.9	99.9	13.6	-3.693	0.001	
	RT	158.6	19.3	166.2	23.8	3.8	0.001	

RI – Rotação Interna; RE – Rotação Externa; RT – Rotação Total; PF – Momento Máximo de Força (Nm); PFPC – Momento Máximo de Força/Peso Corporal; TT – Trabalho Total (Joules); PM – Potência Média (Watts); Ratio RE:RI – Razão entre o Momento Máximo de Força de Rotação Externa e o Momento Máximo de Força de Rotação Interna; AM – Amplitude Máxima de Movimento (°).

na foram significativamente maiores ($p \leq 0,05$) no braço dominante em ambas as velocidades.

Para o cálculo da razão RE:RI, apenas os valores do momento máximo de força foram considerados. Os valores médios de relação RE:RI observados no braço dominante ($0,61 \pm 0,10$ no $90^\circ/s$, e $0,63 \pm 0,09$ em $180^\circ/s$) foram menores do que no braço não dominante ($0,67 \pm 0,13$ no $90^\circ/s$, e $0,67 \pm 0,11$ a $180^\circ/s$), mas diferenças significativas foram somente encontradas a $90^\circ/s$ ($p \leq 0,014$).

Em relação à amplitude máxima da rotação do ombro, verificou-se significativamente ($p \leq 0,0001$) menor amplitude de rotação interna e significativamente ($p \leq 0,001$) maior amplitude de rotação externa do ombro dominante. A amplitude total de rotação era significativamente ($p \leq 0,001$) menor no ombro dominante ($158,6 \pm 19,3^\circ$), quando comparado com o ombro contralateral ($166,2 \pm 23,7^\circ$).

DISCUSSÃO

Os parâmetros isocinéticos da força de rotação interna e externa foram significativamente maiores no braço dominante, em ambas as velocidades. Quanto à força de rotação interna, estes resultados estão de acordo com os resultados anteriores obtidos com jogadores de ténis (Chandler et al., 1992; Ellenbecker & Roetert, 2003; Kozirirs et al., 1991; Pezarat-Correia et al., 2005). Para os parâmetros de força de rotação externa os resultados da literatura não são uniformes: tanto têm sido verificados valores significativamente mais elevados de momento máximo de força no braço dominante (Chandler et al., 1992; Pezarat-Correia et al., 2005), como ausência de diferenças significativas entre os dois ombros (Ellenbecker & Roetert, 2003; Koziris et al., 1991).

Os rácios que foram determinados para o ombro dominante (0,60 e 0,63) foram inferiores aos recomendados para rácio RE:RI adequado para proporcionar equilíbrio muscular, que varia 0,66-0,75 (Ellenbecker & Roetert, 2003). Assim, as razões que observamos no braço dominante apontam para um aumento selectivo na força de rotação interna sem o desenvolvimento concomitante da força de rotação externa. Numa perspectiva diferente, este rácio mais baixo no braço dominante pode representar uma adaptação para melhorar o desempenho do ténis potenciando a velocidade do serviço. Cohen et al. (1994) propuseram que o grau de desequilíbrio entre a força isocinética de rotação externa e interna pode ser utilizado para prever a velocidade de serviço, pois verificaram que os maiores valores de desequilíbrio foram correlacionados com maior velocidade no serviço.

Os valores médios da relação RE:RI observados no braço dominante em ambas as velocidades (0,60 e 0,63) foram menores do que no braço não dominante (0,67 e 0,67), mas diferenças significativas foram somente encontradas a 90°/s. Esta tendência para uma relação mais equilibrada com maior velocidade de avaliação isocinética foi também encontrada em jogadores de voleibol (Alfredson et al., 1998). Igualmente, esta tendência também foi relatada por Chandler et al. (1992), mostrando que o valor de momento máximo de força de rotação externa no braço dominante só foi significativamente maior em comparação com o braço não dominante na velocidade de 300°/s. Reforçando esta ideia, o estudo de Ellenbecker & Roetert (2003), que utilizou velocidades mais rápidas do que o nosso estudo, encontrou valores da rácio RE:RI mais elevados: considerando o grupo de tenistas dos 18 aos 21 anos masculinos, relatou que os índices para o ombro dominante foram de 0,70 com o teste de velocidade a 210°/s e 0,73 a 300°/s. Estes resultados parecem indicar que os atletas de arremesso estão mais adaptados para desenvolver força elevada de rotação externa a altas velocidades de movimento. Tal será uma adaptação natural, uma vez que repetem muitos movimentos balísticos do braço durante o jogo e as sessões de treino. Por exemplo, no serviço do ténis, velocidades angulares de rotação interna do braço foram relatadas com um valor médio superior a 2000°/s (Elliott et al., 1995). Assim, seria interessante testar a relação RE:RI com velocidades mais altas do que as velocidades de movimento que utilizámos,

90°/s e 180°/s. No entanto é muito difícil garantir valores de coeficiente de variação aceitáveis com velocidades mais altas.

Quanto à amplitude máxima de movimento de rotação do ombro, os valores que encontramos no ombro dominante para a rotação externa ($107^\circ \pm 12^\circ$), a rotação interna ($52^\circ \pm 15^\circ$) e a rotação total ($159^\circ \pm 19^\circ$) foram semelhantes aos encontrados na literatura para o braço dominante na elite de tenistas juniores do sexo masculino (Ellenbecker et al., 2002). Registámos valores de amplitude de rotação externa significativamente mais elevados e valores de amplitude de rotação interna significativamente mais reduzidos no ombro dominante em relação ao ombro não dominante. A amplitude de rotação total era significativamente reduzida no ombro dominante, o que significa que a perda de rotação interna no lado dominante excedia o ganho de amplitude de rotação externa. Na verdade, a amplitude de rotação externa era de $6,7^\circ \pm 10,3^\circ$ maior no ombro dominante, mas o valor médio para o défice de rotação interna (DRIG) era de $14,3^\circ \pm 10,9^\circ$. Segundo Myers et al. (2006) as alterações na amplitude de rotação podem tornar-se problemáticas para o ombro dominante de atletas de lançamento, se a quantidade de DRIG for superior ao ganho de rotação externa, com uma perda de amplitude na rotação total. O valor de DRIG médio de 14° observado no presente estudo corresponde ao intervalo (10° a 15°) geralmente encontrado em atiradores sem histórico de lesão no ombro (Myers et al., 2006). No entanto, em oito sujeitos o DRIG foi superior a 19° , valor médio de DRIG encontrado em atiradores com lesões patológicas internas (Myers et al., 2006). Em seis dos nossos atletas, a perda de amplitude de rotação total do ombro dominante, comparando com o lado não dominante foi superior a 10%. Na interpretação de Van der Hoeven & Kibler (2006), um défice superior a 10% indica que o ombro é mais susceptível a lesões.

Não foram encontradas diferenças entre os dois braços para a amplitude de movimento de rotação externa em estudos realizados com jogadores de ténis (Ellenbecker et al., 2002; Roetert et al., 2000) e jogadores de voleibol (Wang et al., 2000). No entanto outros estudos observaram um ganho de rotação externa do ombro dominante de atletas lançadores, tais como os tenistas (Kibler et al., 1989), os lançadores de dardos (Herrington, 1998) e os lançadores de beisebol (Brown et al., 1988; Crockett et al., 2002). A maior amplitude de rotação externa que encontramos no presente estudo no ombro dominante está provavelmente relacionada com a pronunciada rotação externa do braço durante o final da fase de preparação, permitindo o aumento da amplitude da fase de aceleração, o pré-alongamento e a carga excêntrica dos músculos rotadores internos, potenciando a sua posterior acção na fase principal do gesto. O estudo realizado com jogadores de elite de ténis profissional, que participaram em 2000 nos Jogos Olímpicos de Sydney (Elliott et al., 2003; Fleisig et al., 2003) observou que, durante o final da fase de preparação no serviço, o ombro apresentava uma rotação externa com um valor médio de 170° .

CONCLUSÃO

Foi nosso propósito contribuir para dados normativos da literatura sobre a adaptação do perfil de força e flexibilidade do ombro do jogador de ténis português de idade júnior. Os nossos resultados com tenistas juniores portugueses confirmam estudos anteriores que verificaram mudanças adaptativas na força e amplitude de movimento do ombro dominante de tenistas juniores (16-18 anos).

O ombro dominante mostrou maior valor de força de rotação interna e externa. No entanto, o menor valor de rácio RE:RI observado neste ombro significa que o aumento na força de rotação interna foi mais acentuado do que o aumento na força de rotação externa. Os valores médios do rácio RE:RI que encontramos no ombro dominante são menores do que o intervalo recomendado na literatura para proporcionar equilíbrio muscular.

No que respeita à flexibilidade dos ombros, os resultados indicam, para o braço dominante, um declínio na amplitude total do movimento de rotação e na rotação interna e um aumento da amplitude de rotação externa. A perda de amplitude de rotação interna pode ser produzida por uma redução na capacidade de alongamento dos músculos rotadores externos e por aumento de tensão das regiões posteriores da cápsula articular.

Essas adaptações do braço dominante – o défice na força de rotação externa relativamente à força de rotação interna, combinada com a perda de amplitude de rotação interna do movimento – pode contribuir para maiores cargas sobre os músculos rotadores externos do ombro e a parte posterior da cápsula e conseqüentemente, predispor o jogador de ténis a instabilidade do ombro e a lesão. Assim, uma abordagem pró-activa é necessária, visando uma correcção precoce dessas adaptações.

Estes resultados suportam a utilização de exercícios específicos para alongamento e desenvolvimento da força dos músculos rotadores externos, a fim de garantir o equilíbrio no ombro necessário para a prevenção de lesões, uma vez que estes jovens atletas irão realizar repetições massivas de movimentos balísticos de rotação interna do ombro durante a sua carreira desportiva. O condicionamento de força dos músculos rotadores externos deve centrar-se sobretudo em exercícios excêntricos que recrutam estes músculos de forma similar ao verificado durante a execução do serviço e *drive* de direita para desacelerar o movimento do braço. Exercícios de alongamento direccionados para as estruturas posteriores do ombro devem ser realizadas diariamente.

BIBLIOGRAFIA

- ALDERINK, G. & KUCK, D.** (1986). Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 7, 163-172.
- ALFREDSON, H., PIETILA, T. & LORENTZON, R.** (1998). Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non-active females. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8, 265-270.
- BLEVINS, F.** (1997). Rotator cuff pathology in athletes. *Sports Medicine* 24, 205-220.
- BROWN, L.P., NIEHUES, S.L., HARRAH, A., YAVORSKY, P. & HIRSHMAN, H.P.** (1988). Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in major league baseball players. *American Journal of Sports Medicine* 16, 577-85.

- BYLAK, J. & HUTCHINSON, M. R.** (1998). Common sports injuries in young tennis players. *Sports Medicine* 26, 119-132.
- CHANDLER, T., KIBLER, B., UHL, T., WOOTEN, A., KISER, A. & STONE, E.** (1990). Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *American Journal of Sports Medicine* 18, 134-136.
- CHANDLER, T., KIBLER, B., STRACENER, E., ZIEGLER, A. & PACE, B.** (1992). Shoulder strength, power, and endurance in college tennis players. *American Journal of Sports Medicine* 20, 455-458.
- CODINE, P., BERNARD, P., POCHOLLE, M., BENAÏM, C. & BRUN, V.** (1997). Influence of sports discipline on shoulder rotator cuff balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29, 1400-1405.
- COHEN, D., MONT, M., CAMPBELL, K., VOGELSTEIN, B. & LOEWY, J.** (1994). Upper extremity physical factors affecting tennis serve velocity. *American Journal of Sports Medicine* 22, 746-750.
- CROCKETT, H., GROSS, L., WILK, K., SCHWARTZ, M., REED, J., O'MARA, J., REILLY, M., DUGAS, J., MEISTER, K., LYMAN, S. & ANDREWS, J.** (2002). Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine* 30, 20-26.
- CUMMINS, C., MESSER, T. & SCHAFFER, M.** (2004). Infraspinal muscle atrophy in professional baseball players. *American Journal of Sports Medicine* 32, 116-120.
- ELLENBECKER, T. & MATTALINO, A.** (1997). Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy* 25, 323-328.
- ELLENBECKER, T., ROETERT, P., BAILIE, D., DAVIES, G. & BROWN, S.** (2002). Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, 2052-2056.
- ELLENBECKER, T. & ROETERT, E.** (2002). Effects of a 4-h season on glenohumeral joint rotation strength and range of motion in female tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 16, 92-106.
- ELLENBECKER, T. & ROETERT, E.** (2003). Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 6, 63-70.
- ELLIOTT, B., MARSHALL, R. & NOFFAL, G.** (1995). Contribution of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *Journal of Applied Biomechanics* 11, 433-442.
- ELLIOTT, B., TAKAHASHI, K. & NOFFAL, G.** (1997). The influence of grip position on upper limb contributions to racket head velocity in a tennis forehand. *Journal of Applied Biomechanics* 13 (1997), 182-196.
- ELLIOTT, B., FLEISIG, G., NICHOLLS, R. & ESCAMILLA, R.** (2003). Technique effects on upper limb loading in the tennis serve. *Journal of Science and Medicine in Sport* 6 (1), 76-87.
- FLEISIG, G., NICHOLLS, R., ELLIOTT, B. & ESCAMILLA, R.** (2003). Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. *Sports Biomechanics* 2, 51-71.
- GOWAN, I., JOBE, F., TIBONE, J., PERRY, J. & MOYNES D.** (1987). A comparative electromyographic analysis of the shoulder during pitching. *American Journal of Sports Medicine* 15, 586-590.
- GREENFIELD, B., DONATELLI, R., WOODEN, M. & WILKES, J.** (1990). Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength between the plane of scapula and the frontal plane. *American Journal of Sports Medicine* 18, 124-128.
- HERRINGTON, L.** (1998). Gleno-humeral joint: Internal and external rotation range of motion in javelin throwers. *British Journal of Sports Medicine* 32, 226-228.
- HINTON, R.** (1988). Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in high school baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine* 16, 274-279.
- JOBE, F. & PINK, M.** (1997). Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy* 18, 427-432.
- KIBLER, W., CHANDLER, T. & UHL, T.** (1989). A musculoskeletal approach to the preparticipation physical examination: preventing injury and improving performance. *American Journal of Sports Medicine* 17, 525-531.
- KIBLER, W., CHANDLER, T., LIVINGSTON, B. & ROETERT, E.** (1996). Shoulder range of motion in elite tennis players – effect of age and years of tournament play. *American Journal of Sports Medicine* 24, 279-285.
- KIBLER, W. & SAFRAN, M.** (2000). Musculoskeletal injuries in the young tennis player. *Clinics in Sports Medicine* 19, 781-792.
- KOZIRIS, L., KRAEMER, W., TRIPLETT, N., FRY, J., BAUER, J., PEDRO, A., CLEMSON, A. & CONNORS, J.** (1991). Strength imbalances in women tennis players. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23 (Suppl. 5), 253.
- KUHLMAN, J., IANNOTTI, J., KELLY, M., RIEGLER, F., GEVAERT, M. & ERGIN, T.** (1992). Isokinetic and isometric measurement of strength of external rotation and abduction of the shoulder. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 74-A, 1320-1333.
- MAQUIRRIAIN, J., GHISI, J. & AMATO, S.** (2005). Is tennis a predisposing factor for degenerative shoulder disease? A controlled study in former elite players. *British Journal of Sports Medicine* 40, 447-450.

- MARX, R., SPERLING, J. & CORDASCO, F.** (2001). Overuse injuries of the upper extremity in tennis players. *Clinics in Sports Medicine* 20, 439-451.
- MCMASTER, W., LONG, S. & CAIOZZO, V.** (1991). Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. *American Journal of Sports Medicine* 19, 72-75.
- MOYNES, D., PERRY, J., ANTONELLI, D. & JOBE, F.** (1986). Electromyographic and motion analysis of the upper extremity in sports. *Physical Therapy* 66, 1905-1911.
- MYERS, J., LAUDNER, K., PASQUALE, M., BRADLEY, J. & LEPHART, S.** (2006). Glenohumeral range of motion deficits and posterior shoulder tightness in throwers with pathologic internal impingement. *American Journal of Sports Medicine* 34, 385-391.
- NG, G. & PATRICK, C.** (2002). A study of antagonist/agonist isokinetic work ratios of shoulder rotators in men who play badminton. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 32, 399-404.
- NOFFAL, G.** (2003). Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *American Journal of Sports Medicine* 31, 537-541.
- PEZARAT-CORREIA, P., VALAMATOS, M., ALVES, F., VALAMATOS, M., PINTO, R., NUNES, A. & SANTOS, P.** (2005). Isokinetic strength ratios of the shoulder rotator muscles in Portuguese male and female junior tennis players from national teams under 16 and under 18. *Book of Abstracts of the 10th Annual Congress of the European Congress of Sport Science, Belgrado*, 279.
- PEZARAT-CORREIA, P., VALAMATOS, M., ALVES, F. & SANTOS, P.** (2006). Upper limb force parameters in tennis, swimming and basketball elite Portuguese female athletes (16-18). *Medicine and Science in Sports Exercise* 38, (Suppl. 5), 1610.
- PEZARAT-CORREIA, P., COUTINHO, C., PIMENTEL, P., DIAS, V. & FERNANDES, O.** (2007). Timing of neuromuscular activation patterns during flat tennis serve. *Book of Abstracts of the 12th Annual Congress of the European Congress of Sport Science, Jyväskylä*. 367.
- ROETERT, E., ELLENBECKER, T. & BROWN, S.** (2000). Shoulder internal and external rotational range of motion in nationally ranked junior tennis players: a longitudinal analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* 14, 140-143.
- RUPP, S., BERNINGER, K. & HOPF, T.** (1995). Shoulder Problems in High Level Swimmers: Impingement, Anterior Instability, Muscular Imbalance? *International Journal of Sports Medicine* 16, 557-562.
- SPRIGINGS, E., MARSHALL, R., ELLIOTT, B. & JENNINGS, L.** (1994). A three-dimensional kinematic method for determining the effectiveness of arm segment rotations in producing racquet-head speed. *Journal of Biomechanics* 27, 245-254.
- VAN DER HOEVEN, H. & KIBLER, W.** (2006). Shoulder injuries in tennis players. *British Journal of Sports Medicine* 40, 435-440.
- WANG, H., MACFARLANE, A. & COCHRANE, T.** (2000). Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. *British Journal of Sports Medicine* 34, 39-43.
- WARNER, J., MICHELI, L., ARSLANIAN, L., KENNEDY, J. & KENNEDY, R.** (1990). Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders and shoulders with instability and impingement. *American Journal of Sports Medicine* 18, 366-375.
- WILK, K., ANDREWS, J., ARRIGO, C., KEIRNS, M. & ERBER, D.** (1993). The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine* 21, 61-66.
- WILK, K., ARRIGO, C. & ANDREWS, J.** (1997). Current concepts: The stabilizing structures of the glenohumeral joint. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy* 25, 364-379.
- WILK, K., MEISTER, K. & ANDREWS, J.** (2002). Current concepts in the rehabilitation of the overhead throwing athlete. *American Journal of Sports Medicine* 30, 136-151.
- WINGE, S., JORGENSEN, U. & NIELSEN, A.** (1989). Epidemiology of injuries in Danish championship tennis. *International Journal of Sports Medicine* 10, 368-71.