

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

**CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS SUBJETIVOS, CINÉTICOS E
ELETROMIOGRÁFICOS NA LOCOMOÇÃO**

Katia Brandina

SÃO PAULO
2009

**CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS SUBJETIVOS, CINÉTICOS E
ELETROMIOGRÁFICOS NA LOCOMOÇÃO**

KATIA BRANDINA

*Documento escrito para exame de defesa
apresentado à Escola de Educação Física
e Esporte da Universidade de São Paulo,
como requisito final para obtenção do
grau de Doutor em Educação Física.*

ORIENTADOR: PROF.DR. JÚLIO CERCA SERRÃO

AGRADECIMENTOS

Meus familiares, amigos e professores foram essenciais para conquista de mais este objetivo e agradeço muito a todos.

Ao meu querido e amado marido Rudney Uezu, agradeço pelo carinho, amor e dedicação em me auxiliar, compreendendo minhas ausências e me apoiando nos momentos em que faltava fôlego para concluir esta etapa.

Ao meu lindo filho Lucas, que me ajudou em muitas coletas quando ainda estava em meu ventre e que ilumina meus pensamentos com seus sorrisos. Sem eles, nos momentos de pouca inspiração não teria encontrado palavras para redigir tal trabalho.

Aos meus maravilhosos pais, Thyrso Brandina e Maria Aparecida Brandina, por sempre me incentivarem e auxiliarem em tudo que me proponho a realizar. Amo muito vocês e agradeço demais a dedicação e o esforço feitos por vocês para me proporcionarem esta educação. Agradeço ainda mais por se dedicarem e oferecerem carinho semelhante ou até maior ao Lucas, suprimindo minha ausência nos momentos usados para elaboração este documento.

Mesmo carinho e agradecimento presto aos meus sogros, Celhu Uezu e Celina Teruyo Uezu e aos demais familiares por também cuidarem do Lucas com muito amor e carinho nos momentos necessários.

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão, agradeço imensamente pelos quatorze anos de ensinamento, apoio, dedicação e confiança. O grande crescimento acadêmico conquistado nestes anos se deve, principalmente, a você. Muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio pela oportunidade de fazer parte do grupo do laboratório de biomecânica, pelos ensinamentos e pelas grandes contribuições feitas em minha vida acadêmica.

Agradeço ao Prof. Dr. Luis Mochizuki e ao Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz por aceitarem o convite para participar do exame de qualificação, dedicando precioso tempo para avaliar o trabalho e agregar sugestões valiosas para sua finalização.

Agradeço antecipadamente aos amigos e examinadores desta etapa final do trabalho, Profa. Dra. Isabel de Camargo Neves Sacco, Prof. Dr. Renato José Soares e Profa. Dra. Cláudia Silveira Lima pelo auxílio não só neste instante, mas em todos

os anteriores a este momento nos quais discutimos conceitos da área, que foram somados á minha formação.

A todos os amigos do laboratório, muito obrigada pela colaboração e amizade. Agradeço especialmente à amiga Ana Paula Azevedo e à técnica do laboratório Jaqueline Esterque de Alburquerque, pela total dedicação em ajudar em todas as etapas do trabalho.

Aos melhores amigos de trabalho que poderia desejar, que compõem a coordenação e o corpo docente da universidade em que trabalho – Uni Sant’Anna. Muita obrigada pela amizade e por me apoiarem nos momentos de desanimo.

Finalmente, agradeço aos funcionários da CPG, Ilza e Márcio pelos esclarecimentos sobre as normas e regulamentos prestados durante o processo de doutorado.

SUMÁRIO

	Pág.	
1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	3
3	REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1	O sistema sensorial – a estrutura e as funções dos mecanorreceptores	3
3.2	As escalas de percepção e a determinação das variáveis subjetivas	8
3.3	Os monofilamentos de Semmens-Weinstein e a determinação do limiar de sensibilidade cutânea na região plantar	16
3.4	A percepção das respostas dinâmicas na locomoção	20
3.4.1	A percepção das respostas dinâmicas na corrida	20
3.4.2	Ajustes dinâmicos na marcha devido à manipulação dos estímulos mecânicos na superfície plantar	24
3.5	Ajustes eletromiográficos na marcha devido à manipulação dos estímulos mecânicos na superfície plantar	27
4	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1	Amostra	28
4.2	Instrumentos de medição	31
4.2.1	Monofilamentos de Semmens-Weinstein	31
4.2.2	Escala de Percepção de Borg	32
4.2.3	Plataforma de Força de Reação do Solo – Esteira da Gaitway	32
4.2.4	Sistema de Registro da Atividade Elétrica dos Músculos	33
4.2.5	Procedimento de sincronização	35
4.3	Parâmetros para análise das variáveis experimentais	35
4.3.1	Plataforma de Força de Reação do Solo	35
4.3.2	Atividade muscular	36
4.4	Protocolo Experimental	37
4.4.1	Procedimentos preliminares ao registro dos dados	38
4.4.2	Procedimentos de registro dos dados	44

	Pág.	
4.4.2.1	Descrição do experimento de corrida	44
4.4.2.2	Descrição do experimento de marcha	45
4.5	Análise e tratamento dos dados	45
4.5.1	Procedimentos matemáticos	45
4.5.2	Procedimentos estatísticos	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	Comportamento das respostas dinâmicas e subjetivas na corrida	47
5.1.1	Grupo dos corredores	47
5.1.2	Grupo dos atletas de handebol	49
5.3	Comportamento das respostas dinâmicas e subjetivas na marcha	51
5.3.1	Grupo de adultos	51
5.3.2	Grupo de idosos	52
5.3.3	Grupo de diabéticos neuropatas	54
5.4	Comportamento das respostas eletromiográficas e subjetivas na corrida	55
5.4.1	Grupo de corredores	55
5.4.2	Grupo de atletas de handebol	64
5.5	Comportamento das respostas eletromiográficas e subjetivas na marcha	71
5.5.1	Grupo de adultos	71
5.5.2	Grupo de idosos	74
5.5.3	Grupo de diabéticos neuropatas	78
6	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	82
6.1	Grupos com diferentes experiências	82
6.2	Seleção das variáveis	82

		Pág
7	CONCLUSÃO	83
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXO I	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1 - Escala de percepção de conforto (Adaptada de MÜNDERMANN, STEFANYSHYN & NIGG, 2001)	11
FIGURA 2 - Escala RPE de Borg (adaptada de BORG, 2000).	12
FIGURA 3 - Escala de categoria de 15 pontos para percepção do cushioning (Adaptada de HENNIG, VALIANT & LIU, 1996).	13
FIGURA 4 - Escala de percepção do desconforto (Adaptada de ROBBINS & GOUW, 1991).	14
FIGURA 5 - Escala de categoria de 15 pontos para percepção do impacto, da pressão e da pronação (Adaptada de MILANI, HENNIG & LAFORTUNE, 1997).	14
FIGURA 6 - Escala desenvolvida pela ABNT para determinação dos níveis de percepção do calce (NBR 14840, 2002).	15
FIGURA 7 - Monofilamentos de Semmens-Weinstein (SORRI Bauru®).	16
FIGURA 8 - Aparato experimental utilizado por ROBBINS & GOUW (1991) para verificar a percepção do desconforto dos sujeitos ao serem aplicadas cargas compressivas nas regiões do calcanhar e joelho.	21
FIGURA 9 - Aparato experimental utilizado no estudo de LAKE & LAFORTUNE (1998) para verificarem a percepção de carga mecânica dos sujeitos ao simularem a fase de contato inicial da corrida.	22
FIGURA 10 - Áreas da região plantar para determinação da sensibilidade com o uso dos monofilamentos de Semmens-Weinstein.	31
FIGURA 11 - Sistema GAITWAY utilizado para mensuração das variáveis dinâmicas (adaptado de GAITWAY, 1996)	33
FIGURA 12 - Ilustração do eletromiógrafo EMG 1000 a ser utilizado (Lynx tecnologia eletrônica LTDA)	34

	Pág.
FIGURA 13 - Representação gráfica das variáveis dinâmicas selecionadas para análise da marcha.	36
FIGURA 14 - Representação gráfica das variáveis dinâmicas selecionadas para análise da corrida.	36
FIGURA 15 - Fluxograma representando o procedimento experimental do presente projeto científico.	37
FIGURA 16- Nível de sensibilidade cutânea dos corredores nas seguintes áreas da região plantar: (a) calcanhar, (b) médio-pé, (c) 5º metatarso, (d) 1º metatarso e (e) hálux.	39
FIGURA 17- Nível de sensibilidade cutânea dos atletas de handebol nas seguintes áreas da região plantar: (a) calcanhar, (b) médio-pé, (c) 5º metatarso, (d) 1º metatarso e (e) hálux.	40
FIGURA 18- Nível de sensibilidade cutânea dos adultos nas seguintes áreas da região plantar: (a) calcanhar, (b) médio-pé, (c) 5º metatarso, (d) 1º metatarso e (e) hálux.	41
FIGURA 19- Nível de sensibilidade cutânea dos idosos nas seguintes áreas da região plantar: (a) calcanhar, (b) médio-pé, (c) 5º metatarso, (d) 1º metatarso e (e) hálux	42
FIGURA 20- Nível de sensibilidade cutânea dos diabéticos neuropatas nas seguintes áreas da região plantar: (a) calcanhar, (b) médio-pé, (c) 5º metatarso, (d) 1º metatarso e (e) hálux.	43
FIGURA 21- Envoltório linear do EMG do tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) no ciclo da corrida dos corredores na condição com palmilha.	57
FIGURA 22- Envoltório linear do EMG do tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) no ciclo da corrida dos corredores na condição sem palmilha.	61

	Pág.
FIGURA 23- Envoltório linear do EMG do tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) no ciclo da corrida dos atletas de handebol na condição com palmilha.	66
FIGURA 24- Envoltório linear do EMG do tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) no ciclo da corrida dos atletas de handebol na condição sem palmilha.	70
FIGURA 25- Envoltório linear do EMG do tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) no ciclo da marcha dos adultos.	73
FIGURA 26- Envoltório linear do EMG do tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) no ciclo da marcha dos idosos.	77
FIGURA 27- Envoltório linear do EMG do tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), reto femoral (RF) no ciclo da marcha dos diabéticos neuropatas.	81

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1- Média e desvio padrão da idade, massa corporal e estatura dos grupos de corredores e atletas de handebol que realizaram o movimento de corrida.	29
TABELA 2- Média e desvio padrão da idade, massa corporal e estatura dos grupos de diabéticos neuropatas, idosos e adultos que realizaram o movimento de corrida.	30
TABELA 3- Valores médios das variáveis dinâmicas e subjetivas dos corredores nos diferentes períodos da corrida (t_0 a t_{50}) nas condições com e sem palmilha.	47
TABELA 4- Valores médios das variáveis dinâmicas e subjetivas dos atletas de handebol nos diferentes períodos da corrida (t_0 a t_{50}) nas condições com e sem palmilha.	50
TABELA 5- Valores médios das variáveis dinâmicas e subjetivas dos adultos nos diferentes períodos da marcha (t_0 a t_{50}).	52
TABELA 6- Valores médios das variáveis dinâmicas e subjetivas dos idosos nos diferentes períodos da marcha (t_0 a t_{50}).	53
TABELA 7- Valores médios das variáveis dinâmicas e subjetivas dos diabéticos neuropatas nos diferentes períodos (t_0 a t_{50}) da marcha.	54
TABELA 8- Valores médios das variáveis eletromiográficas e subjetivas dos corredores nos diferentes períodos da corrida (t_0 a t_{50}) na condição com palmilha.	58
TABELA 9- Valores médios das variáveis eletromiográficas e subjetivas dos corredores nos diferentes períodos da corrida (t_0 a t_{50}) na condição sem palmilha.	62
TABELA 10- Valores médios das variáveis eletromiográficas e subjetivas dos jogadores de handebol nos diferentes períodos da corrida (t_0 a t_{50}) na condição com palmilha.	65

	Pág.
TABELA 11- Valores médios das variáveis eletromiográficas e subjetivas dos jogadores de handebol nos diferentes períodos da corrida (t_0 a t_{50}) na condição sem palmilha.	69
TABELA 12- Valores médios das variáveis eletromiográficas e subjetivas dos adultos nos diferentes períodos da marcha (t_0 a t_{150}).	72
TABELA 13- Valores médios das variáveis eletromiográficas e subjetivas dos idosos nos diferentes períodos da marcha (t_0 a t_{50}).	76
TABELA 14- Valores médios das variáveis eletromiográficas e subjetivas dos diabéticos neuropatas nos diferentes períodos da marcha (t_0 a t_{50}).	80

LISTA DE QUADROS

	Pág.
QUADRO 1- Limiar de Sensibilidade cutânea estabelecido no kit de monofilamentos North Coast® (2000).	18
QUADRO 2- Especificações da leitura referente ao nível de sensibilidade em função do valor nominal de pressão e cor do filamento percebido pelo voluntário (SORRI Bauru®).	31
QUADRO 3- Variáveis referentes às componentes verticais da FRS selecionadas para análise da marcha e do correr.	35

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.	92

RESUMO

CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS SUBJETIVOS, CINÉTICOS E ELETROMIOGRÁFICOS NA LOCOMOÇÃO

Autora: KATIA BRANDINA

Orientador: PROF. DR. JÚLIO CERCA SERRÃO

A percepção sobre as cargas externas permite a criação de estratégias eficientes para o controle do estresse mecânico aplicado ao aparelho locomotor. As poucas referências disponíveis na literatura especializada estudaram a questão, a partir da associação das respostas dinâmicas (força de reação do solo e pressão plantar) e subjetivas na locomoção. Entretanto, não há trabalhos que associem o comportamento da percepção de carga ao das respostas eletromiográficas e não há na literatura o estudo das relações entre as respostas subjetivas, dinâmicas e eletromiográficas na locomoção (corrida e marcha) entre os grupos com e sem comprometimento das sensações somatosensoriais na região plantar. O presente estudo objetivou verificar as correlações entre os valores dinâmicos, eletromiográficos e subjetivos: a) Na corrida de atletas (corredores e jogadores de handebol) em função do uso da palmilha (calçado com palmilha x calçado sem palmilha) e b) Na marcha de diabéticos neuropatas, de idosos saudáveis e de adultos. Para tanto, os registros dinâmicos (FRS), eletromiográficos e subjetivos (escala Ratings of Perceived Exertion de Borg) foram mensurados. Os voluntários se locomoveram na esteira por um período de 50 minutos em velocidade constante e a cada 10 minutos as variáveis dinâmicas (sistema GAITWAY - duas plataformas de força piezoelétricas dispostas em série, montadas na superfície de uma esteira rolante), eletromiográficas (EMG 1000 com eletrodos de superfície ativos, pré-amplificados, conectados aos canais ativos do equipamento) dos músculos tibial anterior (TA), gastrocnêmio lateral (GL), reto femoral (RF), vasto lateral (VL) e bíceps femoral cabeça longa (BF) e subjetivas foram adquiridas. Os grupos de corredores (C) e atletas de handebol (AH) efetuaram a corrida e o uso da palmilha do calçado foi manipulado; enquanto, o grupo de diabéticos neuropatas (DN), idosos (I) e

adultos (A) caminharam. Para todos os grupos estudados, não foram verificadas variações na intensidade das cargas aplicadas ao aparelho locomotor nos seis instantes de coleta e as respostas subjetivas apresentaram valores crescentes e significativos ($p < 0,05$) entre a maioria dos instantes de coleta. Somente para I, os resultados de correlação obtidos entre as variáveis dinâmicas (GC: $r = 0,73$; Imp50: $r = 0,64$; Fy1: $r = 0,50$) e a percepção de carga na marcha foram fortes e significativos ($p < 0,01$). Sabendo que, os I eram sedentários, possivelmente as maiores correlações de respostas subjetivas com objetivas deste grupo podem estar pautadas na percepção de cargas mais intensas do que as experimentadas no cotidiano. Esta situação corrobora com os resultados de estudos relacionados ao tema, que sugerem que as respostas subjetivas são baseadas nas informações mecânicas de movimentos que geram cargas de intensidades distintas em relação a que o sujeito está mais exposto no cotidiano. As variáveis eletromiográficas sofreram variações discretas entre os períodos de coleta para todos os grupos analisados, decorrentes de artefatos no sistema de aquisição de dados; e os valores atribuídos por todos voluntários para as variáveis subjetivas indicaram comportamento crescente e significativo ($p < 0,05$). Ainda assim, as correlações obtidas entre as variáveis eletromiográficas e subjetivas para todos os grupos foram fracas. Conclui-se que, valores eletromiográficos e dinâmicos não se relacionam de forma consistente com a percepção de cargas mecânicas, demonstrando que a resposta subjetiva não pode ser utilizada como parâmetro de controle de estresse mecânico em movimentos cuja intensidade de cargas não varia.

PALAVRAS-CHAVE: biomecânica, percepção, forças externas, corrida, marcha.

ABSTRACT

CORRELATION AMONG SUBJECTIVE, KINETIC AND ELECTROMYOGRAPHIC PARAMETERS IN HUMAN LOCOMOTION

Author: KATIA BRANDINA

Adviser: PROF. DR. JÚLIO CERCA SERRÃO

The perception of external loads allows the use of efficient strategies to control the mechanical stress applied to the locomotor structures. The few available references in the specialized literature studied this subject starting from the association of dynamic (ground reaction force and plantar pressure) and subjective responses during locomotion. However, there isn't any study associating load perception behavior to electromyographic responses and, also, there isn't any study in the literature about the relationship among subjective, dynamic and electromyographic responses during locomotion (running and walking) in groups with and without somatosensory compromisings in the plantar area of the foot. Therefore, the aim of this study was to verify the correlation among dynamic, electromyographic and subjective data: a) During athletes' running (runners and handball players), manipulating the use of inner soles (shoe with inner sole x shoe without inner sole); and b) During the walking of diabetic neuropathic people, healthy elderly people and adults. To meet this purpose, dynamic (GRF), electromyographic and subjective (Borg's Ratings of Perceived Exertion) data were measured. The volunteers walked or ran in a treadmill for 50 minutes in a constant speed, and every 10 minutes were acquired the dynamic data (GAITWAY System - two piezoelectric force plates placed on the treadmill surface), electromyographic data (EMG 1000 System – active and pre-amplified surface electrodes, connected to the active channels of the equipment) of the muscles Tibialis Anterior (TA), Gastrocnemius Lateralis (GL), Rectus Femoris (RF), Vastus Lateralis (VL) and Biceps Femoris - long head (BF), and subjective data. The groups of runners (C) and handball athletes (AH) performed the running condition and had the use of the inner sole of the shoe manipulated; while, the groups of diabetic neuropathic people (DN), elderly (I) and adults (A) walked. For all

of the studied groups, was not verified variations in the intensity of the loads applied to the human body in the six acquisition instants, while the subjective responses presented growing and significant values ($p < 0,05$) among most of the acquisition instants. The correlation between the dynamic variables (GC: $r=0,73$; Imp50: $r=0,64$; Fy1: $r=0,50$) and the load perception during walking was strong and significant ($p < 0,01$) only for I. Knowing that the I was sedentary, it's possible that the great subjective and objective response correlations about this group may be based in the perception of intense charges than the experienced in the common day. This situation mach with the results of the articles related with the objective of the work and suggest that subjective responses are based on the mechanical information generate of loads of different intensities. The electromyographic variables suffered small variations among the periods of data acquisition for all of the analyzed groups, probably because of movement variability and the values attributed by all volunteers for the subjective variables indicated growing and significant behavior ($p < 0,05$). Nevertheless, the correlations obtained between the electromyographic and subjective variables for all groups were weak. It is possible to conclude that the values of dynamic and electromyographic don't have relation in a consistent way with the perception of mechanical charges, showing that the subjective response can't be used as parameter of control of the mechanical stress in movements were the intensity of the charges didn't change.

KEY-WORDS: Biomechanics, perception, external loads, running, walking.