



CIÊNCIA E TECNOLOGIA APLICADA À MELHORIA DO DESEMPENHO ESPORTIVO

Victor Hugo Alves Okazaki

Juliana Bayeux Dascal

Universidade Estadual de Londrina – Brasil

Fábio Heitor Alves Okazaki

Instituto Compartilhar – Brasil

Luis Augusto Teixeira

Universidade de São Paulo – Brasil

Resumo: O desenvolvimento da ciência e da tecnologia permitiu ao homem explorar a natureza e o mundo em diversas dimensões. Na dimensão do esporte, isso não é diferente. Métodos de treinamento cada vez mais especializados permitem a otimização do desempenho esportivo. Auxílio de análises estatísticas possibilita a predição de ações dos adversários no jogo para melhor programação da resposta. Equipamentos de vídeo computadorizados corrigem em tempo real e avaliam com detalhes os fatores intervenientes no desempenho. Instrumentos de realidade virtual fornecem a prática de ambientes que condicionam o desenvolvimento mais precoce da prontidão a diversas situações esportivas. Nesse escopo, a ciência e a tecnologia se tornaram requisitos básicos para o desenvolvimento de um atleta de alto rendimento. Neste trabalho foram abordados exemplos práticos de como a ciência e a tecnologia têm sido utilizadas para a melhoria do desempenho esportivo. Análises estatísticas para predição do desempenho, análises biomecânicas do desempenho das habilidades motoras esportivas, o uso de *biofeedback* para correções do movimento e a utilização de simuladores em realidade virtual, são apresentados como ferramentas em potencial para técnicos e atletas. Perspectivas futuras para melhoria do desempenho esportivo, por meio da ciência e tecnologia, também foram discutidas.

Palavras-chave: ciência e tecnologia; treinamento esportivo; esporte.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da ciência permitiu ao homem dominar e se relacionar com a natureza em seu próprio benefício. Como exemplo, pode-se citar o estudo das propriedades mecânicas dos biomateriais. Esse conhecimento é utilizado na engenharia, na biomecânica e na ergonomia, para desenvolvimento de diversos produtos. Como resultado, tênis são fabricados com tecnologia apropriada para absorção de impacto e para

situação específicas. Um tênis de maratonista, por exemplo, possui grande absorção de impacto de baixa magnitude, apresentando, ao mesmo tempo, grande amplitude e pouca restrição de movimento para o atleta, ao passo que o tênis de um jogador de basquetebol necessita de absorção de impacto com maiores magnitude e restrição de movimento, pois nessa modalidade o jogador desempenha muitos movimentos bruscos de mudança de direção que podem proporcionar maior risco de lesão. Dentro desse escopo, tecnologia é o conhecimento técnico e científico das ferramentas, dos processos e dos materiais criados e utilizados a partir da ciência. Ou seja, a tecnologia é a aplicação prática da ciência (KATZ, 2002).

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia modificou completamente a dinâmica da vida do homem. No esporte, isso não foi diferente. Com o desenvolvimento das diversas ciências, a tecnologia aplicada a partir delas permitiu avanços para a melhoria do desempenho esportivo que muitas vezes diferenciam um atleta que ocupará a posição em um pódio de um atleta que não se classifica para as finais. Por exemplo, um atleta que nada em uma raia de 100 metros em uma prova olímpica de natação consegue diminuir seu tempo de prova por meio da simples utilização de uma roupa projetada com alta tecnologia para diminuir o atrito da água durante a prova. Quando a modalidade depende ainda mais dos recursos tecnológicos do que das habilidades ou capacidades do esportista, isso fica ainda muito mais claro. Por exemplo, em uma prova de automobilismo ficam evidentes as discrepâncias entre algumas marcas de carros que sempre disputam o título em uma competição daquelas que tentam apenas fugir de colocações mais baixas. Entretanto, as vantagens na utilização de recursos científicos e tecnológicos não são restritas apenas a equipamentos e acessórios. O entendimento da especificidade no treinamento, por exemplo, diminui grandemente a incidência de lesão e otimizou o desempenho no esporte. Um dos maiores beneficiados por esses avanços no conhecimento das ciências do esporte é o atleta de provas de longa duração. Hoje é sabido que a melhor forma de treinar maratonistas não é por meio do aumento no volume de quilômetros percorridos na sessão. Antigamente, tinha-se o pressuposto de que o atleta deveria correr percursos maiores que a prova nas sessões de treinamento. Todavia, há suporte para a ideia de um treinamento com maior intensidade e menor volume, próximo ao limiar anaeróbio para melhorar a resistência aeróbia do atleta (BILLAT; SÇAWONSKI; BOCQUET, 2000; BILLAT et al., 2001). Essa redução na distância durante o treino também permite a otimização do desempenho e a diminuição na quantidade de trabalho e, conseqüentemente, das ocorrências de lesão por esforço repetitivo. Por conseguinte, métodos e recursos de treinamento que englobam a ciência e a tecnologia para a melhoria do desempenho são requisitos básicos no empreendimento de um atleta que almeja vitórias em competições de alto rendimento.

Este trabalho destina-se a explorar a ciência e a tecnologia aplicada à melhoria do desempenho esportivo. Dentre as infinitas possibilidades de explorar esse tema, foram separadas algumas em especial, tais como: análises estatísticas do desempenho, análise biomecânica das habilidades motoras, uso do *biofeedback* para correções do movimento e utilização de simuladores de realidade virtual para otimização do desempenho. Esses tópicos particulares foram selecionados e discutidos no trabalho por se tratarem de ferramentas em potencial para a melhoria do desempenho esportivo, além de já estarem em uso no esporte de alto rendimento.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS DO DESEMPENHO

Informações sobre os desempenhos técnico, tático e físico dos atletas e da equipe são essenciais para a fase de planejamento e durante as sessões de treino. Essas informações também são subsídios para as tomadas de decisão antes, durante e após as partidas ou provas de competição. Em função da importância em quantificar os parâmetros e variáveis potencialmente úteis para o treinamento e avaliação do desempenho desportivo, diversos sistemas para coleta e análise de dados têm sido utilizados. Esses sistemas são diferenciados em função da natureza de seus dados e da forma em que eles são analisados. Entre os métodos mais simples e mais utilizados em esportes amadores e profissionais encontra-se a utilização da análise estatística do desempenho, também chamado de *scout*. Basicamente, o *scout* é a quantificação da frequência (absoluta

ou relativa) que ocorre em um determinado evento. Em razão de sua simplicidade, para realizar uma coleta de dados pelo método de *scout* bastaria apenas um papel, uma caneta e um observador experiente. Contudo, com o avanço da informática, mesmo equipes amadoras têm acesso aos recursos informatizados para a utilização desse método de análise. De forma geral, as análises estatísticas têm dois propósitos: 1. diagnosticar as características do esporte para melhor organização do treinamento; e 2. encontrar relações causa-efeito para possíveis previsões do desempenho.

O diagnóstico das características do esporte permite otimizar a organização do treinamento. Isso é alcançado por meio do aumento na especificidade dos treinos fazendo uma aproximação entre as condições de competição e as condições de treinamento. Por exemplo, no basquetebol existe uma demanda ímpar na utilização das técnicas entre os jogadores que atuam como armadores, alas e pivôs. O armador utiliza mais as técnicas de drible e passes, também apresentam o maior número de posses, roubos e perdas de bola. Os alas são os jogadores que mais arremessam no jogo, principalmente arremessos de longa distância. Eles também utilizam efetivamente as técnicas de drible e passe. Os pivôs são os jogadores que mais arremessam lance livre e adquirem rebotes, mas apresentam o menor número de posse de bola, de dribles e de passes. Assim, um treinamento mais específico com ênfase nas técnicas mais solicitadas em situação de jogo poderia permitir maior eficácia do treinamento (OKAZAKI et al., 2004). Da mesma forma, o número de deslocamentos em velocidades alta, moderada e lenta, número de saltos e movimentos em posição defensiva também são diferenciado entre jogadores e poderiam ser considerados para otimizar o treinamento físico (QUEIRÓGA; ACHOUR JR., 1997). A quantificação da frequência em que uma determinada jogada, movimentação ou sistema defensivo/ofensivo é utilizada também permite o diagnóstico de aspectos táticos no jogo. Tal diagnóstico pode auxiliar na escolha de estratégias para tentar neutralizar a ação do adversário ou adquirir algum tipo de vantagem no jogo. Entretanto, essas vantagens estão mais relacionadas às previsões do desempenho.

A probabilidade de um evento ocorrer, quando as circunstâncias são aproximadamente iguais, tende a seguir uma distribuição normal. Ou seja, se fosse analisada uma série de tentativas para acertar um alvo, por exemplo, na tarefa de lançamento de dardo, a pontuação obtida representada em um histograma (gráfico de distribuição de frequências) apresentaria uma forma de sino. Isso demonstra uma tendência/probabilidade de que a maior parte das tentativas seja encontrada em uma região próxima, ao redor da média. Por exemplo, na distribuição normal, aproximadamente 68% dos dados encontram-se dentro de um limite entre +1 e -1 desvio padrão. Em outras palavras, quando um determinado evento ocorre há uma tendência de resposta particular acontecer. Esse conceito é utilizado na chamada teoria dos jogos para estudar as situações estratégicas nas quais os jogadores escolhem diferentes ações como tentativa de obter melhor resposta de retorno. Ou seja, essa teoria estuda as decisões que são tomadas em um ambiente em que vários jogadores interagem. A partir das decisões e respostas é analisada a escolha dos comportamentos ótimos quando o custo e o benefício de cada opção não são fixos, mas dependem, sobretudo, da escolha dos outros indivíduos.

As decisões e respostas seriam dependentes de três fatores: sujeito, tarefa e ambiente (NEWELL, 1986). O sujeito possui características físicas (capacidades), motoras (experiência e aprendizagem) e psicológicas (estado e traço) que restringem a resposta (dinâmica intrínseca) (cf. KELSO, 1995). Por exemplo, em geral os tenistas possuem maior potência, precisão e segurança no movimento de *forehand* em comparação ao movimento de *backhand*. Por conseguinte, os jogadores utilizam mais o movimento de *forehand* para as jogadas mais arriscadas, como tentar colocar a bola mais próxima à linha. A tarefa possui particularidades que também influenciam a decisão e a resposta. O primeiro saque no tênis tende a ser um movimento com grande potência, pois em caso de erro há uma segunda possibilidade de repetir o saque. Porém, o segundo saque possui menor potência para garantir maior precisão no movimento, e, assim, não errar o saque e permitir o ponto ao adversário. Esse exemplo ilustra uma das restrições particulares à tarefa, no qual, tarefas que necessitem de maior potência possuem maior geração de força e velocidade no movimento e o inverso ocorre quando maior precisão é

solicitada. Por último, temos a influência do ambiente sobre a decisão e a resposta do indivíduo. Quando um atleta de basquetebol inicia o arremesso de bandeja em direção à cesta, mas percebe em um instante próximo ao lançamento a presença de um adversário, uma mudança de movimento pode ser mais apropriada para evitar que o adversário intercepte seu arremesso. Por exemplo, o arremessador poderia realizar um passe para outro companheiro de equipe, realizar alguma finta ou utilizar alguma estratégia de proteção da bola para dar continuidade ao arremesso. Ou seja, as mudanças do ambiente também podem influenciar na seleção da resposta do atleta. Quando a compreensão da interação desses três fatores ocorre, a predição do desempenho pode ocorrer e contribuir significativamente para sua melhoria. Uma das modalidades que mais utilizam esse recurso é o voleibol.

O voleibol no Brasil é uma das modalidades de melhor organização em termos de estruturação de competições e de treinamento (JÚNIOR, 2008; VLASTUIN; ALMEIDA; JÚNIOR, 2008). Por conseguinte, não é estranho encontrar a utilização das análises estatísticas nos jogos das mais diversas categorias. Análises do número de saques, bloqueios, recepções, cortadas (ataques), saltos, deslocamentos, posicionamento dos jogadores, utilização dos sistemas de ataque/defesa, locais de incidência dos saques e ataques etc. são realizadas *on-line* em jogos de alto rendimento para proporcionar *feedback* à comissão técnica das equipes (JOÃO et al., 2010; QUIROGA et al., 2010). Em geral, toda estrutura tática é organizada em função desses números e análise estatística. Por exemplo, o perfil dos jogadores é traçado a partir da análise de diversos jogos ao longo de uma competição em andamento ou anterior. Esse diagnóstico inicial permite à equipe que realiza o saque direcionar a bola em jogadores com menor eficiência na recepção para tentar dificultar a organização ofensiva adversária. Da mesma forma, a equipe que recebe a bola saca a estruturações de ataque para neutralizar o sistema de defesa normalmente utilizado pelo adversário (JÄGER; SCHÖLLHORN, 2007; PIRAS; LOBIETTI; SQUATRITO, 2010). Essa organização ofensiva depende também dos jogadores que irão realizar o ataque, pois a bola tende a ser direcionada para os jogadores com maior eficácia no ataque. Contudo, esta eficácia dos atletas também varia em função do jogo, pois quando identificada ação repetitiva de um atleta finalizando os ataques, a defesa inicia maior estruturação defensiva para neutralizar este atleta. Essa concatenação de exemplos ilustra de forma muito simplificada a dinâmica do jogo do voleibol vista pela perspectiva do método de análise estatística apresentado.

Apesar da presente simplicidade das análises estatísticas para otimizar o treinamento, essa ferramenta de análise possui alguns inconvenientes. Por exemplo, nem todas as modalidades apresentam padrões claros que podem ser preditos como no caso do voleibol. Em geral, as modalidades coletivas como futebol, basquetebol, handebol, futebol americano etc. possuem poucas situações nas quais uma predição quase que de causa-efeito pode ser realizada. Outro fator que limita a utilização dessa ferramenta é a falta de estrutura e conhecimento para a coleta, armazenamento e análise dos dados. Como no exemplo do voleibol, uma determinada equipe é utilizada para coletar e armazenar um grande número de informações dos jogadores e das equipes para poder estruturar ações de predição, ou mesmo para estruturação de treinamentos. Em geral, a análise dos dados também pode não ser muito simples para quem não é familiarizado com essa ferramenta e não possui conhecimento específico no esporte em questão. Pois, a interação entre as informações adquiridas e as possíveis relações e inferências a partir dessas devem caminhar juntas.

Em suma, as análises estatísticas do desempenho proporcionam meios de otimizar o treinamento por meio do conhecimento das características fundamentais da modalidade para possíveis intervenções no treinamento e na competição. Em razão de sua simplicidade e fácil aplicabilidade, hoje, dificilmente alguma modalidade não utiliza essa ferramenta de alguma forma tanto no esporte amador quanto no profissional.

ANÁLISE BIOMECÂNICA

Dentro das imensas possibilidades que existem em analisar o desempenho esportivo, provavelmente é a biomecânica que apresenta as melhores ferramentas em termos de objetividade e fidedignidade. Essas ferramentas biomecânicas se enquadram em quatro áreas: cinemática, cinética, controle e anatomia (WINTER, 1990). Nesta seção são apresentados alguns exemplos da utilização dessas ferramentas na otimização do desempenho esportivo.

Cinemática

Um dos instrumentos mais explorados para a melhoria do desempenho esportivo é a análise cinemática. Essa análise utiliza instrumento óptico que permite o registro espaço-temporal do movimento, podendo ser realizada por meio de filmadoras convencionais (digitais ou analógicas) até dispositivos mais sofisticados baseados em sistemas optoeletrônicos. A cinemática analisa as características espaço-temporais do movimento, sem se preocupar com as forças que as causam ou que resultam a partir do movimento. Assim, uma descrição detalhada do movimento de qualquer ação pode ser realizada para entender deslocamentos, velocidades ou acelerações em qualquer instante de tempo desejado na análise. Por exemplo, essa ferramenta permite saber qual a velocidade instantânea de um corredor de 100 metros rasos quando ele passa sobre a marca de chegada. Também é possível analisar a aceleração inicial desse atleta, ou mesmo durante todo seu percurso, para tentar diagnosticar as fases na prova da corrida que necessitam melhor aproveitamento do atleta. Por exemplo, um atleta iniciante pode ter uma grande capacidade de se mover velozmente, e, todavia, uma capacidade baixa de aceleração, ou seja, não conseguir gerar essa grande velocidade em um curto período de tempo. A análise do perfil da aceleração linear do centro de massa desse atleta identificaria essa limitação e poderia ser utilizada para demonstrar as futuras melhoras decorrentes de um treinamento adequado. Esse instrumento de análise também é utilizado para entender ações mais complexas, como o deslocamento de jogadores em modalidades coletivas (CARLING et al., 2008) e o aprimoramento na realização de um movimento técnico especializado (OKAZAKI et al., 2006).

A estruturação do treinamento das modalidades coletivas foi inicialmente pautada pelos conceitos de treinamento das modalidades individuais, como o atletismo. Contudo, devido à especificidade particular de cada modalidade, a necessidade de estruturar métodos que fossem mais reais às condições de prática foi necessária. No futebol, os deslocamentos realizados pelos jogadores durante o jogo são analisados cinematicamente. Cada padrão cinemático dos jogadores é analisado de acordo com a função desempenhada pelo atleta. Essa ferramenta de análise favoreceu o treinamento em três aspectos: 1. diagnosticar os padrões de deslocamento realizados em condições de jogo; 2. diferenciar a partir desses padrões as demandas específicas para cada função desempenhada pelos jogadores; e 3. fornecer informações sobre a tática do jogo. O diagnóstico dos padrões de deslocamento permitiu adaptar o treinamento físico para condições mais próximas às encontradas no jogo. Outro aspecto importante é a especialização das ações em relação às funções desempenhadas pelos atletas. A distinção entre as ações (técnicas, táticas e físicas) de cada função desempenhada pelo jogador permite tornar ainda mais eficiente a especificidade no treinamento. A análise das maiores incidências de finalizações (chutes em direção ao gol ou arremessos em direção à cesta), das zonas de troca de passes para organização do jogo, dos locais de maior e de menor ocupação da quadra etc., também são utilizadas para fornecer informações para técnicos e atletas sobre a dinâmica tática do jogo.

A cinemática também é utilizada para analisar detalhes do movimento que não são possíveis em outras ferramentas. Por exemplo, em movimentos rápidos fica difícil para um observador (“a olho nu”) identificar possíveis erros no desempenho por causa de nossa limitação em extrair informações visuais mais rápidas. Outras condições como na natação, na qual o atleta fica com grande parte do corpo submersa na água, também

dificultam analisar o movimento com a observação convencional. Na natação, a cinemática tem auxiliado em análises que identificam as melhores técnicas de braçada para a geração de maior propulsão durante a fase de arrasto (TOUSSAINT; BEEK, 1992; GOURGOULIS et al., 2006). No futebol, a análise das técnicas de chute tem demonstrado os aspectos determinantes do desempenho para serem utilizados como referência na correção dos movimentos. Por exemplo, a análise cinemática do chute permite identificar uma sequência próximo-distal na geração de velocidade da articulação do quadril e do joelho. Ou seja, o quadril gera sua maior velocidade angular antes do maior valor de velocidade angular do joelho, para permitir a transferência de energia entre essas articulações. Essa estratégia próximo-distal no chute resulta em maior velocidade linear do pé no plano horizontal. Em situações de chute de maior potência, o instante do pico de velocidade linear do pé no plano horizontal também deve ser sincronizado com o instante em que o pé entra em contato com a bola (ANDERSON; SIDAWAY, 1994). No basquetebol, a cinemática tem auxiliado a verificar as diferentes estratégias que os jogadores utilizam para controlar os componentes de geração de impulso e a manutenção da precisão no arremesso. Por exemplo, atletas novatos e atletas com menor capacidade de gerar força utilizam um movimento sincronizado entre as articulações do ombro, do cotovelo e do punho para gerar impulso para lançar a bola. Ao passo que os atletas com maior experiência utilizam a estratégia de um contramovimento (ciclo excêntrico-concêntrico) ao redor da articulação do cotovelo para aperfeiçoar a geração de impulso no lançamento e permitir maior controle da precisão no arremesso (OKAZAKI et al., 2006). Análises mais aprofundadas como essas citadas apenas são possíveis por meio de instrumentos mais sofisticados como a cinemática. Essas análises esboçam algumas das diversas possibilidades em utilizar essa ferramenta para melhoria no desempenho esportivo.

Cinética

A cinética analisa as forças e os torques relacionados ao movimento. Assim, é possível compreender o efeito das forças do sistema que atuam no movimento ou que são consequências dele. Para entender como as forças interagem com o movimento são necessários sensores capazes de quantificar as forças que agem no sistema motor. No esporte, os instrumentos utilizados mais comuns são: plataforma de força, equipamentos isocinéticos e dinamômetros de força adaptados para condições especiais.

A plataforma de força é utilizada para verificar as forças resultantes do solo em relação ao desempenho de alguma habilidade motora. Em geral, esse instrumento é utilizado para analisar as forças de propulsão ou aterrissagem de alguma habilidade (saltos, pulos, corridas etc.). No ataque do voleibol ou arremesso no basquetebol, as forças de reação do solo podem fornecer indicativos sobre a eficácia da técnica utilizada. O impulso e o impacto resultantes do salto podem ser quantificados por meio das forças de reação do solo fornecidos pela plataforma de força. As melhores técnicas de propulsão seriam relacionadas às maiores gerações de força em um curto intervalo de tempo. Ao passo que as melhores técnicas de aterrissagem seriam aquelas em que menor geração de força fosse gerada em um maior espaço de tempo (HOFFMAN; LIEBERMANN; GUSIS, 1997; MILLS; PAIN; YEADON, 2009; MILNER; WESTLAKE; TATE, 2011). Outra aplicação é a análise do centro de pressão, que se trata da posição em que a resultante das forças aplicadas se encontra. O centro de pressão fornece indicativos sobre o equilíbrio na manutenção do controle postural, essencial, principalmente, em tarefas de alta demanda de precisão como a modalidade de tiro ao alvo. Atletas experientes de tiro ao alvo possuem pequena oscilação do centro de pressão, principalmente em instantes próximos ao tiro. Esses atletas também demonstram a capacidade de ajustar os movimentos originados de pequenas variabilidades a segmentos do corpo de forma a manter em uma posição com menor variação o implemento que irá desempenhar o tiro (pistola e rifle) (BALL; BEST; WRIGLEY, 2003a, 2003b).

Equipamentos isocinéticos permitem analisar a quantidade de força gerada em um movimento com velocidade constante. Apesar de o movimento realizado em equipamentos isocinéticos ser particular, pois é

desempenhado fora do contexto real, esses equipamentos podem proporcionar indicativos de desequilíbrios musculares intra-articular, intramembro ou entre membros homólogos. Por conseguinte, é possível realizar um diagnóstico de intervenção para auxiliar na reestruturação do sistema muscular do atleta. Níveis de fadiga também podem ser explorados para verificar o condicionamento do atleta. Em situações que tentam simular condições mais próximas às verificadas nas competições, utilizam-se outros dinamômetros de força adaptados. Por exemplo, a colocação de transdutores de força sobre a palmilha de um tênis (F-scan ou Tec-scan) fornece informações sobre a pressão exercida sobre o pé de um atleta. De acordo com as informações obtidas, pode-se determinar um calçado específico para absorção das áreas de maior pressão. Sensores de força também são acoplados na raquete de tênis para tentar regular o controle da tensão no acordoamento para diminuir a vibração transmitida durante o impacto bola-raquete ao braço do tenista.

A utilização de equipamentos capazes de mensurar medidas cinéticas tem crescido cada vez mais nos esportes. Esses exemplos citados apenas ilustram algumas das possibilidades de aplicação destes instrumentos na otimização do desempenho e na reabilitação (preventiva, diagnóstica e pós-traumática).

Controle

O controle analisa as ativações musculares ou corticais que regulam o movimento. Entre os principais instrumentos utilizados para analisar o controle temos a eletromiografia, eletroencefalografia, ultrassonografia e ressonância magnética. Contudo, no esporte é a eletromiografia quem possui maior aplicação para o aperfeiçoamento do desempenho. As demais ferramentas são mais comuns em aplicações clínicas e científicas.

A eletromiografia utiliza eletrodos aderidos à pele (ou diretamente ao músculo: eletrodos profundos) do atleta para registrar sua ativação muscular. Esses registros são tratados (amplificados, filtrados e delimitados) para que possam ser analisados e aplicados diretamente no esporte. Essas análises permitem compreender a função e coordenação dos músculos em diferentes movimentos e posturas para a melhoria do desempenho esportivo. A análise das ações musculares em habilidades complexas como as encontradas no esporte tem auxiliado na melhoria do desempenho, na análise da fadiga, na redução em riscos de lesão e no tratamento da lesão (CLARYS; CABRI, 1993; CLARYS, 2000). Por exemplo, arremessadores de beisebol têm grande incidência de lesão em função da repetição de movimentos com alta demanda na geração de força. O arremesso da bola com curva proporciona ainda maior incidência de lesão, pois exige maior demanda na geração de força, comparado ao arremesso de bola rápida. A análise eletromiográfica permite verificar os músculos mais envolvidos no movimento, a coordenação intermuscular e diferenciar as duas habilidades de arremesso. No arremesso com curva há maior ativação no extensor radial longo e curto do carpo durante as fases de preparação, aceleração e inércia do movimento (SISTO et al., 1987). Assim, pode-se indicar um treinamento especial para fortalecer as musculaturas mais solicitadas no desenvolvimento do lançamento para potencializar seu desempenho. Pode-se, também, desenvolver em paralelo um trabalho especial dos músculos que estabilizam e desaceleram o movimento para garantir a integridade do sistema ósteomuscular (SISTO et al., 1987).

Antropometria

A antropometria analisa os aspectos estruturais como a forma, o tamanho e o peso do corpo humano, dos implementos e do ambiente que interagem entre si. Em geral, a antropometria é utilizada para avaliar o crescimento/desenvolvimento, a aptidão física, a saúde, entre outros (BAZETT-JONES et al., 2011; GENTON et al., 2011). Essa forma de análise tem papel essencial para constituir os modelos das análises biomecânicas nas áreas citadas anteriormente (cinemática, cinética e controle), fornecer informações importantes para estabelecer o padrão de desenvolvimento das características físicas dos atletas, e auxiliar na adaptação de equipamentos especializados para o esporte.

A construção dos modelos baseados na antropometria objetiva estabelecer parâmetros fundamentais para a análise do sistema locomotor, como: massa, centro de massa ou gravidade, momento de inércia, centro de rotação, origem e inserção dos músculos, ângulos articulares e musculares, alavancas mecânicas, características dos biomateriais (ossos, músculos, tendões, articulações etc.), extensão e cruzamento seccional da área muscular, densidade dos segmentos etc. (WINTER, 1990). Esses parâmetros são utilizados junto a modelos preestabelecidos para possibilitar a análise biomecânica. As informações antropométricas também são utilizadas para acompanhamento na evolução dos atletas em função do desenvolvimento natural, da saúde e do treinamento. Por exemplo, o simples acompanhamento da estatura e do peso do atleta permite estabelecer indicativos de seu desenvolvimento dentro de um padrão de normalidade. Outros indicativos de saúde, como o percentual de gordura corporal ou o perímetro de um segmento para analisar a hipertrofia muscular, também podem ser analisados por meio da antropometria. Outra função particular da antropometria é auxiliar na adaptação de equipamentos às características do atleta. Por exemplo, as bicicletas de ciclistas são reguladas para aproveitar o maior potencial dos atletas. A angulação proporcionada em cada articulação deve ser ótima para proporcionar melhor postura e alavancas para geração de impulso nos pedais.

Uso de biofeedback para correções do movimento

Outra ferramenta utilizada para auxiliar em terapias, aprendizagem ou melhoria no desempenho esportivo é o *biofeedback*, ato de fornecer informações em tempo real sobre um ou mais dados fisiológicos do sistema motor enquanto ele está em atividade (HUFFMAN et al., 2010; SHERLIN et al., 2009). Isso permite a análise instantânea do nível de funcionamento do sistema para corrigi-lo se esse não estiver funcionando em um estado ótimo. O instrumento de *biofeedback* auxilia a reconhecer o que está acontecendo com o corpo e quão eficiente estão suas estratégias de funcionamento (FRANK et al., 2011). Esse método também permite que o avaliado tenha maior responsabilidade sobre a intervenção realizada. Para utilização desse método é necessário algum sensor para capturar o sinal (eletromiografia, por exemplo), um amplificador e processador do sinal, e um dispositivo para apresentar o sinal visual e/ou auditivo (por exemplo, um computador). Entre os sinais normalmente registrados no *biofeedback* encontram-se: frequência cardíaca, respiração, suor e temperatura, ativação cerebral (*neurofeedback*) e ativação muscular (*miiofeedback*).

O *biofeedback* mais usado no esporte é o registro da frequência cardíaca, pois possui simples aplicação e baixo custo dos instrumentos de mensuração. Como existe uma relação entre a frequência de batimentos cardíacos e a intensidade do exercício, o acesso *on-line* da frequência de batimentos permite ao atleta e técnico controlar a intensidade do exercício. Por exemplo, a partir da frequência cardíaca máxima, é possível determinar zonas (faixas) alvos nas quais o atleta desempenhe certa intensidade de exercício desejada (NIMMERICHTER et al., 2011). Em geral, alguns relógios especiais possuem um sensor que é colocado ao redor do tronco do atleta, na altura do peito, para captar os batimentos cardíacos.

Muitas vezes os atletas de provas de corrida de longa distância podem não utilizar a técnica de respiração adequada. Com o *biofeedback* do registro da frequência respiratória é possível treinar os atletas a desenvolverem uma técnica respiratória que permita maior captação de oxigênio para otimizar sua *performance*. O controle da respiração e da frequência cardíaca também pode ser melhorado para diminuir a oscilação corporal de atletas de tiro de rifle ao alvo que necessitam de grande estabilidade e equilíbrio postural para não interferir em sua *performance* (PRAPPAVESSIS et al., 1992). Essa frequência respiratória normalmente é realizada por meio de sensores de tensão colocados ao redor do tronco.

O suor fornece indicativos da perda de água para inferir a desidratação do atleta na prova e a intensidade do exercício, enquanto a temperatura cutânea pode fornecer subsídios sobre o padrão do fluxo sanguíneo superficial, estresse e geração de calor. Esses indicativos em conjunto permitem a análise do estresse durante as provas e competições. Instrumentos eletroquímicos e termoeletrônicos são utilizados para fornecer, respectivamente, informações do suor e da temperatura.

O *biofeedback* do registro da atividade muscular também é uma ferramenta interessante para a reabilitação e para a melhoria do desempenho no esporte. Por exemplo, o fortalecimento da musculatura do quadríceps é essencial para a correção de desvios do osso da patela. Contudo, o fortalecimento da musculatura deve estar em consonância com a direção do desvio. Quando o desvio ocorre lateralmente, deve-se realizar um fortalecimento da musculatura medial do quadríceps (vasto medial). O papel do *biofeedback*, nesse caso, é auxiliar na demonstração da ativação dessa musculatura sobre os demais músculos do quadríceps (vasto lateral, vasto intermédio e reto femural) para otimizar o tratamento (INGERSOLL; KNIGHT, 1991). Em outras situações, a tensão entre a musculatura que controla a cápsula articular do joelho pode ser prejudicada pelo excesso de uso ou desuso. Esse problema também pode ser acessado por meio dos padrões de tensão muscular periarticular do joelho durante o movimento. O atleta pode então ser ensinado a combinar os padrões e a quantidade de tensão no joelho com dor em função do joelho sem dor. Quando o padrão (normal) e a quantidade de tensão do joelho sem dor são reestabelecidos, a dor tende a ser atenuada. Para a melhoria do desempenho, o *biofeedback* de eletromiografia pode melhorar o treinamento de força e a regulação do controle do movimento. Por exemplo, quando o treinamento de força em um programa de exercício em equipamento isocinético (extensor) é integrado ao *biofeedback* eletromiográfico os ganhos de força máxima e de atividade muscular do quadríceps podem ser aumentados (CROCE, 1986).

O *feedback* de eletroencefalografia, ou *neurofeedback*, é baseado na análise da atividade cortical. Ele objetiva treinar um indivíduo a identificar quais os estados específicos de excitação cortical ótimo e como alcançar tais estados voluntariamente. Estudos prévios demonstraram que o sinal da eletroencefalografia em atletas experientes apresenta padrões de atividade cortical distinto do de atletas novatos (CREWS; LANDERS, 1993; RADLO et al., 2002). Por conseguinte, a utilização de *neurofeedback* para analisar o nível de experiência dos atletas antes e durante suas *performances* parece ser plausível para criar, ou imitar, tais padrões em atletas novatos para melhorar sua *performance*. Antes do desempenho de uma habilidade motora, maior ativação do hemisfério esquerdo tem sido apontada, pois essa região tem sido associada à verbalização (HATFIELD; LANDERS; RAY, 1984). Ao passo que, durante o desempenho, o hemisfério direito passa a ser dominante, que é associado aos processos espaço-temporais do movimento (SALAZAR et al., 1990). Por conseguinte, o treinamento via *neurofeedback* tem sido proposto para diminuir essa ativação do hemisfério esquerdo antes da realização do movimento para melhorar seu desempenho. Por exemplo, arqueiros experientes treinados com *neurofeedback* para reduzir a atividade do hemisfério esquerdo demonstraram melhorar seu desempenho, enquanto arqueiros que treinaram com *neurofeedback* para reduzir a atividade do hemisfério direito pioraram seu desempenho. O grupo controle que não recebeu treinamento com *neurofeedback* manteve seu desempenho inalterado (LANDERS et al., 1991). Contudo, apesar de os resultados apresentados demonstrarem possibilidades de intervenção positiva na melhoria do desempenho por meio do *neurofeedback*, deve ser levado em consideração que as demandas de cada esporte são ímpares.

REALIDADE VIRTUAL

Um método recente e ainda não muito explorado no esporte é a simulação por meio de realidade virtual, que é entendida como a forma pela qual as pessoas visualizam, manipulam e interagem com o computador (AUKSTAKALNIS; LATNER, 1992; GÉRIN-LAJOIE et al., 2008; MORICE; SIEGLER; BARDY, 2008; GÉRIN-LAJOIE et al., 2010). A realidade virtual pode ser considerada a forma mais avançada de interface do homem com o computador, e é pautada por três conceitos inter-relacionados: imersão, interação e envolvimento (MORIE, 1994).

O conceito de imersão diz respeito à inclusão do sujeito dentro do ambiente. Em um sistema de imersão de realidade virtual são utilizados capacetes de visualização ou salas com projeções das visões na parede, no teto e no piso. Dispositivos de som, posicionamento automático da pessoa e dos movimentos da cabeça,

controles reativos etc., também são componentes importantes em um sistema de imersão. Sistemas de realidade virtual que utilizam a visualização tridimensional apenas por meio de um monitor são considerados de não imersão, pois não são muito eficazes de trazer a sensação de colocação do sujeito dentro do ambiente quanto à utilização de capacetes ou salas especiais de projeção. O conceito de interação está relacionado à capacidade de o computador detectar as ações do usuário e modificar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele. Esse conceito envolve a capacidade reativa do computador frente às respostas do sujeito, enquanto o conceito de envolvimento está ligado ao grau de motivação para o engajamento do sujeito para uma determinada atividade simulada no ambiente virtual. Esse envolvimento pode ser mais passivo, como assistir a um jogo, ou mais ativo, como participar de um jogo (MORIE, 1994). A realidade virtual tem potencial para os dois tipos de envolvimento ao permitir a exploração de um ambiente virtual e ao propiciar a interação do usuário com um mundo virtual dinâmico.

A interface com a realidade virtual envolve um controle tridimensional altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo. A grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo físico pode ser transferido para manipular o mundo virtual. Para suportar esse tipo de interação, o usuário utiliza dispositivos não convencionais, como capacete de visualização e controle, luva, e outros. Esses dispositivos dão ao usuário a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente tridimensional real. Isso permite a exploração do ambiente e a manipulação natural dos objetos com o uso das mãos, por exemplo, para apontar, pegar e realizar outras ações. A realidade virtual pode ser classificada em função dos tipos de sistemas utilizados como: realidade de simulação, realidade artificial, realidade telepresença, realidade aumentada e realidade melhorada.

Realidade de simulação

Na realidade de simulação, um mundo virtual gerado no computador interage com o sujeito por meio de dispositivos sensoriais de percepção e controle. Esse ambiente pode ser projetado para simular tanto um ambiente imaginário quanto um real. Esse sistema de realidade virtual é o mais antigo, originado nos simuladores de voo para aplicações militares. Ele basicamente procura reproduzir o interior de um carro, avião, jato etc., para que o sujeito possa interagir com os controles. Telas de vídeos e monitores apresentam um mundo virtual que reage aos comandos do sujeito. Alguns equipamentos mais sofisticados dispõem de plataformas móveis e controles de *feedback* tátil para aumentar a sensação de realidade criada pelo sistema. No automobilismo, a simulação da realidade virtual permite ao corredor o reconhecimento prévio das pistas. Isso também possibilita o treinamento da corrida em aspectos mais técnicos, como a determinação do ângulo e velocidade e a entrada nas curvas. Um *feedback* técnico sobre as diferentes estratégias que podem ser adotadas durante a corrida também pode ser proporcionado, como período para troca dos pneus e abastecimento. Alguns sistemas também têm procurado realizar a simulação de lutas de kung-fu. Neles, o atleta é capaz de desempenhar movimentos de ataque e defesa enquanto tem *feedback* do ambiente virtual (HÄMALÄINEN et al., 2005). O treinamento do saque no tênis e da rebatida no beisebol também tem sido proposto por meio da simulação em realidade virtual. Sensores de força de reação da mão e da raquete proporcionam maior realidade enquanto o atleta desempenha suas rebatidas (KAWAMURA et al., 1995), ao passo que rebatedores podem treinar com uma grande diversidade de arremessadores, com o movimento do atleta sendo capturado apenas por um sensor no bastão (KOMURA; KURODA; SHINAGAWA, 2002).

Realidade artificial

Na realidade artificial, também chamada de realidade de projeção, o sujeito fica fora do mundo virtual, mas pode interagir com personagens ou objetos do mundo virtual. Assim, não é necessária a utilização de dispositivos de entrada de dados, como roupas, luvas, capacetes, ou outro dispositivo para fornecer dados sobre o sujeito. O sistema captura imagens do sujeito e as projeta em uma grande tela que representa o mundo virtual. Informações quase instantâneas, como gráficos, efeitos visuais ou efeitos de som são proporcionadas em função das ações realizadas pelo sujeito. No esporte, esse sistema pode ser utilizado para simular ambientes virtuais para interagir com o sujeito enquanto ele corre ou caminha (CHEN et al., 2006). A utilização de treinadores e ambientes virtuais no ciclismo também tem demonstrado resultados como o aumento da motivação e a redução do estresse percebido durante o exercício (JSELSTEINJN et al., 2004), além de aumentar o tempo de exercício na intensidade alvo, distância percorrida e o consumo energético (CHUANG et al., 2003). Outra possível aplicação seria utilizar o ambiente virtual para simular situações de estresse exercidas pela torcida, por exemplo, em uma realização do pênalti no futebol ou handebol, arremesso livre no basquetebol, saque no tênis ou no voleibol etc.

Realidade telepresença

Na realidade telepresença, a pessoa está objetivamente presente em um ambiente real que está separado fisicamente da pessoa no espaço (BOMAN, 1995). Esse sistema utiliza câmeras de vídeo e microfones remotos para envolver e projetar o sujeito profundamente no mundo virtual. Por exemplo, quando mecanismos de teleoperação proporcionam ao sujeito a interface homem-máquina para operar um telerrobô em um ambiente remoto real. O sistema de telepresença não tem como objetivo a aplicação direta ao esporte. Contudo, esse sistema poderia permitir jogos virtuais em tempo real entre atletas em diferentes locais ao mesmo tempo. Por exemplo, um atleta de tênis no Brasil poderia disputar uma partida virtual jogando com um atleta de tênis no Japão. Outra possibilidade é o técnico virtual que poderia corrigir a mecânica de movimento realizado por seu atleta em um espaço físico diferente ao que o atleta se encontra. A representação da técnica desempenhada pelo atleta no ambiente virtual poderia ser visualizada e corrigida em função das instruções fornecidas pelo técnico com se ele estivesse presente com o atleta.

Realidade aumentada

O sistema de realidade melhorada é uma variação do sistema de realidade aumentada. Na realidade melhorada, um sistema de processamento de imagem gera informações adicionais para serem sobrepostas à imagem real. Como resultados finais, podem ser melhoradas as informações visuais espectrais ou espaciais, gerando transformações e anotações sobre a imagem. Por exemplo, a melhoria da imagem por meio do sistema poderia possibilitar a ampliação do espectro visível do olho humano e a anotação de características específicas dos objetos como distância, tipo, forma etc. Os sistemas de realidade aumentada e de realidade melhorada podem ser aplicados no esporte como um *feedback* aumentado. Por exemplo, no golfe o atleta poderia receber informações sobre as condições do vento, distância da bola em relação ao buraco, sugestões de taco para ser utilizado na jogada, *feedback* do movimento etc. No futebol americano essas ferramentas poderiam auxiliar na escolha da melhor jogada para ser selecionada pelo *quarterback* discriminando os jogadores que se encontram livres de marcação, fazendo projeções para os passes e verificando a melhor possibilidade de correr com a bola sem passar.

Considerações sobre a realidade virtual

A realidade virtual tem realizado grandes avanços tecnológicos, tais como: imagens quase reais, som esteofônico, imersão em ambientes imaginários, sensação de toque nos objetos, interação *on-line* etc. Contudo, algumas desvantagens inerentes ao avanço precoce dessa tecnologia ainda são encontradas. Os equipamentos ainda são caros, delicados, pesados, desconfortáveis, e de serviços de manutenção escassos. Tais fatores inviabilizam a utilização em massa dessa tecnologia. Outra limitação é que alguns equipamentos de suporte ao *software* na realidade virtual ainda são lentos para dar a impressão de movimento perfeito. Ou seja, ainda podem ser verificadas sequências descontínuas de movimento. Da mesma forma, alguns equipamentos não fornecem informações com resposta eficaz, ou seja, quase que em tempo real ao estímulo do sujeito. Espera-se que no futuro essa tecnologia evolua com equipamentos mais eficazes, ergonômicos, seguros e com preços mais acessíveis, pois a realidade virtual oferece um enorme potencial, ainda pouco explorado pelo esporte. Se exploradas suas possibilidades, se dará um grande passo na descoberta de novas ferramentas e novos métodos de aperfeiçoamento do desempenho esportivo.

CONCLUSÃO

Os avanços da ciência e da tecnologia têm proporcionado melhores condições para o aprimoramento do esporte, no que tange aos equipamentos, métodos de treinamento e avaliação. Com esse escopo, desde ferramentas mais simples, como a análise estatística do desempenho, até ferramentas mais sofisticadas, tais como a utilização de instrumentos da biomecânica, *biofeedback* e simuladores de realidade virtual são utilizados para aprimorar o desempenho no esporte. Por conseguinte, técnicos e atletas devem procurar conhecer e usufruir esses recursos, pois a ciência e a tecnologia podem ser um grande divisor entre atletas de pódio e atletas que ainda almejam a vitória.

SCIENCE AND TECHNOLOGY APPLIED TO SPORT PERFORMANCE IMPROVEMENT

Abstract: The development of science and technology allows men to explore nature and world in several dimensions. In sports dimension, this is not different. Methods of training each time more specialized allow the sport performance improvement. Statistical analysis provides the prediction of action from adversary on game to better response selection. Computer equipments of video record correct in real time and evaluate with great details the intervenient factors over performance. Virtual reality instruments provide the practice in environments that provide the previous development of promptitude for several sports situations. On this scope, science and technology have become basic requirements to the development of a high performance player. The present work presented practical examples of how science and technology has been used to improve sport performance. Statistical analysis for the performance prediction, biomechanical analysis of the performance from sports' motor abilities, use of biofeedback to movement corrections, and the use of virtual reality, were presented as potential features for coaches and athletes. Future perspective for sports performance development, through science and sport, was also discussed.

Keywords: technological science; sport training; sport.

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.
- AUKSTAKALNIS, S.; LATNER, D. **Silicon mirage: the art and science of virtual reality**. Berkeley: Peatchpit Press, 1992.
- BALL, K. A.; BEST, R. J.; WRIGLEY, T. V. Inter- and intra-individual analysis in elite sport: pistol shooting. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 19, p. 28-38, 2003a.
- _____. Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intra-individual analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 21, p. 559-566, 2003b.
- BAZETT-JONES, D. M. et al. Normalizing Hip Muscle Strength: Establishing Body-Size-Independent Measurements. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 92, n. 1, p. 76-82, 2011.
- BILLAT, V.; SÇAWONSKI, J.; BOCQUET, V. Intermittent runs at $v\text{VO}_2\text{max}$ enables subjects to remain at VO_2max for a longer time than submaximal runs. **European Journal of Applied Physiology**, v. 81, p. 188-196, 2000.
- _____. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. **Medicine and Sciences in Sports and Exercise**, v. 33, n. 12, p. 2.089-2.097, 2001.
- BOMAN, D. K. International Survey: Virtual Environment research. **IEEE Computer**, v. 28, n. 6, p. 57-65, 1995.
- CARLING, C. et al. The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. **Sports Medicine**, v. 38, p. 839-862, 2008.
- CHEN, X. et al. Virtual human animation in networked physical running fitness system. In: **16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence**, v. 11, p. 47-51, 2006.
- CHUANG, T. Y. et al. Virtual reality serves as a support technology in cardiopulmonary exercise testing. **Teleoperators and Virt Environ**, v. 12, n. 3, p. 326-331, 2003.
- CLARYS, J. P. Electromyography in sports and occupational settings: na update of its limits and possibilities. **Ergonomics**, v. 43, n. 10, p. 1.750-1.762, 2000.
- CLARYS, J. P.; CABRI J. Electromyography and the study of sports movements: a review. **Journal of Sports Sciences**, v. 11, n. 5, p. 379-448, 1993.
- CREWS, D. J.; LANDERS, D. M. Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to the golf putt. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 25, n. 1, p. 116-126, 1993.
- CROCE, R. V. The effects of EMG biofeedback on strength acquisition. **Journal of Applied Psychophysiol and Biofeedback**, v. 11, n. 4, p. 299-310, 1986.
- FRANK, D. L. et al. Biofeedback Training in Patients with Advanced Heart Failure. **Journal of Cardiac Failure**, v. 17, n. 8, p. S91, 2011. Supplement 1.
- GENTON, L. et al. Body composition changes over 9 years in healthy elderly subjects and impact of physical activity. **Clinical Nutrition**, v. 30, n. 4, p. 436-442, 2011.
- GÉRIN-LAJOIE, M. et al. Characteristics of personal space during obstacle circumvention in physical and virtual environments. **Gait & Posture**, v. 27, n. 2, p. 239-247, 2008.
- _____. Using ambulatory virtual environments for the assessment of functional gait impairment: A proof-of-concept study. **Gait & Posture**, v. 31, n. 4, p. 533-536, 2010.

- GOURGOULIS, V. et al. Effect of two different sized hand paddles on the front crawl stroke kinematics. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 46, n. 2, p. 232-237, 2006.
- HÄMALÄINEN, P. et al. Martial arts in artificial reality. In: Conference on Human Factors in Computing Systems. **Proceedings...** Portland: Oregon, 2005. p. 781-790.
- HATFIELD, B. D.; LANDERS, D. M.; RAY, W. J. Cognitive processes during self paced motor performance: An electroencephalographic profile of skilled marksmen. **Journal of Sport Psychology**, v. 6, p. 42-59, 1984.
- HOFFMAN, J. R.; LIEBERMANN, D.; GUSIS, A. Relationship of leg strength and power to ground reaction forces in both experienced and novice jump trained personnel. **Aviation, Space, and Environment Medicine**, v. 68, n. 8, p. 710-14, 1997.
- HUFFMAN, J. L. et al. Directional effects of biofeedback on trunk sway during stance tasks in healthy young adults. **Gait & Posture**, v. 32, n. 1, p. 62-66, 2010.
- INGERSOLL, C. D.; KNIGHT, K. L. Patellar location changes following EMG biofeedback or progressive resistive exercises. **Medicine and Sciences in Sports and Exercise**, v. 23, n. 10, p. 1.122-1.127, 1991.
- JÄGER, J. M.; SCHÖLLHORN, W. I. Situation-orientated recognition of tactical patterns in volleyball. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 12, p. 1.345-1.353, Oct. 2007.
- JOÃO, P. V. et al. Sex differences in discriminative power of volleyball game-related statistics. **Perceptual and Motor Skills**, v. 111, n. 3, p. 893-900, Dec. 2010.
- JSELSTEINJN, W. I. et al. Fun and sports: enhancing the home fitness experience. **Lecture Notes in Computer Sciences**, v. 3.166, p. 46-56, 2004.
- JÚNIOR, W. O processo de resignificação do voleibol a partir da inserção da televisão no campo esportivo. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Florianópolis, v. 26, p. 149-162, ago. 2008. Disponível em: <<https://www.rbceonline.org.br/revista/index.php/RBCE/article/view/153>>. Acesso em: 24 ago. 2011.
- KATZ, L. Inovações na tecnologia esportiva: o futuro. **Revista de Educação Física**, v. 2, n. 1, p. 27-32, 2002.
- KAWAMURA, S. et al. Development of a virtual sports machine using a wire drive system-atrial of virtual tennis. Intelligent Robots and Systems 95/ Human Robot Interaction and Cooperative Robots. **Proceedings...** v. 1, p. 111-116, 1995.
- KELSO, J. A. S. **Dynamic Patterns: the self-organization of brain and behaviour**. Cambridge: Bradford, 1995.
- KOMURA, T.; KURODA, A.; SHINAGAWA, Y. NiceMetVR: facing professional baseball pitchers in the virtual batting cage. Symposium on Applied Computing. **Proceedings of the 2002 ACM**, p. 1.060-1.065, 2002.
- LANDERS, D. M. et al. The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 23, n. 1, p. 123-129, 1991.
- MILLS, C.; PAIN, M. T. G.; YEADON, M. R. Reducing ground reaction forces in gymnastics' landings may increase internal loading. **Journal of Biomechanics**, v. 42, n. 6, p. 671-678, 2009.
- MILNER, C. E.; WESTLAKE, C. G.; TATE, J. J. Test-retest reliability of knee biomechanics during stop jump landings. **Journal of Biomechanics**, v. 44, n. 9, p. 1.814-1.816, 2011.
- NIMMERICHTER, A. et al. Longitudinal monitoring of power output and heart rate profiles in elite cyclists. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 8, p. 831-839, 2011.
- MORICE, A. H. P.; SIEGLER, I. A.; BARDY, B. G. Action-perception patterns in virtual ball bouncing: Combating system latency and tracking functional validity. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 169, n. 1, p. 255-266, 2008.

- MORIE, J. F. Inspiring the future: merging mass communication, art, entertainment and virtual environments. **Computer Graphics**, v. 28, n. 2, p. 135-138, 1994.
- NEWELL, K. M. Constraints on the development of coordination. In: WADE, M. G.; WHITING, H. T. A. (Ed.). **Motor development in children: aspects of coordination and control**. Amsterdam: Martin Nijhoff, 1986.
- OKAZAKI, V. H. A. et al. Diagnóstico da especificidade técnica dos jogadores de basquetebol. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 12, n. 4, p. 17-24, 2004.
- _____. Coordenação do arremesso de jump no basquetebol de crianças e adultos. **Revista Brasileira de Biomecânica**, v. 7, p. 15-22, 2006.
- PIRAS, A.; LOBIETTI, R.; SQUATRITO, S. A study of saccadic eye movement dynamics in volleyball: comparison between athletes and non-athletes. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 50, n. 1, p. 99-108, Mar. 2010.
- PRAPPAVESSIS, H. et al. Self-regulation training, state anxiety, and sport performance: a psychophysiological case study. **The Sport Psychology**, v. 6, p. 213-229, 1992.
- QUEIRÓGA, M. R.; ACHOUR JR., A. Saltos, deslocamentos, piques e paralisações: quantificação nos jogos de basquetebol infantojuvenil. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina (APEF)**, v. 12, n. 1, p. 35-42, 1997.
- QUIROGA, M. E. et al. Relation between in-game role and service characteristics in elite women's volleyball. **Journal of Strength Conditioning Research**, v. 24, n. 24, p. 2.316-2.321, Sept. 2010.
- RADLO, S. J. et al. The influence of an attentional focus strategy on alpha brain wave activity, heart rate, and dart throwing performance. **International Journal of Sport Psychology**, v. 33, p. 205-217, 2002.
- SALAZAR, W. et al. Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 61, n. 4, p. 351-359, 1990.
- SHERLIN, L. et al. Effects of Respiratory Sinus Arrhythmia Biofeedback Versus Passive Biofeedback Control. **International Journal of Stress Management**, v. 16, n. 3, p. 233-248, 2009.
- SISTO, D. J. et al. An electromyography analysis of shoulder function in tennis players. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 15, p. 260-263, 1987.
- TOUSSAINT, H. M.; BEEK, P. J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. **Sports Medicine**, v. 13, n. 1, p. 8-24, 1992.
- VLASTUIN, J.; ALMEIDA, B.; JÚNIOR, W. O marketing esportivo na gestão do voleibol brasileiro: fragmentos teóricos referentes ao processo de espetacularização da modalidade. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 29, p. 9-24, set. 2008. Disponível em: <<http://cbce.tempsite.ws/revista/index.php/RBCE/article/view/206/210>>. Acesso em: 24 ago. 2011.
- WINTER, D. A. **Biomechanics and motor control of human movement**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

Contato

Victor Hugo Alves Okazaki
Rodovia Celso Garcia Cid, Km 380, Caixa Postal 6001
Londrina – PR – Brasil – CEP 86051-990
E-mail: vhaokazaki@gmail.com

Tramitação

Recebido em 22 de junho de 2011
Aceito em 26 de outubro de 2011