

## TÍTULO

**Desenvolvimento de metodologias experimentais e de modelação para a avaliação da carga mecânica no sistema músculoesquelético. Utilização de metodologias de imagem *in vivo* e modelação biomecânica.**

### Resumo

A presente apresentação integra as linhas de investigação do Grupo de Investigação em Neuromecânica do Movimento Humano (NHM) do CIPER/FMH/UTL sendo o seu objectivo desenvolver projectos interdisciplinares de investigação nas áreas de fisiologia muscular, biomecânica e controlo neuromuscular; estando actualmente focado na avaliação da carga biomecânica no sistema músculo-esquelético. A aplicação de carga excessiva, tanto em intensidade como em frequência, está associada a disfunções no sistema músculo-esquelético. A hipótese subjacente a estas investigações é que a morfologia do tecido biológico e as suas propriedades mecânicas podem ser influenciadas pelo aumento da quantidade do exercício físico. Este estudo centrar-se-á nas alterações músculo-esqueléticas estruturais, funcionais e de controlo neuromuscular, agudas e crónicas, em resposta à aplicação de carga mecânica cíclica de intensidade moderada ou elevada. Para se proceder ao estudo destas alterações/adaptações dos tecidos biológicos serão usadas duas abordagens complementares:

(1) métodos de imagem *in vivo* (por ressonância magnética (RM) e por ultra-sonografia (US)); e (2) modelação biomecânica. Para se estabelecer relações entre carga mecânica e alterações do sistema músculo-esquelético é primeiro necessário determinar as forças internas aplicadas a cada tipo de tecido. Estas forças são originadas pelas forças de reacção do solo, pelo peso e a aceleração dos segmentos corporais e também pelas forças de compressão produzidas pelos músculos activos. Por razões práticas e éticas, o cálculo da carga envolverá o uso de ferramentas de modelação biomecânica. Assim, pretende-se desenvolver/adaptar um modelo de tórax mais membro superior e outro de tórax mais membro inferior utilizando a cinemática e dinâmica inversa. Estes modelos serão utilizados para estimar a carga nas articulações principais e nas estruturas músculotendinosas de ambos os membros durante tarefas funcionais como a corrida, o ciclismo e o lançamento. Durante estas tarefas serão obtidos dados dos movimentos corporais utilizando para isso um sistema de 12 câmaras de infravermelhos de alta velocidade (500 Hz), combinadas com plataformas de força. A análise de dados será realizada usando os software: (1) Visual-3D (para a modelação biomecânica); (2) Opensim (plataforma open-source desenvolvida pela Universidade de Stanford, para estimar forças e momentos de força aplicados a articulações e a estruturas músculo-esqueléticas); (3) LifeModeler (ADAMS plugin- para estimar forças de contacto em articulações). Não obstante a utilidade da modelação biomecânica, existem ainda algumas limitações ao seu uso: (1) a capacidade de escalar modelos, reduzida muitas vezes à simplificação de modelos isomórficos, assumindo-se similaridade geométrica entre pessoas; (2) o facto das propriedades dos modelos serem estáticas e não acompanharem alterações estruturais que possam ocorrer aquando da aplicação de cargas cíclicas. Procuraremos ultrapassar o ponto 1 utilizando a RM, a

US e o modelo de escalamento linear (Matias, 2009). A partir da RM iremos obter informação precisa sobre a morfologia 3D, a área de secção transversal, o volume muscular e a morfologia das estruturas ósseas. A US permitirá: (a) retirar imagens de músculos superficiais para o estudo de ângulos de penetração e do comprimento de músculos e fascículos; (b) estimar a rigidez destas mesmas estruturas, utilizando a sonoelastografia (SE). Esta informação servirá de input ao método de transformação linear (scaling) e permitirá uma melhor estimativa da localização das inserções musculares. Tentaremos ultrapassar o ponto 2 através do desenvolvimento de novas abordagens de estudo das propriedades mecânicas de tecidos vivos, em particular no tempo de relaxamento transversal do RM (T2) - sensível à organização da rede de colagénio e da quantidade de água presentes na cartilagem - e no tensor de difusão (RM) que permite o estudo 3D do tecido muscular e da orientação dos seus feixes, assim como das possíveis alterações na rigidez músculo-tendinosa, na espessura cartilaginosa e na estrutura de colagénio. O sistema de controlo neuromuscular é sensível à fadiga, sendo detectáveis alterações do sinal de EMG. Estas alterações serão estudadas e incorporadas nos modelos através da redefinição do parâmetro de activação. A análise estrutural e funcional da cartilagem articular e do complexo músculo-tendinoso, antes e depois da aplicação de carga mecânica, fornecidas pela RM e SE, serão correlacionadas com as alterações detectadas na carga muscular e articular estimada (por modelação biomecânica). Toda a informação resultante será analisada à posteriori com técnicas de clustering para análise de dados, cruzando-se sempre a informação dos diferentes tipos de aplicação de carga.

## **Title**

Evaluation of the mechanical load applied on the musculoskeletal system. The use of “in vivo” experimental techniques and modelling methodologies.

## **Abstract**

The actual focus of our research group, Neuromechanics of Human Movement Research of the Faculty of Human kinetics of The Technical University of Lisbon, is to conduct research for the evaluation of biomechanical load on the musculoskeletal system. Our underlying hypothesis is that the increasing of the amount of exercise can positively influence biological tissue morphology and functional mechanical properties. Nevertheless, excessive loading, both in intensity as well as frequency and volume, can be associated to acute and chronic musculoskeletal impairments. We aim to study the effect of specific mechanical loads in the musculoskeletal system, with special emphasis in the muscle-tendon complex, and the cartilage. The studies will be centered on architectural/structural, functional and neuromuscular chronic and acute changes associated to the mechanical load supported while the body is undergoing exercise routines, of moderate to high mechanical cyclic loading.

To accomplish the study of the biological tissue chronic and acute adaptations to cyclic mechanical loading two complementary approaches will be used: in vivo imaging methodologies (magnetic resonance imaging - MRI - and ultrasonography - US); biomechanics modeling.

To establish a relationship between mechanical load and changes in musculoskeletal system it is first necessary to determine the internal forces that are applied to the different tissues. These forces originate from the ground reaction forces, the weight and the acceleration of body segments, and the tension and compression forces produced by the active muscles.

For ethical and practical reasons, the loading estimation will be made using biomechanical modelling tools. Therefore, we propose to develop/adapt lower limb plus trunk and upper limb plus trunk models, using inverse dynamics and kinematics, to estimate loading on the main joints and muscle-tendon structures on both lower and upper limbs during running, cycling, throwing and other functional tasks.

During these tasks, data of body movement will be obtained using a high-speed infrared cameras system (500 Hz), combined with force platforms. Data analysis is carried out using the following software: (1) Visual-3D (biomechanics modeling software); (2) OpenSim (an open source platform for the estimation of forces and torques applied to human joints and musculoskeletal structures, developed in Stanford University); (3) LifeModeler (ADAMS plugin for detailed estimation of the contact forces of joints that rely on bearing surface contact forces and ligament stabilization).

