

O panorama actual da biomecânica do desporto: desafios e limitações

Filipe CONCEIÇÃO

Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Portugal

Introdução

Desde o início dos tempos que o homem vive intrigado com os fenómenos que acontecem ao seu redor tentando compreendê-los e atribuir-lhes uma explicação racional. As acções que o homem realiza no quotidiano são efectuadas de forma voluntária ou involuntária e a sua explicação e compreensão de forma racional constitui um desafio. Tais processos permitem o desenvolvimento das acções motoras básicas como o equilíbrio, o caminhar, correr saltar ou lançar conduzindo a nossa atenção para a biomecânica e o controlo motor.

A primeira vez que a “ciência do movimento” foi reconhecida como uma área por si só foi durante a “revolução científica”, no pico daquilo que DIJKSTERHUIS (1980) chamou de “mecanização” da visão mundo, na qual o universo físico é visto como “uma grande máquina que, ajustada ao movimento, faz, devido a sua construção, o trabalho para o qual foi criado”.

A primeira e principal metáfora sobre a concepção ocidental do controlo e coordenação chegou através de Platão em O

Cocheiro (Platão, ± 428 - 348 BC) a qual defendia que o controlo do movimento se dava a partir do exterior.

No século XVII muitos dos problemas associados ao controlo motor eram estudados, ou melhor, avaliados fundamentalmente recorrendo à corrente mecanicista. Tiveram como defensores Borelli e Descartes. No entanto sabemos que os problemas de controlo e coordenação são basicamente problemas biológicos.

No século 20 dois acontecimentos impulsionaram a ciência do movimento. O primeiro aconteceu com BERNSTEIN (1967), o qual descobriu que a coordenação precede o controlo. O segundo desenvolvimento importante do século 20 aconteceu com Max Planck (1858-1947) no fascinante jogo da física teórica que nos deu uma nova imagem do mundo. PLANCK (1910) descobriu que a física macroscópica pode ter propriedades que emergem da microscópica, embora a segunda não possa ser deduzida da primeira.

Será a biomecânica uma disciplina descritiva? Será que a sua tarefa é somente medir e descrever o movimento, ou explicá-lo?

Levamos milhões de anos a alterar a nossa locomoção da posição quadrúpede para a bípede o que ainda hoje se reflecte nos movimentos que efectuamos para manter o equilíbrio. A complexidade associada ao controlo dos músculos que intervêm nessas acções foi e tem sido uma área de grande intervenção por parte de biomecânicos. Assim a coordenação do movimento é um elemento central para o desporto e a ciência do movimento o qual é multi e interdisciplinar. A maioria da investigação biomecânica centra-se na medição, modelação e descrição. Se o objectivo final ou

pelo menos um deles é compreender como o movimento é controlado esse problema só poderá ser resolvido em estreita colaboração com os especialistas do controlo motor e da neurofisiologia (ZATSIORSKY & FORTNEY, 1993). Parece ser claro então que o problema central da biomecânica se centra na compreensão do movimento humano, não simplesmente o descrevendo mas tentando perceber a sua coordenação e controlo para, eventualmente, permitir realizar com maior eficácia uma determinada tarefa motora (GERLFAND & LATASH, 1998; BARILET, 1999).

O panorama actual da biomecânica: desafios e limitações

Com o desenvolvimento da física, matemática, fisiologia, neurofisiologia, etc, uma lista de proeminentes cientistas contribuiu para a melhoria do nosso conhecimento acerca do movimento humano, desenvolvendo conceitos relativamente a como os movimentos podem ser iniciados e como podem ser alterados em termos de força, velocidade, trajectória ou padrão de activação.

O panorama actual da biomecânica mostra-nos que a tendência actual passa cada vez mais pelo recurso aos métodos

formais avançados das disciplinas básicas, nomeadamente, matemática, física, programação e pela sua combinação com as ciências biológicas anatomia, fisiologia, neurofisiologia etc. Este é um passo natural e necessário no desenvolvimento desta área, já que após o ganho de conhecimento descritivo sobre o movimento a fase seguinte será retirar consequências.

Assim, no que diz respeito à utilização massiva de métodos estatísticos, ela será importante desde que permita estudar

integralmente a inter e intra variabilidades dos sistemas biológicos (ZATSORSKY & FORTNEY, 1993). Estes autores destacam ainda o facto da estatística, bem como outras disciplinas matemáticas, estarem baseadas em determinadas suposições que nem sempre são válidas na sua totalidade no campo da biomecânica do desporto. Pretende-se com isto dizer, que a adequação de toda esta panóplia de técnicas são um campo a ser estudado. Por exemplo, é frequente usar-se estatística inferencial elementar assumindo uma amostra aleatória de uma população com distribuição conhecida, habitualmente normal, em situações onde: 1) a amostra não é normal, tomando como exemplo os atletas de elite; 2) a diferença entre a amostra e a população é ténue (os finalistas de uma prova olímpica de velocidade); ou 3) o tipo de distribuição estatística é desconhecido.

Verifica-se na actualidade a introdução paulatina de métodos matemáticos que combinam aproximações funcionais e estocásticas os quais, no futuro, provavelmente serão extensivamente usados. Isto deve-se ao facto do movimento humano na globalidade ser caótico e não linear. Esta característica conduz ao recurso cada vez mais de métodos avançados provenientes destas áreas, nomeadamente ao amplo recurso de equações diferenciais etc, etc.

Outra característica da Biomecânica actual, devido à multidisciplinaridade do movimento humano, passará pelo desenvolvimento de linhas de investigação que combinem conhecimentos provenientes de áreas adjacentes tais como: Control Motor, Fisiologia muscular, Neurofisiologia, Morfologia, Robótica, e Mecânica. As acções que os atletas executam no desenvolvimento de uma determinada tarefa motora, resultam entre outros aspectos de uma combinação de características biomecânicas e de controlo motor. Isto conduz a outro passo importante no desenvolvimento da biomecânica que consiste na combinação desta com o controlo motor.

Para além dos modelos teóricos a investigação no terreno continua a ser uma prioridade na investigação. O conhecimento cada vez mais profundo da actividade muscular dos seres vivos será necessário. A feitura de equipas multidisciplinares para a realização de estudos conducentes à avaliação do trabalho mecânico muscular e articular em movimentos naturais, com registo simultâneo do metabolismo muscular, fluxo sanguíneo periférico etc., será necessária.

A modelação simulação e optimização

Uma das melhores vias para compreender um dado sistema, como o corpo humano, é modelá-lo (WINTERS & STARK, 1987). A modelação, simulação e optimização agregam numa estrutura unificada o processo de busca de valores de um conjunto de variáveis ou relações funcionais que permitirão otimizar um dado resultado (BARTLET, 1999) e é presentemente uma das áreas que se está a tornar proeminente na Biomecânica (YEADON, 2002). A modelação consiste numa aproximação que estabelece a ligação entre o atleta/objecto desportivo, e o movimento, o

Na actualidade observa-se uma escassez de dados morfológicos, nomeadamente da secção transversal (quer muscular, quer tendinosa), comprimentos musculares, ângulos de penação, momentos e musculares, etc. Muitos desses dados são por um lado insuficientes e por outro provenientes de diferentes fontes da literatura pelo que a sua utilização torna-se difícil aquando da modelação do corpo humano (BÖHM, 2001; CONCEIÇÃO, 2005). Estes dados são provenientes de acções isométricas enquanto que os movimentos ocorrem habitualmente em situações dinâmicas. Torna-se necessário a realização de estudos que visem: 1) aumentar o conhecimento acerca dos parâmetros musculo-tendinosos em situações estáticas; e 2) desenvolver a investigação dos referidos parâmetros em acções dinâmicas. Observa-se igualmente uma imprecisão nas informações relativas à geometria do esqueleto humano. Associada a esta questão, encontra-se por resolver a tabulação da posição relativa dos ossos em relação aos segmentos.

As respostas do corpo humano aos impactos e acções vibratórias bem como as suas consequências parecem ser outro domínio relevante de pesquisa. Os valores hoje assumidos na modelação para o acoplamento das partes rígidas às moles, baseados no concito de “Wobbling masses” (GRUBER et al., 1998), deverão ser revistos. Isto porque a dinâmica de oscilação dos grandes grupos musculares deverá ser diferente da dos pequenos músculos o que conduz a diferentes coeficientes de amortecimento aquando do acoplamento das partes rígidas às moles. Segundo ZATSORSKY e FORINEY (1993), os resultados provenientes dessas investigações poderão permitir o estabelecimento, com alguma segurança, do nível de tolerância do organismo humano a vibrações e impactos. Estes resultados serão extensíveis à construção de materiais e equipamentos desportivos, os quais poderão ser desenvolvidos considerando determinadas especificidades.

Outro domínio que requer maior conhecimento relaciona-se com o papel dos músculos biarticulares e as funções de activação.

Com o aumento de conhecimentos acerca do corpo humano será possível uma intervenção mais individualizada e detalhada particularmente no desporto de rendimento e também em aspectos relacionados com a saúde e bem estar, reabilitação etc. Contudo esta situação conduz-nos cada vez mais tal como já foi acima referido a introdução de técnicas formais avançadas das ciências básicas a quais serão decisivas para a resolução destes problemas.

que passa pela representação de algumas características através de equações matemáticas.

A simulação pode ser definida como a realização de experiências sob condições cuidadosamente escolhidas a partir do sistema real que foi modelado (VAUGHAN, 1984). Assim a modelação transforma o sistema real numa série de equações e a simulação envolve a execução de experiências numéricas nessas equações após as quais os resultados são retornados para o sistema real de modo a entender a realidade. De modo a garantir a sua validade, o processo de simulação

deve ser continuamente avaliado/comparado relativamente a medidas físicas o que, em alguns casos, não é contudo factível ou possível (BARTLET, 1999).

As vantagens associadas à simulação são: 1) segurança, pois o atleta não é sujeito a experiências arriscadas; 2) ganho de tempo, várias simulações podem ser realizadas em minutos; 3) potencial para prever a prestação ótima; 4) minimização de custos, i.e., por exemplo simular a eficiência de um determinado engenho antes de o construir.

Apesar das vantagens acima descritas apresenta limitações tais como: 1) a validação do modelo (avaliação); 2) ter como pré-requisito um conhecimento avançado de matemática e computação; 3) dificuldade de comunicar os resultados aos treinadores e atletas (feedback).

O problema da validação do modelo permanece como o mais sério de todos sem uma resposta cabal e genérica no presente.

Para a optimização recorre-se habitualmente a dois métodos: a dinâmica directa e inversa. A dinâmica inversa tem como ponto de partida uma força ou momento final passando-se de seguida à determinação dos momentos parcelares dos músculos que intervieram na acção. Para tal, especula-se sobre esses momentos recorrendo a princípios como a energia mínima, interacção máxima, EMG etc, etc.

Por seu lado, a dinâmica directa, permite responder a duas questões: 1) ao problema clássico da dinâmica inversa i.e., quais as forças e momentos que estiveram envolvidas numa dada acção; e 2) optimização do rendimento.

Dois problemas de difícil solução na optimização são a escolha do critério da prestação a ser optimizado e o segundo refere-se à descoberta de um óptimo global e não local. Para já não existem procedimentos matemáticos que garantam que o mínimo obtido seja global e não local. No entanto os algoritmos evolucionários parecem ser uma das melhores soluções para este problema.

Os aspectos até aqui apresentados conduzem-nos a um problema central na concepção daquilo que será o Biomecânico do futuro. Sendo as tendências actuais da biomecânica pautadas pela introdução de novas tecnologias e particularmente pelo conhecimento mais profundo nas ciências exactas para além das biológicas parece ser necessário o aprofundamento da sua formação. O problema que se coloca não é que o biomecânico substitua o físico, matemático, programador de computadores ou neurofisiologista etc, mas sim que deverá ter um conhecimento profundo destas áreas de modo a poder responder às exigências dos novos tempos. Ser Físico, Matemático, Programador de Computadores ou Médico não é condição sine qua non para se ser um bom Biomecânico. É necessário conhecer e ter alguma experiência sobre o desporto para reconhecer os problemas e as técnicas mais adequadas para resolução de um dado problema. O movimento humano não deve ser tratado única e exclusivamente desde o ponto de vista mecânico porque, embora não se possa desenvolver a ciência do movimento sem o desenvolvimento da mecânica (MEIJER, 2001), os maiores desafios desta ciência são o controlo e a coordenação e estes não são obviamente de natureza mecânica (GELFAND & LATASH, 1998).

Referências

- BARTLET, R. **Sports biomechanics: reducing injury and improving performance**. London: E & FN Spon, 1999.
- BERNSTEIN, N.A. The problem of interrelation of coordination and localization. In: BERNSTEIN, N.A. (Ed.). **The coordination and regulation of movements**. Oxford: Pergamon, 1967.
- BÖHM, H. **Computer simulation of muscle series elastic element function in drop jumping**. Ph.D. thesis - Fakultät für Physik der Eberhard, Karls, Universität su Tübingen, 2001.
- CONCEIÇÃO, F. **Estudo biomecânico do salto em comprimento: modelação, simulação e optimização da chamada**. Tese (Doutoramento) - Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Porto, 2005.
- DIJKSTERHUIS, E.J. **De Mechanisering van het Wereldbeeld**. Amsterdam: Meulenhof, 1980.
- GELFAND, I.M.; LATASH, M.L. On the problem of adequate language in movement science. **Motor Control**, v.2, p.306-13, 1998.
- GRUBER, K.; RUDER, H.; DENOTH, J.; SCHNEIDER, K. A comparative study of impact dynamics: wobbling mass versus rigid body models. **Journal Biomechanics**, v.31, 1998.
- MEIJER, O.G. Making things happen: an introduction to the history of movement science. In: LATASH, M.L.; ZATSIORSKY, V.M. (Eds.). **Classics in movement science**. Champaign: Human Kinetics, 2001.
- PLANCK, M. **Acht Vorlesungen über theoretische Physik**. [Eight lectures on theoretical physics]. Leipzig: Hirzel, 1910.
- VAUGHAN, C.L. Computer simulation of human motion in sports biomechanics. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v.12, p.373-416, 1984.
- WINTERS, J.M.; STARK, L. Muscle models: what is gained and what is lost by varying model complexity. **Biol. Cybernetics**, v.55, 1987.
- YEADON, M.R.; KING, M.A. Evaluation of a torque-driven simulation model of tumbling. **Journal of Applied Biomechanics**, v.19, p.195-206, 2002.
- ZATSIORSKY, V.M.; FORTNEY, V.L. Sport biomechanics 2000. **Journal of Sports Sciences**, v.11, n.4, p.279-83, 1993.