

BIOMECÂNICA E
ADAPTAÇÕES NO
TREINAMENTO DE ALTO
RENDIMENTO
UNIDADE III

FAGNER CORDEIRO VILAR MENDES

SOBRE OS AUTORES

Fagner Cordeiro Vilar Mendes

Mestre em Educação Física - UEM, 2012.

Especialização em Fisiologia Humana - UEM, 2010.

Especialização em Biomecânica e Fisiologia do Exercício, 2016.

O autor graduou-se em Fisioterapia pelo Centro Universitário Ingá - Uningá, na cidade de Maringá, em 2007. Ingressou, em seguida, na Especialização em Fisiologia Humana pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao mesmo tempo em que era Fisioterapeuta do beisebol da ACEMA e Fisioterapeuta do Atendimento Domiciliar da Unimed (ADO). Posteriormente, realizou o Mestrado em Educação Física na linha de Adaptações Fisiológicas ao exercício também pela UEM e, em seguida, ingressou na Especialização em Biomecânica e Fisiologia do Exercício (Uningá). Tem formação complementar em Kiseiotaping, eletrotermofototerapia, Quick Massage, Shiatsu, Bola Suíça, dentre outros. Atualmente, é docente do curso de Fisioterapia e Educação Física do Centro Universitário Ingá - Uningá das disciplinas de: Cinesiologia, Biomecânica, Fisiologia do Exercício, Fisiologia Humana e Cinesioterapia. Gestor da Pós-Graduação em Biomecânica e Fisiologia do Exercício (Uningá) e Coordenador da Pós-Graduação em Fisioterapia em Ortopedia e Traumatologia e da Pós-Graduação em Perícia Judicial e Assistência Técnica Ergonômica para Fisioterapeutas do Instituto de Formação e Prestação de Serviço em Saúde - NSG - Maringá, PR.

Introdução

A biomecânica é um dos ramos que vêm crescendo atualmente em diferentes áreas do conhecimento. Nos dias de hoje, percebe-se um maior enfoque na biomecânica do esporte, cuja finalidade é avaliar o atleta, a fim de aprimorar suas técnicas, minimizar movimentos excessivos, prevenir lesões e potencializar seus resultados.

No entanto realizar uma análise biomecânica exige um vasto conhecimento sobre as disciplinas que envolvem a biomecânica, conhecimento como a anatomia, fisiologia, física e os conhecimentos sobre os gestos desportivos com o intuito de facilitar a análise.

Quando se quer fazer uma análise biomecânica, três perguntas devem ser respondidas: a) Por que fazer?; b) O que fazer?; c) Como fazer?. **Por que fazer?** - Remete a ideia de que para que eu quero saber sobre um resultado, como, por exemplo, será que Usain Bolt (corredor de 100m) pode melhorar sua marca? Essa pergunta justifica o meu interesse pela análise e é a partir dela que me surge outra indagação: **O que fazer?** - o que posso fazer para realizar essa avaliação? Seguindo o raciocínio, iremos aprender durante toda extensão do material que existem diferentes linhas de pesquisa na biomecânica, e no caso que queremos avaliar será a cinemática, parte da biomecânica que se preocupa em descrever os movimentos e, então, seguimos à última pergunta: **Como fazer?** Dentro dessas áreas de pesquisa, precisamos identificar ferramentas que me trarão dados qualitativos ou quantitativos a respeito do que procuramos conhecer.

Existem ferramentas baratas e de fácil aplicação, porém tem como desvantagem a baixa fidelidade nos resultados, pois muitos são resultados subjetivos. Entretanto algumas ferramentas estão disponíveis no mercado e, com uma análise muito mais

acurada, como é o exemplo do dinamômetro isocinética, eletromiografia e plataforma de força, que trazem consigo resultados quantitativos e comprovados cientificamente, levando-nos a uma avaliação precisa, aumentando as chances de êxito.

UNIDADE III

Métodos de medida de avaliação em biomecânica

Fagner Mendes

Em algum momento você já se deparou com a seguinte situação? Uma equipe ao discutir o desempenho de cada atleta verificou que muitos não estavam atingindo a proposta almejada de desempenho físico e tático, e a partir dessas premissas lhe solicitaram avaliações biomecânicas do atleta e nesse momento você percebeu que não havia ferramentas necessárias e capazes para a realização dos testes ou mesmo que tivesse surgia várias dificuldades.

Atualmente, a maior dificuldade do avaliador é essa associação com a matemática, pois muitos não estão familiarizados com esse tipo de análise quantitativa e acaba se apegando aos testes qualitativos que são subjetivos e muitas vezes com uma baixa acurácia. Assim, o aprimoramento nos estudos desses instrumentos e softwares é de extrema importância.

Os instrumentos mais caros exigem um investimento financeiro, de estudos e tempo maior. Porém, a grande proposta dos pesquisadores atuais é procurar desenvolver ferramentas gratuitas e de fácil aplicabilidade para as análises biomecânicas como é o caso do Kinovea® e o Skillspector® que abordaremos neste Guia, são softwares desenvolvidos para a prática clínica, em que as análises precisam ser rápidas e eficientes. Mas mesmo sendo uma análise teoricamente simples exigem o conhecimento da física aplicada aos movimentos para não se tornarem mais uma ferramenta na gaveta.

Nesse módulo, iremos nos preocupar com a física aplicada ao movimento humano relacionado ao desporto e ainda falar sobre os principais mecanismos e instrumentos de análise biomecânica.

Dinamômetro Isocinético, Eletromiografia e Plataforma de força

A partir do entendimento sobre a complexidade estrutural do movimento esportivo e que este apresenta-se em alto grau de variabilidade, ou seja, a sua reprodutibilidade pode estar comprometida, os resultados devem ser caracterizados por alto grau de objetividade, confiabilidade e validade.

Observa-se também que a análise do movimento esportivo pode apresentar limitações intrínsecas, fator que pode justificar a dificuldade de padronização nas medidas biomecânicas (BAUMANN, 1992).

Para a apresentação dos protocolos de avaliação (**testes biomecânicos**), no presente documento, optou-se por seguir a orientação temática em concordância com os grupos de métodos de medição definidos em biomecânica do esporte, à saber: (a) Antropometria, (b) Cinemetria, (c) Dinamometria e (d) Eletromiografia (AMADIO, 1985). Observando-se em cada grupo de métodos: as variáveis a analisar, as aplicações e interpretações, as técnicas e os instrumentos de medição definindo-se finalmente a forma de análise quantitativa e/ou qualitativa e a rotina para o processamento dos dados registrados. Os sistemas de medições em biomecânica evoluíram a partir das áreas de investigação e mais recentemente, considera-se ainda novos sistemas alternativos de medição nas seguintes áreas científicas: **eletrofisiologiae termometria**.

No processo de investigação do movimento em biomecânica, busca-se a definição de um método para a orientação da análise experimental, procedimento que poderá envolver uma técnica ou um conjunto delas permitindo o esclarecimento de problemas na estrutura da investigação (AMADIO, 2000). Assim, o primeiro passo é o

estabelecimento de objetivos para o desenvolvimento da análise do movimento humano. Outro aspecto muito importante em estudos biomecânicos é o desenvolvimento de uma ampla base de dados relativa a informações acerca do movimento esportivo. A possibilidade de intensificar as interpretações estatísticas de modelos biomecânicos depende, em primeiro lugar, da expansão dos parâmetros e variáveis do movimento nesta ampla base de dados, que devemos buscar por meio de estudos experimentais e demais registros sobre informações de testes em biomecânica (GLITSCH, 1992).

Faz-se necessária a conscientização e motivação dos técnicos e dos três atletas, representados por federações e confederações, sobre a importância do estabelecimento de protocolos padronizados e válidos para a avaliação de variáveis biomecânicas identificadas na estrutura do esporte de alto nível e que tragam efeitos positivos para o rendimento esportivo, ou seja, deve-se buscar conjuntamente a identificação dos potenciais de intervenção para análise do movimento esportivo, que dê respostas aos atletas e técnicos junto a cada laboratório de biomecânica que integra a rede CENESP-MET.

Considere-se ainda que para a consolidação final de um protocolo unificado entre os laboratórios de biomecânica integrantes da rede, entende-se haver a necessidade de reavaliações e aperfeiçoamentos constantes que exigem um planejamento de longa duração, pois envolve serviço de pesquisa, acompanhamento por um banco de dados, serviço de capacitação de pessoal técnico e serviço de avaliação propriamente dita (DAINTY; NORMAN, 1987). Portanto, para atingir esta meta considera-se necessário o período de 8 a 10 anos para que este procedimento seja bem-sucedido no sentido do estabelecimento de um verdadeiro sistema de diagnóstico biomecânico da capacidade de rendimento esportivo.

Na antropometria são obtidas as medidas inerciais do corpo do atleta, onde são usados desde a fita métrica, balanças, paquímetros digitais e até sistemas de digitação a laser no registro dos parâmetros antropométricos. Essas medidas são

necessárias para a normalização dos dados, para a personalização dos modelos físico-matemáticos e para os métodos de simulação.

Na **cinemetria**, os sistemas são orientados para as medições dos movimentos e posturas dos gestos desportivos realizados pelos atletas, mediante imagens, registro de trajetórias, decurso de tempo, determinação de curvas de velocidade e de aceleração, entre outras variáveis derivadas (ALLARD *et al.*, 1995). São usados normalmente sistemas de videografia, com uma ou mais câmeras, de alta frequência, para reconstrução bi e tridimensional do gesto esportivo. Atualmente, já temos soluções tecnológicas no mercado com sistemas de vídeo de alta resolução, alta frequência de registro e totalmente digitais, operando em tempo real.

Na **dinamometria**, os sistemas de medição são orientados para a obtenção das forças de reação do solo (forças externas) e das pressões dinâmicas exercidas por partes do corpo na sua interação com o meio ambiente. Temos ainda sistemas para avaliação da força de grupos musculares e seus momentos resultantes. Os principais sistemas usados são: a) avaliação das forças de reação do solo - plataformas de forças, células de cargas ou ainda por meio de atenuadores e transdutores de carga a determinação das relações força/deformação de componentes dos materiais esportivos, b) avaliação da distribuição da pressão plantar e, c) dinamometria computadorizada - sistemas isocinéticos (NICOL; HENNIG 1978, BAUMANN, 1994).

Na **eletrofisiologia** são medidas as diferenças de potenciais elétricos, na tentativa de avaliar as ações, tentando verificar os níveis de participação de cada músculo ou parte deste (eletromiografia para músculos esqueléticos; eletrocardiologia para músculos do coração, entre outros procedimentos terapêuticos e/ou diagnósticos mediante a eletrofisiologia).

Na **termometria** mede-se a temperatura, por exemplo, dos pés dentro dos calçados esportivos, durante as atividades físicas, e avaliamos o uso dos diferentes materiais empregados na fabricação do calçado esportivo e seus comportamentos termofisiológicos.

Finalmente, observamos que se utilizando destes métodos, o movimento pode ser descrito e até modelado matematicamente, permitindo a maior compreensão dos mecanismos internos reguladores e executores de movimentos do corpo humano, observamos as áreas para análise e medição do movimento de origem analítica e/ou experimental para a determinação destes parâmetros da biomecânica. Desta maneira e com a preocupação em padronização protocolar de forma a exemplificar ilustrativamente, descreve-se alguns testes para medidas de grandezas biomecânicas utilizando-se de variáveis oriundas nos seguintes grupos de medição: cinemetria, dinamometria, eletromiografia e ainda sobre capacidades determinantes da condição física.

Descrição dos testes e medidas em Cinemetria

Consiste no registro de imagens do movimento esportivo e as conseqüentes reconstruções com o auxílio de pontos marcados, conforme modelo antropométrico, que estima a localização dos eixos articulares do atleta onde fixam-se estas marcas. As imagens são registradas por câmeras e auxílio de correspondentes *SoftHardware*. As coordenadas tridimensionais de cada ponto corporal para cada quadro, dentro do espectro de frequência do registro, serão determinadas mediante esse ponto juntamente com as funções trigonométricas e de cálculos de variáveis cinemáticas. A aplicação de modelos do corpo humano, por exemplo, os modelos de Hatze (1980) e Zatsiorsky (1983), para a determinação das massas e suas propriedades geométricas e inércias de cada segmento e de Hanavan (1964) para a determinação da localização do Centro de Gravidade do corpo todo. Portanto, as variáveis antropométricas atuam como auxiliares para a determinação de variáveis cinemáticas do centro de gravidade do corpo, por exemplo, sua velocidade.

Entre os principais objetivos que indicam a utilização deste procedimento poderíamos indicar: (a) avaliação da técnica para competição, (b) desenvolvimento de técnicas de treinamento, (c) monitoramento de atletas e (d) detecção de talentos esportivos (AMADIO; BAUMANN, 1990).

A partir de variáveis trajetória e decurso de tempo gasto para executar o movimento, observa-se indicadores cinemáticos de importância estrutural para a avaliação do rendimento esportivo, à saber: variações lineares e angulares de posição, velocidades lineares e angulares, velocidade do centro de gravidade, dos segmentos e das articulações, determinação das variações da aceleração do movimento, tempo de reação e tempo de movimento, entre outras variáveis a serem selecionadas conforme os propósitos da análise e necessidades indicadas pelos técnicos e/ou atletas. Devido à especificidade de cada técnica de movimento no esporte, é necessário, portanto, desenvolver um sistema específico para a análise da meta. Isso implica na escolha e definição de variáveis apropriadas para a descrição desejada neste diagnóstico protocolar descritivo do movimento (KRABBE, 1994).

Por meio da Figura 3.1 define-se uma possível aplicação descrevendo variáveis cinemáticas para a descrição da técnica de salto. Tais variáveis podem ser utilizadas, por exemplo, para uma análise da impulsão no voleibol.



3FIGURA 1.2 - Variáveis da trajetória do centro de gravidade FONTE: **Projeto biomecânica / BLOG- A IMPORTÂNCIA DA PRÁTICA DE HIDROBIKE NA VIDA DO IDOSO**
<http://biomecanicaaprendiz.blogspot.com.br/2015_12_01_archive.html>

ago. 2016

Para aplicações em cinemática, recomenda-se procedimentos e sistemas que se utilizam de câmeras de vídeo e que permitam a reconstrução tridimensional de pontos corporais em movimento. Recomenda-se ainda a utilização de câmeras

digitais. A frequência do registro da imagem deve estar em acordo com a frequência natural do movimento a ser analisado. A resolução espacial e temporal do registro deve ser, portanto, compatível com a acurácia mínima aceitável para a interpretação do movimento (com propagação do erro de medida abaixo de 5%).

Para a calibragem das câmeras e posterior reconstrução das coordenadas de pontos de interesse recomenda-se a utilização do método DLT (*Direct Linear Transformation*) (ABDEL-AZIZ; KARARA, 1971), por tratar-se de procedimento padronizado e amplamente utilizado pela comunidade científica nacional e internacional. Para a correção de erros de digitalização em função da resolução ótica do sistema e da precisão da percepção do avaliador, existem diferentes métodos, por exemplo, filtros digitais (WINTER, 1990), entre outros.

Os sistemas mais utilizados atualmente são aqueles que se baseiam no processamento da imagem digital, que consiste na transferência da imagem do Vídeo para o ambiente do computador. Além deste, existem outros sistemas ótico-eletrônicos que funcionam com a utilização de marcadores ativos permitindo a reconstrução *on-line* da imagem ou marcadores que são processados em alta frequência e resolução. Outros sistemas de determinação de variáveis cinemáticas são goniômetros, velocímetros e acelerômetros. A vantagem da aplicação desses métodos em relação ao registro da imagem é a disponibilidade quase simultânea e direta dos resultados de medição. Desta forma, esses métodos podem ser aplicados durante o treinamento técnico baseado no princípio de informação objetiva complementar que viabiliza um *feedback* simultâneo na aprendizagem e no aperfeiçoamento da técnica de movimento.

Descrição dos testes e medidas em Dinamometria

O conceito de força, sob o aspecto físico, somente pode ser interpretado a partir do efeito de sua ação, e assim, podemos interpretar seus efeitos estático e dinâmico. A interpretação das componentes ortogonais desta força permite o entendimento das condições do movimento estudado, que respondem por funções de transferência de forças às estruturas do aparelho locomotor, técnicas de estabilidade do apoio, ou ainda alterações no padrão técnico que identificam disfunções no comportamento motor durante esta fase de contato do pé com o solo (NIGG; HERZOG, 1994).

Entre os principais objetivos que indicam a utilização deste procedimento poderíamos indicar: (a) análise da técnica de movimento, (b) análise da condição física, (c) controle da sobrecarga, (d) influência de fatores externos, (e) influência de fatores internos, (f) monitoramento dos atletas, (g) indicadores para detecção de talentos esportivos.

Indicadores das forças externas, interpretados a partir das forças de reação do solo, pressões, torques, impulsos, gradiente de força, força de prensão manual, centro de pressão etc. Indicadores de forças internas, interpretadas a partir de torques das forças musculares, forças musculares e forças nas superfícies articulares. Parâmetros estes que assumem a indicação do controle de movimento e limites da sobrecarga articular.

Pode-se ilustrar ainda a possibilidade de avaliação do comportamento da distribuição da pressão plantar durante determinados movimentos esportivos que requerem controle pelos pés (saltos em trampolim acrobático, ginástica olímpica etc.), a análise da distribuição da pressão plantar, picos e comportamentos distintos em função de quedas esperadas e/ou aterrissagens e, finalmente, a análise da trajetória do centro de pressão durante posturas estabelecidas com interpretações e inferências sobre o controle e ajustes posturais. Este sistema, portanto, demonstrou real possibilidade e utilidade da medição *in-shoe*, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de técnicas de movimentos e sistemas mais avançados. Mediante

estudos conjuntos entre a biomecânica do esporte e a indústria do calçado são atualmente desenvolvidos estudos que, por exemplo, preocupam-se em avaliar chuteiras para o futebol. Desta forma, aspectos como a construção de solado podem ser melhorados e, conseqüentemente, uma melhor adaptação ao calçado poderá ser alcançada e até mesmo lesões podem ser evitadas (WILLIMCZIK, 1989).

As plataformas de força fornecem a força de reação do solo na superfície de contato durante a fase de apoio do movimento. A força de reação do solo é representada em forma de vetor em função do tempo, considerando-se a sua ação tridimensional (componentes: vertical, anteroposterior e mediolateral). Assim a plataforma quantifica a variação dinâmica da força de reação do solo durante a fase de contato entre corpos, fase esta onde ocorre a transferência destas forças externas para o corpo determinando alterações nas condições do movimento. Elementos fundamentais para a medida da força são os transdutores de força piezoelétricos e/ou células de carga *strain-gauge*. Os sinais obtidos pelos transdutores são enviados por intermédio de cabos e interruptores a um amplificador de sinais (amplificador de cargas), de modo que se possa obter a mensuração tridimensional da Força Reação do Solo (F_x , F_z , F_y), assim como dos momentos na superfície da plataforma (M_y , M_x , M_z), as coordenadas do centro de pressão (A_x , A_z), assim como o coeficiente de atrito (Cof).

Os sistemas para análise da distribuição da pressão plantar são: sistemas capacitivos e/ou piezoelétricos. A avaliação da distribuição de pressão plantar permite a classificação do tipo de pé: **plano, cavo, neutro, hiperpronado**; no desenvolvimento e adaptações necessárias ao calçado esportivo no desempenho de suas funções (HENNIG; CAVANAGH, 1987). Os resultados devem ser qualitativos e quantitativos e de preferência comparar com as medidas da plataforma de força reação do solo (deve haver um maior controle do erro).

O estabelecimento e a estruturação de procedimentos protocolares por meio de modelos físico-matemáticos consideram o corpo como um sistema de corpos rígidos que permitem a estimação da sobrecarga mecânica (forças internas) a partir de

rotinas e formalismos orientados pela dinâmica inversa (VAUGHAN *et al.*, 1992).

○ desenvolvimento tecnológico instrumental para análises específicas, utilizam células de carga para avaliações específicas na prática do treinamento.

A utilização de máquinas isocinéticas (Cybex, Biodex, KinKon etc.) para avaliação e/ou reabilitação de funções dinâmicas de movimentos articulares, conforme a especificidade do procedimento e recomendações do equipamento, será definida de acordo com o instrumental de cada laboratório, atendendo as características mínimas de qualidade e controle do erro de medição.

Descrição dos testes e medidas em Eletromiografia

Consiste no registro da atividade elétrica dos grupos musculares durante a realização do movimento. Mediante a eletromiografia (EMG) observa-se, portanto, a variação do potencial elétrico muscular, que acontece entre eletrodos. Recomenda-se, portanto, um processo seletivo prévio para determinar quais os grupos musculares ativos durante o movimento serão analisados. Assim, o potencial de ação muscular será investigado paralelamente aos parâmetros mecânicos obtidos a partir da dinâmica e/ou cinemática. O processo de interpretação do eletromiograma possibilita uma visão da coordenação da atividade muscular. A *International Society of Electrophysiology and Kinesiology*, ISEK (1999), estabelece a padronização conceitual e protocolar para avaliações eletromiográficas que são estabelecidas como referência a serem seguidas por meio do *Standards for Reporting EMG Data*. Recomenda-se, portanto, as instruções contidas no citado documento, elaborado pela Sociedade Internacional de Cinesiologia e Eletrofisiologia (ISEK, 1999), padrão de referência internacional adotado pela comunidade científica. Entre os principais

objetivos que indicam a utilização deste procedimento poderíamos indicar: (a) avaliação da coordenação e da técnica de movimento, (b) estabelecimento de padrões comparativos entre situação de treino e de competição, (c) monitoramento dos atletas, e (d) determinação dos padrões de recrutamento para grupos musculares selecionados e resposta em situação de fadiga induzida pelo treinamento.

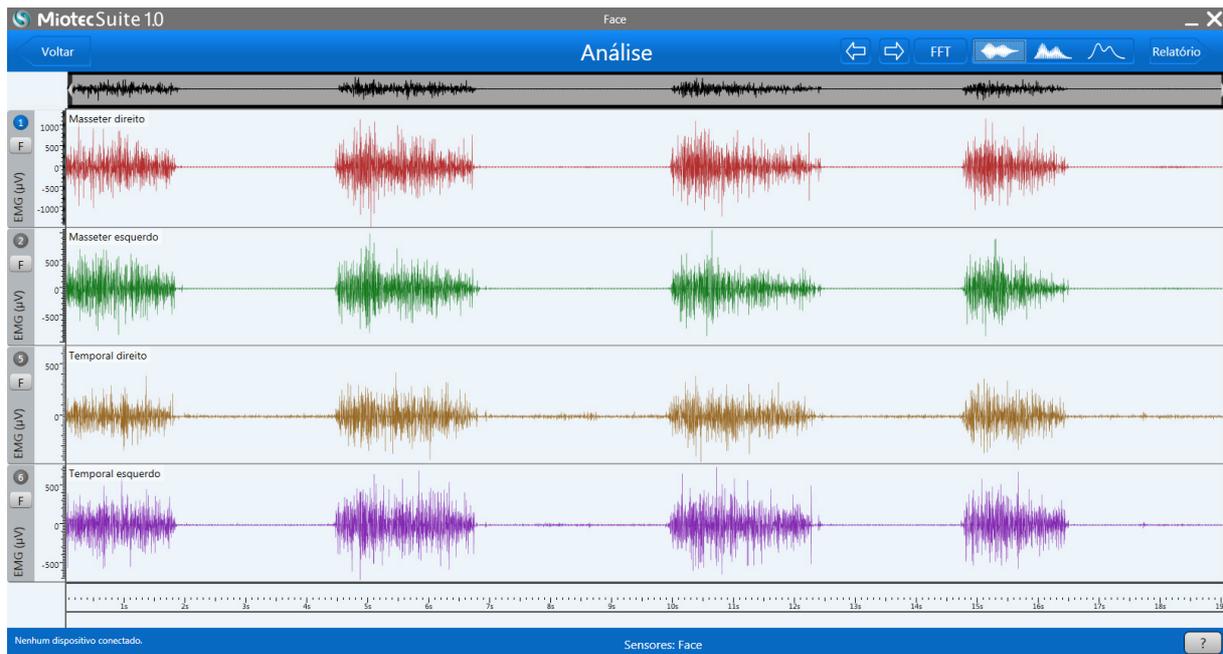
Mediante o sinal EMG pode-se determinar o padrão temporal da atividade muscular e, conseqüentemente, indicadores da coordenação da técnica de movimento. Verifica-se a velocidade e o padrão de recrutamento da ação muscular para grupos musculares específicos e de interesse para cada modalidade esportiva. Indicadores de fadiga para grupos musculares específicos em função de programas de treinamento (ENOKA, 1988).

Recomenda-se a utilização em situações de simulação de movimento e estruturas técnicas competitivas, bem como em situação de competição esportiva propriamente dita, portanto para efeito de controle e comparações entre situação de treino e competição que envolve procedimento de laboratório e de campo. As modalidades de estrutura cíclica e simétrica de movimento, são as mais recomendadas para análise e avaliação de respostas da atividade eletromiográfica de músculos selecionados, por exemplo: corridas, ciclismo, remo, canoagem etc. As modalidades com recrutamento específico como levantamento de peso, atividades acíclicas de natureza explosiva como os saltos, também são passíveis de análise de avaliação eletromiográfica.

Observar ainda os critérios estabelecidos em regulamentação específica quanto a utilização de telemetria ou sistemas portáteis de natureza *data loggers* para aquisições e processamentos que necessitam de sistemas portáteis ou redução de possíveis efeitos retroativos no processamento experimental. Quanto ao tratamento dos sinais para as específicas situações de análise e interpretações recomendam-se rotinas e formalismos igualmente estabelecidos pela ISEK. Portanto, deve-se considerar, durante a aquisição de sinais EMG superficiais, sobre a fidelidade do sinal após realizar-se o processamento, principalmente em relação à atenuação das

amplitudes das componentes de altas frequências do sinal. Observa-se ainda haver duas formas principais de influenciar a fidelidade do sinal quando detectamos e registramos os sinais EMG. A primeira é a relação sinal/ruído, que é exatamente a razão entre a energia do sinal gerado pelo músculo e a energia do ruído incorporado ao sinal, ruído este definido como o conjunto dos sinais elétricos captados pelo eletromiógrafo e que não fazem parte do sinal desejado, a ser medido. A segunda é a distorção do sinal devido ao próprio processamento pelo eletromiógrafo mais conversor Analógico/Digital mais computador, significando uma alteração relativa em qualquer componente de frequência do sinal EMG. A literatura aponta para uma faixa de frequências que vai de 0 a 500Hz, como sendo a faixa de energia utilizável do sinal EMG e é normalmente limitada com uma faixa de energia dominante entre 50-150Hz (DAINTY; NORMAN, 1987).

Assim, a eletromiografia agrupa procedimentos de medição da atividade elétrica muscular. Ela requer um sistema de coleta de sinais elétricos, por meio de eletrodos do tipo agulha, fio ou de superfície, e o eletromiograma é o resultado de sua coleta. O conjunto de sinais coletado pela EMG é influenciado por muitas variáveis e de interpretação complexa; porém, fornece indicadores para habilidades atléticas, níveis de contração muscular, período de atividade muscular e sinergias envolvidas em um movimento. Após tratar o sinal eletromiográfico (filtrar, retificar e filtrar novamente, determinando o envoltório 13 linear do sinal e reativá-lo, vide Figura 2) outras operações poderão ser realizadas com o sinal: o cálculo do RMS e valor integrado (iEMG). A representação do sinal eletromiográfico por envoltórios lineares é recomendada por muitos estudos da literatura, dentre eles o de ARSENAULT *et al.* (1986).



3FIGURA 2.2 - Envoltório 13 linear do sinal FONTE: **Fisio-Biomecânica – Miotec** <<http://www.miotec.com.br/fisio-biomecanica/>> .

ago. 2016

Além dos procedimentos protocolares estabelecidos pela ISEK (1999), recomenda-se ainda observar sempre que possível, a sincronização do sinal eletromiográfico com outro sistema de medição que determine parâmetros de natureza cinemática e/ou dinâmica para assim termos maior segurança em interpretar movimentos esportivos de natureza complexa e orientada ao rendimento máximo.

Descrição dos testes e medidas para análise da Condição Física

A análise biomecânica da condição física se refere, em primeiro lugar, às capacidades velocidade e força muscular. As medidas básicas a serem determinadas são: tempo, forças máximas, gradientes de curvas de força/tempo (taxa de produção de força) e impulsos.

Na maioria das vezes, a determinação dessas variáveis é feita mediante células fotoelétricas, células de carga e plataformas de força. Geralmente, as células fotoelétricas são utilizadas para determinar o tempo necessário para percorrer uma distância definida. Sendo assim, a aplicação desse método permite, além da mensuração do tempo, a determinação da velocidade média no intervalo da medição. As células fotoelétricas são acionadas por meio da interrupção de raios. Porém, nem sempre é garantido que o mesmo ponto da superfície do atleta interrompa o raio e acione a barreira fotoelétrica. Sendo assim, a utilização de células fotoelétricas duplas, instaladas em uma distância vertical entre 10 e 20 cm, aumentam a confiabilidade da medição (DREUSCHE, 1986).

De acordo com as características específicas das modalidades, células fotoelétricas podem ser utilizadas para medir o tempo de deslocamento em uma trajetória reta ou com alterações de direção. Além disso, a diferença do tempo para concluir um percurso com e sem bola (handebol, futebol, basquetebol) ou com e sem vara (atletismo) pode servir como critério sumário da técnica específica e agilidade da locomoção.

Mediante a dinamometria podem ser medidas as forças externas. O princípio da medição se baseia na transformação de microdeformações em interações correspondentes de tensão elétrica. Para isso, podem ser utilizados *strain gauges* cuja resistência elétrica se altera de acordo com a compressão e extensão, ou cristais *piezoelétricos* que reagem com uma alteração da distribuição da carga elétrica em função da aplicação de uma força.

De um ponto de vista generalizado da prática do treinamento esportivo, a força muscular, como capacidade motora, geralmente é diferenciada nas três categorias: força máxima, força explosiva e resistência de força (WEINECK, 1999). Tal conceito trata

estas categorias como independentes e no mesmo nível de hierarquia. Porém, resultados de análises biomecânicas da força muscular determinam uma classificação diferente (SCHMIDTBLEICHER, 1992; KOMI, 1992). Assim, a capacidade muscular de gerar força se realiza em quatro condições diferentes de trabalho: (a) contração isométrica (modo estático de trabalho); (b) contração concêntrica (modo concêntrico de trabalho); (c) contração excêntrica (modo excêntrico de trabalho); e (d) contração no ciclo de estiramento-encurtamento, que é uma contração com pré-inervação (causando *short-range-elastic-stifness*) e reflexo de estiramento.

Além das contrações isométricas, concêntricas e excêntricas, um grande número de movimentos esportivos e cotidianos é realizado no ciclo de estiramento-encurtamento (*stretch-shortening cycle*). Este tipo de contração representa uma forma independente das outras formas de contração e não pode ser considerado como apenas uma simples combinação de uma ação excêntrica e concêntrica (KOMI; BOSCO, 1978; BOSCO, 1982; KOMI, 1984; GOLLHOFER *et al.*, 1984).

O aumento do *input* neural, em consequência do reflexo do estiramento, na fase inicial do contato com o solo pode ser inibido devido ao excesso de impacto ou à fadiga neural ou metabólica (DIETZ *et al.*, 1982). Isso causa uma destruição do padrão do sinal eletromiográfico com consequências desfavoráveis para a performance. Sendo assim, a altura individualmente adequada para saltos pliométricos no treinamento do ciclo de estiramento-encurtamento pode ser identificada por meio de um teste que relaciona a altura de queda com a altura do salto pliométrico. Tal altura de queda proporciona a melhor performance mantendo o tempo de contato inferior a 0,200 s e deve ser utilizada para o treinamento.

Mediante o aproveitamento do **Princípio da Força Inicial** (HOCHMUTH, 1973), é possível saltar mais alto por meio de um salto com movimento de preparação (*Countermovement Jump*) do que sem esse movimento (*Squat Jump*). O movimento de preparação é realizado na direção contrária ao movimento principal

que causa, devido à força de frenagem, uma força inicial maior no momento da inversão da direção do movimento. Sendo assim, o aproveitamento do movimento preparatório leva à otimização do rendimento.

Em relação aos saltos verticais, isso significa que a diferença entre o rendimento dos saltos com e sem movimento preparatório (*Countermovement Jump - Squat Jump*) é um critério para o aproveitamento do **Princípio da Força Inicial**. Sendo assim, uma análise completa da capacidade de saltar consiste na avaliação dos seguintes saltos: *Squat Jump (SJ)*, *Countermovement Jump (CMJ)* e *Drop Jump (DJ)* de diferentes alturas. Dependendo do nível de adaptação, o rendimento em saltos pliométricos (DJ) da altura individualmente adequada é maior do que nos saltos com movimento de preparação (CMJ). No direcionamento do treinamento, a diferença entre o rendimento no CMJ e no SJ é um critério para o nível da utilização da pré-extensão da musculatura e o aproveitamento do princípio biomecânico da **força inicial** segundo Hochmuth (1973). A diferença entre o rendimento máximo no DJ e o CMJ é o critério para o aproveitamento do mecanismo no ciclo de estiramento-encurtamento.

Uma determinação exata da capacidade de impulsão somente é possível por meio da medição das forças verticais mediante uma plataforma de força. A curva de força-tempo permite a determinação dos impulsos positivos e negativos e, baseado na lei fundamental da dinâmica de Newton, finalmente, a determinação da velocidade de decolagem:

$$\int_{t_1}^{t_5} F_z(t) dt = m(V_5 - V_1)$$

A causa mecânica de uma alteração da velocidade v_1 de um corpo com a massa m no momento t_1 para uma velocidade v_5 no momento t_5 é a soma dos produtos das forças médias de aceleração e/ou de desaceleração e do intervalo da sua ação.

Conclusão

Neste guia, caro(a) aluno(a), procuramos abordar de uma maneira prática e simples a complexidade da biomecânica, a fim de propiciar um vasto conhecimento na área. Note que o direcionamento do material foi para sua prática do dia a dia, pois penso que uma análise simples, mas bem feita possa ser superior a uma análise sofisticada, mas não bem compreendida pelo avaliador.

O mais importante deste guia é a aplicação diária dessas ferramentas, pois, com o uso, surgem as dúvidas e a necessidade de desenvolver softwares cada vez melhores que tragam variáveis de interesse e também isso favorece o desenvolvimento do avaliador e sua praticidade na aplicação de fórmulas complexas.

Na hora de montar uma estrutura de avaliação em Biomecânica, é importante avaliar qual o investimento a ser feito e o que isso pode te trazer de benefícios financeiros ou de resultados na prática desportiva. Avaliar o conhecimento é necessário, pois, além do investimento material, temos de nos lembrar do investimento nas especialidades, pois muitos requerem um conhecimento diferenciado.

Contudo, caro(a) aluno(a), o objetivo é o aperfeiçoamento, a persistência nos estudos e a utilização deste material colocando-o em prática para que assim possa aprender e contribuir com suas avaliações; o início é cheio de erros e acertos, mas com o esforço e dedicação esses erros serão transformados em vitória.

Referências

DVIR, Z. **Isocinética: Provas musculares, interpretação e aplicações clínicas.**São Paulo: Manole, 2002.

ENOKA, R. M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia.** 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.

FORNASARI, C. A. **Manual para estudo da cinesiologia.** São Paulo: Manole, 2001.

HALL, Susan J. **Biomecânica básica.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005c. 509 p.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano.** São Paulo: Manole, 1999.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. **Bases biomecânicas do movimento humano.** 2. ed. São Paulo: Manole, 2008. 494 p.

HAY, James G. **Biomecânica das técnicas desportivas.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981c. 443 p.

KAPANDJI, A. I. **Fisiologia articular.** v. 1, 2, 3. 5. ed. São Paulo: Manole, 2000.

KENDALL, F. P. **Músculos, provas e funções.**4. ed. São Paulo: Manole, 1995.

OKUNO, Emico; FRATIN, Luciano. **Desvendando a física do corpo humano: biomecânica.** Barueri, SP: Manole, 2003c. 202 p.

RASH, P. J. **Cinesiologia e anatomia aplicada.** 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

SMITH, L. K.; WEISS, E. L.; LEHMKUHL, L. D. **Cinesiologia clínica de Brunnstrom.** São Paulo: Manole, 1997.

Atividades



Atividades - Unidade III

Em uma prova de remo quando navega a favor da correnteza, um barco desenvolve 40 km/h, navegando contra, faz 30 km/h. Para ir de A até B, pontos situados na mesma margem, gasta três horas menos que na volta. A distância entre A e B é de:

- A) 360Km.
- B) 420Km.
- C) 240Km.
- D) d)180Km.
- E) 60Km.

Um atleta caminha com uma velocidade de 150 passos por minuto. Se ele percorrer 7,20 km em uma hora, com passos de mesmo tamanho, qual o comprimento de cada passo?

- A) 40 cm.
- B) 60 cm.
- C) 80 cm.

D) 100 cm.

E) 120.

Um velocista corredor de 100m realiza sua prova nos 50 últimos metros com uma aceleração constante de 12m/s^2 em 4 segundos. Desta forma, determine a velocidade em que esse atleta inicia este percurso final.

A) 12 m/s.

B) 14,5 m/s.

C) 10,5m/s.

D) 11,5 m/s.

E) 9,7m/s.

Uma atleta dos saltos ornamentais se prepara para saltar da plataforma de 10 metros e deverá realizar 3 manobras para concluir sua performance. Tomando a gravidade como 10m/s^2 , quanto tempo ela terá do momento do salto até tocar na água para realizar seus giros?

A) 1,4s.

B) 1,6s.

C) 1,8s.

D) 2s.

E) 2,2s.

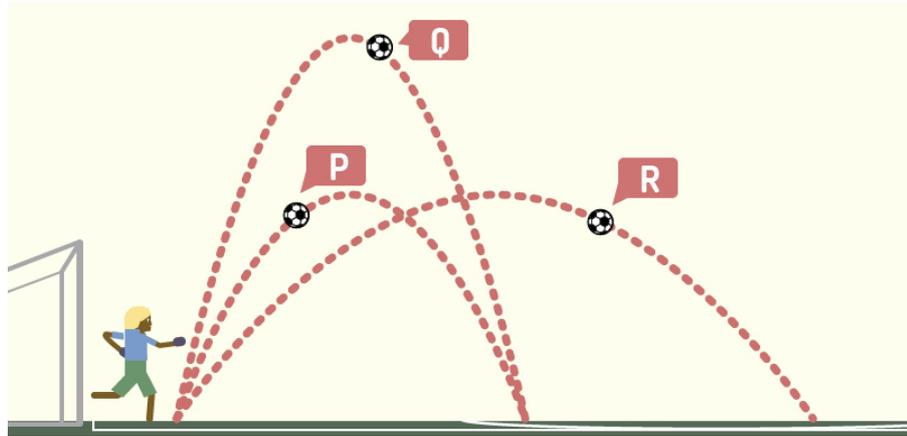
Em um campeonato de halterofilismo, um Ucrâniano Denis Gotfrid levantou 430 kg batendo o recorde Olímpico em 1999 que posteriormente fora superado. Sabendo que a aceleração da gravidade é 10m/s^2 , determine a força mínima que Denis Gotfrid realizou para erguer os 430Kg.

- A) 4300 N.m.
- B) 720N.N.m.
- C) 1200 N.m.
- D) d) 2100 N.m.
- E) 4300N.m.

Sobre os movimentos da Cinemática, responda:

- A) O movimento uniforme, é assim denominado por apresentar uma aceleração constante e uniforme.
- B) O movimento uniformemente variado apresenta como característica principal a variação da aceleração e uma velocidade constante.
- C) A queda livre é um tipo de movimento uniforme, pois o corpo cai continuamente de modo uniforme.
- D) O movimento uniformemente variado é o mais comum do dia a dia, caracterizado por apresentar uma aceleração constante e uma velocidade variando uniformemente conforme determina a aceleração.
- E) No movimento uniforme, temos que a velocidade média é maior que a velocidade instantânea.

Um goleiro de futebol de campo chuta, em sequência, três bolas - P, Q e R, cujas trajetórias estão representadas na figura a seguir.

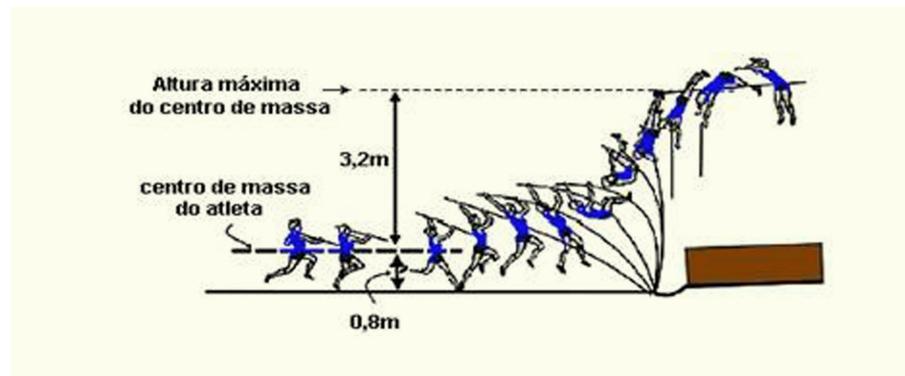


Seja $t(P)$, $t(Q)$ e $t(R)$ os tempos gastos, respectivamente, pelas bolas P, Q e R, desde o momento do chute até o instante em que atinge o solo. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:

- A) $t(Q) > t(P) = t(R)$.
- B) $t(R) > t(Q) = t(P)$.
- C) $t(Q) > t(R) > t(P)$.
- D) $t(R) > t(Q) > t(P)$.
- E) $t(R) = t(Q) = t(P)$.

No "salto com vara", um atleta corre segurando uma vara e, com perícia e treino, consegue projetar seu corpo por cima de uma barra. Para uma estimativa da altura alcançada nesses saltos, é possível considerar que a vara sirva apenas para converter o movimento horizontal do atleta (corrida) em movimento vertical, sem perdas ou acréscimos de energia. Na

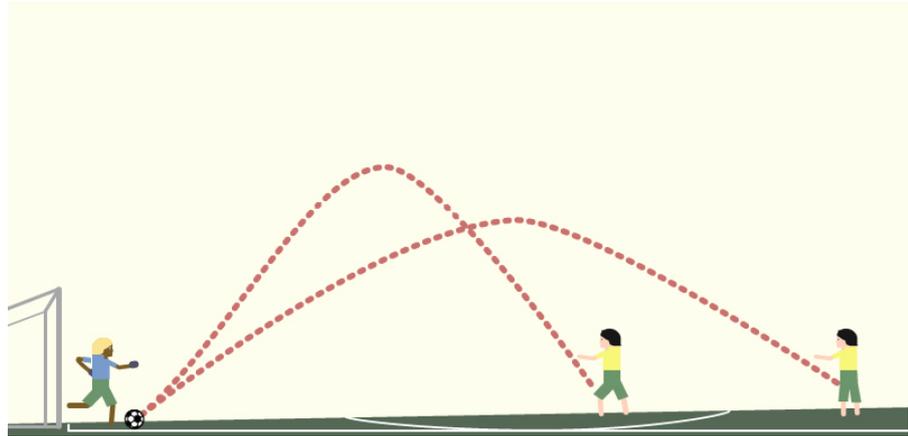
análise de um desses saltos, foi obtida a sequência de imagens reproduzidas a seguir. Neste caso, é possível estimar que a velocidade máxima atingida pelo atleta, antes do salto, foi de, aproximadamente:



Desconsidere os efeitos do trabalho muscular após o início do salto.

- A) 4 m/s.
- B) 6 m/s.
- C) 7 m/s.
- D) 8 m/s.
- E) 9 m/s.

Após um ataque frustrado do time adversário, o goleiro se prepara para lançar a bola e armar um contra-ataque. Para dificultar a recuperação da defesa adversária, a bola deve chegar aos pés de um atacante no menor tempo possível. O goleiro vai chutar a bola, imprimindo sempre a mesma velocidade, e deve controlar apenas o ângulo de lançamento. A figura mostra as duas trajetórias possíveis da bola em um certo momento da partida.



Assinale a alternativa que expressa se é possível ou não determinar qual destes dois jogadores receberia a bola no menor tempo. Despreze o efeito da resistência do ar.

- A) Sim, é possível, e o jogador mais próximo receberia a bola no menor tempo.
- B) Sim, é possível, e o jogador mais distante receberia a bola no menor tempo.
- C) Os dois jogadores receberiam a bola em tempos iguais.
- D) Não, pois é necessário conhecer os valores da velocidade inicial e dos ângulos de lançamento.
- E) Não, pois é necessário conhecer o valor da velocidade inicial.

Sobre os instrumentos de análise biomecânica, assinale a assertiva correta:

- A) Para a realização de uma análise tridimensional uma câmera já é o suficiente, possibilitando uma análise nos três eixos x , y e z .
- B) Sistemas optoeletrônicos são mecanismos simples de avaliação dos movimentos bidimensionais.
- C) *Accelerometer* é um equipamento que avalia a força de forma Isocinética.
- D) Avaliação postural pode ser realizada pelo Kinovea, um software gratuito e com boa precisão gerando dados quantitativos.
- E) *Skillspector*, melhor equipamento de análise tridimensional, de alto custo, que supera qualquer outro mecanismo.

