

Artigo Original

Variabilidade inter-individual na estrutura temporal do arremesso no basquetebol

Victor Hugo Alves Okazaki ^{1,2,3}
Fábio Heitor Alves Okazaki ³
André Luiz Félix Rodacki ¹
Andrea Cristina de Lima ^{2,3}

¹Centro de Estudos do Comportamento Motor da UFPR, Curitiba, PR, Brasil

²Sistemas Motores Humanos da USP, São Paulo, SP, Brasil

³Centro de Estudos do Movimento Humano da UFPR, Curitiba, PR, Brasil

Resumo: Este estudo analisou a variabilidade inter-individual na estrutura temporal aplicada no arremesso no basquetebol. Dez atletas masculinos experientes em basquetebol foram filmados e um número de parâmetros cinemáticos do movimento analisados. Um modelo biomecânico forneceu os tempos relativos dos movimentos das articulações do ombro, do cotovelo e do punho. A variabilidade inter-individual foi analisada por meio da seqüência e do tempo relativo de dez fases do arremesso. Para comparar a variabilidade das fases do arremesso entre os sujeitos foi utilizada uma Análise Discriminante e uma ANOVA. O teste de Post Hoc de Tukey foi aplicado para determinar onde as diferenças ocorreram. O nível de significância foi de $p = 0,05$. A variabilidade inter-individual foi explicada por três fatores atuando concomitantemente: estratégia de controle da (a) precisão e (b) da geração de velocidade, e (c) características intrínsecas dos sujeitos. Portanto, ainda que algumas ações sejam comuns aos padrões de arremesso no basquetebol, cada arremessador demonstrou características particulares e individuais.

Palavras-chave: Variabilidade inter-individual. Arremesso no Basquetebol. Biomecânica. Controle motor.

Inter-individual variability in temporal structure of the basketball shoot

Abstract: This study analyzed inter-individual variability of the temporal structure applied in basketball throwing. Ten experienced male athletes in basketball throwing were filmed and a number of kinematic movement parameters analyzed. A biomechanical model provided the relative timing of the shoulder, elbow and wrist joint movements. Inter-individual variability was analyzed using sequencing and relative timing of ten phases of the throw. To compare the variability of the movement phases between subjects a discriminant analysis and an ANOVA were applied. The Tukey test was applied to determine where differences occurred. The significance level was $p = 0.05$. Inter-individual variability was explained by three concomitant factors: (a) a precision control strategy, (b) a velocity control strategy and (c) intrinsic characteristics of the subjects. Therefore, despite the fact that some actions are common to the basketball throwing pattern each performed demonstrated particular and individual characteristics.

Key Words: Inter-individual variability. Basketball Jump Shoot. Biomechanics. Motor Control.

Introdução

Para atingir elevado nível de proficiência esportiva, o jogador de basquetebol deve descobrir a melhor maneira de coordenar seus movimentos no jogo (BUTTON et al., 2003). A coordenação é o processo de dominação dos graus de liberdade abundantes/redundantes de um organismo (COSTA; VIEIRA, 2000; TURVEY, 1990), ou seja, sua conversão para um sistema controlável (NEWELL; VAILLANCOURT, 2001) que é sensível às variações do contexto (KO et al., 2003). As ações coordenadas dos segmentos corporais produzem os padrões de movimento (PUTNAM, 1991). Quando os padrões

cinemáticos são estereotipados, diferentes sujeitos desempenham uma habilidade motora relativamente padronizada (JACOBS; VAN INGEN SCHENAU, 1992; RODACKI et al., 2001). Contudo, variabilidades inter-individuais têm sido reportadas em diversas habilidades motoras, tais como: o arremesso de dardo (MENZEL, 2001), o saque no voleibol (TEMPRADO et al., 1997; COLEMAN et al., 1993; OKA et al., 1976), o salto vertical (RODACKI; FOWLER, 2002; JENSEN et al., 1989) e o chute na capoeira (SALTZBERG et al., 2001). Variações inter-individuais também foram reportadas no arremesso tipo jump no basquetebol (BUTTON et al., 2003; OKAZAKI et

al., 2008; [WALTERS](#) et al., 1990), sendo estas variações capazes de distinguir diferentes estratégias no desempenho do arremesso ([SATERN](#), 1988).

O arremesso tipo jump tem sido extensamente analisado através de observações qualitativas, modelos matemáticos de dedução e evidências experimentais ([KNUDSON](#), 1993; [HUDSON](#), 1982). Pois, esta habilidade motora pode ser influenciada por diversas variáveis, tais como: distância do arremesso ([RODACKI](#) et al., 2005; [WALTERS](#) et al., 1990), campo visual ([OUDEJANS](#) et al., 2002; [RIPOLL](#) et al., 1986), presença de um oponente ([ROJAS](#) et al., 2000), função (armador, ala e pivô) e características físicas dos jogadores ([MILLER](#); [BARTLETT](#), 1996). Todavia, a forma como as ações das articulações são organizadas para desempenhar o arremesso e a variabilidade inter-individual nesta estrutura temporal do movimento não tem sido foco de estudo.

A estrutura e seqüência temporal das ações motoras podem auxiliar no entendimento das estratégias de controle utilizadas no movimento. Pois, o tempo relativo e a seqüência das ações dos movimentos têm sido relacionados às informações armazenadas na representação dos programas motores gerais que controlam o movimento ([SCHMIDT](#), 1975; [SHEA](#); [WULF](#), 2005). Estas representações armazenariam as informações invariáveis (tempo relativo, velocidade relativa, força relativa e as seqüências das ações) que caracterizam as diferentes habilidades motoras. Assim, a mesma habilidade desempenhada deveria apresentar uma invariância nos tempos relativos e na seqüência das ações no movimento ([SHAPIRO](#) et al., 1986). Todavia, tal característica invariável ainda não foi explorada no arremesso tipo jump em atletas experientes no basquetebol. Diferenças entre estas características invariantes entre atletas experientes poderiam auxiliar na compreensão das estratégias utilizadas para controlar o arremesso e, ainda, auxiliar a compreender porque existem diferentes níveis de eficácia entre atletas experientes ([OKAZAKI](#) et al., 2004).

O objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade inter-individual na estrutura temporal do arremesso tipo jump no basquetebol. Como o tempo relativo e a ordem em que as ações são organizadas representam os aspectos invariáveis num padrão de movimento, a estrutura temporal

poderá fornecer subsídios para analisar a variabilidade nas estratégias de controle adotadas para desempenhar o arremesso no basquetebol.

Metodologia

Amostra

A amostra foi constituída por 10 atletas de basquetebol masculinos com idade = 22,2 anos (DP = 1,9), estatura = 1,83 m (DP = 0,08), peso = 77,7 kg (DP = 7,6), e experiência = 9,0 anos (DP = 2,2) pertencentes à Seleção Paranaense Universitária (2004-2005). Foram selecionados sujeitos que não reportaram nenhum tipo de lesão ou incapacidade que pudesse interferir no desenvolvimento da pesquisa. Os procedimentos utilizados no estudo foram aprovados pelo comitê de ética da universidade onde o experimento foi realizado. Antes do início da avaliação, todos os sujeitos foram informados dos procedimentos de avaliação necessários para o estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Procedimentos Experimentais

A estrutura temporal relativa foi analisada a partir das variáveis de deslocamento e velocidade angulares das articulações do ombro, do cotovelo e do punho. Estas variáveis foram quantificadas através de uma análise cinemática conduzida a partir de filmagem. Para tal, foi utilizada uma filmadora (JVC; 60 Hz; *Shutter Speed* 1/250) posicionada perpendicularmente ao plano de movimento com o centro focal direcionado sobre a articulação do ombro. A filmadora foi posicionada do lado direito dos sujeitos, a uma distância de 8 m do plano de movimento. A escolha do lado direito se deve ao fato dos sujeitos selecionados serem destros. Para uma melhor visualização do movimento, uma cortina de cor preta foi colocada no plano de fundo (lado esquerdo do sujeito). Desta forma, foi proporcionado um plano de fundo contrastante aos marcadores (cor branca) utilizados no modelo biomecânico, facilitando o processo de digitalização dos dados (figura 01). As imagens foram armazenadas em fita e posteriormente transferidas para um computador através de um conversor de analógico-digital (*Belkin* - USB, F5U208). As imagens foram digitalizadas manualmente por um único avaliador através de um software específico de análise de movimento (*Geeware Motion Analysis*®).

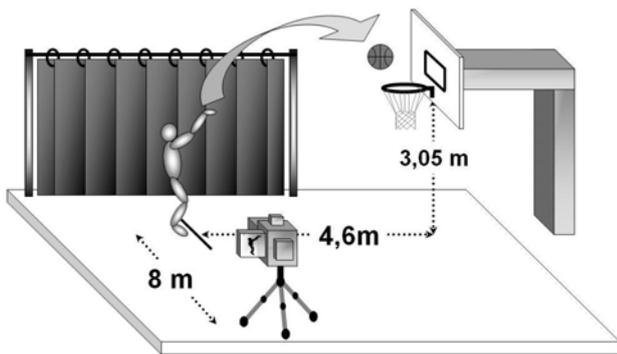


Figura 1. Local de coleta de dados.

Antes do início da avaliação, um aquecimento (15 minutos) composto por exercícios generalizados foi realizado. O aquecimento não foi controlado e cada sujeito foi livre para escolher sua própria rotina de exercícios. Posteriormente, foram afixados os marcadores do modelo biomecânico nos sujeitos por um único avaliador experiente, enquanto foram informados dos procedimentos experimentais. Após, foram praticados arremessos (3-5 min) em uma posição frontal e perpendicular à cesta na distância do arremesso de lance livre (4,6 m). Os sujeitos foram instruídos a realizarem o arremesso tipo jump no basquetebol, buscando acertar o arremesso sem utilização da tabela. Três movimentos selecionados foram extraídos aleatoriamente a partir de um conjunto de dez arremessos bem sucedidos (arremessos em que a bola passou através do aro sem tocar a tabela). Para tanto, foram realizadas séries de dez arremessos até que um conjunto de dez arremessos resultasse em cesta. O tempo aproximado entre cada série de arremesso foi de 3 minutos e entre cada arremesso dentro das séries foi de aproximadamente 10 segundos. Nenhum tipo de desconforto ou lesão foi reportado pelos sujeitos durante a coleta dos dados. Três movimentos entre os arremessos filmados foram utilizados para a comparação entre os sujeitos e, posteriormente, agrupados em uma média para representar o padrão de movimento de cada sujeito.

Antes do início do arremesso, a bola foi posicionada à frente e próxima ao corpo, na altura da cintura e utilizando as duas mãos. O início do movimento de arremesso foi determinado através da inspeção visual dos vídeos no instante em que o sujeito iniciou a elevação da bola. Como os sujeitos ficavam inicialmente parados com a bola segurada na posição inicial, o início do movimento foi

facilmente detectado. O final do movimento foi realizado através da inspeção visual dos vídeos e determinado no instante que a bola perdeu o contato com a mão do sujeito (lançamento). Como o arremesso é predominantemente desempenhado em um único plano, uma análise em duas dimensões tem sido considerada adequada (BUTTON et al., 2003; KNUDSON, 1993; OKAZAKI et al., 2006b).

Modelo Biomecânico

Para a determinação dos movimentos, uma série de marcas (15 mm de diâmetro) foi aderida à pele do sujeito sobre os seguintes marcamos anatômicos: (1) quadril - crista ilíaca; (2) ombro - tubérculo maior do úmero (3-5 cm abaixo do acrômio); (3) cotovelo - epicôndilo lateral do úmero; (4) punho - processo estilóide da ulna; e (5) eixo articular da quinta falange - quinto metacarpo-falangeano. Este conjunto de pontos anatômicos foi utilizado para definir os segmentos do tronco (1-2), braço (2-3), antebraço (3-4) e mão (4-5). A junção formada por dois segmentos adjacentes forneceu os ângulos articulares do ombro, do cotovelo e do punho (figura 02). Como a velocidade e o ângulo de projeção da bola não derivam diretamente das orientações dos membros inferiores (ELLIOTT; WHITE, 1989; RODACKI et al., 2005), ou do braço que não realiza o lançamento (KNUDSON, 1993; OKAZAKI; RODACKI, 2005), apenas o braço de propulsão (direito) foi representado no modelo biomecânico para a análise.

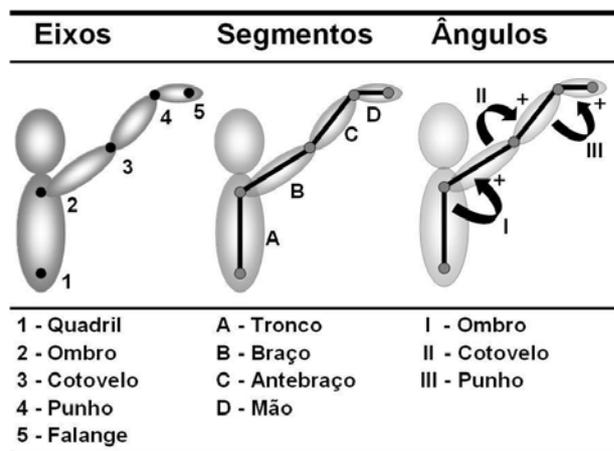


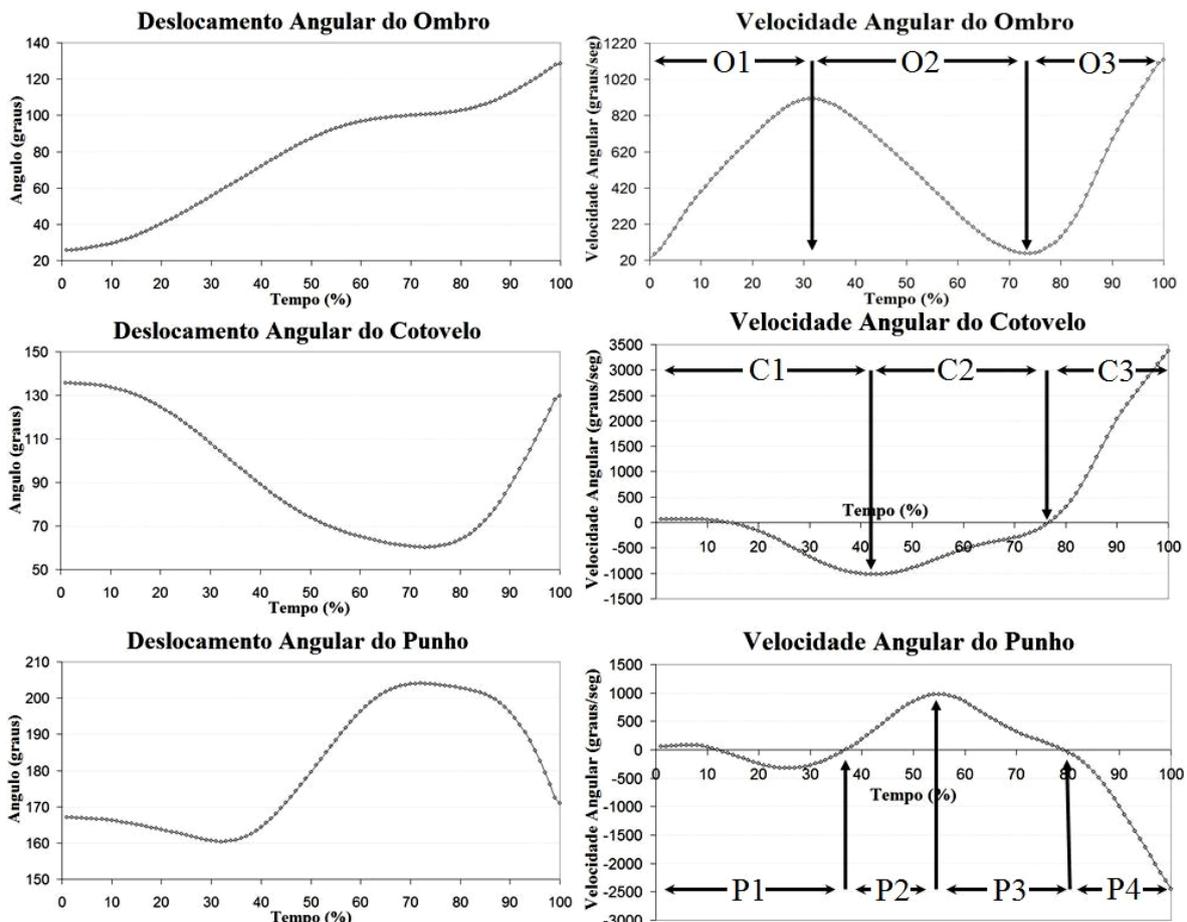
Figura 2. Modelo biomecânico.

Variáveis de Estudo

Para analisar a estrutura temporal do arremesso tipo jump, o arremesso de jump foi dividido em 10 fases (cf. OKAZAKI et al., 2007; figura 3) baseadas nas ações das articulações

(ombro, cotovelo e punho): [1] Primeira aceleração em flexão no ombro (O1): início do movimento com aumento na velocidade angular; [2] Desaceleração em flexão no ombro (O2): instante em que o maior valor de velocidade começa a diminuir; [3] Segunda aceleração em flexão no ombro (O3): instante em que o menor valor de velocidade angular começa a aumentar; [4] Aceleração em flexão no cotovelo (C1): início do movimento com aumento na velocidade angular; [5] Desaceleração em flexão no cotovelo (C2): instante de menor velocidade angular do cotovelo; [6] Aceleração em extensão no cotovelo (C3): instante em que a velocidade angular

começa a aumentar; [7] Estabilidade no punho (P1): início de movimento no cotovelo ou no ombro, no qual o punho permanece praticamente sem movimento; [8] Aceleração em extensão no punho (P2): instante em que a velocidade angular é igual a zero; [9] Desaceleração em extensão no punho (P3): instante em que o maior valor de velocidade angular começa a diminuir; [10] Aceleração em flexão no punho (P4): instante em que a velocidade angular retorna a ser igual a zero. Os tempos relativos das fases, assim como a seqüência em que estas ocorrem, foram utilizados para analisar a estrutura temporal do arremesso tipo jump.



Legenda: O1 → Primeira aceleração em flexão no ombro; O2 → Desaceleração em flexão no ombro; O3 → Segunda aceleração em flexão no ombro; C1 → Aceleração em flexão no cotovelo; C2 → Desaceleração em flexão no cotovelo; C3 → Aceleração em extensão no cotovelo; P1 → Estabilidade no punho; P2 → Aceleração em extensão no punho; P3 → Desaceleração em extensão no punho; P4 → Aceleração em flexão no punho. Os dados representam um arremesso de um sujeito apenas para ilustrar a forma de determinação das divisões das fases utilizadas no estudo.

Figura 3. Representação esquemática da determinação das fases do arremesso.

Análise Estatística

Para atenuar o ruído incluso na análise cinemática foi aplicado um filtro recursivo do tipo *Butterworth* de 4ª ordem com uma frequência de corte de 10 Hz. Para permitir o agrupamento dos

dados em uma média para representar o padrão de movimento e para comparar os sujeitos, os dados foram normalizados em função do tempo ciclo do arremesso. Assim, o tempo dos movimentos foi expresso em valores relativos (%)

através de uma função *spline* (software *Biomechanics Toolbox*). Um teste de reprodutibilidade da análise cinemática que envolveu três digitalizações de um movimento de arremesso em uma das condições experimentais demonstrou um erro na variação angular de 2,2° no ombro, 2,2° no cotovelo e 1,5° no punho.

Os dados foram analisados a partir de estatística descritiva de médias e desvios-padrão. Os testes de *Kolmogorov-Smirnov* e *Bartlett* foram utilizados para analisar a normalidade e a homocedasticidade dos dados, respectivamente. Um teste multivariado de Análise Discriminante foi realizado para verificar se a combinação linear entre os tempos relativos das fases do movimento seriam capazes de distinguir os padrões motores do arremesso entre os sujeitos.

Um teste univariado de ANOVA com um fator foi utilizado para comparar os tempos relativos das fases entre os sujeitos. O teste de Tukey foi utilizado para demonstrar onde as diferenças ocorreram após confirmada significância no teste de ANOVA. O nível de significância adotado foi de $p = 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas através do software *STATISTICA*® (*STATSOFT Inc.*, versão 6.0).

Resultados

Os sujeitos demonstraram diferentes estruturas temporais na organização do arremesso tipo jump no basquetebol, verificados através das seqüências das ações e do tempo relativo das fases no movimento (figura 4).

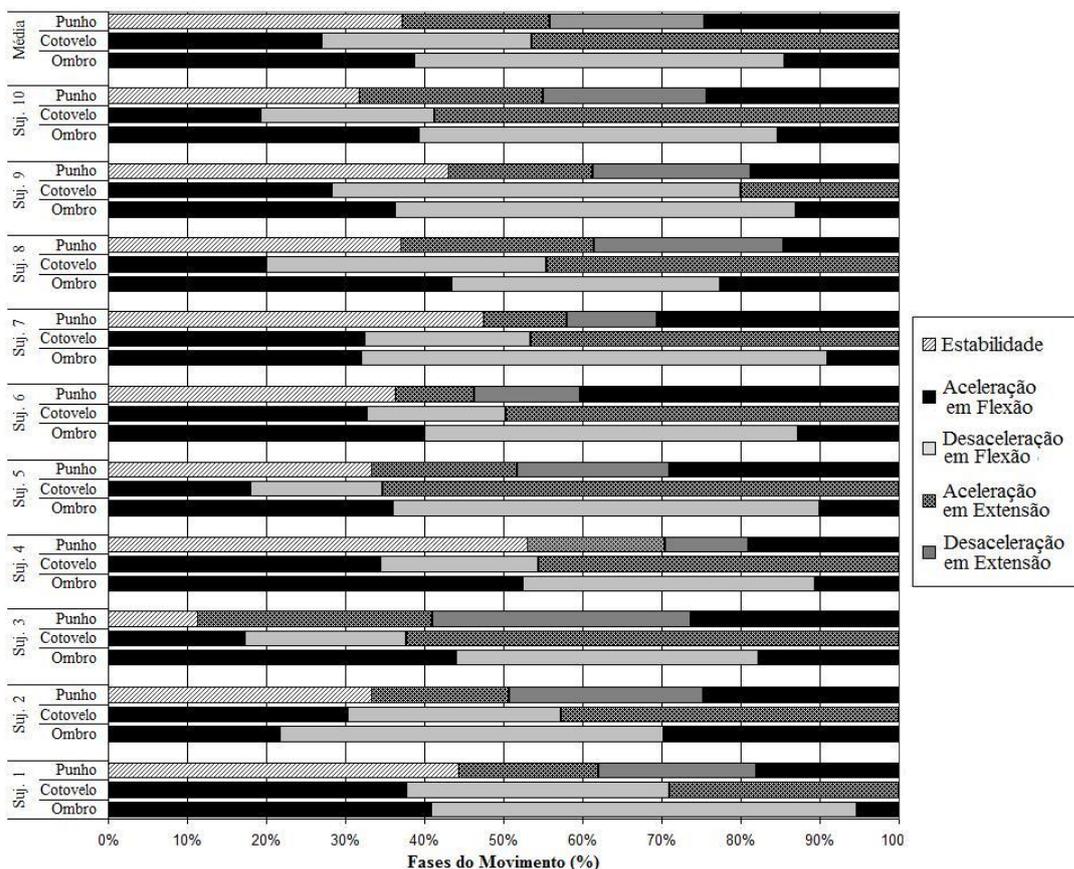


Figura 4. Fases do arremesso (expressas em média) dos sujeitos.

A seqüência de movimento nas articulações que desempenharam o arremesso, constituída pela média agrupada dos padrões dos sujeitos, iniciou com a elevação da bola através da flexão de ombro e cotovelo (1% no tempo de movimento). Posteriormente, a flexão de cotovelo foi desacelerada (27,1% no tempo de

movimento), enquanto o punho estendeu para o posicionamento da bola (37,1% no tempo de movimento). Após, o ombro desacelerou a flexão (38,7% no tempo de movimento), seguido por uma aceleração em extensão no cotovelo (53,6% no tempo de movimento) e por uma desaceleração da extensão do punho (55,8% no

tempo de movimento). Em seguida, as flexões no punho (75,5% no tempo de movimento) e no ombro (85,5% no tempo de movimento) foram realizadas. Todavia, cada sujeito demonstrou uma seqüência de organização das ações das articulações ímpar, demonstrando grande variabilidade intra-padrão e inter-sujeito na habilidade motora de arremesso. Analisando as seqüências dos movimentos de preparação para o arremesso (desaceleração em flexão do ombro e do cotovelo, e a desaceleração em extensão do punho), foram verificadas três organizações nas articulações: cotovelo-ombro-punho (sete sujeitos), ombro-cotovelo-punho (dois sujeitos) e cotovelo-punho-ombro (um sujeito). Os movimentos de lançamento da bola no arremesso (segunda aceleração em flexão no ombro, aceleração em extensão no cotovelo e aceleração em flexão no punho) apresentaram duas seqüências de organização nas

articulações: cotovelo-ombro-punho (um sujeito) e cotovelo-punho-ombro (nove sujeitos).

A análise discriminante determinou sete funções canônicas capazes de representar integralmente a variabilidade dos dados. Contudo, apenas as quatro primeiras funções canônicas foram significantes ($\chi^2_{(F4-F7)} = 42,6$; $p = 0,013$), mas ainda foram capazes de representar em conjunto 98,17% da variabilidade dos dados. A figura 5 apresenta a relação entre as funções canônicas F1 e F2 e a posição dos centróides, determinados pela posição euclidiana da média das tentativas dos sujeitos, além das tentativas individuais próximas ao centróide. Quanto mais distantes do centróide as tentativas do mesmo sujeito, maior a variabilidade intra-individual. Quanto mais distantes os centróides entre os sujeitos, maior a variabilidade inter-individual.

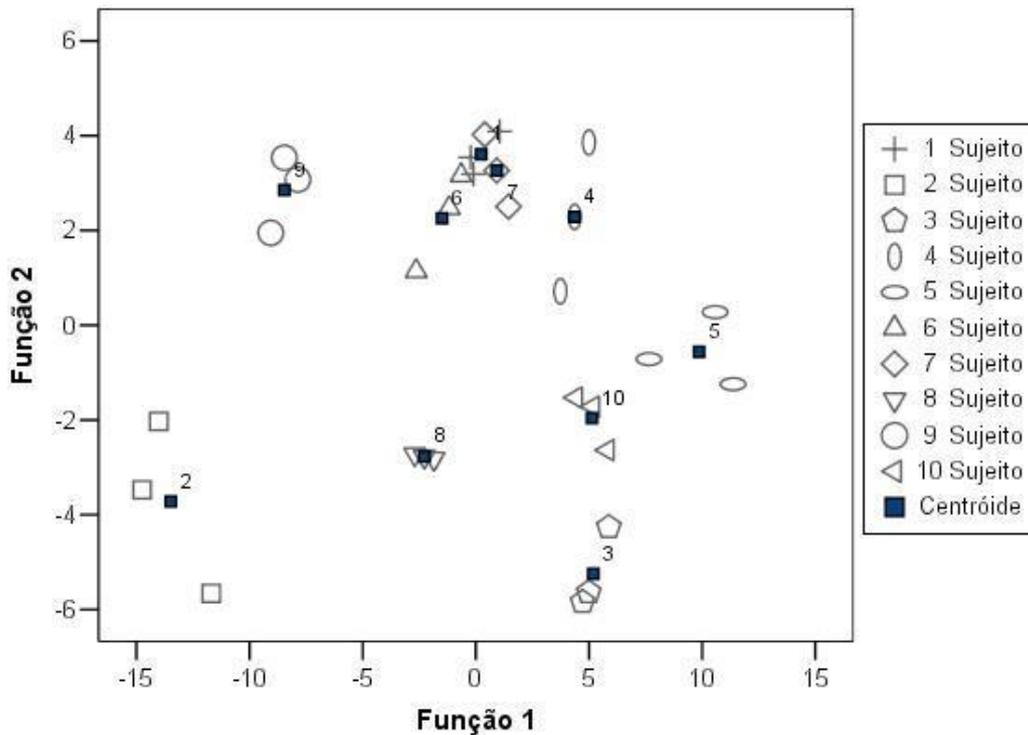


Figura 5. Análise discriminante do arremesso dos sujeitos.

Foram verificadas diferenças entre os sujeitos nas fases de aceleração em flexão no ombro ($F_{9,20} = 6,81$, $p < 0,001$), desaceleração em flexão no ombro ($F_{9,20} = 4,97$, $p = 0,001$), segunda aceleração em flexão no ombro ($F_{9,20} = 20,21$, $p < 0,001$), aceleração em flexão no cotovelo ($F_{9,20} = 3,55$, $p = 0,009$), desaceleração em flexão no Cotovelo ($F_{9,20} = 10,10$, $p < 0,001$), aceleração em extensão no cotovelo (cotovelo ($F_{9,20} = 21,44$,

$p < 0,001$), estabilidade do punho ($F_{9,20} = 5,97$, $p = 0,0004$), aceleração em extensão no punho ($F_{9,20} = 2,90$, $p = 0,022$), desaceleração em extensão no punho ($F_{9,20} = 3,72$, $p = 0,007$) e aceleração em flexão no punho ($F_{9,20} = 3,46$, $p = 0,010$). As comparações entre os sujeitos, especificando as diferenças nos tamanhos das fases podem ser verificadas na tabela 1.

Tabela 1. Comparação entre os tamanhos das fases relativas (média e desvio padrão) do arremesso entre os diferentes sujeitos.

Sujeito	Fases do Arremesso									
	Ombro			Cotovelo			Punho			
	O1	O2	O3	C1	C2	C3	P1	P2	P3	P4
1	41,3 (3,5) b	54,3 (4,6) h	4,3 (2,1) bcfhij	37,7 (6,5)	33,3 (10,1) i	29,0 (3,6) cdefghj	44,3 (2,9) c	17,7 (6,1)	20,0 (9,6)	18,0 (1,0) f
2	21,7 (6,7) acdfhj	48,7 (5,1)	29,7 (4,9) acdefgij	30,3 (17,6)	27,0 (8,9) i	42,7 (10,1) Beij	33,3 (7,5)	17,3 (3,2)	24,7 (4,2)	24,7 (10,3)
3	44,0 (4,4) b	38,3 (2,3) g	17,7 (2,1) abg	17,3 (5,0)	20,3 (5,8) i	62,3 (2,3) abdghi	11,3 (9,0) adfgih	29,7 (12,3) fg	32,7 (13,3) dfg	26,3 (3,2)
4	52,5 (1,5) begi	37,0 (2,0) g	10,5 (0,5) bh	34,5 (3,5)	20,0 (3,0) i	45,5 (0,5) acei	53,0 (9,0) c	17,5 (8,5)	10,5 (1,5) c	19,0 (1,0) f
5	36,0 (1,0) d	54,0 (1,0) h	10,0 (0,1) bh	18,0 (2,6)	16,7 (4,0) hi	65,3 (6,7) abdfghi	33,3 (1,2)	18,3 (5,5)	19,3 (4,9)	29,0 (6,9)
6	40,0 (6,0) b	47,3 (11,9)	12,7 (6,4) abh	32,7 (5,1)	17,7 (4,7) hi	49,7 (8,7) aei	36,3 (19,0) c	10,0 (2,6)c	13,3 (3,1) c	40,3 (18,0) adhi
7	32,0 (1,0) d	59,0 (0,1) cdh	9,0 (1,0) bch	32,5 (2,5)	21,0 (1,0)	46,5 (3,5) Acei	47,5 (3,5) c	10,5 (0,5)c	11,5 (1,5) c	30,5 (1,5)
8	43,5 (0,5) b	34,0 (0,1) aeg	22,5 (0,5) adefg	20,0 (1,0)	35,5 (3,5) ef	44,5 (2,5) acei	37,0 (2,0) c	24,5 (4,5)	24,0 (2,0)	14,5 (0,5) f
9	36,3 (13,1) d	50,7 (14,3)	13,0 (2,0) abh	28,3 (7,0)	51,7 (6,4) abcdefgj	20,0 (2,0) bcdefghj	43,0 (5,3) c	18,3 (3,2)	20,0 (2,6)	18,7 (2,1) f
10	39,3 (2,5) b	45,3 (2,1)	15,3 (0,6) ab	19,3 (3,8)	22,0 (6,0) i	58,7 (3,8) abi	31,7 (1,2)	23,3 (5,5)	20,7 (5,0)	24,3 (0,6)
Média	38,7 (8,2)	46,9 (8,2)	14,5 (7,3)	27,1 (7,7)	26,5 (10,9)	46,4 (14,1)	37,1 (11,4)	18,7 (6,0)	19,7 (6,7)	24,5 (7,6)

Diferente de ^a suj. 1; ^b suj. 2; ^c suj. 3; ^d suj. 4; ^e suj. 5; ^f suj. 6; ^g suj. 7; ^h suj. 8; ⁱ suj. 9; ^j suj. 10; ¹¹ suj. 11; ¹² suj. 12; ¹³ suj. 13; ¹⁴ suj. 14; ¹⁵ suj. 15.

As fases que mais demonstraram variabilidade inter-individual foram aceleração em flexão no ombro, aceleração em extensão do cotovelo e estabilidade no punho. As fases que demonstraram menor variabilidade inter-sujeitos (com menor número de significâncias comparando o desempenho dos sujeitos) foram a primeira flexão e desaceleração em flexão no ombro, a aceleração em flexão no cotovelo, a aceleração e a desaceleração em extensão no punho e a aceleração em flexão no punho (tabela 1).

Discussão

Diferentes seqüências e tamanhos no tempo relativo das fases no arremesso de basquetebol foram verificados. Assim, mesmo que alguns movimentos das articulações sejam comuns para todos os padrões de arremesso no basquetebol, cada arremessador demonstrou uma característica ímpar em seu desempenho (HUDSON, 1985; SATERN, 1988). Esta particularidade nos desempenhos, ou seja, a

variabilidade inter-individual nas seqüências e nos tamanhos das fases no arremesso, foram explicados pela estratégia de controle para a manutenção da precisão e para a geração de velocidade, e pelas características físicas dos sujeitos.

Estratégias diferenciadas de controle para a manutenção da precisão têm sido sugeridas em diversas habilidades motoras. Por exemplo, atletas de tênis aumentam a fase de aceleração no movimento de saque (MEYER et al., 1988) para que mais tempo e feedback sejam proporcionados (CROSSMAN; GODEVE, 1983). A antecipação ou o atraso dos maiores valores de velocidade também tem sido sugerido como estratégia utilizada para aumentar a precisão (CALJOW et al., 2005; TEIXEIRA, 2000; TEIXEIRA, 1999; TEIXEIRA, 1997). Pois, o aumento da velocidade nos instantes críticos do desempenho (lançamento, propulsão, rebatida, etc.) produz maior variabilidade de resposta (MEYER et al., 1988), em função do aumento no

ruído neural (SCHMIDT et al., 1979; SCHMIDT, 1978). Desta forma, estratégias particulares no controle da precisão podem ter ocorrido através da mudança nas seqüências e do tempo relativo nas fases do arremesso.

Os sujeitos demonstraram três formas de organizar os movimentos das articulações durante a preparação do arremesso: cotovelo-ombro-punho (sete sujeitos), ombro-cotovelo-punho (dois sujeitos) e cotovelo-punho-ombro (um sujeito). Tem sido demonstrado que as variações nas condições iniciais do movimento podem ser compensadas durante sua realização (BOOTSMA; VAN WIERINGEN, 1990). Assim, os instantes finais parecem ter maior influência sobre o resultado do movimento (BOOTSMA; VAN WIERINGEN, 1990; RODACKI et al., 2001; SOEST et al., 1994). Isto parece estar em consonância com a maior consistência verificada na organização dos movimentos das articulações na fase de lançamento. Pois, apenas um sujeito apresentou a organização cotovelo-ombro-punho e nove sujeitos demonstraram a organização cotovelo-punho-ombro. Contudo, análises que comparem diferentes posições iniciais no arremesso devem ser realizadas para firmar tais suposições.

Uma organização próximo-distal (cf. PUTNAN, 1993; PUTNAN, 1991) tem sido sugerida na seqüência de ação das articulações em habilidades motoras, tais como: salto vertical (RODACKI; FOWLER, 2002; SOEST et al., 1994; VAN INGEN SCHENAU, 1989), ressaltado em pêndulo pliométrico (RODACKI et al., 2001), chute no futebol (ANDERSON; SIDAWAY, 1994; PUTNAN, 1991) e arremesso (CHOWDHARY; CHALLIS, 2001). Esta estratégia permitiria a transferência de energia das articulações proximais para as distais otimizando o desempenho no movimento (ANDERSON; SIDAWAY, 1994; SIBILA et al., 2003). Elliott (1992) verificou esta seqüência próximo-distal nos arremessos de longa distância no basquetebol (arremessos de 3 pontos; ~ 6,4 m de distância da cesta). Porém, o presente estudo não verificou a seqüência próximo-distal na organização do arremesso corroborando com outros autores (OKAZAKI et al., 2006b; RODACKI et al., 2005). Desta forma, quando não se faz necessário gerar grande impulso no arremesso (no presente estudo o arremesso foi desempenhado em uma distância de 4,6 metros da cesta – lance livre), a seqüência próximo-distal pode ser substituída por outra organização que permitiu maior ênfase no controle da precisão no movimento (OKAZAKI et al., 2008). Pois, o aumento na geração de força/velocidade tem sido

relacionado à maior imprecisão de movimento (SCHMIDT et al., 1979; SCHMIDT et al., 1978).

Em se tratando da magnitude do tempo relativo nas fases de movimento, a articulação do ombro apresentou variabilidade inter-individual nas três fases analisadas (primeira e segunda aceleração e na desaceleração em movimento de flexão). Maior fase na primeira aceleração do ombro proporciona maior flexão do ombro no início do arremesso (OKAZAKI et al., 2007). Alguns sujeitos realizam maior flexão de ombro para posicionar a bola mais alta para arremessar a bola (OKAZAKI et al., 2006b). Esta estratégia proporciona maior altura de lançamento e menor geração de velocidade, pois a distância percorrida pela bola é diminuída quando a altura de lançamento é aumentada (KNUDSON, 1993). Por outro lado, um período com menor fase de aceleração pode proporcionar um movimento com menor flexão no ombro para o posicionamento da bola mais próximo ao corpo. Esta estratégia tem sido verificada quando a articulação do ombro também é solicitada para auxiliar significativamente na geração de impulso da bola. Por exemplo, em arremesso de crianças ou novatos (OKAZAKI; RODACKI, 2005; OKAZAKI et al., 2006a; OKAZAKI et al., 2006b), no qual o maior valor de velocidade desta articulação tende a ser sincronizado com o instante de lançamento da bola (OKAZAKI et al., 2006b). Por conseguinte, os sujeitos podem ter se beneficiado de uma destas duas estratégias de posicionamento da bola (mais elevada ou mais próxima do corpo), durante o desempenho de seus arremessos, através da manipulação nas seqüências e fases do arremesso.

Variabilidade inter-individual também foi verificada nas fases de desaceleração em flexão e de aceleração em extensão no cotovelo. Estudos que analisaram o arremesso no basquetebol demonstraram que atletas utilizam um contra-movimento ao redor do cotovelo para otimizar o lançamento (BUTTON et al., 2003; OKAZAKI et al., 2006b) ou um movimento em fase movendo juntamente as articulações ombro, cotovelo e punho (OKAZAKI; RODACKI, 2005; OKAZAKI et al., 2006b). O contra-movimento, ou ciclo excêntrico-concêntrico, permite otimizar o trabalho muscular através da energia gerada no pré-estiramento da musculatura extensora do cotovelo (HUDSON, 1986). O movimento em fase entre as articulações do ombro, cotovelo e punho permite aproveitar mais o impulso gerado na articulação do ombro (OKAZAKI et al., 2006b). Assim, para explicar a variabilidade inter-individual nas fases do cotovelo, foi sugerido que alguns sujeitos podem ter utilizado a estratégia do

contra-movimento no cotovelo, enquanto outros realizaram a estratégia de mover as articulações em fase.

Ao contrário do que foi observado nas articulações do ombro e do cotovelo, o punho apenas apresentou maior variabilidade inter-sujeitos na fase de estabilidade (início do movimento) ao invés dos instantes próximos ao lançamento da bola. Esta consistência verificada no punho, nas fases finais do arremesso, reforça as inferências de [Miller](#) e Bartlett (1993, 1996) que atribuem à esta articulação grande participação na manutenção da precisão no lançamento. Ou seja, mesmo que haja variabilidades inter-individuais nas estratégias adotadas para gerar velocidade no lançamento da bola, o punho tenderia a manter a mesma estrutura nos instantes finais do arremesso para a manutenção da precisão no movimento. Estes autores não verificaram alterações na cinemática do punho quando o arremesso foi realizado em diferentes distâncias ([MILLER](#); [BARTLETT](#), 1993). Por outro lado, a maior variabilidade inter-individual na fase de estabilidade do punho foi explicada pela estratégia de potencializar o ciclo excêntrico-concêntrico na contração muscular dos flexores no punho. Pois, o aumento na fase de estabilidade no punho diminui o tempo para a realização do contra-movimento nesta articulação, resultando numa transição extensão-flexão com maior velocidade. Este contra-movimento no punho tem sido reportado no arremesso do basquetebol tanto de novatos ([OKAZAKI](#) et al., 2008; [OKAZAKI](#) et al., 2006a) quanto de experientes ([BUTTON](#) et al., 2003; [OKAZAKI](#) et al., 2007; [OKAZAKI](#) et al., 2006b).

Outro fator que atua como fonte de restrição sobre o movimento são as características físicas dos sujeitos. Alguns estudos que manipularam a massa dos segmentos ([SOUTHARD](#), 1998) e que compararam sujeitos com segmentos com diferentes tamanhos ([CHOWDHARY](#); [CHALLIS](#), 2001) na tarefa de arremesso, demonstraram uma organização específica às restrições impostas ao movimento. Assim, a dinâmica intrínseca dos sujeitos, ou seja, a associação entre as características físicas e motoras ([KELSO](#), 1995), também foi utilizada para explicar a emergência desta variabilidade inter-individual no arremesso do basquetebol e das diferentes estratégias de controle.

Conclusão

Variabilidade inter-individual foi verificada no arremesso de basquetebol, em atletas experientes, através da análise da seqüência e do tempo relativo das fases no movimento. Esta

variabilidade inter-individual foi explicada por três fatores atuando concomitantemente: estratégia de controle para a manutenção da precisão, para a geração de velocidade, e pelas características físicas dos sujeitos. Portanto, ainda que alguns movimentos dos segmentos sejam comuns aos padrões de arremesso no basquetebol, cada arremessador demonstrou uma característica ímpar em seu desempenho ([HUDSON](#), 1985; [SATERN](#), 1988).

Para futuros estudos, recomenda-se a análise do arremesso no basquetebol em função de variáveis como: experiência, características físicas, distância do arremesso, diferentes bolas, etc.

Referências

- ANDERSON, D.I.; SIDAWAY, B. Coordination Changes Associated With Practice of a Soccer Kick. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 65, n. 2, p. 93-99, 1994.
- BOOTSMA, R.J. e VAN WIERINGEN, P.C.W. Timing an Attacking Forehand Drive in Table Tennis. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 16, p. 21-29, 1990.
- BUTTON, C.; MACLEOD, M.; SANDERS, R.; COLEMAN, S. Examining Movement Variability in the Basketball Free-Throw Action at Different Skill Levels. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 74, n. 3, p. 257-269, 2003.
- CALJOUW, S.R.; KAMP, J.V.D.; SAVELSBERGH, G.J.P. Bi-phasic hitting with constraints on impact velocity and temporal precision, **Human Movement Studies**, v. 24, p. 206-217, 2005.
- CHOWDHARY, A.G.; CHALLIS, J.H. The Biomechanics of an Overarm Throwing Task: a Simulation Model Examination of Optimal Timing of Muscle Actions. **Journal of Theoretical Biology**, v. 211, p. 39-53, 2001.
- COLEMAN, S.G.S.; BENHAM, A.S.; NORTHCOTT, S.R. A Three-Dimensional Cinematographical Analysis of the Volleyball Spike. **Journal of Sports Sciences**, v. 11, p. 295-302, 1993.
- COSTA, P.H.L.; VIEIRA, M.F. Revisando Bernstein: Uma Linguagem para o Estudo da Coordenação de Movimentos. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 1, p. 55-63, 2000.
- CROSSMAN, E.R.F.W. e GOODEVE, J. Feedback Control of Hand-Movement and Fitts' Law. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, v. 35A, p. 251-278, 1983.
- ELLIOTT, B. A Kinematic Comparison of the Male and Female Two-Point and Three-Point Jump

- Shots in Basketball. **The Australian Journal of Sciences and Medicine in Sport**, v. 24, p. 111-117, 1992.
- ELLIOTT, B.C.; WHITE, E. A Kinematic and Kinetic Analysis of the Female Two Point and Three Point Jump Shots in Basketball. **The Australian Journal of Sciences and Medicine in Sport**, v. 21, n. 2, p. 7-11, 1989.
- HUDSON, J.L. Co-Ordination of Segments in Vertical Jump. **Medicine in Science in Sport and Exercise**, v. 18, p. 242-251, 1986.
- HUDSON, J.L. Prediction of Basketball Skill Using Biomechanical Variables. **Research Quarterly For Exercise and Sport**, v. 56, n. 2, p. 115-121, 1985.
- HUDSON, J.L. A Biomechanical Analysis by Skill Level of Free Throw Shooting in Basketball. **International Symposium of Biomechanics in Sports**, p. 95-102, 1982.
- JACOBS, R.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. Control of na External Force in Leg Extensions in Humans. **Journal of Physics**, 457: 611-626, 1992.
- JENSEN, J.L.; THELEN, E.; ULRICH, B.D. Constraints on Multi-Joint Movements: From the Spontaneity of Infancy to the Skill of Adults. **Human Movement Sciences**, v. 8, p. 393-402, 1989.
- KELSO, J.A.S. **Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behaviour**. Cambridge: Bradford, 1995.
- KNUDSON, D. Biomechanics of the Basketball Jump Shot – Six Key Points. **Journal of Physical Education, Recreation, and Dance**, v. 64, p. 67-73, 1993.
- KO, Y.G.; CHALLIS, J.H.; NEWELL, K.M. Learning to Coordinate Redundant Degrees of Freedom in a Dynamic Balance Task. **Human Movement Sciences**, v. 22 n° 1, p. 47-66, 2003.
- MENZEL, H.J. Diferenças Inter e Intra-Individuais do Padrão no Lançamento de Dardo. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v.2, n.2, p. 61-67, 2001.
- MEYER, D.E.; ABRAMS, R.A.; KORNBLUM, S.; WRIGHT, C.E.; SMITH, J.E.K. Optimality in Human Motor Performance: Ideal Control of Rapid Aimed Movements. **Psychological Review**, v. 95, n. 3, p. 340-370, 1988.
- MILLER, S.A.; BARTLETT, R.M. The effects of Increased Shooting Distance in the Basketball Jump Shot. **Journal of Sports Sciences**, v. 11, p. 285-293, 1993.
- MILLER, S.A.; BARTLETT, R.M. The Relationship Between Basketball Shooting Kinematics, Distance and Playing Position. **Journal of Sport Sciences**, 14: 243-253, 1996.
- NEWELL, K.M.; VAILLANCOURT, D.E. Dimensional Change in Motor Learning. **Human Movement Sciences**, v. 20, p. 695-715, 2001.
- OKA, H.; OKAMOTO, T.; KUMAMOTO, M. Electromyographic and Cinematographic Study of the Volleyball Spike. In.: **Biomechanics V-B**, p. 326-331, 1976.
- OKAZAKI, V. H. A.; OKAZAKI, F. H. A.; KOPP, N. Temporal Organization of Arm Movements in Accurate Throws. **The FIEP Bulletin**, v. 78, p. 625-626, 2008.
- OKAZAKI, V. H. A.; AMORIM, G. O.; FERREIRA JÚNIOR, R.; RODACKI, A. L. F. Basketball Jump Shoot Coordination in Children. **The FIEP Bulletin**, v. 76, n. II, p. 523-526, 2006a.
- OKAZAKI, V. H. A.; RODACKI, A. L. F.; DEZAN, V. H.; SARRAF, T. A. Coordenação do Arremesso de Jump no Basquetebol de Crianças e Adultos. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 7, p. 15-22, 2006b.
- OKAZAKI, V.H.A.; RODACKI, A.L.F.; OKAZAKI, F.H.A. O Arremesso de Jump no Basquetebol. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, vol. 11, nº 105, 2007.
- OKAZAKI, V. H. A.; RODACKI, A. L. F. Changes in Basketball Shooting Coordination in Children Performing With Different Balls. **The FIEP Bulletin**, v. 75, n. 02, p. 368-371, 2005.
- OKAZAKI, V.H.A.; RODACKI, A.L.F.; SARRAF, T.A.; DEZAN, V.H.; OKAZAKI, F.H. Diagnóstico da Especificidade Técnica dos Jogadores de Basquetebol. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, n. 4, p. 17-24, 2004.
- OUDEJANS, R. R. D.; LANGENBERG, R. W. V.; HUTTER, R. I. Aiming at a Far Target Under Different Viewing conditions: Visual Control in Basketball Jump Shooting. **Human Movement Sciences**, v. 21, p. 457-480, 2002.
- PUTNAN, C.A. A Segment Interaction Analysis of Proximo-to-Distal Sequential Segment motion Patterns. **Medicine and Sciences in Sports and Exercise**, v. 23, n. 1, p. 130-144, 1991.
- PUTNAN, C.A. Sequential motions of Body Segments in Striking and Throwing Skills: Descriptions and Explanations. **Journal of Biomechanics**, v. 26, n. 1, p. 125-135, 1993.
- RIPOLL, H.; BARD, C.; PAILLARD, J. Stabilization of Head and Eyes on Target as a Factor in Successful Basketball Shooting. **Human Movement Sciences**, 5: 47-58, 1986.
- RODACKI, A.L.F.; FOWLER, N.E. The Specificity of Two Training Programmes on Vertical Jump

- Coordination. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 3, n. 4, p. 27-35, 2002.
- RODAKCI, A.L.F.; OKAZAKI, V.H.A.; SARRAF, T.A.; DEZAN, V.H. O Efeito da Distância Sobre a Coordenação do Arremesso de Jump no Basquetebol. In: **XI Congresso Brasileiro de Biomecânica**, João Pessoa – PB, 2005.
- RODAKCI, A.L.F.; FOWLER, N.E.; BENNET, S. The Effect of Postural Variations in Movement Coordination During Plyometric Rebound Exercises. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 17, p. 14-27, 2001.
- ROJAS, F.J.; CEPERO, M.; ONA, A.; GUTIERREZ, M. Kinematic Adjustments in the Basketball Jump Shot Against an Opponent. **Ergonomics**, v. 43, n. 10, p. 1681-1660, 2000.
- SALTZBERG, J.R.; HONDZINSKI, J.M.; FLANDERS, M. Humans Adapt the Initial Posture in Learning a Whole-Body Kicking Movement. **Neurosciences Letters**, v. 306, p. 73-76, 2001.
- SATERN, M. N. Basketball: Shooting the Jump Shot. **Strateg. Performance Excellence**, v. 3, p. 9-11, 1988.
- SCHMIDT, R.A. A schema theory of discret motor skill learning. **Psychological Review**, v. 82, p. 225-60, 1975.
- SIBILA, M.; PORI, P.; BON, M. Basic Kinematic Differences Between Two Types of Jump Shot Techniques in Handball. **Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymm**, v. 33, p. 19-26, 2003.
- SCHMIDT, R.A.; ZELAZNIK, H.; HAWKINS, B.; FRANK, J.S.; QUINN, J.T. Motor-Output Variability: A Theory for the Accuracy of Rapid Motor Acts. **Psychological Review**, v. 86, n. 5, p. 415-451, 1979.
- SCHMIDT, R.A.; ZELAZNIK, H.N.; FRANK, J.S. Sources of Inaccuracy in Rapid Movement. In: G.E. Stelmach (Ed.), **Information Processing in Motor Control and Learning**. New York: Academic Press, p.183-203, 1978.
- SHAPIRO, D. C.; ZERNICKE, R.F.; GREGOR, R.J.; DIESTEL, J.D. Evidence for generalized motor programs using gait-pattern analysis. **Journal of Motor Behavior**, v. 13, p. 33-47, 1986.
- SHEA, C.H.; WULF, G. Schema theory: A critical appraisal and reevaluation. **Journal of Motor Behavior**, 37, 85-101, 2005.
- SOEST, A.J.; BOBBERT, M.F.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. A Control Strategy for the Execution of Explosive Movements From Varying Starting Positions. **Journal of Neurophysiology**, vol. 71, nº 04, p.1390-1402, 1994.
- SOUTHARD, D. Mass and Velocity: Control Parameters for Throwing Patterns. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 69, n. 4, p. 355-367, 1998.
- TEIXEIRA, L.A. Sobre a Generalidade de Estratégias de Controle Sensorio Motor. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 3, p. 89-96, 2000.
- TEIXEIRA, L. A. Kinematics of Kicking as a Function of Different Sources of Constraint on Accuracy. **Perceptual and Motor Skills**, v. 88, p. 785-789, 1999.
- TEIXEIRA, L. A. Coordenação Intersegmentar em Arremessos com Diferentes Demandas de Precisão. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 11, n. 1, p. 5-14, 1997.
- TEMPRADO, J.; DELLA-GRATA, M.; FARREL, M.; LAURENT, M. A Novice-Expert Comparison of (Intra-Limb) Coordination Subservicing the Volleyball Serve. **Human Movement Science**, v. 16, p. 653-676, 1997.
- TURVEY, M.T. Coordination. **American Psychology**, v. 45, n. 8, p. 938-953, 1990.
- VAN INGEN SCHENAU, G.J. From Rotation to Translation: Constrains on Multi-Joint Movements and Unique Action of Biarticular Muscles. **Human Movement Sciences**, v. 8, p. 301-307, 1989.
- WALTERS, M.; HUDSON, J.; BIRD, M. Kinematic Adjustments in Basketball Shooting at Three Distances. In: **VIII International Symposium of the Society of Biomechanics in Sports**. Prague-Czechoslovakia, July: 03-09, 1990.

Endereço:

Victor Hugo Alves Okazaki
Departamento de Educação Física UEL
Campus Universitário - Rodovia Celso Garcia Cid
Km 380
Londrina PR Brasil
86051-990 Caixa Postal: 6001
Fone/Fax: (43) 3371-5857
e-mail: vhaokazaki@gmail.com

Recebido em: 21 de junho de 2009.

Aceito em: 8 de setembro de 2009.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)