

Biomecânica aplicada a locomoção e o salto do voleibol

Nelson Kautzner Marques Junior (Brasil)
nk-junior@uol.com.br

Graduado em Educação Física pela UNESA do RJ
Especialista em Fisiologia do Exercício e Avaliação Morfofuncional pela UGF do RJ
Especialista em Musculação e Treinamento de Força na UGF do RJ

Resumo

O objetivo do estudo é explicar a aplicação da biomecânica no voleibol para facilitar o conhecimento dessas duas disciplinas. A pesquisa foi dividida em biomecânica da locomoção do voleibol e biomecânica do salto do voleibol, com ensinamento de equações, cuja finalidade é o aprendizado da biomecânica nas ações do jogador do voleibol. Entretanto, a investigação sofreu limitação, por causa das poucas referências sobre a biomecânica aplicada ao voleibol. Ambas disciplinas requerem mais pesquisas.

Unitermos: Voleibol. Biomecânica. Salto. Locomoção.

<http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 77 - Octubre de 2004

Introdução

A biomecânica é a ciência que estuda o movimento humano (BAUER, 1999) através da análise da Física dos sistemas biológicos (AMADIO, 1986). ATWATER (1980) explica que a biomecânica investiga não só o movimento humano, pesquisa sobre equipamentos desportivos, próteses, equipamentos de segurança e outros. As pesquisas da biomecânica na Educação Física estão focadas a partir de parâmetros cinemáticos (cinemática: relativo ao movimento mecânico) e dinâmicos do ser humano (AMADIO, 2000).

AMADIO (2000) ensina que a biomecânica pode ser dividida em forças internas e externas. As forças internas são compostas pelas forças musculares, articulares e outras forças, enquanto que as forças externas, constituem-se da força da gravidade, da força de reação no solo e outras (AMADIO, 1986). As forças internas relacionam-se com o ato motor e com as cargas mecânicas executadas pelos membros inferiores, representados pelo estresse, resultando no desenvolvimento e crescimento das estruturas do corpo (AMADIO, 2002). O conhecimento das forças internas torna-se necessário para:

O aperfeiçoamento da técnica de movimento, assim como, na determinação de cargas excessivas durante as atividades físicas em esportes de alto nível ou em atividades laborais do cotidiano (AMADIO, 2002, p. 29).

SERRÃO (2002) informa que a biomecânica atua na melhora performance do desportista e na qualidade de vida do atleta ou do ser humano comum, através da determinação do estresse mecânico imposto na atividade em pé ou sentado, com a indicação da modificação da posição, na escolha do adequado calçado para a prática desportiva (SERRÃO et al., 2000), o ensino adequado de erguer um objeto (WIRHED, 1986), o uso de cinto pélvico para levantamento de cargas (GONÇALVES e CERQUEIRA, 2000), a escolha do piso macio para o exercício (SERRÃO, 2002), na análise da cinemática do andar de crianças transportando mochilas (MOTA et al., 2002), na execução adequada do treino de musculação (CAMPOS, 2000) e outros. Mas qual a importância da biomecânica para o voleibol?

MARQUES JUNIOR (2001) informa que o professor de Educação Física com a biomecânica pode determinar os movimentos articulares da preparação de força especial, tem possibilidade de identificar a correta ou a inadequada técnica desportiva do voleibolista, consegue descobrir

novas ações motoras que otimizem o desempenho atlético do jogador e outros. A aplicação do conteúdo de estudo da biomecânica no voleibol torna-se importante para entendermos como acontecem os movimentos, facilitando a compreensão desse desporto para os interessados sobre essas duas disciplinas, biomecânica e voleibol, ou seja, biomecânica aplicada a locomoção e o salto do voleibol.

Conhecer algumas características do jogo de voleibol torna-se importante para utilizarmos a ciência do movimento, a biomecânica, no voleibol. Num jogo de voleibol acontecem 250 a 300 atos motores, representando-se nos saltos, corridas velozes de curta distância e nos "peixinhos" (BARBANTI, 1986). As ações predominantes são de força de potência, são acídicas, com repouso ativo ou não (SLEIVERT et al., 1995) solicitando principalmente o sistema dos fosfagênicos e com participação do metabolismo aeróbio na recuperação do esforço (IGLESIAS, 1994) e por causa da duração do jogo (CHIAPPA, 2001).

O jogo de voleibol possui a integração dos fundamentos do saque, passe, levantamento, ataque, bloqueio e defesa (EOM e SCHUTZ, 1992). Sendo um jogo tático, porque a técnica tenta resolver a tática escolhida pelo voleibolista (MOUTINHO, 1991). As partidas podem ser disputadas com 5 atacantes e 1 levantador (MOUTINHO, 1995) ou em duplas.

Geralmente por jogadores altos, fortes e com boa impulsão (JIAMING, 1983). Onde a experiência proporciona atos motores mais eficazes do que dos iniciantes (KIOUMOURTZOGLOU et al., 2000) e o componente psicológico é de extrema importância para a performance (PEDERSEN, 2000).

A proposta da investigação é apresentar a aplicação da biomecânica na locomoção e do salto do voleibol para facilitar o conhecimento dessas duas disciplinas.

Biomecânica da locomoção do voleibol

O voleibol é uma modalidade que exige da velocidade de deslocamento (OUELLET, 1985; TEIXEIRA e GOMES, 1998; THISEN-MILDER e MAYHEW, 1991), executado pela corrida, por um período curto entre 5 a 12 segundos, com maior solicitação do metabolismo creatinofosfato (FIGUEIRA JÚNIOR, 2002; HESPANHOL e ARRUDA, 2000; IGLESIAS, 1994; NUNES et al., 2000; OLIVEIRA, 1997; PALAO et al., 2001; PINTO e GOMES, 1993; STANGANELLI, 1992).

Em um dos fundamentos do voleibol, o saque em suspensão (o Viagem ao Fundo do Mar), pode ocorrer uma lenta caminhada, denominada de passada. O ciclo da caminhada (WEINECK, 1990) ou da corrida (HAY, 1981; WIRHED, 1986) é dividido em impulsão, oscilação e apoio. A fase de impulsão o jogador impulsiona com os pés contra o solo e a seguir inicia a fase de oscilação (HAY, 1981; WEINECK, 1990; WIRHED, 1986). Com ajuda da impulsão, um dos membros inferiores se movimenta para frente ocasionando a saída dos pés do solo na fase de oscilação (HAY, 1981; WEINECK, 1990; WIRHED, 1986). Após a oscilação, o voleibolista realiza o contato do pé no solo (fase de apoio) e termina esta fase quando a perna de apoio passa pela vertical (HAY, 1981; WEINECK, 1990; WIRHED, 1986). E inicia um novo ciclo.

Quando o atleta faz flexão do quadril e do joelho na caminhada (WEINECK, 1990) ou na corrida, na fase de oscilação e de apoio acontece ação muscular excêntrica (KOMI, 1992), ação isométrica por um tempo curto (ÁVILA et al., 2002) na etapa de apoio, e passando para a contração concêntrica (KOMI, 1992) na fase de impulsão, com ação articular de extensão do quadril e do joelho (WEINECK, 1990).

A força de reação vertical do solo na caminhada, é cerca de 120% da massa corporal total (peso) na fase de apoio e na etapa de impulsão, sendo necessário um calçado apropriado para amortecer o impacto (MESSIER, 1994). A fase de oscilação na caminhada é dividida em aceleração e desaceleração, acontecendo quando os pés estão fora do solo (ARAÚJO, 2000).

Na corrida, a força de reação vertical do solo é aproximadamente de 2 a 3 vezes a massa corporal total na fase de apoio (MESSIER, 1994). A etapa de impulsão da corrida, o pico de força do solo é maior do que da fase de apoio, sendo recomendado um bom tênis para a prática desportiva (MESSIER, 1994). MESSIER (1994) depõe:

Um aumento na velocidade da corrida causa também efeitos na magnitude da força de reação do solo. Resultados têm demonstrado, quando a velocidade da corrida aumenta de 8 min/milha para 6 min/milha, o pico da força vertical aumenta de aproximadamente 2 para 3 a massa corporal total (p. 26).

A corrida horizontal da cortada contribui em 36,05% no salto do ataque (WILKERSON, 1985). Geralmente ocorre com o terceiro toque na bola (SHALMANOV, 1998) podendo ser na rede ou na linha dos 3 metros. A corrida de aproximação é realizada por no máximo quatro passadas, sendo a última mais longa para o atleta se localizar próximo da rede (CARNAVAL, 2000) ou perto do local ideal para saltar dos 3 metros e efetuar o ataque. A velocidade da corrida horizontal da cortada fica entre 0,3 a 4,4 metros por segundo (m/s) (LACONI et al., 1998). O saque Viagem possui características parecidas com a cortada, no número de passadas e na movimentação, ou seja, é uma cortada praticada na zona de saque. A velocidade das passadas é de $2,76 \pm 0,35$ m/s, no estudo de COLEMAN (1997).

As bolas próximas do voleibolista do bloqueio é mais indicado o uso da passada lateral (BORSARI, 1996) porque BUEKERS (1991) explica que o atleta está de frente para a rede e sua ação é rápida, cerca de $2,01 \pm 86$ m/s. Na revisão de VINT (1992), a duração dessa passada é de 1,28 m/s. Bolas afastadas do jogador, BUEKERS (1991) indica a corrida de aproximação porque é a passada mais rápida para o atleta chegar na bola, com o tempo de $1,89 \pm 13$ m/s.

HAY (1981) informa que podemos determinar a velocidade de deslocamento do atleta através do comprimento da passada (CP) (a distância de cada passada) e da frequência da passada (FP) (a quantidade de passadas praticadas num determinado tempo). Podemos estabelecer a velocidade da caminhada ou da corrida do voleibolista pela conta indicada por HAY (1981):

$$\text{Velocidade} = \text{CP} \times \text{FP} = ? \text{ metros por segundo (m/s)}$$

Um voleibolista possui uma passada de 1,95 metros (m) e pratica 2 passadas por segundo (s) quando ataca na rede. Qual é sua velocidade ?

$$\begin{aligned} V &= ? & V &= 1,95 \times 2 = 3,9 \text{ m/s} \\ & & \text{CP} &= 1,95 \text{ m} \\ & & \text{FP} &= 2 \text{ s} \end{aligned}$$

A distância é um comprimento entre duas coisas (HALL, 1993), como da linha final da quadra de voleibol na areia para duplas até a rede. HAY e REID (1985) ensinam que o início e o fim de um percurso é chamado de deslocamento (d), por exemplo, o atleta que corre da zona de saque após o serviço para fazer o bloqueio na rede. A duração que o desportista leva para percorrer uma determinada distância é o tempo (t) gasto (HALL, 1993), ou seja, o tempo de deslocamento do voleibolista do local de saque até a rede. Para sabermos a velocidade média (V_m) de um atleta, basta realizarmos o seguinte cálculo (HALL, 1993; HAY e REID, 1985; RASCH e COLABORADORES, 1991):

$$V_m = \text{deslocamento} : \text{tempo gasto} = ?$$

Sabemos que o voleibolista do jogo de duplas após o saque, desloca por 8 m até a rede, para efetuar o bloqueio. O seu tempo gasto é de 5 segundos até a rede. Qual é a velocidade média do jogador?

$$V_m = ? \quad V_m = 8 : 5 = 1,6 \text{ m/s}$$

$$d = 8 \text{ m}$$

$$t = 5 \text{ s}$$

Agora, se quisermos identificar a rapidez média (R_m), necessitamos de dividir a distância percorrida (d) pelo tempo transcorrido (t) no percurso (HALL, 1993; HAY e REID, 1985; RASCH e COLABORADORES, 1991). O atleta de voleibol na areia para chegar a rede percorreu 10 m, embora a quadra tenha 8 m de comprimento, com um tempo de 5 segundos. Sabendo estes valores, aplica-se na conta de R_m .

$$R_m = ? \quad R_m = \text{distância} : \text{tempo gasto}$$

$$d = 10 \text{ m}$$

$$t = 5 \text{ s} \quad R_m = 10 : 5 = 2 \text{ m/s}$$

Para sabermos o tempo gasto (T) numa corrida ou caminhada, GUIDA (1984) indica o seguinte cálculo:

$$T = \text{distância percorrida} : \text{velocidade média}$$

O atleta de voleibol percorreu 10 m para chegar a rede e sua velocidade média foi de 2 segundos, logo o resultado é:

$$T = 10 : 2 = 5 \text{ m/s}$$

A aceleração (a) é a mudança da velocidade num determinado intervalo de tempo, representada pela conta (HALL, 1993):

$$a = \frac{\text{velocidade em um momento (v}_2\text{)} - \text{velocidade no momento seguinte (v}_1\text{)}}{\text{tempo transcorrido}}$$

A velocidade para o jogador de voleibol fazer um ataque fica em torno de 20 a 30 segundos (PALAO et al., 2001). Sabemos que pela manhã, a corrida de aproximação na cortada de um dos atletas de ponta é de 3 m/s. BOMPA (2002) afirma que atletas com mais de 25 anos precisam de um descanso mais demorado após a sessão. O jogador de ponta tem 30 anos, e após o treino, se desloca para o trabalho de vendedor de loja. Passa boa parte do dia em pé, não fazendo uma adequada recuperação após o esforço físico. À noite ele volta a treinar, e sua corrida de aproximação na cortada torna-se mais lenta, de 5 m/s em 10 segundos. Considerando-se a velocidade em um momento (v_1) é igual a 3 m/s, a velocidade no momento seguinte (v_2) é igual a 5 m/s e o tempo transcorrido foi de 10 s, podemos saber a aceleração:

$$a = ? \quad a = 5 - 3 / 10 = 2 \text{ m/s}^2$$

$$v_1 = 3 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 5 \text{ m/s}$$

$$t = 10 \text{ s}$$

HAY e REID (1985) explicam sobre a unidade de medida da aceleração:

Pelo fato de que a unidade de tempo tem que ser considerada duas vezes, uma vez como parte da unidade composta usada para descrever a troca na velocidade e outra vez como a unidade para descrever o espaço de tempo envolvido (p. 73).

O resultado do cálculo da aceleração é falado em 2 metros por segundo quadrado, indicando que a velocidade aumenta em 2 metros a cada segundo (RASCH e COLABORADORES, 1991).

HAY e REID (1985) informam que a desaceleração ocorre quando o valor expresso em m/s^2 for negativo. Quando a aceleração é igual 0, a velocidade é constante (HALL, 1993).

Biomecânica do salto do voleibol

O salto vertical (UGRINOWITSCH et al., 2000) e o salto oblíquo (MARQUES JUNIOR, 2001) estão relacionados com a performance dos jogadores de voleibol.

BARBANTI (1986) afirma que 50 a 60% das ações motoras no jogo de voleibol são constituídas pelos saltos, sendo que 180 a 210 são compostas pelas cortadas e pelos bloqueios. PIERON e LIGOT (1977) afirmam que no campeonato francês da 1ª e 2ª divisão acontecem 412 ataques e 357 contra-ataques. Na 3ª Copa da Federação Internacional de Voleibol em 1987, entre seleções masculinas, EOM e SCHUTZ (1992) observaram que em 72 jogos acontecem 163 ataques. E os fundamentos que mais contribuíram para os vencedores foram o ataque e o bloqueio (EOM e SCHUTZ, 1992). Para FORTUNATO et al. (1991), os vencedores nas competições possuem um melhor ataque e bloqueio, sendo os principais fundamentos do voleibol atual. Podemos acrescentar a recepção e o saque Viagem como os fundamentos mais importantes, ao lado do ataque e do bloqueio.

Os saltos do ataque, bloqueio e saque são os maiores esforços do voleibol (OLIVEIRA, 1997). Na 1ª divisão do voleibol americano feminino, as 10 melhores equipes praticaram em 13 jogos, 593 saltos, acontecendo no ataque e no bloqueio, proporcionando risco de lesão por causa dos excessivos saltos (TILLMAN et al., 2001). A final da Liga Mundial de 1992, entre Itália e Cuba, IGLESIAS (1994) identificou que 60% das ações no jogo de voleibol, são constituídas pelos saltos. Os levantadores efetuam 269 saltos, os atletas de meio fazem 223, os ponteiros da saída de rede praticam 197 saltos e os ponteiros da entrada de rede executam 128 saltos, dando uma média de 194 saltos (IGLESIAS, 1994).

Para o preparador físico da seleção brasileira masculina de 1981 a 1984, os jogadores mais exigidos realizam 30 saltos por set, perfazendo por partida um total de 150 saltos (ROCHA, 1983). Segundo Cordeiro (1996 em RODACKI et al., 1997), os levantadores efetuam 21 saltos por set, e os atacantes 32 saltos por set. RODACKI et al. (1997) observaram na sua investigação que atletas infanto-juvenis (até 16 anos) do sexo masculino, na final do campeonato paranaense os seguintes valores de saltos: $64,5 \pm 24,1$ para os levantadores, $47,0 \pm 28,0$ para os jogadores de meio e $31,4 \pm 19,9$ para os atletas de ponta.

Para LIAN et al. (1996), 30 a 40% das ações no voleibol são constituídas pelos saltos. E aproximadamente acontecem 60 saltos por hora, os voleibolistas mais exigidos são os jogadores de meio e os mais propensos a ter lesões no joelho (LIAN et al., 1996). MONTEIRO et al. (1993) afirmam que os levantadores realizam 15 a 35% de saltos verticais no bloqueio, 3 a 10% de saltos verticais no ataque. O elevado número de saltos verticais no bloqueio acontece porque os levantadores bloqueiam um dos jogadores mais solicitados no ataque, o entrada de rede (atacante da zona 4) (MONTEIRO et al., 1993).

VIMEIRO-GOMES e RODRIGUES (2001) chamam atenção que os voleibolistas não se hidratam corretamente, ocorrendo uma hipoidratação nas sessões. Este acontecimento pode resultar num declínio da potência muscular dos membros inferiores e propiciar um salto vertical menos alto (HOFFMAN et al., 1995).

A fase preparatória para impulsão ocorre um contramovimento (movimento de flexão dos membros inferiores em direção contrária à ação principal, o salto) de 90° na cortada, no saque em suspensão (o Viagem ao Fundo do Mar) e no bloqueio (TOYODA, 1983) e no levantamento. O contramovimento é uma ação dos membros inferiores responsável pelo aumento da altura do salto vertical (ROCHA et al., 1999). HARMAN et al. (1990) afirmam que o contramovimento contribui em 39% para a impulsão. Nesta etapa (a fase preparatória para impulsão) do

bloqueio com corrida de aproximação, no saque em suspensão e na cortada, os ombros praticam uma extensão acompanhado da rotação interna da cintura escapular.

No contramovimento a ação muscular é excêntrica (PRILUTSKY e ZATSIORSKY, 1994) proporcionando um armazenamento da energia potencial elástica (BOSCO et al., 1982) nos componentes elásticos do complexo músculo-tendão (KOMI, 1992). Acontecendo em seguida, uma ação isométrica por um tempo mínimo (ÁVILA et al., 2000). A energia elástica é reutilizada em energia mecânica pelos membros inferiores com rápida passagem para contração concêntrica (OSÉS, 1986), proporcionando em elevado salto vertical (ANDERSON e PANDY, 1993; VOIGT et al., 1995).

Na fase de impulsão do bloqueio (CARNAVAL, 2000), da cortada (COLEMAN et al., 1993) e do saque em suspensão e no levantamento, o jogador pratica contração concêntrica, com ação articular de extensão do quadril, do joelho, da coluna vertebral e flexão plantar (CARNAVAL 2000; COLEMAN et al., 1993). Nesta etapa a velocidade vertical é de $2,77 \pm 0,35$ m/s no saque em suspensão (COLEMAN, 1997), de 3,59 m/s na cortada com duas passadas (HUANG et al., 1999) e de 2,69 m/s com uma passada (HUANG et al., 1998). Simultaneamente os ombros efetuam flexão e da rotação externa da cintura escapular para auxiliar no salto do voleibolista. Esta ação dos membros superiores acontece apenas no bloqueio, no saque e na cortada. HARMAN et al. (1990) afirmam que o balanceio dos braços (extensão e flexão dos ombros) contribui em 10% para impulsão. SHALMANOV (1998) ensina que no momento da flexão do ombro deve acontecer ao mesmo tempo a flexão do cotovelo com o intuito do atleta fazer menos esforço. Este procedimento deve acontecer no saque em suspensão, na cortada e no bloqueio com corrida de aproximação. No bloqueio com passada lateral o jogador pratica simultaneamente abdução do ombro e extensão do cotovelo.

RASCH & COLABORADORES (1991) ensinam que a alavanca de 3ª classe possui a força (F) entre o eixo (E) e a resistência (R). Quando o voleibolista pratica a flexão do ombro com o cotovelo esticado no bloqueio, no saque ou na cortada, utiliza a alavanca de 3ª classe com o braço de resistência (BR) maior do que o braço de força (BF), resultando em menor vantagem mecânica (VM). Mas se realizarmos a flexão do ombro simultaneamente com a flexão do cotovelo "prematuramente", conforme SHALMANOV (1998) recomenda, diminui o BR e aumenta o BF, proporcionando em VM positiva.

A fase de vôo do bloqueio com balanceio dos braços, o atleta de voleibol executa rotação da coluna vertebral, conseqüentemente vindo ficar com o corpo todo de frente para a rede. BORSARI (1996) informa que os membros superiores fazem uma circundação de fora para dentro, ou seja, ocorre uma rotação interna do ombro acompanhado da rotação interna da cintura escapular. No bloqueio sem balanceio dos membros superiores, o atleta mantém os braços esticados e pode fazer uma elevação do ombro.

A fase de vôo do levantamento o atleta faz abdução do ombro com extensão do cotovelo vindo realizar a ação objetivada.

A fase de vôo do saque em suspensão o voleibolista atinge a altura necessária para efetuar o saque. COLEMAN et al. (1993) informam que o jogador faz hiperextensão da coluna vertebral simultaneamente com rotação da mesma. O ombro da mão de saque finaliza a flexão, vindo a praticar a abdução de 90° e estendido horizontalmente (COLEMAN et al., 1993) e os cotovelos se encontram flexionados e acima do ombro (CARNAVAL, 2000). SHALMANOV (1998) ensina que a ação do ombro e da coluna vertebral aproveita ao máximo a energia elástica do voleibolista. O ombro que não faz o saque chama-se de membro superior que auxilia o equilíbrio do corpo no ar (BORSARI, 1996). Para COLEMAN et al. (1993) o braço de equilíbrio mantém-se em extensão. Nesta fase da cortada os joelhos flexionam aproximadamente em 90° . Quando o atleta de vôlei realiza o saque, a coluna vertebral efetua rotação (BORSARI, 1996) simultaneamente com flexão anterior da mesma. O ombro da mão de saque efetua adução, rotação interna e extensão (CARNAVAL, 2000) numa velocidade aproximada de $875 \pm 172 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$ (COLEMAN, 1997). Neste momento o cotovelo pratica extensão (CARNAVAL,

2000) com velocidade de aproximada de $1362 \pm 496 \text{ deg} \cdot \text{s}^{-1}$ (COLEMAN, 1997) ou fez extensão (CARNAVAL, 2000). O membro superior de equilíbrio faz uma adução e extensão, acontecendo ao mesmo tempo extensão dos joelhos (COLEMAN et al., 1993). O golpe da mão na bola ocorre em aproximadamente $16,3 \pm 1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (COLEMAN, 1997) com flexão do punho, CARNAVAL (2000) explica que a batida da mão na bola é similar a uma chicotada aumentando o poder de saque.

A fase de vô da cortada o jogador efetua hiperextensão da coluna vertebral (COLEMAN et al., 1993) simultaneamente com rotação da mesma. O ombro da mão que golpeia a bola finaliza a flexão e se posiciona em abdução de 90° e estendido horizontalmente (COLEMAN et al., 1993) e os cotovelos se encontram flexionados e acima do ombro (CARNAVAL, 2000). O ombro que não atua no ataque, denominado de membro superior que auxilia o equilíbrio do corpo no ar, termina a flexão e se encontra numa posição adequada para manter o jogador em boa postura no ar, mas sem um padrão de movimento, variando de atleta para atleta. Para COLEMAN et al. (1993) o braço de equilíbrio permanece em extensão. Nesta fase preparatória da cortada os joelhos flexionam aproximadamente em 90° (COLEMAN et al., 1993). Quando o jogador faz a cortada, a coluna vertebral efetua rotação simultaneamente com flexão anterior. O ombro da mão de ataque pratica extensão e rotação interna (COLEMAN et al., 1993), para CARNAVAL (2000) o ombro executa adução, rotação interna e extensão. Neste momento o cotovelo está realizando extensão ou fez extensão (CARNAVAL, 2000). O ombro do membro superior de equilíbrio faz uma adução e extensão (CARNAVAL, 2000; COLEMAN et al., 1993). Ao mesmo tempo os joelhos efetuam extensão (CARNAVAL, 2000; COLEMAN et alii, 1993). O golpe da mão na bola ocorre quando o punho efetua flexão, CARNAVAL (2000) explica que a batida da mão na bola é similar a uma chicotada aumentando o poder de ataque. HUANG et al. (1998, 1999) informam que a cortada com uma passada, denominada China, torna mais difícil a ação do bloqueio, apesar da menor altura do salto vertical quando comparamos com o ataque de duas ou mais passadas. Mas a China possui mais rápida fase de impulsão do que o ataque com as duas pernas (HUANG et al., 1998, 1999), acreditamos que esse é um dos fatores que dificultam a ação dos bloqueadores.

A última fase de todos os fundamentos (bloqueio, levantamento, saque e cortada), o atleta toca o solo com a ponta dos pés (COLEMAN et al., 1993) proporcionando o amortecimento da queda. Imediatamente toda as plantas dos pés tocam no solo, e os tornozelos praticam dorsiflexão (COLEMAN et al., 1993).

A distância total de um salto oblíquo (com trajetória curvilínea) ou um salto horizontal é a soma de três distâncias: a de impulsão, de vô e a distância de aterrissagem (HAY, 1981; HAY e REID, 1985). Observamos este acontecimento em todos os saltos do voleibol, no bloqueio, cortada e outros.

A distância de vô do desportista depende da velocidade horizontal da corrida de aproximação, do ângulo de impulsão, da velocidade vertical no instante da impulsão e a resistência do ar encontrada no vô (HAY, 1981).

Quanto mais rápido for a corrida de aproximação do desportista, mais veloz é a velocidade vertical da impulsão (HAY, 1981). VINT e HINRICHS (1996) informam que a corrida de aproximação de duas passadas com 50 a 60% da velocidade máxima, proporciona uma melhora na velocidade vertical da impulsão e ocasiona um aumento no salto vertical. Na corrida de aproximação de uma passada com 60 a 70% da velocidade máxima, a velocidade vertical da impulsão é mais veloz e o salto vertical tem altura mais elevada (VINT e HINRICHS, 1996).

Segundo HAY (1981), a velocidade horizontal da corrida de aproximação no instante da impulsão com a velocidade vertical (ou de elevação) no momento da impulsão determinam o ângulo de impulsão do desportista, através da seguinte conta:

$$\text{Ângulo de Impulsão} = \frac{\text{velocidade vertical no momento da impulsão}}{\text{velocidade horizontal da corrida de aproximação no instante da impulsão}}$$

LACONI et al. (1998) afirmam que a velocidade horizontal (v_h) na cortada está entre 0,3 a 4,4 m/s. HUANG et alii (1999) estabelecem uma velocidade vertical (v_v) no momento da impulsão da cortada de 3,59 m/s, quando praticado por duas passadas. Por exemplo, um voleibolista corre à 0,35 m/s na cortada e efetua uma velocidade vertical de 3,59 m/s. Qual é o ângulo de impulsão ?

$$\begin{aligned} \text{Ângulo de impulsão} &= ? & \text{Ângulo de impulsão} &= 3,59 : 0,35 = 10,25^\circ \\ v_v &= 3,59 \text{ m/s} \\ v_h &= 0,35 \text{ m/s} \end{aligned}$$

HAY e REID (1985) nos ensinam se quisermos saber a velocidade vertical da impulsão de um salto. Basta o pesquisador identificar a velocidade vertical na última passada da impulsão e a mudança de velocidade vertical ocorrida no momento da impulsão. Identificamos a velocidade vertical pelo cálculo apresentado a seguir:

$$\begin{array}{l} \text{Velocidade Vertical da} \\ \text{Impulsão de Salto} \end{array} = \begin{array}{l} \text{velocidade vertical na última} \\ \text{passada da impulsão} \end{array} + \begin{array}{l} \text{mudança da velocidade vertical} \\ \text{no momento da impulsão} \end{array}$$

Os voleibolistas devem ser orientados para na última passada da cortada, saque em suspensão ou bloqueio, realizarem uma pisada no solo com força (ação), com o intuito do solo efetuar a mesma força sobre o jogador (reação) (HAY e REID, 1985). A 3ª Lei de Newton, a lei da reação, afirma (HAY e REID, 1985):

Para cada ação, há uma reação igual e oposta.

Para qualquer força exercida por um corpo sobre outro, existe uma força igual e oposta exercida pelo segundo corpo sobre o primeiro (p. 92).

Estas instruções são baseadas na hipótese de que, quanto maior a força vertical exercida pelo indivíduo sobre a superfície de impulsão, maior será a força vertical de reação disponível para elevar o indivíduo. Apesar de ser, evidentemente, verdade que as grandes forças em direção para baixo evocam grandes forças de reação para cima, estas últimas não possuem qualquer utilidade prática, a menos que sejam exercidas no momento apropriado (p. 93).

Quando o atleta de voleibol realiza um salto, HALL (1993) explica que quanto maior o impulso realizado contra o solo, maior é a alteração do momento do desportista e o salto será mais alto. O impulso é representado pela força (f) vezes o tempo (t), mas como acontece alteração de momento (é a quantidade de movimento que um objeto possui) em um sistema, multiplica-se a massa (m) (quantidade de matéria contida em um objeto) pela velocidade (v) (HALL, 1993). A equação é expressa por:

$$Ft = (mv)_2 - (mv)_1$$

Na fase de aterrissagem do salto, o desportista que cai rigidamente no solo sentirá uma maior força máxima do solo por um tempo curto (HALL, 1993). Mas se o atleta aferir o solo na ponta dos pés e depois executar dorsiflexão, flexão do joelho e do quadril, a força do solo será em menor intensidade por um tempo longo (HALL, 1993). Esta explicação sobre a queda de um salto também pertence ao impulso. Também podemos estudar o impulso na corrida ou caminhada (HAY e REID, 1985).

BOBBERT e VAN SOEST (1994) estudaram o salto vertical de 6 voleibolistas holandeses da 1ª divisão, com massa de 79,4 Kg, com força hipoteticamente de 100 newtons (N) e altura do salto de 31 cm. HALL (1993) nos informam na tabela 1 que um salto de 31 cm possui uma duração de 5 segundos. Agora resolve-se o problema: Qual a velocidade vertical do salto ?

$$\begin{array}{l} F = 100 \text{ N} \\ t = 5 \text{ s} \\ m = 79,4 \text{ Kg} \end{array} \quad \begin{array}{l} Ft = (mv)_2 - (mv)_1 \\ (100) \cdot (5) = (79,4) \cdot (v) - (79,4) \cdot (0) \\ 500 = 79,4 v \end{array}$$

$v = ?$ $500 : 79,4 = v$ $v = 6,29$ m/s na direção da aplicação da força da velocidade vertical do salto

A altura do salto vertical e a duração vôo são apresentados na tabela 1 (HALL, 1993):

Tabela 1. Altura do salto vertical e a sua duração no ar

Altura do Salto Vertical	Tempo de Vôo do Salto Vertical
5 centímetros (cm)	2 segundos (s)
11 cm	3 s
20 cm	4 s
31 cm	5 s
44 cm	6 s
60 cm	7 s
78 cm	8 s
99 cm	9 s

A altura de um salto é a soma da altura da impulsão com a altura de vôo, seguido da subtração (HAY, 1981; HAY e REID, 1985) da altura golpe na bola (saque ou bloqueio), do bloqueio ou do levantamento. A conta é apresentada a seguir:

Altura do Salto = altura da impulsão + altura de vôo - altura da execução do fundamento

A potência muscular dos membros inferiores do voleibolista é importante para o desempenho do salto (HÄKKINEN, 1989) porque a impulsão se torna mais rápida e a altura do salto fica com maior elevação (TRICOLI et al., 1994). A melhora da potência é fundamental para a cortada no voleibol (SMITH et al., 1992), embora as ações de bloqueio (CHIAPPA, 2001), saque em suspensão e outras necessitam da potência, ação neuromuscular predominante no jogo de voleibol (TEIXEIRA e GOMES, 1998).

A potência é definida como a realização do trabalho por unidade de tempo (NEWTON e KRAEMER, 1994), isto é, representado da seguinte forma: $P = W$ (trabalho) : t (tempo) (RASCH e COLABORADORES, 1991).

Segundo HALL (1993), o exemplo apresentado por RASCH e COLABORADORES (1991) é para potência mecânica, com unidade de em watts (W). Para resolvermos esta conta, a de potência, geralmente devemos saber o trabalho (W) mecânico que é o produto da força (F) aplicada a uma carga pela distância (D) que a carga foi deslocada ($W = F \times D$) (HALL, 1993; RASCH e COLABORADORES, 1991). Descobrimos o trabalho mecânico que tem unidade de medida em joule (J) (HALL, 1993), aplica-se o valor do cálculo da potência mecânica e resolve-se o problema. SIMÃO et al. (2001) informam que podemos escrever a equação de potência através da multiplicação entre a força e a velocidade ($P = F \times V$), com unidade de medida em cavalo de força (horsepower, HP) (RASCH e COLABORADORES, 1991; ZATSIORSKY, 1999). A potência também é descrita quando o produto da força (F) pela distância (D), sendo dividida pelo tempo (t) ($P = F \times D : t$) (HALL, 1993), tendo o resultado em HP (ZATSIORSKY, 1999).

A potência está relacionada com a velocidade do esforço no exercício (RASCH e COLABORADORES, 1991), com solicitação metabólica predominante do sistema creatinofosfato (FOX et al., 1991). Para a potência ser máxima, BARBANTI (2002) afirma que a força máxima tem que atingir 35 a 45% e a velocidade máxima de encurtamento necessita de 35 a 45% MONTEIRO (1998) explica:

A potência envolve grande velocidade de contração muscular. Em um músculo, esta forma de manifestação da força está ligada à sincronia da atividade, em uma contração, do máximo número de fibras, com maior grau de tensão possível. Tanto a força quanto a velocidade vão depender desse número de fibras recrutadas para provocarem tal tensão (p. 43).

O levantador exerce uma força de 100 N com velocidade vertical no instante da impulsão de 2 m/s, com intuito de fazer o levantamento em suspensão. Qual a potência dos membros inferiores do levantador ?

$$P = ? \quad P = 100 \times 2 = 200 \text{ HP}$$
$$F = 100 \text{ N}$$
$$V = 2 \text{ m/s}$$

O voleibolista da saída da rede efetua uma força na impulsão de 300 N, atingindo uma altura de 60 cm no salto oblíquo e pratica a cortada dos 3 metros em 30 segundos. Determine a potência dos membros inferiores desse atleta:

$$F = 300 \text{ N} \quad P = ?$$
$$P = (300 \times 60) : 30 = 600 \text{ HP}$$
$$D = 60 \text{ cm}$$
$$t = 30 \text{ s}$$

Estas fórmulas de potência podem ser usadas para a corrida, ação dos membros inferiores e superiores nos fundamentos do voleibol ou em qualquer ação voleibolística.

HAY e REID (1985) afirmam que no ponto mais alto do vôo (proveniente do salto) de um atleta pode acontecer uma "parada no ar", porque COLEMAN et al. (1993) afirmam que o o atleta de voleibol se encontra com a coluna vertebral torácica e lombar em rotação simultaneamente com hiperextensão, a coluna cervical em extensão, o ombro de cortada em abdução e o cotovelo flexionado, o membro superior de equilíbrio fica numa posição confortável e os joelhos praticam uma flexão, propiciando ao jogador segundo HAY e REID (1985), que o centro de gravidade do atleta na cortada se encontre numa linha horizontal, permitindo o equilíbrio do voleibolista no ar, ou seja, a "parada no ar".

A distância angular acontece num movimento circular ou semicircular entre a ação inicial e final (HAY e REID, 1985), sendo medido através de uma adição (HALL, 1993). Na fase de vôo da cortada os joelhos flexionam em aproximadamente em 90° e na etapa de ataque acontece extensão dos joelhos (COLEMAN et al., 1993), hipoteticamente de 70°. A distância angular (90° + 70°) é de 160°. HALL (1993) explica que se o ângulo variar em um movimento, por exemplo, a flexão do cotovelo varia de 180° para 40°, então o valor angular (180° - 40°) é de 140° (distância angular). Caso ocorra a flexão do cotovelo por 10 vezes, HALL (1993) ensina que devemos multiplicar a distância angular pelo número de vezes que praticamos a ação (140° x 10 = 1400°).

O deslocamento angular é o ângulo comum entre o sentido horário (valor negativo) e a direção anti-horária (valor positivo) de um movimento (HALL, 1993; HAY e REID, 1985). Na passada de uma corrida, o deslocamento angular do joelho é de 30°, sendo positivo porque é uma ação no sentido anti-horário (HALL, 1993). Na extensão do joelho na corrida, acontece um movimento de - 180° na direção horária, tendo o valor de deslocamento angular de - 30° porque é o ângulo comum entre o sentido horário e o anti-horário (HALL, 1993).

Podemos calcular a distância e o deslocamento angular do atleta de voleibol nas seguintes ações: nos membros superiores do saque (tipo tênis, Viagem e outros) e na cortada, na movimentação do corpo do voleibolista na fase de vôo da cortada ou no saque Viagem, na ação dos membros inferiores e dos braços na corrida, na movimentação dos membros superiores no passe de manchete e outros.

A rapidez angular média é calculada através da divisão entre distância angular e o tempo da ação (HAY e REID, 1985). As unidades de medida mais comuns da rapidez angular média são os graus por segundo ($^{\circ}/s$) e as revoluções por minuto (rpm). O cálculo é apresentado a seguir:

$$\text{Rapidez Angular Média} = \text{distância angular} : \text{tempo do movimento}$$

A velocidade angular média é a divisão entre o deslocamento angular horário e/ou anti-horário pelo tempo despendido na ação (HAY e REID, 1985; HALL, 1993). A unidade de medida da velocidade angular é igual da rapidez angular (HALL, 1993). O cálculo é mostrado para o leitor:

$$\text{Velocidade Angular Média} = \text{deslocamento angular} : \text{tempo da ação}$$

ECKERT (1968) ensina que para sabermos a força máxima angular (F) de um salto, basta identificarmos a massa corporal total (m) (peso) do atleta, a velocidade angular de uma articulação (quadril, joelho e tornozelo) (V) e o tempo praticado pela aquela articulação no salto. A unidade de medida ECKERT (1968) não apresenta em seu artigo original, apenas a equação:

$$F = m \times (V : t)$$

RASCH e COLABORADORES (1991) ensinam como determinarmos a velocidade de queda (impacto) do salto. A aceleração (a) da gravidade é igual a $9,8 \text{ m/s}^2$, o tempo (t) transcorrido na queda foi, por exemplo, de 0,10 segundos. Aplicamos esses valores na conta para sabermos a velocidade (v) de impacto do salto.

$$\begin{array}{l} a = 9,8 \text{ m/s}^2 \\ t = 0,10 \text{ s} \end{array} \quad \begin{array}{l} v = a \cdot t \\ v = 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,10\text{s} = 0,98 \text{ m/s} \\ v = ? \end{array}$$

Através deste cálculo, o leitor descobre a distância (d) de queda do salto (RASCH e COLABORADORES, 1991):

$$\begin{array}{l} v = 0,98 \text{ m/s} \\ t = 0,10 \text{ s} \end{array} \quad \begin{array}{l} d = (v \cdot t) : 2 \\ d = (0,98 \cdot 0,10) : 2 = 0,04 \text{ m} \end{array}$$

Conclusão

Conhecer a aplicação da biomecânica no voleibol torna-se importante para compreendermos melhor como ocorrem a locomoção e os saltos do voleibol baseado na biomecânica. Algumas dessas informações podem auxiliar na prescrição do treino, na identificação de uma inadequada técnica desportiva e em outras situações.

O estudo teve limitações porque foram encontradas poucas referências da biomecânica aplicada no voleibol, notando que ambas disciplinas merecem mais pesquisas.

Referências bibliográficas

ANDERSON, F. C. & PANDY, M. G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of Biomechanics*. 26 (12): 1413.

AMADIO, A. C. (1986). Introdução à biomecânica do esporte considerações sobre métodos de investigação. *Revista Paulista de Educação Física*. 1 (1): 13-15.

AMADIO, A. C. (2000). Metodologia biomecânica para o estudo das forças internas ao aparelho locomotor: importância e aplicações no movimento humano. In: AMADIO, A. C.; BARBANTI, V. J. (orgs.). *A Biodinâmica do Movimento Humano e suas Relações Interdisciplinares*, p. 46-49, 50-52. Estação Liberdade e USP, São Paulo.

AMADIO, A. C. (2002). Características metodológicas da biomecânica aplicadas à análise do movimento humano. In: BARBANTI, V. J.; AMADIO, A. C.; BENTO, J. O.; MARQUES, A. T. (orgs.). *Esporte e Atividade Física*, p. 29. Manole, São Paulo.

ARAÚJO, R. C. (2000). Análise da atividade dos componentes do músculo tríceps sural durante a marcha e suas correlações com a força de reação do solo e variação angular. In: AMADIO, A. C.; BARBANTI, V. J. (orgs.). *A Biodinâmica do Movimento Humano e suas Relações Interdisciplinares*, p. 134-137. USP e Estação Liberdade, São Paulo.

ATWATER, A. E. (1980). Kinesiology/Biomechanics: perspective and trends. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 51 (1): 195.

ÁVILA, A. O. V. et al. (2002). Métodos de medição em biomecânica do esporte. *Revista Brasileira de Biomecânica*. 3 (4): 63 e 64.

BARBANTI, V. J. (1986). *Treinamento Físico: bases científicas*, p. 93. CLR Balieiro, São Paulo.

BARBANTI, V. J. (2002). Manifestações da força motora no esporte de rendimento. In: BARBANTI, V. J.; AMADIO, A. C.; BENTO, J. O.; MARQUES, A. T. (orgs.). *Esporte e Atividade Física*, p. 16. Manole, São Paulo.

BAUER, J. A. (1999). Ferramentas do biomecânico: uma breve revisão de três tecnologias chave. *Artus*. 19 (1): 9.

BOMPA, T. (2002). *Periodização: teoria e metodologia do treinamento*, p. 102. 4ª ed. Phorte, São Paulo.

BOBBERT, M. F. & VAN SOEST, A. J. (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 26 (8): 1012-1020.

BORSARI, J. R. (1996). *Voleibol: aprendizagem e treinamento. Um Desafio Constante*, p. 27-30. EPU, São Paulo.

BOSCO, C.; TARKKA, I.; KOMI, P. V. (1982). Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps sural during stretch-shortening cycle exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 3 (3): 137-139.

BUEKERS, M. J. A. (1991). The time structure of the block in volleyball. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 62 (2): 232-235.

CAMPOS, M. A. (2000). *Biomecânica da Musculação*, p. 17-152. Sprint, Rio de Janeiro.

CARNAVAL, P. E. (2000). *Cinesiologia Aplicada aos Esportes*, p. 133-140. Sprint, Rio de Janeiro.

CHIAPPA, G. R. (2001). *Fisioterapia nas Lesões do Voleibol*, p. 59 e 61. Robe, São Paulo.

COLEMAN, S. G. S.; BENHAM, A. S.; NORTHCOTT, S. R. (1993). A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *Sports Sciences*. 11 (4): 295-302.

- COLEMAN, S. (1997). *A 3D Kinematics Analysis of the Volleyball Jump Serve*. Available: <http://www.sportscoach-sci.com> p. 1-5.
- ECKERT, H. M. (1968). The effect of added weight on joint actions in the vertical jump. *Research Quarterly*. 39 (4): 943-947.
- EOM, H. J. & SCHUTZ, R. W. (1992). Statistical analyses of volleyball team performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 63 (1): 11-17.
- EOM, H. J. & SCHUTZ, R. W. (1992). Transition play in team performance of volleyball: a log-linear analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 63 (3): 262-264.
- FIGUEIRA JUNIOR, A. J. Perfil fisiológico (2002). *2º Congresso Internacional GSSI* Maksoud Plaza Hotel, São Paulo.
- FORNTUNATO, J.; SARDINHA, L.; MIL-HOMENS, P. (1991). Efeito simples e combinado dos tempos e locais de ataque no número de bloqueadores em oposição em voleibol. In: BENTO, J.; MARQUES, A. (edits.). *As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva*, p. 151-155. vol. 2. Universidade do Porto, Porto.
- FOX, E. L.; BOWERS, R. W.; FOSS, M. L. (1991). *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos*, p. 482-485. 4ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- GONÇALVES, M.; CERQUEIRA, E. P. (2000). Levantamento manual de carga a partir do solo com e sem uso de cinto pélvico, e com diferentes posturas do tronco: um estudo eletromiográfico. *Revista Brasileira de Biomecânica*. 1 (1): 49-53.
- GUIDA, S. (1984). Biomecânica da corrida de longa duração. In: TUBINO, M. J. G. ; FERREIRA, V. L. C. (edits). *Homo Sportivus*, p. 98. vol. 2. Palestra Edições Desportivas, Rio de Janeiro.
- HÄKKINEN, K. (1989). Maximal force, explosive strength and speed in female volleyball and basketball layers. *Journal of Human Movement Studies*. 16 (-): 300.
- HARMAN et al. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 22 (6): 825-832.
- HAY, J. G. (1981). *Biomecânica das Técnicas Desportivas*, p. 319 e 320, 343 e 344. 2ª ed. Interamericana, Rio de Janeiro.
- HAY, J. G. & REID, J. G. (1985). *As Bases Anatômicas e Mecânicas do Movimento Humano*, p. 70-73, 86 e 87, 92 e 93, 96-98, 118-122, 141-149, 156-164, 206-213. Prentice Hall do Brasil, Rio de Janeiro.
- HALL, S. (1993). *Biomecânica Básica*, p. 158-166, 170, 190 e 191, 211-214, 216 e 217. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- HESPANHOL, J. E. & ARRUDA, M. (2000). Resistência especial do voleibolista. *Revista Treinamento Desportivo*. 5 (1): 58-60.
- HUANG, C.; LIU, G. C.; SHEU, T. Y. (1998). *A 3D Analysis of the Volleyball One-Foot Jump Spike*. Available: <http://www.sportscoach-sci.com> p. 1-4.
- HUANG, C.; LIU, G. C.; SHEU, T. Y. (1999). *Kinematic Analysis of the Volleyball Back Row Jump*. Available: <http://www.sportscoach-sci.com> p. 1-5.

HOFFMAN, J. R.; STAVSKY, H.; FALK, B. (1995). The effect of water restriction on anaerobic power and vertical jumping height in basketball. *International Journal of Sports Medicine*. 16 (4): 214-218.

IGLESIAS, F. (1994). Analisis del esfuerzo en el voleibol. *Stadium*, 168 (28): 17- 23.

JIAMING, Z. (1983). Voleibol na China. *Sprint* 2 (7): 8-10.

KIOUMOURTZOGLU, E. et al. (2000). Ability profile of the elite volleyball player. *Perceptual and Motor Skills*. 90 (3): 757.

KOMI, P. V. (1992). Stretch-shortening cycle. In: KOMI, P. V. (edit.). *Strength and Power in Sport*, p. 169-173. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

LACONI, P. et al. (1998). Field test for mechanical efficiency evaluation in matching volleyball players. *International Journal of Sports Medicine*. 19 (1): 52-55.

LIAN, Ø. et al. (1996). Characteristics of the leg extensors in male volleyball players with jumper`s knee. *American Journal of Sports Medicine*. 24 (3): 382-384.

MARQUES JUNIOR, N. K. (2001). *Voleibol: biomecânica e musculação aplicadas*, p. 113. Grupo Palestra Sport, Rio de Janeiro.

MESSIER, S. P. (1994). Biomecânica da adaptação às modalidades. In: AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (edit.). *Prova de Esforço e Prescrição de Exercício*, p. 22-26. Revinter, Rio de Janeiro.

MONTEIRO, J. C. et alii (1993). Quantificação e caracterização dos deslocamentos do jogador distribuidor presente no campeonato do mundo da juventude em voleibol, Portugal. 91. In: BENTO, J.; MARQUES, A. (edits.). *A Ciência do Desporto a Cultura e o Homem*, p. 364. Universidade do Porto, Porto.

MONTEIRO, W. D. (1998). Medida da força muscular: aspectos metodológicos e aplicações. *Revista Treinamento Desportivo*. 3 (1): 43.

MOTA, C. B. et alii (2002). Análise cinemática do andar de crianças transportando mochilas. *Revista Brasileira de Biomecânica*. 3 (4): 15-20.

MOUTINHO, C. A. (1991). A importância da análise do jogo no processo de preparação desportiva nos jogos desportivos coletivos: o exemplo do voleibol. In: BENTO, J.; MARQUES, A. (edits.). *As Ciências do Desporto e a Prática Desportiva*, p. 266. vol. 2. Universidade do Porto, Porto.

MOUTINHO, C. A. (1995). O ensino do voleibol. *O Ensino dos Jogos Desportivos*, p. 149. 2ªed. Universidade do Porto, Porto.

NEWTON, R. U.; KRAEMER, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: implicatios for mixed methods training strategy. *Journal of Strength and Conditioning*. 16 (5): 20.

NUNES, N. et alii (2000). Efeito do treinamento físico, baseado em avaliação ergoespirométrica, na capacidade aeróbia de atletas de voleibol - treinamento físico em voleibolistas. *Revista da Educação Física/UEM* 11 (1): 27 e 28.

OLIVEIRA, P. R. (1997). Particularidades das ações motoras e características metabólicas dos esforços específicos do voleibol juvenil e infanto-juvenil feminino. *Revista das Faculdades Claretianas.* s.v. (6): 49 e 50, 55.

OSÉS, A. (1986). O efeito de três diferentes programas do salto em profundidade sobre o resultado do salto vertical. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte.* 7 (2): 55.

OUELLET, J. G. (1985). O voleibol. In: M. Nadeau; P. Péronnet (orgs.). *Fisiologia Aplicada na Atividade Física*, p. 122 e 123. Manole, São Paulo.

PALAO, J. M.; SAENZ, B.; UREÑA, A. (2001). Efecto de un trabajo de aprendizaje del ciclo estiramiento acortamiento sobre la capacidad de salto en voleibol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Del Deporte.*

PEDERSEN, D. M. (2000). Perceived relative importance of psychological and physical factors in successful athletic performance. *Perceptual and Motor Skills.* 90 (1): 288.

PIERON, M. & LIGOT, M. (1977). Analices de structure tactiques élémentaires en volleyball. *Sport: revue belge de l'éducation physique, des sports et de la vien en plein air.* 20 (1): 4-11.

PINTO, J. A. & GOMES, L. R. R. (1993). Características específicas e fatores fisiológicos do treinamento do voleibol de alto nível. *Revista Mineira de Educação de Física.* 1 (1): 49 e 50.

PRILUTSKY, B. I. & ZATSIORSKY, V. M. (1994). Tendon action of two-joints transfer of mechanical energy between joints during jumping, landing and running. *Journal of biomechanics.* 27 (1): 33.

RASCH, P. J.; COLABORADORES (1991). *Cinesiologia e Anatomia Aplicada*, p. 68-71. 7ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

ROCHA, P. S. O. (1983). Preparação física da seleção brasileira masculina de voleibol. *Sprint* 2 (7): 16.

ROCHA, C. M.; UGRINOWITSCH, C.; BARBANTI, V. J. (1999). A influência do contramovimento e da utilização dos braços na performance do salto vertical - um estudo do no basquetebol de alto nível. *Revista da APEF Londrina.* 14 (1): 6.

RODACKI, A. L. F. et alii (1997). O número de saltos verticais realizados durante partidas de voleibol como indicador da prescrição do treinamento. *Revista Treinamento Desportivo.* 2 (1): 33-38.

SERRÃO, J. C.; SÁ, M. R. & AMADIO, A. C. (2000). Influência dos calçados de futsal no desempenho. *Revista Brasileira de Biomecânica.* 1 (1): 39-46.

- SERRÃO, J. C. (2002). Biomecânica: compromisso com o rendimento e a saúde. In: BARBANTI, V. J.; AMADIO, A. C.; BENTO, J. O.; MARQUES, A. T. (orgs.). *Esporte e Atividade Física*, p. 259-276. Manole, São Paulo.
- SHALMANOV, A. (1998). *Voleibol: fundamentos biomecânicos*, p. 30-38, 44-50, 53, 55, 63, 76. Phorte, São Paulo.
- SIMÃO, R.; MONTEIRO, W.; ARAÚJO, C. G. S. (2001). Fidedignidade inter e intra dias de um teste potência muscular. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte.* 7 (4): 119.
- SLEIVERT, G. G.; BACKUS, R. D.; WENGER, H. A. (1995). Neuromuscular differences between volleyball players, middle distance runners and untrained controls. *International Journal of Sports Medicine.* 16 (6): 391.

- SMITH, D. J.; ROBERTS, D.; WATSON, B. (1992). Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences*. 10 (2): 131-134.
- STANGANELLI, L. C. R. (1992). Características fisiológicas do voleibol. *Revista da APEF Londrina*. 7 (13): 43.
- TEIXEIRA, M. & GOMES, A. C. (1998). Aspectos da preparação física no voleibol de alto rendimento. *Revista Treinamento Desportivo*. 3 (2): 105-111.
- THISSEN-MILDER, M. & MAYHEW, J. L. (1991). Selection and classification of high school volleyball players from performance tests. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 31 (3): 380.
- TILLMAN, M. D. et alii (2001). Prevalence of jumping and landing techniques in volleyball: an analysis of elite female players. *25th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics*. Available: www.asb-biomech.org. p. 1.
- TOYODA, H. (1983). Teoria da técnica fundamental. In: CBV e FIVB (orgs.). *Manual do Treinador*, p. 8 e 10. Grupo Palestra Sport, Rio de Janeiro.
- TRICOLI, V. A. A.; BARBANTI, V. J.; SHINZATO, G. T. (1994). Potência muscular em jogadores de basquetebol e voleibol: relação entre dinamometria isocinética e salto vertical. *Revista Paulista de Educação Física*. 8 (2): 15.
- UGRINOWITSCH, C. et al. (2000). Capacidade dos testes isocinéticos em prever a "performance" no salto vertical em jogadores de voleibol. *Revista Paulista de Educação Física*. 14 (2): 172 e 173.
- VIMIEIRO-GOMES, A. C. & RODRIGUES, L. O. C. (2001). Avaliação do estado de hidratação dos atletas, estresse térmico do ambiente e custo calórico do exercício durante sessões de treinamento em voleibol de alto nível. *Revista Paulista de Educação Física*. 15 (2): 201-211.
- VINT, P. F.; HINRICH, R. N. (1996). Differences between one-foot and two-foot vertical jump performance. *Journal of Applied Biomechanics*. 12 (3): 339.
- VINT, P. (1992). *Blocker Biomechanics*. Available: <http://volleyball.about.com/>. p. 1-4.
- VOIGT, M. et alii (1995). Mechanical and muscular factors influencing the performance in maximal vertical jumping alter different prestretch loads. *Journal of Biomechanics*. 28 (3): 293.
- WEINECK, J. (1990). *Anatomia Aplicada ao Esporte*, p. 158-160. Manole, São Paulo.
- WILKERSON, J. D. (1985). Comparative model analysis of the vertical jump utilized in the volleyball spike with the standing vertical jump. In: WINTER, D. A.; NORMAN, R. W.; WELLS, R. P. HAYES, K. C.; PATTA, A. E. (eds.). *Biomechanics IX-B*, p. 436. Human Kinetics, Champaign.
- WIRHED, R. (1986). *Atlas de Anatomia do Movimento*, p. 64 e 65, 114 e 115. Manole, São Paulo.
- ZATSIORSKY, V. M. (1999). *Ciência e Prática do Treinamento de Força*, p. 68-70. Phorte, São Paulo.