

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**AVALIAÇÃO CINEMÁTICA, ELETROMIOGRÁFICA E DA  
CONCENTRAÇÃO DE BIOMARCADORES INFLAMATÓRIOS EM  
SUJEITOS COM DÓR LOMBAR: COMPARAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE  
MEDIDA, AVALIAÇÃO DE FATORES QUE INFLUENCIAM NOS  
REGISTROS**

Mariana Vieira Batistão

São Carlos  
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

**AVALIAÇÃO CINEMÁTICA, ELETROMIOGRÁFICA E DA  
CONCENTRAÇÃO DE BIOMARCADORES INFLAMATÓRIOS EM  
SUJEITOS COM DÓR LOMBAR: COMPARAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE  
MEDIDA, AVALIAÇÃO DE FATORES QUE INFLUENCIAM NOS  
REGISTROS**

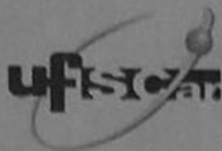
Mariana Vieira Batistão

Material apresentado ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fisioterapia. Área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

**Orientação:** Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Tatiana de Oliveira Sato

**Apoio Financeiro:** Processo nº 2013/14098-2, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

São Carlos  
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

---

Folha de Aprovação

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Mariana Vieira Batistão, realizada em 21/02/2017:

*Tatiana de Oliveira Sato*

---

Profa. Dra. Tatiana de Oliveira Sato  
UFSCar

*Paula Regina M. Mendes da Silva Serrão*

---

Profa. Dra. Paula Regina Mendes da Silva Serrão  
UFSCar

*Thais Cristina Chaves*

---

Prof. Dr. Thais Cristina Chaves  
USP

*Rosimeire Simprini Padula*

---

Profa. Dra. Rosimeire Simprini Padula  
UNICID

*Fábio Viadanna Serrão*

---

Prof. Dr. Fábio Viadanna Serrão  
UFSCar

## Dedicatória

À minha família, sempre!

Eu não poderia desejar melhor família! Fonte de segurança, carinho, exemplos de superação! Agradeço ao Senhor a cada dia pela vida de cada um de vocês. Agradeço pela dádiva de poder partilhar essa vida com pessoas tão especiais.

À minha mãe, exemplo de força, inteligência, dedicação. Seu amor pela educação foi o combustível para que eu pudesse chegar tão longe. Obrigada por ter me ensinado que a educação é o bem mais precioso que podemos almejar. Por ter lutado com garra para superar obstáculos sociais e econômicos de modo a me permitir ser e ter tudo o que tenho e sou hoje! Obrigada por acreditar em mim, por todo apoio nos momentos de dúvida.

Pai, obrigada por ser guerreiro. Por me ensinar a sempre continuar e buscar caminhos mesmo quando tudo parece perdido. Obrigada pela constante alegria em viver que me incentiva.

Felipe, obrigada pela companhia e pelo constante incentivo. A vida em São Carlos com certeza se tornou mais leve e cheia de alegria com a sua presença. Obrigada por ser exemplo de seriedade, persistência e companheirismo.

Lucca, obrigada pela alegria que você demonstra e por todo o carinho que você distribui. Por ser exemplo de inteligência e amor. Obrigada pela companhia e auxílio sempre pronto!

Ao meu namorado Gustavo! Meu porto seguro, minha fortaleza. Com toda certeza esse trabalho também é seu! Obrigada pela presença, conforto, conselho, e todo apoio estratégico durante esse período. Você é meu exemplo, meu norte, minha alegria!

Padrinho Henrique, obrigada pela presença e carinho. Obrigada por estar presente mesmo que distante. Por ser alegria e ombro amigo!

E não menos importante, obrigada especial à minha avó Francisca. Amor da minha vida! Presença e conselho certos. Carinho que não tinha fim! Sinto sua falta todos os dias! Sei que mesmo do céu, esse trabalho não teria saído sem a sua ajuda!

Amo imensamente todos vocês!

## **Agradecimento especial**

À Professora Tatiana de Oliveira Sato. Não tenho palavras para expressar a gratidão que sinto por estes anos de convivência. Foram muitos ensinamentos que moldaram minha vida acadêmica e profissional, além de minha formação pessoal. Muito obrigada pela paciência, pela abertura, pela disponibilidade, pelas conversas e conselhos. Quando um dom se manifesta na vida de uma pessoa, ela se destaca aonde quer que vá. Seu dom como professora e fisioterapeuta com certeza me inspirarão por toda a vida. Não consigo pensar em melhor exemplo de integridade, profissionalismo, dedicação, transmissão de conhecimentos e responsabilidade. Obrigada pela oportunidade que me deu há seis anos atrás. Com toda a certeza mudou minha história.

## Agradecimentos

À Deus. Obrigada, Senhor pela minha vida e de minha família. Pela oportunidade de concluir este trabalho. Obrigada por me dar forças em todos os momentos. Pelos obstáculos superados. Pelos erros com os quais pude aprender. Por não deixar de estar ao meu lado em todos os momentos. Finalizando este trabalho, só tenho a agradecer pelos sonhos realizados e pelos caminhos que se abrem à frente.

“Tu que habitas sob a proteção do Altíssimo, que moras à sombra do Onipotente, dize ao Senhor: Sois meu refúgio e minha cidadela, meu Deus, em que eu confio.”  
*Salmo 90*

Aos membros da banca pela disponibilidade e paciência. Pelas contribuições que engrandecem o trabalho.

À Prof<sup>a</sup> Letícia Carnaz. Por me acompanhar todos esses anos, me apresentado ao mundo da pesquisa. Por toda paciência e disponibilidade. Sua participação nesse trabalho foi essencial.

Ao Prof Thiago por abrir as portas de seu laboratório, e por todo ensinamento compartilhado. Sua contribuição foi muito importante a este trabalho.

À Prof<sup>a</sup> Patrícia por abrir as portas do seu laboratório e por todas as oportunidades. Obrigada por todo o ensinamento.

À Prof<sup>a</sup> Cristiane pelas contribuições e ensinamentos.

À Iolanda, querida amiga e companheira. Obrigada pelos conselhos e apoio nesse período.

Aos colegas de laboratório e de pós-graduação: Josi, Fer Barros, Karina, Ana Lucy, Fabi, Lê Ramos, Nívia, Leandro, Michaela, Fernanda Roberto, Dechristian, Fernanda Faturi, Flávio, Ari, Carol Alcântara, Juliana Ansai, Marina e Bruno. Muito obrigada pela convivência, apoio, ensinamentos e companheirismo. Por auxiliar sempre que precisei. Gostei muito de trabalhar com todos vocês.

Às alunas de iniciação Isabela e Letícia. Foi um grande prazer conviver com vocês e poder ensiná-las ao mesmo tempo em que aprendia. Obrigada pelo compromisso, responsabilidade e dedicação que mostraram. Esse trabalho e minha formação não teriam sido tão completos sem vocês.

Aos colegas da Equipe Multiprofissional do Hospital Universitário, que tem me ensinado tanto! Especialmente às fisioterapeutas: Daniela, Renata e Naiara. Obrigada pelo apoio, conselhos, torcida e compreensão. Obrigada por me ensinarem mais a cada dia e abrirem para mim um mundo novo e cheio de conhecimentos. Gratidão imensa a vocês.

À Profª Adriana, chefe e professora! Obrigada por todo apoio e compreensão que teve nos períodos turbulentos. Obrigada por todo ensinamento! Tornou imensamente leve e engrandecedor para mim todo esse período em que trabalhamos em conjunto.

Aos amigos queridos de perto e de longe: Gabriela, Patrícia, Mario, Luana, Daiane, Rafaela, Thaís, Vivian, Gabriel, Natália, Mariana Melo. E à minha afilhada Helena. Obrigada por todo apoio. Por estarem comigo nos momentos felizes, mas também nos difíceis. Minha vida é completa por causa de vocês. Vocês são a minha luz.

Às amigas Jéssica, Mônica e Viviane. Que acompanharam de perto cada obstáculo e cada vitória deste ciclo. E que compartilham comigo o amor à dança. Obrigada pela presença, apoio e amizade. Não sei o que faria sem vocês.

Aos voluntários da pesquisa, sem os quais nada faria sentido. Obrigada pela disponibilidade, pelas conversas. Por contribuir de forma tão importante para meu trabalho e minha formação. Também agradeço aos gerentes, encarregados e chefes dos funcionários que tão prontamente disponibilizaram horas de trabalho de seus funcionários a esta pesquisa. Meu imenso obrigado.

À Universidade Federal de São Carlos que é responsável pela minha formação acadêmica e profissional desde a graduação. Obrigada a todos os professores e funcionários.

À FAPESP pelo apoio financeiro.

“A educação é a arma mais poderosa que você  
pode usar para mudar o mundo.”

*Nelson Mandela*



## Resumo

A dor lombar tem um impacto negativo na qualidade de vida e desempenho no trabalho, além de ser uma grande sobrecarga socioeconômica. Diversos estudos tem se dedicado a investigar a relação dose-resposta dos fatores de risco e o desenvolvimento de dor lombar. Uma forma de avaliar essa relação é a Eletromiografia de superfície (EMG). O Estudo 1 teve como objetivo avaliar a influencia de pregas cutâneas, índice de massa corporal (IMC) e massa corporal na amplitude da EMG dos músculos eretor da espinha, multífido e reto abdominal. Dezenove sujeitos do sexo masculino foram recrutados. A análise mostrou que esses fatores têm influencia no registro de EMG, explicando de 27 a 73% da variância do sinal. Do mesmo modo, a avaliação dos movimentos e postura do tronco são de interesse da pesquisa em ergonomia. O Estudo 2 teve como objetivo comparar dois sistemas de registro dos movimentos do tronco, o sistema tridimensional de registro do movimento (Qualisys, ProReflex MCU, Suécia) e o inclinômetro (Logger Tecknologi HB, Akarp, Suécia). Dados de 27 voluntários foram analisados. Dados foram coletados durante três diferentes tarefas: uma estática na posição ortostática, uma estática com 45° de flexão de tronco e uma dinâmica sendo um manuseio de uma carga de 11,4 kg. Os movimentos do tronco foram avaliados pelos dois sistemas de forma simultânea. Os resultados mostraram que os sistemas diferiram entre 0,9° na tarefa estática em pé, 10° na estática com flexão de tronco e 29,3° na tarefa dinâmica de manuseio de cargas. Dforma, a utilização do inclinômetro para a avaliação da postura e movimentos do tronco deve ser feita com cautela, principalmente na avaliação de tarefas dinâmicas. Em adição à avaliação cinemática e eletromiográfica, outra abordagem tem sido utilizada. Estudos recentes têm investigado a resposta inflamatória e sua relação com a dor lombar. Desta forma, o objetivo do Estudo 3 foi comparar os níveis de marcadores inflamatórios (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 e IL-10) em trabalhadores com dor lombar, de acordo com as características dos sintomas, como: impacto funcional, busca por auxílio profissional, sintomas nos últimos 7 dias e frequência dos sintomas no último ano. Vinte e quatro homens foram avaliados. O método Elisa (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay - Quantikine®HS, R & D Systems, Minneapolis, USA) foi usado para quantificar o nível de citocinas. Contudo, nenhuma diferença estatística foi encontrada. E no Estudo 4, o objetivo foi quantificar, em dois momentos distintos, os níveis de biomarcadores inflamatórios em trabalhadores experientes com dor lombar, divididos aleatoriamente em dois grupos: controle (não realizou uma tarefa de manuseio de cargas) e experimental (realizou o manuseio). O método ELISA foi usado para quantificar a concentração de citocinas em vinte e cinco trabalhadores do sexo masculino (controle=13; experimental=12). Os resultados mostraram que não foram encontradas diferenças na concentração dos biomarcadores entre os grupos nem entre as avaliações. Desta forma, pode-se concluir que a tarefa não modificou a concentração dos biomarcadores. Recomendações para futuros estudos são avaliar uma tarefa que gere maior sobrecarga, ou seja, com maior duração, frequência ou magnitude, considerando os riscos impostos à população.

**Palavras-chave:** ergonomia, manuseio manual de cargas, dor lombar.

## Abstract

Low back pain has a negative impact on quality of life and work performance, and has great socioeconomic burden. Several studies have focused on investigating the dose-response relationship between risk factors and the development of low back pain. One way to evaluate this relationship is Surface Electromyography (EMG). Study 1 aimed to evaluate the influence of skinfolds, body mass index (BMI) and body mass on the amplitude of the EMG of the erector spinae (iliocostalis), multifidus and rectus abdominis muscles. Nineteen male subjects were recruited. The analysis showed that these factors influence the EMG record, explaining from 27 to 73% of the signal variance. Likewise, the evaluation of trunk movements and posture are of interest in ergonomic research. Study 2 aimed to compare two trunk movement logging systems, the three-dimensional movement recording system (Qualisys, ProReflex MCU, Sweden) and the inclinometer (Logger Tecknologi HB, Akarp, Sweden). Data from 27 volunteers were analyzed. Data were collected during three different tasks: a static in the orthostatic position, a static with 45 ° of trunk flexion and a dynamic being a manual handling of a load of 11.4 kg. The trunk movements were evaluated by the two systems simultaneously. The results showed that the systems differed between 0.9 ° in the standing static task, 10° in the static with trunk flexion and 29.3° in the dynamic task. Therefore, the use of inclinometer for posture evaluation and trunk movements should be done with caution, especially in the evaluation of dynamic tasks. In addition to the kinematic and electromyographic evaluation, another approach has been used. Recent studies have investigated the inflammatory response and its relationship to low back pain. Thus, the aim of Study 3 was to compare the levels of inflammatory biomarkers (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 and IL-10) in workers with low back pain, according to the characteristics of the symptoms, such as: functional impact, search for professional help, symptoms in the last 7 days and frequency of symptoms in the last year. Twenty-four men were evaluated. The Elisa method (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay - Quantikine®HS, R & D Systems, Minneapolis, USA) was used to quantify the level of cytokines. However, no statistical difference was found. And in Study 4, the objective was to quantify, at two different times, levels of inflammatory biomarkers in experienced workers with low back pain, randomly divided into two groups: control (did not perform a load handling task) and experimental (handled ). The ELISA method was used to quantify the concentration of cytokines in twenty-five male workers (control=13; experimental= 12). The results showed that no differences were found in the concentration of biomarkers between the groups nor between the evaluations. In this way, it can be concluded that the task did not modify the concentration of biomarkers. Recommendations for future studies are to evaluate a task that generates greater overload, that is, with a longer duration, frequency or magnitude, considering the risks imposed to the population.

**Key-words:** ergonomics, manual handling tasks, low back pain.

## Lista de Figuras

### Estudo 1

- Figura 1 -Gráfico de dispersão mostrando a relação entre: A) Ereter da espinha esquerdo e massa; B) Ereter da espinha esquerdo e IMC; C) Ereter da espinha esquerdo e prega suprailíaca; D) Ereter da espinha esquerdo e prega lombar 28
- Figura 2 - Gráfico de dispersão mostrando a relação entre; A) Ereter da espinha direito e massa; B) Ereter da espinha direito e IMC; C) Ereter da espinha direito e prega suprailíaca. 29
- Figura 3 - Gráfico de dispersão mostrando a relação entre: A) Multífido esquerdo e massa; B) Multífido esquerdo e IMC; C) Multífido esquerdo e prega suprailíaca; D) Multífido esquerdo e prega lombar 30
- Figura 4 - Gráfico de dispersão mostrando a relação entre A) Multífido direito e massa; B) Multífido direito e IMC; C) Multífido direito e prega suprailíaca; D) Multífido direito e prega lombar. 31
- Figura 5 - Gráfico de dispersão mostrando a relação entre A) Reto abdominal esquerdo e massa; B) Reto abdominal esquerdo e IMC 32

### Estudo 2

- Figura 1- Fluxograma ilustrando os procedimentos do estudo 43
- Figura 2- Equipamentos utilizados na coleta de dados: A) Plataforma ajustável e caixa utilizadas na tarefa dinâmica de manuseio de carga; B) Sensores inclinométricos posicionados; C) Marcadores do sistema tridimensional de registro do movimento (vista anterior); D) Marcadores do sistema tridimensional de registro do movimento (vista posterior). 46
- Figura 3 - Bland Altman para o manuseio médio. 51
- Figura 4 - Bland Altman para a tarefa estática em pé 52
- Figura 5 - Bland Altman para a tarefa estática com flexão de tronco. 52

### Estudo 3

- Figura 1 - Fluxograma do processo de recrutamento e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão 67

### Estudo 4

- Figura 1 - A) Fluxograma dos procedimentos e B) Sujeito realizando a tarefa de manuseio de carga. 83

## Lista de Tabelas

### Estudo 1

- Tabela 1 - Dados demográficos e eletromiográficos da amostra (n=19). 26
- Tabela 2 - Resultados da regressão linear (R2 e p valor) separadamente para massa corporal, IMC e pregas cutâneas. 27

### Estudo 2

- Tabela 1 - Dados pessoais dos voluntários avaliados 48
- Tabela 2 - Valores máximos, mínimos, média, percentis 10, 90 e 99 e variação entre o percentil 10 e 90 para cada equipamento em cada tarefa. RMS da diferença entre as medidas para cada tarefa. 49
- Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Pearson para as médias, percentis 10 e 90 e a variação entre os percentis 10 e 90 entre os dois equipamentos. 50
- Tabela 4 - Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) para a média, percentis 10 e 90 e a variação entre os percentis 10 e 90 50

### Estudo 3

- Tabela 1 - Dados demográficos da amostra (n=24) 70
- Tabela 2 - Biomarcadores inflamatórios (pg/mL) nos grupos de acordo com prejuízo funcional (sim/não), procura por profissional da saúde (sim/não) e presença de sintomas nos últimos 7 dias (sim/não). Hábito de fumar, Demanda e Controle (da Escala de Estresse no Trabalho) foram usados como covariáveis 71
- Tabela 3 - .Biomarcadores inflamatórios (pg/mL) nos grupos com baixa e alta frequência de dor lombar nos últimos 12 meses. Dados apresentados em média(desvio padrão). Hábito de fumar e Demanda e Controle (da Escala de Estresse no Trabalho) foram usadas como covariáveis. 72

### Estudo 4

- Tabela 1 - Dados demográficos do grupo controle (GC), grupo experimental (GE) e da amostra total (n=25). 85
- Tabela 2 - Níveis das citocinas inflamatórias TNF- $\alpha$  e IL-6 (pg/mL) do grupo controle (GC), grupo experimental (GE) na linha de base (pré) e após o tempo de manuseio (pós). Também são apresentados o P valor e poder do teste para as análises realizadas. 86
- Tabela 3 - Níveis das citocinas inflamatórias IL-10 e IL-1 $\beta$  (pg/mL) do grupo controle (GC), grupo experimental (GE) na linha de base (pré) e após o tempo de manuseio (pós). Os dados estão apresentados em média (DP). Também são apresentados o P valor e poder do teste para as análises realizadas. 87

## SUMÁRIO

<b>Contextualização</b>	<b>11</b>
<b>Estudo 1 - Influência do índice de massa corporal, pregas cutâneas e massa corporal no registro eletromiográfico de músculos lombares e abdominais.</b>	<b>18</b>
Resumo	19
Abstract	19
Introdução	20
Método	22
Resultados	25
Discussão	32
Referências	34
<b>Estudo 2 - Comparação entre dois sistemas de registro dos movimentos de flexão do tronco durante tarefas estáticas e manuseio de cargas</b>	<b>37</b>
Resumo	38
Abstract	39
Introdução	40
Objetivo	41
Método	42
Resultados	47
Discussão	53
Conclusão	54
Referências	54
<b>Estudo 3 - Dor lombar e concentrações séricas de citocinas inflamatórias – uma avaliação transversal</b>	<b>62</b>
Resumo	63
Abstract	63
Introdução	64
Método	66
Resultados	69
Discussão	72
Agradecimentos	74
Referencias	74

<b>Estudo 4 - Biomarcadores inflamatórios em trabalhadores com dor lombar após uma tarefa experimental de manuseio manual de cargas – ensaio randomizado controlado</b>	<b>77</b>
Resumo	78
Abstract	78
Introdução	79
Método	81
Resultados	84
Discussão	87
Agradecimentos	90
Referencias	90
<b>Considerações finais</b>	<b>93</b>
<b>Referências</b>	<b>95</b>
<b>Anexos</b>	<b>105</b>
Anexo 1	106
Anexo 2	122

## **CONTEXTUALIZAÇÃO**

## CONTEXTUALIZAÇÃO

A dor lombar tem grande prevalência mundial, além de impacto negativo na qualidade de vida e desempenho no trabalho, além de ser uma grande sobrecarga socioeconômica (ASGARI et al., 2015; DEYO et al., 2001; LAWRENCE et al., 1998; MANCHIKANTI et al., 2014; OZGULER et al., 2000; PAI e SUNDARAM, 2004). Dados recentes mostram que a dor lombar foi uma das principais causas de incapacidade entre jovens e adultos, estendendo-se globalmente, em diversas culturas (DISEASE AND INJURY INCIDENCE AND PREVALENCE COLLABORATORS, 2016).

Embora sejam muito difíceis de serem quantificados de forma exata, os custos anuais gerados são da ordem de 100 a 171 bilhões de dólares nos EUA (PINCUS et al., 2008; NUSBAUM et al., 2001). No Brasil, não existem estimativas específicas sobre o gasto com dor lombar. Os dados disponíveis referem-se às doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo e foram da ordem de 100 milhões de reais em 2010, incluindo aposentadorias por invalidez e auxílios-doença acidentários (MELLOH et al., 2008). Cabe ressaltar que esta estimativa não inclui gastos com consultas médicas, cirurgias, medicamentos, reabilitação, perdas de dias de trabalho, queda na produtividade, dentre outros. Os gastos reais, portanto, são muito superiores às estimativas apontadas.

A etiologia da dor lombar é multifatorial (OHLSSON et al., 1994). Os fatores de risco podem ser individuais (idade, gênero, atividade física, tabagismo, índice de massa corporal, história prévia de dor lombar), ergonômicos (altas demandas físicas no trabalho, trabalho sedentário, manuseio manual de cargas, vibração do corpo todo, posturas inadequadas) e psicossociais (alta demanda ocupacional, alto estresse percebido e insatisfação com trabalho) (HOF et al., 2001; LIN et al., 2000; MARRAS et al., 2016; PINCUS et al., 2008; SPLITTSTOESSER et al., 2010).



Apesar de fatores de risco terem sido descritos na literatura, o conhecimento da relação dose-resposta ainda é limitado, dificultando o estabelecimento de intervenções eficazes (DAHLQVIST et al., 2016). Desta forma, diversos estudos têm se dedicado a investigar essa relação, utilizando a avaliação da postura e movimentos além da atividade eletromiográfica em atividades ocupacionais (HWANG et al., 2009, LARIVIÈRE et al., 2002; MADURI et al., 2008; MARRAS et al., 2006; MÖRL et al., 2005).

A eletromiografia de superfície (EMG) é uma técnica ferramenta largamente utilizada para estimar a ativação muscular (NORDANDER et al., 2003). Na pesquisa em dor lombar, tem sido útil em trazer respostas sobre o comportamento muscular em sujeitos com e sem sintomas. (HODGES e RICHARDSON, 1999; O’SULLIVAN et al., 1997; VAN DIEEN et al., 2003).

Embora largamente utilizada, a análise da EMG revela uma grande variação individual, mesmo em sujeitos realizando a mesma tarefa (BALOGH et al., 1999). Essa variação pode ser devido a diferenças na espessura e propriedades elétricas dos tecidos entre os músculos e eletrodos, bem como o tamanho destes e seu posicionamento. (DE LUCA, 1979; STEGMAN et al., 2000).

Uma das formas de lidar com essa grande variação interindividual é controlar suas fontes. Portanto, a avaliação da relação entre a amplitude do sinal da EMG e fatores que possam influenciar seu sinal pode trazer informações importantes para o desenvolvimento de recomendações para coleta, análise e descrição dos dados de EMG.

Desta forma, o Estudo 1, apresentado nessa tese, teve como objetivo avaliar a influência de pregas cutâneas, índice de massa corporal (IMC) e massa corporal na amplitude da EMG dos músculos iliocostal, multífido e reto abdominal.

Outra forma de avaliar a atividade ocupacional é por meio do registro da postura e movimentos. Revisões da literatura apontam relação entre a presença de fatores de

risco ergonômicos e a ocorrência de dor lombar (ZHANG, 2007). Do mesmo modo, as tarefas que envolvem flexão do tronco e manuseio de cargas pesadas estão associadas à alta incidência de lesões na coluna lombar (MARRAS et al., 1995). Estudos mostram que fatores do trabalho como a magnitude da carga, localização da carga em relação ao trabalhador, frequência de manuseios durante um turno de trabalho influenciam no risco (MARRAS, 2008). Entender como os sujeitos realizam as tarefas de manuseio é, então, importante para o entendimento e prevenção das lesões da coluna lombar.

Sistemas de análise tridimensional do movimento do tronco têm sido largamente utilizados para avaliação dos padrões cinemáticos em sujeitos com e sem dor lombar (ASGARI et al., 2015, MÜLLER et al., 2016). KIM e colaboradores (2013) avaliaram as diferenças entre sujeitos sintomáticos e assintomáticos para o movimento do tronco durante uma tarefa de flexão na posição ortostática. Encontraram que sujeitos sintomáticos realizaram significativamente maior rotação lombopelvica durante a tarefa que os assintomáticos. KUAI et al. (2017) avaliaram diferenças cinemáticas da coluna lombar, pelve e membros inferiores entre sujeitos saudáveis e com herniação discal na coluna lombar. Eles encontraram que os pacientes com herniação discal tem movimento mais restrito na coluna lombar durante tarefa de flexão de tronco e tarefas de alcance de pequeno objeto no chão (com e sem rotação de tronco). Para realizar as tarefas, o movimento da coluna vertebral limitado foi compensado em outros segmentos/articulações.

Em geral, medidas com tais sistemas são demoradas, requerem equipamentos caros e ambientes controlados além de demandar conhecimento técnico específico, tornando inviável sua utilização em larga escala em ambientes ocupacionais (DAHLQVIST et al., 2016).

Contudo, a avaliação da exposição da coluna em situações reais de trabalho requer um equipamento que seja portátil, prático, com baixo custo, tenha pouca

interferência nos movimentos realizados pelo trabalhador, e que permitam o registro por longos períodos de tempo (CARNAZ, 2011). O inclinômetro é um equipamento que apresenta essas características.

Desta forma, o objetivo do Estudo 2 foi comparar dois sistemas de registro dos movimentos do tronco, o sistema tridimensional de registro do movimento (Qualisys, ProReflex MCU, Suécia) e o inclinômetro (Logger Tecknologi HB, Akarp, Suécia) durante diferentes tarefas estáticas e uma tarefa dinâmica de manuseio de cargas.

Em adição à avaliação cinemática e eletromiográfica, outra abordagem tem sido utilizada. Estudos recentes tem investigado a resposta inflamatória após a realização de atividades ocupacionais (WILANDER et al, 2014; CHRISTIAN et al, 2015a; CHRISTIAN et al, 2015b; SPLITTSTOESSER et al, 2010). Diversos mediadores inflamatórios foram descritos associados a dor lombar (YANG et al., 2011). Concentrações mais altas de prostaglandina E2, interleucina (IL) 6 e óxido nítrico foram encontrados em discos hérniados de pacientes que se submeteram à discectomia, comparado a discos de sujeitos controle (KANG et al., 1996). O fator de necrose tumoral  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), IL-1, IL-6, IL-8 e IL-10 foram associados com discos intervertebrais com sinais de degeneração ou hernia, lesões na raiz nervosa e dor radicular em estudos com modelo humano e animal (AHN et al., 2002; OLMAKER e LARSSON, 1998; SHAMJI et al., 2010).

Como a inflamação não pode ser identificada em exames de imagem e não se conhece a intensidade do trauma necessário para iniciar uma resposta inflamatória, a avaliação da inflamação pode ser uma abordagem apropriada para estimar a tolerância tecidual (MARRAS et al., 2016; SPLITTSTOESSER et al., 2010).

Outros estudos encontraram que características da dor, como intensidade e duração dos sintomas, têm correlação com a concentração dos biomarcadores. PEDERSEN et al (2015) encontraram concentrações mais altas de IL-6 e IL-8 em

pacientes com dor lombar que pontuaram mais alto na Escala Visual Analógica nos últimos 12 meses, em comparação com pacientes que pontuaram mais baixo. WEBER e colaboradores (2016) encontraram resultados semelhantes estudando a correlação entre a concentração de IL-6 e a duração dos sintomas na região lombar.

A avaliação das características da dor é muito importante e largamente utilizada em ambientes ocupacionais. Desta forma, o objetivo do Estudo 3 foi comparar os níveis de marcadores inflamatórios (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 e IL-10) em trabalhadores com dor lombar, de acordo com a severidade dos sintomas, como: impacto funcional, busca por auxílio profissional, sintomas nos últimos 7 dias e frequência dos sintomas no último ano.

Tarefas de manuseio manual de cargas (MMC) também foram investigadas usando biomarcadores inflamatórios. No estudo de SPLITTSTOESSER et al (2010), foi encontrado que a IL-6 teve um aumento imediatamente após a exposição, permanecendo acima da linha de base até 20 horas depois do MMC, em indivíduos assintomáticos e inexperientes. YANG et al. (2011) observaram um aumento de IL-6, porcentagem de granulócitos e creatina kinase (CK) depois do MMC também em sujeitos assintomáticos e inexperientes. CHRISTIAN et al. (2015b) encontraram que cargas maiores levaram a valores pico de IL-6 e CK e altas frequências levaram a maiores concentrações de CK. Desta forma, a literatura tem demonstrado que a resposta inflamatória após tarefas de MMC tem uma relação de dose-resposta (CHRISTIAN et al, 2015b; SPLITTSTOESSER et al 2010).

Apesar dos níveis séricos das citocinas inflamatórias já terem sido avaliados após tarefas de MMC, a avaliação em sujeitos experientes e sintomáticos ainda não foi investigada com profundidade. Essa investigação pode trazer mais informações sobre o papel da inflamação no desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos

relacionados ao trabalho, já que a experiência tem um papel importante na sobrecarga da coluna durante o trabalho (MARRAS, 2008).

Assim, o Estudo 4 teve como objetivo investigar os níveis séricos de biomarcadores inflamatórios (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 e IL-10) em trabalhadores experientes e sintomáticos para dor lombar antes e após uma tarefa experimental de MMC. Os resultados foram comparados com os níveis séricos de trabalhadores (também experientes e com dor lombar) que não realizaram a tarefa.

Sendo assim, esta Tese teve como objetivo avaliar os instrumentos utilizados para quantificar a exposição ocupacional da coluna lombar bem como os fatores que influenciam seus registros (Estudo 1 e 2) e avaliar trabalhadores experientes e sintomáticos para coluna lombar através de outra abordagem: a concentração de citocinas inflamatórias, investigando sua relação com características da dor (Estudo 3) e com uma tarefa de manuseio manual de cargas (Estudo 4).

**Estudo 1**

**INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE MASSA CORPORAL, PREGAS CUTÂNEAS E  
MASSA CORPORAL NO REGISTRO ELETROMIOGRÁFICO DE  
MÚSCULOS LOMBARES E ABDOMINAIS**

Mariana Vieira Batistão, Isabela Piazzzi, Tatiana de Oliveira Sato

# INFLUÊNCIA DO ÍNDICE DE MASSA CORPORAL, PREGAS CUTÂNEAS E MASSA CORPORAL NO REGISTRO ELETROMIOGRÁFICO DE MÚSCULOS LOMBARES E ABDOMINAIS

## Resumo

**Introdução:** O controle das fontes de variação da eletromiografia de superfície (EMG) é recomendado para lidar com a variabilidade interindividual. A distância entre o eletrodo e o músculo é uma destas fontes. **Objetivos:** Avaliar a influência das pregas cutâneas, índice de massa corporal (IMC) e massa corporal na amplitude de EMG dos músculos eretor da espinha (iliocostal), multífido e reto abdominal. **Métodos:** Dezenove homens assintomáticos para dor lombar participaram do estudo. A massa corporal, idade, altura, IMC, pregas cutâneas abdominal, suprailíaca e sob o músculo eretor da espinha foram avaliadas. O sinal de EMG dos músculos eretor da espinha, multífido e reto abdominal foram registrados durante uma tarefa de manuseio manual de cargas. A influência das variáveis (massa corporal, pregas cutâneas e IMC) no registro EMG foi estimada por meio de um modelo de regressão linear. **Resultados:** Os fatores investigados explicaram entre 27 a 73% da variância do sinal. Esses resultados mostram a importância das medidas antropométricas para a interpretação da EMG dos músculos avaliados. Estudos futuros devem considerar estes aspectos na seleção dos sujeitos, análise dos dados e interpretação dos resultados.

**Palavras-chave:** Eletromiografia; antropometria; região lombossacral.

## Abstract

**Introduction:** The control of the sources of variation of surface electromyography (EMG) is recommended to deal with interindividual variability. The distance between the electrode and the muscle is one of these sources. **Objective:** To evaluate the influence of skinfolds, body mass index (BMI) and body mass on the amplitude of EMG of erector spinae (iliocostalis), multifidus and rectus abdominis muscles. **Methods:** Nineteen asymptomatic men for the low back region participated in the study. The body mass, age, height, BMI, abdominal, suprailiac skinfolds and a skinfold under the erector spinae muscle were evaluated. The EMG signal of the erector spinae, multifidus and rectus abdominis muscles were recorded during a manual load handling task. The influence of the variables (body mass, skinfold thickness and BMI) in the EMG record was estimated using a linear regression model. **Results:** The investigated factors explained between 27 and 73% of the sign variance. These results show the importance of the anthropometric measures for the interpretation of the EMG of the

evaluated muscles. Future studies should consider these aspects in subjects' selection, data analysis and interpretation of results.

**Key-words:** Electromyography; anthropometry; lumbosacral region.

## **Introdução**

A eletromiografia de superfície (EMG) é usada para descrever a ativação muscular (NORDANDER et al., 2003). Na biomecânica ocupacional, é útil para identificar a sobrecarga muscular devido a fatores de risco ergonômicos (HODGES e RICHARDSON, 1999; O'SULLIVAN et al., 1997; VAN DIEEN et al., 2003).

Os músculos extensores do tronco e os abdominais têm um papel importante na estabilização da coluna (SILFIES et al., 2005; VAN DIEEN et al., 2003), sendo que os indivíduos com dor lombar não tem o mesmo padrão de ativação dos músculos abdominais que sujeitos assintomáticos (O'SULLIVAN et al., 1997). A atividade dos músculos multífido, eretor da espinha e reto abdominal é maior em indivíduos com dor lombar em comparação com controles durante a marcha (GHAMKHAR e KAHLAEE, 2015) e manuseio manual de cargas (MMC) (CHEN et al., 1998).

Embora largamente utilizada, a análise da EMG indica haver uma grande variabilidade interindividual, mesmo quando os sujeitos realizam as mesmas tarefas (BALOGH et al. 1999). Essa variação pode ser devido a diferenças na espessura e propriedades elétricas dos tecidos localizados entre os eletrodos e os músculos, bem como o tamanho destes e sua localização (DE LUCA 1979; STEGEMAN et al., 2000).

A normalização dos registros de EMG em relação ao sinal obtido durante uma contração de referência é bastante usada para reduzir a variabilidade interindividual (NORDANDER et al., 2003). Entretanto, a contração de referência pode sofrer a influência de diversos fatores, como a ausência de motivação e inibição por dor (MATHIASSEN et al., 1995), fato que pode mascarar a variabilidade entre grupos avaliados (LARIVIÈRE et al., 2000).



Outra forma de lidar com a variabilidade interindividual é controlar suas fontes. Uma delas é a distância entre o eletrodo e o músculo (WINTER et al., 1980). Alguns autores já investigaram esta relação (NORDANDER et al., 2003; HEMINGWAY et al., 1995). NORDANDER et al. (2003) avaliaram a influência da espessura do tecido subcutâneo no sinal da EMG do músculo trapézio por meio de ultrassom, medida das pregas cutâneas e índice de massa corporal (IMC). Os autores encontraram que até 68% do sinal podia ser explicado por esses fatores. HEMINGWAY et al. (1995) investigaram a influência das pregas cutâneas, avaliadas na localização dos eletrodos de EMG, nas amplitudes eletromiográficas dos músculos multífido e eretor da espinha e também encontraram grande influência destes fatores no sinal (até 81%).

Ainda que os dados antropométricos necessitem ser controlados em estudos com EMG, poucos estudos que realizaram testes para verificar diferenças nas medidas antropométricas entre os grupos avaliados foram encontrados. Exemplos de estudos que usaram a medida das pregas cutâneas, massa corporal e IMC em suas análises estatísticas, de forma a avaliar se os grupos eram comparáveis são os de LARIVIÉRE et al. (2000) e LARIVIÉRE et al. (2002).

Desta forma, a avaliação da relação entre a amplitude da EMG e características antropométricas podem trazer informações importantes para o desenvolvimento de recomendações para a coleta, análise e descrição dos dados eletromiográficos.

Surpreendentemente, não foram encontrados estudos avaliando a influência das pregas cutâneas no registro eletromiográfico dos músculos abdominais, embora se saiba que a obesidade causa depósito de gordura principalmente nesta região. Além disso, medidas mais simples como o IMC e a massa corporal podem ser mais facilmente controladas em estudos que avaliem a atividade EMG dos músculos multífido, eretor da espinha e abdominais.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência do IMC, pregas cutâneas e massa corporal na amplitude da EMG dos músculos eretor da espinha, multífido e reto abdominal. A hipótese do estudo é que estes fatores influenciam o sinal eletromiográfico de forma inversamente proporcional.

## **Métodos**

### *Sujeitos*

Dezenove sujeitos foram recrutados de uma população de homens que trabalhavam em diversas ocupações (estudantes, jardineiros, manutenção) na cidade de São Carlos, São Paulo, Brasil.. O critério de inclusão foi ter idade entre 18 e 60 anos e aceitar participar do estudo. Os critérios de exclusão foram: dor na região lombar nos últimos 12 meses (avaliado pelo Questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares - BARROS e ALEXANDRE, 2003), doenças respiratórias, cardíacas, reumatológicas ou qualquer intolerância ao esforço físico.

Todos os sujeitos assinaram um consentimento informado, seguindo as recomendações da Resolução 466/12. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (CAAE: 19035413.3.0000.5504, Parecer Nº. 408 829).

### *Medidas antropométricas*

A massa corporal foi avaliada com uma balança digital (G Life®, máximo de 180kg, sensibilidade de 100g) e a altura por uma régua antropométrica (sensibilidade de 5 mm).

A avaliação das pregas cutâneas foi realizada por meio de um adipômetro de alumínio (Cescorf®, Brasil), por um avaliador treinado. O avaliador participou de um treinamento com 8 horas de duração, ministrado por um examinador experiente. O treinamento incluiu a leitura de literatura de interesse e prática orientada. A confiabilidade intra-avaliador mostrou excelentes resultados, sendo os valores do

coeficiente de correlação intraclasse de 0,88 para a prega abdominal, 0,81 para a suprailíaca (Iliocristale) e 0,80 para a lombar.

A prega abdominal foi medida 5 cm à direita da cicatriz umbilical (GONÇALVES e MOURÃO, 2008). A prega suprailíaca foi medida na linha midaxilar, imediatamente acima da crista ilíaca (GONÇALVES e MOURÃO, 2008). A prega lombar foi medida no local de posicionamento do sensor eletromiográfico (descrito abaixo, na seção Eletromiografia de Superfície). As pregas foram medidas no lado direito dos sujeitos. Todas as pregas foram medidas pelo menos duas vezes, e a avaliação era repetida se os valores divergissem mais que 10% (GONÇALVES e MOURÃO, 2008).

#### *Eletromiografia de superfície (EMG)*

O sinal da EMG dos músculos eretor da espinha (iliocostal), reto abdominal e multífido foram registrados bilateralmente por meio de um sistema sem fio (Trigno Wireless®, DelSys®, Boston, USA), em uma frequência de aquisição de 1200 Hz.

Para a colocação do sensor no músculo eretor da espinha (porção iliocostal), o sujeito estava deitado na posição prona. Os eletrodos foram posicionados a um dedo de distância medialmente da linha traçada entre a espinha ilíaca posterossuperior (EIPS) e o ponto mais inferior da última costela, ao nível da segunda vértebra lombar (L2) (SENIAM, 2012). Para o músculo multífido, os eletrodos foram colocados ao nível do processo espinhoso da quinta vértebra lombar (L5) e alinhado com a linha entre EIPS e o espaço entre a primeira e a segunda vértebras lombares (DANKAERTS et al., 2004; SENIAM, 2012).

Para a colocação do sensor no músculo reto abdominal, o sujeito estava em posição supina, e os sensores foram colocados um centímetro acima da cicatriz umbilical e dois centímetros lateralmente à linha média (NG et al., 2002). Previamente à colocação dos sensores a pele foi tricotomizada e limpa com álcool 70%.

Os sensores possuem superfície bipolar de Ag/AgCl, distância intereletrodo fixa de 1 cm e dimensões de 10x1mm. Os sensores foram posicionados paralelamente às fibras musculares de modo que as barras de captação do sinal estivessem posicionadas de forma perpendicular às fibras musculares.

A taxa de rejeição de modo comum foi maior que 80 dB. Neste equipamento, o registro da referencia (eletrodo de referencia) é realizado por uma das quatro barras contidas no sensor. O sensor foi posicionado na pele por uma fita dupla-face (Delsys®).

Os sinais foram acondicionados pelo amplificador principal (Trigno Charging Base Station, DelSys®, Boston, USA). O ganho efetivo do sinal foi 909 V/V, com uma resolução de 16-bits e ruído de 0,5 mV (RMS).

O processamento dos sinais foi realizado em uma rotina programada em MatLab® (versão 7.0.1, MathWorks Inc., Natick, USA). O sinal foi filtrado com um filtro Butterworth de 4ª ordem, com atraso de fase zero, passa-banda (30-500 Hz). Como o registro eletromiográfico do tronco pode apresentar ruídos da atividade elétrica do músculo cardíaco, o limite inferior do filtro foi estabelecido em 30 Hz (DRAKE e CALLAHAN, 2006). O filtro notch (60, 120, 180, ... Hz) foi aplicado para minimizar artefatos da rede elétrica (VEIERSTED et al., 2013). A raiz quadrática média (root mean square – RMS) foi obtida em janelas de 20 ms com sobreposição de 50%.

#### *Tarefa experimental*

Os sujeitos foram orientados a realizar uma tarefa de manuseio manual de cargas (MMC). O protocolo de manuseio foi baseado em estudos prévios (FERGUSON et al., 2004; MÖRL et al., 2005; YANG et al., 2011).

A caixa a ser manuseada encontrava-se em frente ao sujeito, sobre uma plataforma ajustada para a altura do trocânter maior do voluntário. Quando dado o comando verbal, o sujeito pegava a caixa e a depositava no solo ao seu lado direito, à 90° da posição inicial. A seguir, realizava o movimento de volta e depositava a caixa na

plataforma. O processo era repetido para o lado esquerdo. A tarefa teve duração de 60 segundos e o sujeito realizava em torno de 6 movimentos para o lado esquerdo e 6 para o direito.

A carga tinha massa de 11,4 kg, a qual tem sido recomendada para indivíduos em fase de retorno ao trabalho após lesão na coluna lombar (FERGUSON et al., 2004), permitia uma boa preensão (SILVA et al., 2013),.

#### *Análise estatística*

Um modelo de regressão linear foi aplicado para estimar a influência das características antropométricas no sinal eletromiográficos. A variável resposta foi o percentil 90 da RMS dos sinais eletromiográficos (amplitude) do eretor da espinha, multífido e reto abdominal durante a tarefa de MMC. As variáveis explicativas foram massa corporal, IMC, prega suprailíaca, abdominal (para o sinal do reto abdominal) e lombar (para o sinal dos músculos eretor da espinha e multífido). Cada variável explicativa foi testada separadamente.

#### **Resultados**

A amostra foi homogênea em relação às características demográficas. A ativação eletromiográfica mais alta foi observada no músculo multífido, seguido do eretor da espinha e reto abdominal (Tabela 1).

Tabela 1. Dados demográficos e eletromiográficos da amostra (n=19).

	<b>Média (DP)</b>
Idade (anos)	29,4 (13,2)
Massa (kg)	76,4 (12,4)
Altura (metros)	1,8 (0,1)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,4 (3,3)
Prega cutânea abdominal (mm)	3,1 (1,3)
Prega cutânea suprailíaca (mm)	2,8 (1,2)
Prega cutânea lombar (mm)	3,4 (1,2)
EMG ( $\mu$ V)	
Eretor da Espinha E	25,0 (11,8)
Eretor da Espinha D	14,9 (6,5)
Multífido E	43,6 (19,7)
Multífido D	39,2 (20,1)
Reto Abdominal E	5,9 (3,6)
Reto Abdominal D	6,3 (3,9)

Os resultados da regressão linear, apresentados na Tabela 2, mostraram que a massa corporal explicou de 29 a 54% da variância da atividade muscular; já o IMC explicou de 32 a 51%. A prega abdominal não foi significativa para a regressão nos sinais dos músculos abdominais. A prega suprailíaca explicou de 24 a 73% da variância da ativação dos músculos eretor da espinha e multífido. A prega lombar explicou de 28 a 61% da variância na ativação do eretor da espinha e multífido.

Tabela 2. Resultados da regressão linear ( $R^2$  e p valor) separadamente para massa corporal, IMC e pregas cutâneas.

	Massa corporal			IMC			Prega abdominal			Prega suprailíaca			Prega lombar		
	$R^2$	p valor	Poder do teste	$R^2$	p valor	Poder do teste	$R^2$	p valor	Poder do teste	$R^2$	p valor	Poder do teste	$R^2$	p valor	Poder do teste
Eretor da espinha															
esquerdo	<b>0,39</b>	<b>0,010</b>	<b>0,75</b>	<b>0,34</b>	<b>0,023</b>	<b>0,69</b>	--	--	--	<b>0,27</b>	<b>0,026</b>	<b>0,62</b>	<b>0,28</b>	<b>0,024</b>	<b>0,62</b>
direito	<b>0,29</b>	<b>0,039</b>	<b>0,63</b>	<b>0,32</b>	<b>0,035</b>	<b>0,67</b>	--	--	--	<b>0,24</b>	<b>0,044</b>	<b>0,60</b>	0,21	0,068	0,55
Multífido															
esquerdo	<b>0,51</b>	<b>0,004</b>	<b>0,86</b>	<b>0,48</b>	<b>0,009</b>	<b>0,835</b>	--	--	--	<b>0,68</b>	<b>0,000</b>	<b>0,97</b>	<b>0,56</b>	<b>0,001</b>	<b>0,90</b>
direito	<b>0,54</b>	<b>0,002</b>	<b>0,89</b>	<b>0,51</b>	<b>0,004</b>	<b>0,86</b>	--	--	--	<b>0,73</b>	<b>0,000</b>	<b>0,99</b>	<b>0,61</b>	<b>0,000</b>	<b>0,94</b>
Reto abdominal															
esquerda	<b>0,45</b>	<b>0,004</b>	<b>0,81</b>	<b>0,48</b>	<b>0,004</b>	<b>0,84</b>	0,21	0,058	0,56	0,16	0,098	0,51	--	--	--
direita	0,15	0,141	0,49	0,17	0,124	0,52	0,11	0,171	0,45	0,18	0,082	0,52	--	--	--

-- não incluso no modelo

As Figuras de 1 a 5 mostram que existe uma relação inversamente proporcional entre o sinal de EMG e massa corporal, IMC e pregas cutâneas.

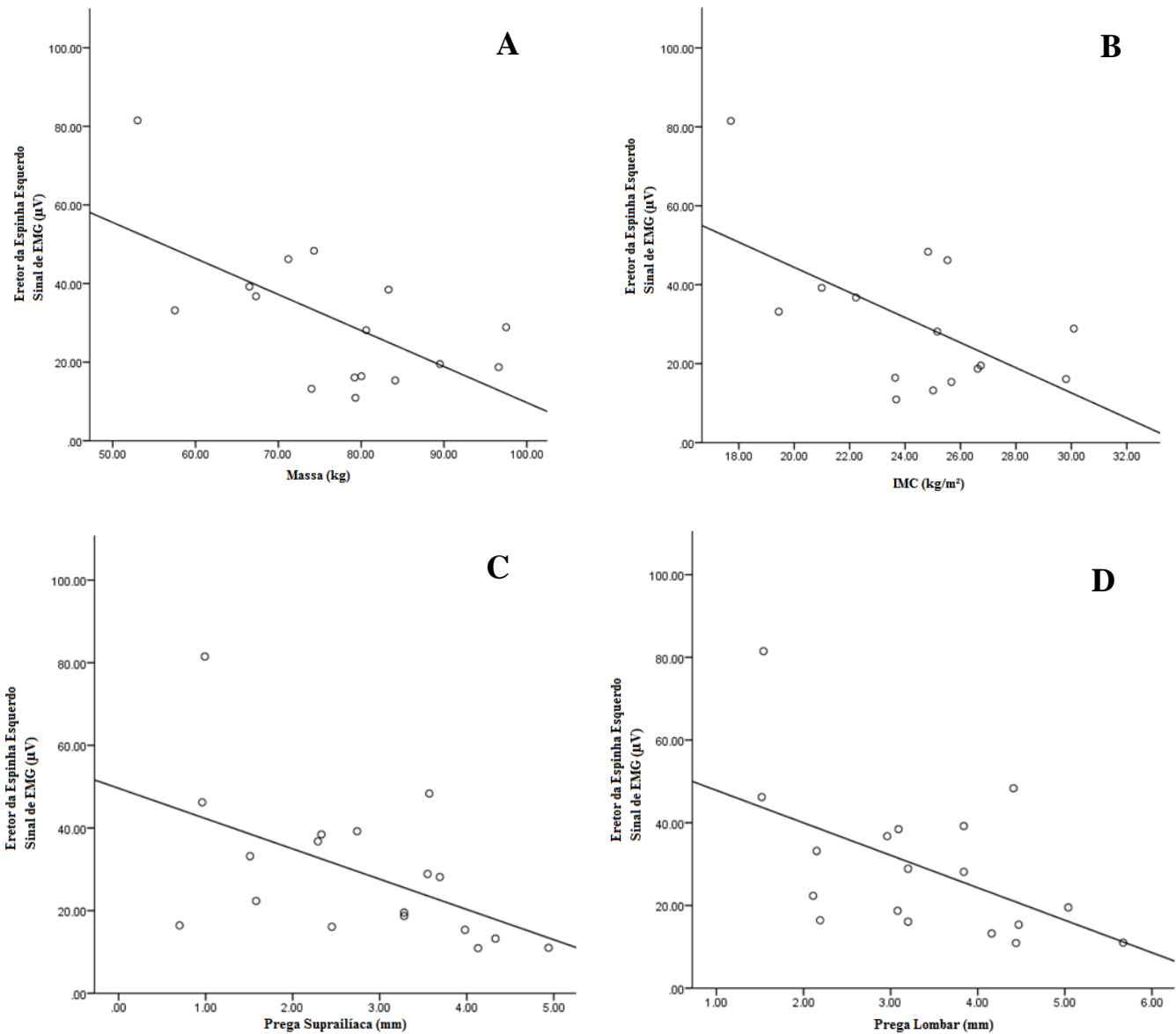


Figura 1. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre: A) Eretor da espinha esquerdo e massa; B) Eretor da espinha esquerdo e IMC; C) Eretor da espinha esquerdo e prega suprailíaca; D) Eretor da espinha esquerdo e prega lombar.



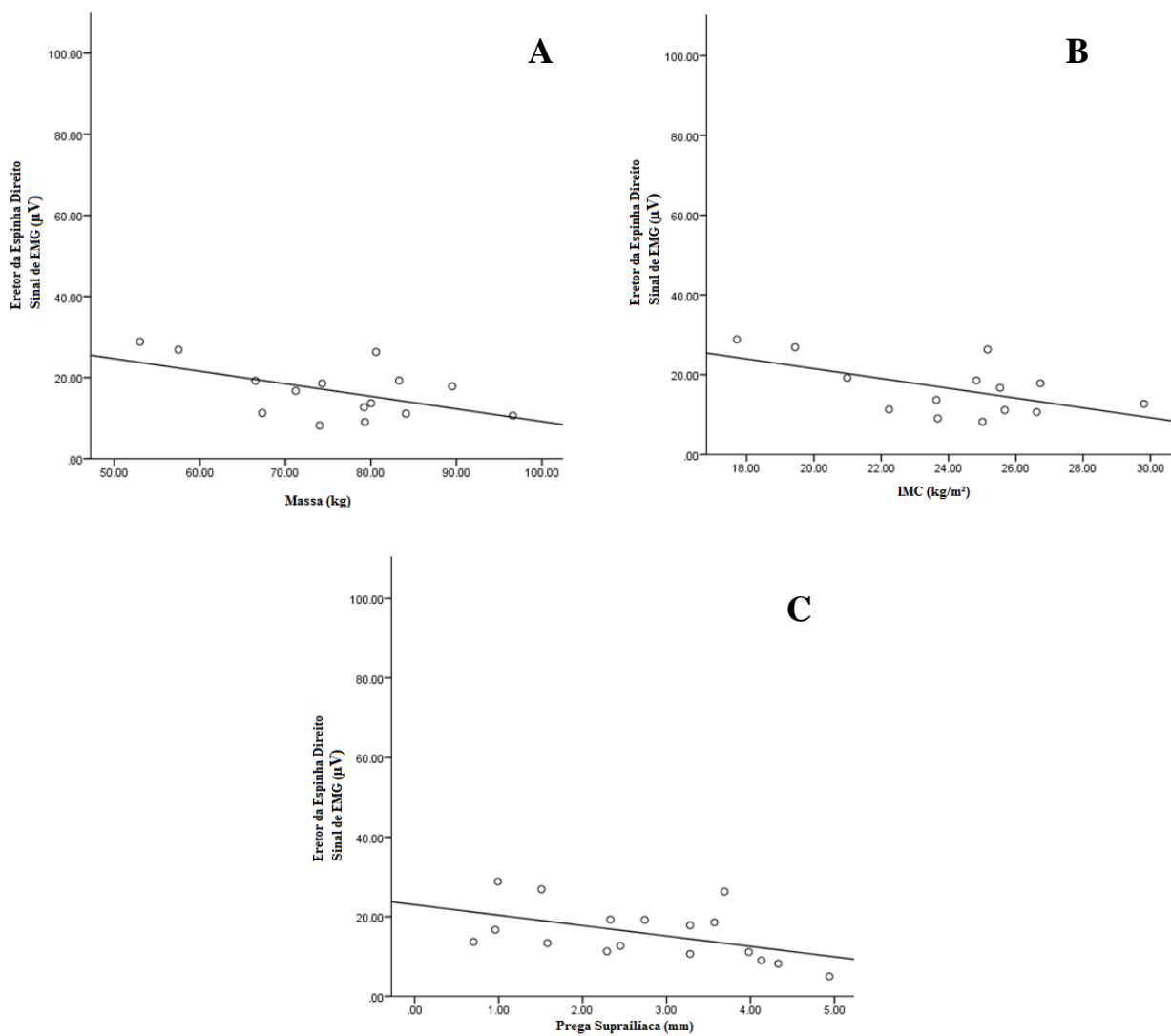


Figura 2. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre; A) Eretor da espinha direito e massa; B) Eretor da espinha direito e IMC; C) Eretor da espinha direito e prega suprailíaca.

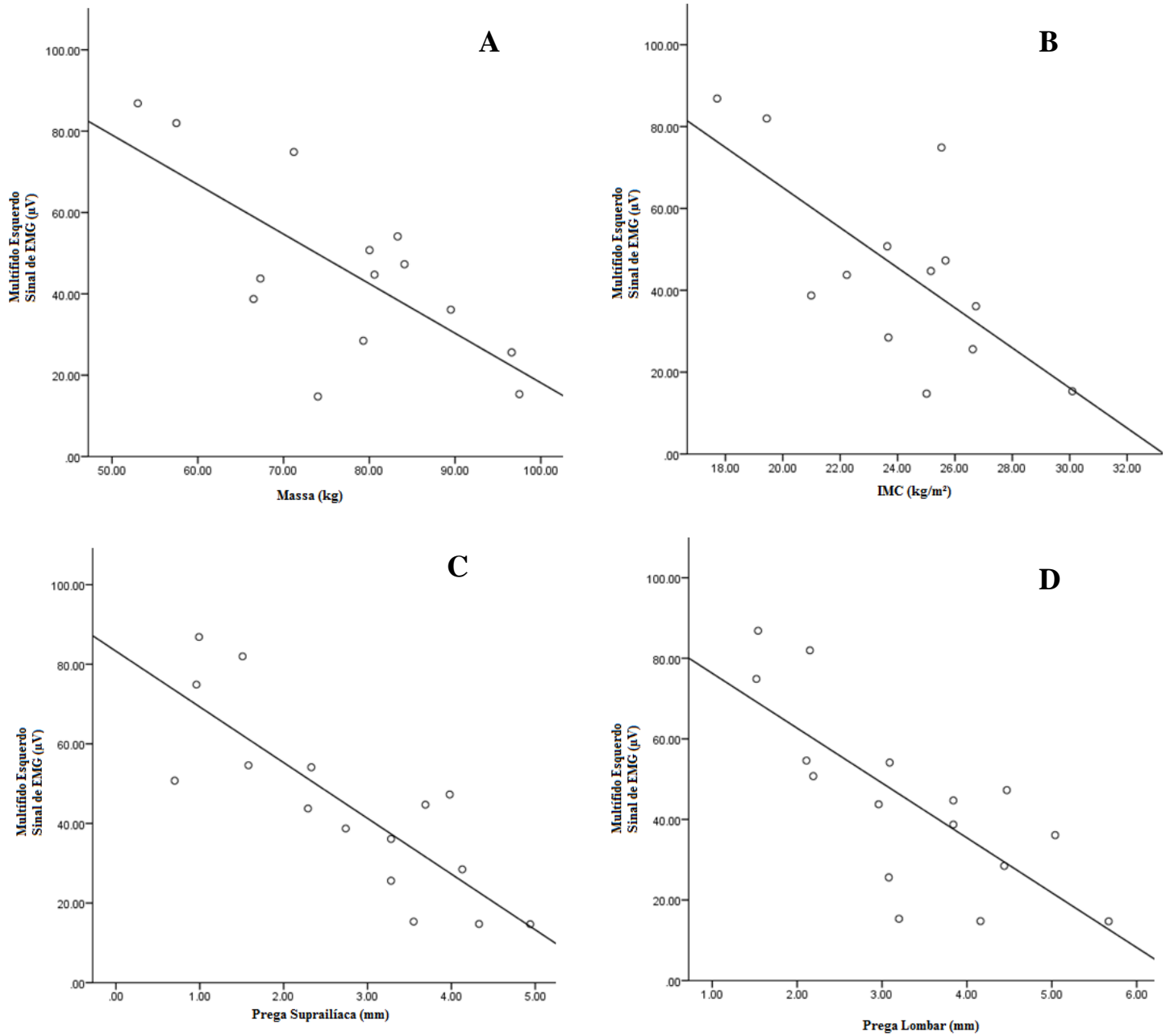


Figura 3. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre: A) Multífido esquerdo e massa; B) Multífido esquerdo e IMC; C) Multífido esquerdo e prega suprailíaca; D) Multífido esquerdo e prega lombar.

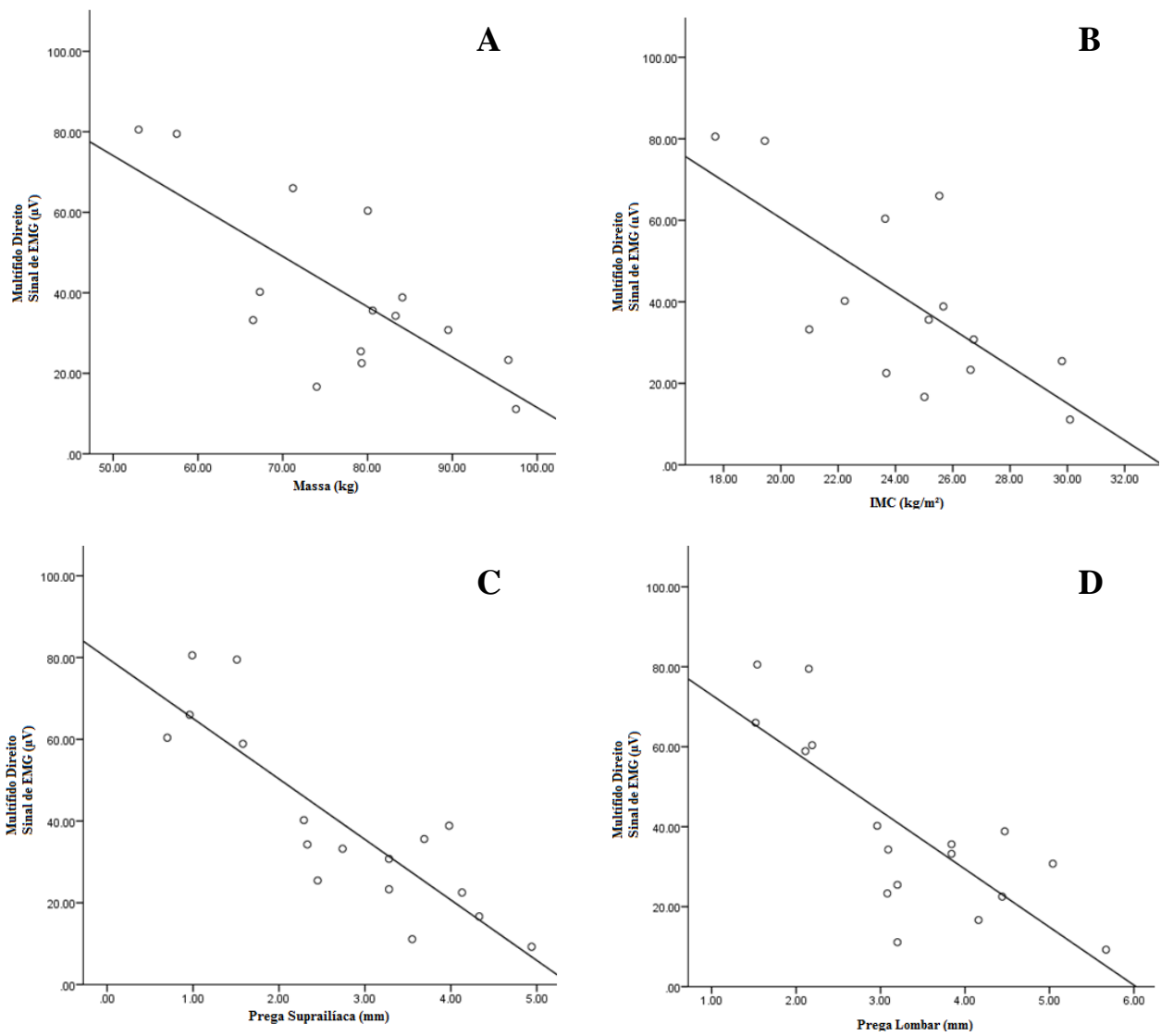


Figura 4. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre A) Multifido direito e massa; B) Multifido direito e IMC; C) Multifido direito e prega suprailíaca; D) Multifido direito e prega lombar.

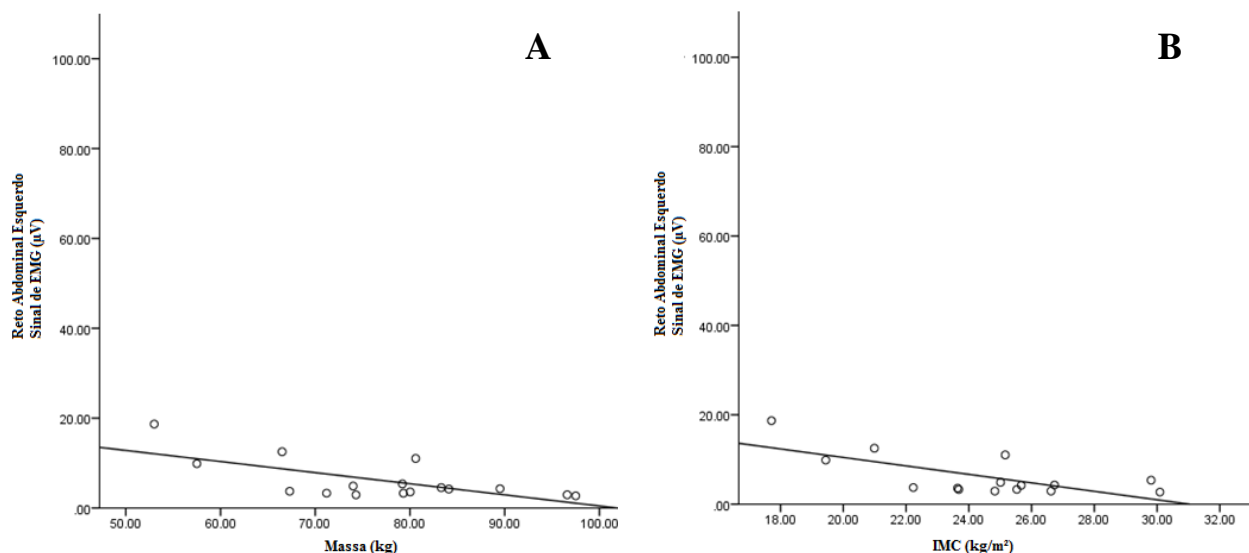


Figura 5. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre A) Reto abdominal esquerdo e massa; B) Reto abdominal esquerdo e IMC.

## Discussão

Os resultados do presente estudo mostraram que massa corporal, IMC e pregas cutâneas tem grande influência no sinal eletromiográfico. Essas variáveis explicaram de 27 a 73% da variância do sinal. Como esperado, à medida que a distância eletrodo-músculo aumenta (massa corporal, IMC e pregas cutâneas), a amplitude da EMG diminui.

Outros autores também encontraram resultados similares. No estudo de HEMINGWAY e colaboradores (1995), os resultados mostraram que 82% da variância do multífido e 52% do eretor da espinha podem ser explicados pela medida da prega cutânea no local de posicionamento do eletrodo. NORDANDER e colaboradores (2003) encontraram que as medidas das pregas no corpo todo explicam 68% da variância do sinal de uma contração submáxima do músculo trapézio.

A massa corporal e o IMC foram as variáveis com maiores coeficiente de determinação para ativação do eretor da espinha e reto abdominal. Por serem medidas de fácil avaliação, nossos resultados sugerem que devam ser levadas em consideração. Contudo, considerando que a medida do IMC é uma estimativa grosseira da gordura subcutânea,

incluindo gordura intrabdominal, massa muscular, entre outros tecidos, recomenda-se cautela ao avaliar diferentes populações, como atletas e obesos (NORDANDER et al., 2003).

Destacamos, porém, que essas medidas foram significativas somente para o reto abdominal esquerdo. Esse resultado pode ter sido influenciado pelo baixo sinal obtido para esse músculo durante a tarefa de MMC. Desta forma, é recomendado que futuros estudos que buscam explorar fatores que influenciam o sinal do músculo abdominal, utilizem tarefas que requerem contrações mais vigorosas deste músculo.

Para o multífido, a prega suprailíaca mostrou maior influência no sinal. Essa é uma medida já descrita na literatura, com métodos estabelecidos para avaliação. Assim, recomendamos que esta medida seja considerada nos estudos que avaliam este músculo. Embora a prega medida diretamente no local de posicionamento do eletrodo de EMG tenha sido significativa no modelo de regressão, estudos futuros poderiam avaliar apenas a prega suprailíaca, a qual apresentou resultados similares, é mais fácil de ser obtida e pode ser usada tanto para o músculo eretor da espinha como para os multífidis.

Uma limitação do presente estudo foi não explorar outras formas de avaliar a distância eletrodo-músculo, como o ultrassom. Entretanto, como demonstrado por NORDANDER et al. (2003) as pregas cutâneas foram mais importantes para explicar a variância do sinal do que o ultrassom, para o músculo trapézio. Além disso, o ultrassom requer equipamento e pessoal qualificado, o que pode limitar seu uso em estudos eletromiográficos.

Os resultados desta pesquisa mostraram a importância das medidas antropométricas para a interpretação do sinal eletromiográfico dos músculos eretor da espinha, multífido e reto abdominal. Recomenda-se que estudos futuros considerem estas variáveis na seleção dos sujeitos, análise dos dados e interpretação dos resultados.

### **Agradecimentos**

Este estudo teve suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP Proc. N. 2013/14098-2) e do Conselho Nacional para Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Proc. N. 484230/2013-1).

## Referências

- BALOGH I, HANSSON GA, OHLSSON K, STROMBERG U, SKERFVING S. Interindividual variation of physical load in a work task. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* v. 25, p. 57–66, 1999.
- BARROS ENC, ALEXANDRE NMC. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. *International Nursing Review*, v. 50, n. 2, p. 101-108, 2003.
- CHEN WJ, CHIOU WK, LEE YH, LEE MY, CHEN ML. Myo-electric behavior of the trunk muscles during static load holding in healthy subjects and low back pain patients. *Clinical Biomechanics* v. 13, p. 9-15, 1998.
- DANKAERTS W, O’SULLIVAN PB, BURNETT AF, STRAKER LM, DANNELS LA. Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and sub-maximal voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 14, p. 333–342, 2004.
- DE LUCA CJ. Physiology and mathematics of myoelectric IEEE Trans. Biomed. V. 26, p. 313-325, 1979.
- DRAKE JDM e CALLAGHAN JP. Elimination of electrocardiogram contamination from electromyogram signals: An evaluation of currently used removal techniques. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 16, p. 175–187, 2006.
- FERGUSON AS, MARRAS WS, BURR DL, DAVIS KG, GUPTA P. Differences in motor recruitment and resulting kinematics between low back pain patients and asymptomatic participants during lifting exertions. *Clinical Biomechanics* v. 19, p. 992-999, 2004.
- GHAMKHAR L, KAHLAEE AH. Trunk muscles activation pattern during walking in subjects with and without chronic low back pain: A Systematic Review. *PM&R* v. 7, n. 5, p. 519-26, 2015.
- GONÇALVES F, MOURÃO P. A avaliação da composição corporal - a medição de pregas adiposas como técnica para a avaliação da composição corporal. *Revista de Desporto e Saúde* v. 4, n. 4, p. 13-21, 2008.
- HEMINGWAY MA, BIEDERMANN HJ, INGLIS J. Electromyographic Recordings of Paraspinal Muscles: Variations Related to Subcutaneous Tissue Thickness. *Biofeedback and Self-Regulation* v. 20, n. 1, p. 39-49, 1995.

- HODGES P, RICHARDSON CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil* v. 80, p. 1005-1012, 1999.
- KUORINKA I, JONSSON B, KILBOM A, VINTERBERG H, BIERING-SÉRENSEN F, ANDERSON G, JORGENSEN K. Standardised Nordic Questionnaires for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms. *Applied Ergonomics* v. 18, p. 233–237, 1987.
- LADEIRA CE. Evidence based practice guidelines for management of low back pain: physical therapy implications. *Rev Bras Fisioter* v. 15, n. 3, p. 190-9, 2011.
- LARIVIÈRE C, GAGNON D, LOISEL P. The comparison of trunk muscles EMG activation between subjects with and without chronic low back pain during flexio-extension and lateral bending tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 10, p. 79-91, 2000.
- LARIVIÈRE C, GAGNON D, LOISEL. A biomechanical comparison of lifting techniques between subjects with and without low back pain during freestyle lifting and lowering tasks. *Clinical Biomechanics* v. 17, p. 89-98, 2002.
- MATHIASSEN SE, WINKEL J, HAGG GM. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies – a review. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 5, p. 197–226, 1995.
- MÖRL F, WAGNER H, BLICKHAN R. Lumbar spine intersegmental motion analysis during lifting. *Pathophysiology* v. 12, p. 295–302, 2005.
- NG JK, KIPPERS V, PARNIANPOUR M, RICHARDSON CA. EMG activity normalization for trunk muscle in subjects with and without back pain. *Medicine & Science in Sports & Exercise* v. 34, n. 7, p. 1082-1086, 2002.
- NORDANDER C, WILNER J, HANSSON GA, LARSSON B, UNGE J, GRANQUIST L, SKERFVING S. Influence of the subcutaneous fat layer, as measured by ultrasound, skinfold calipers and BMI, on the EMG amplitude. *European Journal Applied Physiology* v. 89, p. 514–519, 2003.
- O’SULLIVAN P, TWONEY L, ALLISON G, SINCLAIR J, MILLER K, KNOX J. Altered patterns of abdominal muscle activation in patients with chronic low back pain. *Australian Journal of Physiotherapy* v. 43, p. 91-98, 1997.
- SENIAM - Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles. Acessado em 30 de janeiro de 2017. Disponível em: <http://seniam.org/>
- SILFIES SP, SQUILLANTE D, MAURER P, WESTCOTT S, KARDUNA AR. Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations. *Clinical Biomechanics* v. 20, p. 465–473, 2005.
- SILVA LCCB, OLIVEIRA AB, SILVA DC, PASCHOARELLI LC, COURY HJCG. Evaluation of reusable cardboard box designs: Biomechanical and perceptual aspects. *International Journal of Industrial Ergonomics* v. 43, p. 154-160, 2013.

- STEGEMAN DF, BLOK JH, HERMENS HJ, ROELEVELD K. Surface EMG models: properties and applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 10, p. 313–326, 2000.
- TAKEKAWA KS, GONÇALVES JS, MORIGUCHI CS, COURY HJ, SATO TO. Can a self-administered questionnaire identify workers with chronic or recurring low back pain? *Industrial Health* v. 53, n. 4, p. 340-345, 2015.
- VAN DIEEN JH, CHOLEWICKI J, RADEBOLD A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine* v. 28, n. 8, p. 834–841, 2003.
- VEIERSTED KB, FORSMAN M, HANSSON GA, MATHIASSEN SE. Assessment of time patterns of activity and rest in full-shift recordings of trapezius muscle activity – Effects of the data processing procedure. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 23, p. 540–547, 2013.
- WINTER DA, RAU G, KADEFORS R, BROMAN H, DE LUCA CJ. Units, Terms and Standards in the Reporting of EMG Research. Report by the Ad Hoc Committee of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 1980. Acessado em 30 de janeiro de 2017. Disponível em: <http://faculty.educ.ubc.ca/sanderson/courses/HKIN563/pdf/isek.pdf>
- YANG G, MARRAS WS, BEST TM. The biochemical response to biomechanical tissue loading on the low back during physical work exposure. *Cinical Biomechanics* v. 26, p. 431-437, 2011.



**Estudo 2**

**COMPARAÇÃO ENTRE DOIS SISTEMAS DE REGISTRO DOS MOVIMENTOS  
DE FLEXÃO DO TRONCO DURANTE TAREFAS ESTÁTICAS E MANUSEIO DE  
CARGAS**

Mariana Vieira Batistão, Letícia Carnaz, Isabela Piazzzi, Tatiana de Oliveira Sato

# COMPARAÇÃO ENTRE DOIS SISTEMAS DE REGISTRO DOS MOVIMENTOS DE FLEXÃO DO TRONCO DURANTE TAREFAS ESTÁTICAS E MANUSEIO DE CARGAS

## RESUMO

**Introdução:** Equipamentos portáteis, práticos e que permitam o registro por longos períodos de tempo são necessários para a avaliação dos fatores de risco biomecânicos em ambiente ocupacional. O inclinômetro é um equipamento com essas características. Desta forma, justifica-se um estudo que busque comparar os dados obtidos por inclinometria com um equipamento de medida direta mais sofisticado. **Objetivo:** Comparar dois sistemas de registro dos movimentos do tronco, o sistema tridimensional de registro do movimento (Qualisys, ProReflex MCU, Suécia) e o inclinômetro (Logger Tecknologi HB, Akarp, Suécia). **Métodos:** Dados de 27 voluntários foram analisados. O movimento de flexão do tronco foi registrado em três diferentes tarefas: estática na posição ortostática, estática com 45° de flexão de tronco e dinâmica o durante manuseio de uma carga de 11,4 kg. O movimento do tronco foi registrado pelos dois sistemas de forma simultânea. Para comparação, foram calculadas diferenças entre as medidas a cada instante e a raiz quadrática média (RMS) dessa diferença. O coeficiente de correlação de Pearson também foi calculado entre as amplitudes médias e a variação entre os percentis 10 e 90 de cada equipamento. O Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) e o método de Bland Altman também foram calculados. **Resultados:** Os resultados mostraram que os sistemas diferiram entre 0,9° na tarefa estática em pé, 10° na estática com flexão de tronco e 29,3° na tarefa dinâmica de manuseio de cargas. O coeficiente de correlação de Pearson mostrou resultados de baixa correlação para a tarefa dinâmica e moderada para as tarefas estáticas. Da mesma forma, o CCI mostrou resultados de baixa confiabilidade para a tarefa dinâmica, para a variação entre os percentis e para os percentis 10 e 90 da estática em pé e moderada confiabilidade para a média da estática em pé e para a estática com flexão de tronco. Os valores encontrados de CCI para o manuseio foram 0,382 para a média, 0,078 para a variação entre percentis, 0,122 para o percentil 10 e 0,153 para o 90. Para a estática em pé foram: -0,073 para a média, 0,463 para a variação entre percentis, -0,055 para o percentil 10 e -0,047 para o 90. Para a estática com flexão foram 0,492, 0,448, 0,498 e 0,483 para média, variação e percentis 10 e 90, respectivamente. **Conclusões:** A utilização do inclinômetro para a avaliação da postura e movimentos do tronco em tarefas dinâmicas e com grandes amplitudes de movimento deve ser feita com cautela.

**Palavras-chave:** ambiente ocupacional, inclinômetro, análise tridimensional do movimento, movimento do tronco.

### ABSTRACT

**Introduction:** Portable, practical equipment that allows the registration for long periods of time are necessary for an evaluation of biomechanical risk factors in an occupational environment. The inclinometer is an equipment with these characteristics. Thus, it justifies a study that compares data from the inclinometer with a more sophisticated direct measurement equipment. **Objective:** To compare two systems for recording of the trunk movement, the three-dimensional movement recording system (Qualisys, ProReflex MCU, Sweden) and the inclinometer (Logger Tecknologi HB, Akarp, Sweden). **Methods:** Data from 27 volunteers were analyzed. The flexion movement of the trunk was recorded in three different tasks: static task in the orthostatic position, static task with the trunk at 45° of flexion, dynamic task during a manual handling of a box of 11.4 kg. The movements of the trunk were recorded simultaneously by the two systems. For the comparison, differences were calculated every moment as well as a root mean square (RMS) of this difference. A Pearson's coefficient of correlation was also calculated between the mean amplitudes and the variation between the 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentiles of each equipment. The Intraclass Correlation coefficient (ICC) and Bland Altman method were also calculated. **Results:** The results showed that the systems diverged between 0.9° for the orthostatic static task, 10° for the static task with the trunk flexed and 29.3° in the dynamic task of handling loads. The Pearson correlation coefficient showed results of low correlation for the dynamic and moderate task for the static tasks. Likewise, the JRC showed results of low reliability for the dynamic task, for the variation between the percentiles and for the 10 and 90 percentiles of the standing static and moderate reliability for the average of the standing static and for the static with flexion of trunk. The ICC values found for the dynamic task were 0.382 for the mean, 0.078 for the variation, 0.122 for the 10<sup>th</sup> percentile and 0.153 for the 90<sup>th</sup> percentile. For the static task in the orthostatic position the ICC values were -0.073 for the mean, 0.463 for the variation, -0.055 for the 10<sup>th</sup> percentile and -0.047 for the 90<sup>th</sup> percentile. For the static task with the trunk flexed, the ICC values were: 0.492, 0.448, 0.498 e 0.483 for the mean, variation between percentiles, 10<sup>th</sup> and 90<sup>th</sup> percentile, respectively. **Conclusions:** The use of the inclinometer for the evaluation of the posture and movements of the trunk in dynamic tasks and tasks with great range of motion should be done with caution.

**Keywords:** occupational environment, inclinometer, tridimensional analysis of movement, trunk movement.

## **Introdução**

Os trabalhadores estão expostos a diversos fatores de risco biomecânicos em ambiente ocupacional, os quais contribuem para o desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho. Revisões da literatura apontam relação entre a presença de fatores de risco biomecânicos e a ocorrência de dor lombar (ZHANG, 2007). Com o crescimento da prevalência de dor lombar, a carga a que a coluna está submetida nas atividades diárias tem sido foco das pesquisas em ergonomia (MÖRL et al., 2005).

Tarefas que envolvem flexão do tronco e manuseio de cargas estão associadas à alta incidência de lesões na coluna lombar (MARRAS et al., 1995). Diversos estudos têm associado o manuseio de cargas ao desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos na região lombar (FRYMOYER et al., 1983; MCGILL, 1997; MACHIKANTI, 2000; BODDEKE, 2001; IGARASHI et al., 2007; KOCH et al., 2007; KRAYCHETE et al., 2010; YANG et al., 2011). Assim, entender como os sujeitos realizam as tarefas de manuseio é importante para o entendimento e prevenção das lesões da coluna lombar durante o trabalho.

Apesar de fatores de risco terem sido descritos na literatura, o conhecimento da relação dose-resposta ainda é limitado, dificultando o estabelecimento de intervenções eficazes (DAHLQVIST et al., 2016). Desta forma, diversos estudos têm investigado essa relação, utilizando a avaliação da postura e movimentos do tronco e coluna lombar em atividades ocupacionais (HWANG et al., 2009, LARIVIÈRE et al., 2002; MADURI et al., 2008; MÖRL et al., 2005).

Sistemas de análise tridimensional do movimento do tronco têm sido largamente utilizados para avaliação dos padrões cinemáticos em sujeitos com e sem dor lombar (ASGARI et al., 2015, MÜLLER et al., 2016). Em geral, medidas com tais sistemas são demoradas, requerem equipamentos caros e ambientes controlados além de demandar conhecimento técnico específico, tornando inviável sua utilização em larga escala em ambientes ocupacionais (DAHLQVIST et al., 2016).

Em contraposição a esses instrumentos, protocolos gráficos e observacionais vêm sendo utilizados para avaliação da postura no trabalho. Estes métodos são subjetivos, variando em abrangência de segmentos corporais avaliados e não dependem de nenhum equipamento. Por essa razão, possibilitam a avaliação de amostras maiores, causam pequena interferência na situação natural de trabalho, requerem um período relativamente curto de

tempo para sua aplicação e têm baixo custo. No entanto, apresentam limitações como: subjetividade, baixa precisão, necessidade de observadores altamente treinados e pouca aplicabilidade a tarefas dinâmicas (COURY, 1999; DAHLQVIST et al., 2016; VAN DER BEEK e FRINGS-DRESSEN, 1998).

Quando os dados obtidos pelos sistemas de medida direta são comparados com os dos métodos subjetivos, observa-se que os primeiros são mais acurados (JUUL-KRISTESSEN et al., 1997). Dessa forma, equipamentos portáteis, práticos e que permitam o registro por longos períodos de tempo em ambiente ocupacional são necessários (CARNAZ, 2011). O inclinômetro (INC) é um equipamento que apresenta essas características. O INC pode medir a inclinação do segmento corporal em relação à uma linha vertical (linha da gravidade), além da direção da inclinação, não sendo sensível para medir a rotação no plano transversal (BERNMARK e WIKTORIN, 2002). O inclinômetro tem sido amplamente utilizado para medir a exposição postural no trabalho de segmentos como cabeça, cervical e ombros (ÅKESSON et al., 1997; ARVIDSSON et al., 2006a; ARVIDSSON et al., 2006b; ARVIDSSON et al., 2008; BATISTÃO et al., 2012; BALOGH et al., 2006; BYSTRÖM et al., 2002; EKLUND et al. 1994; HANSSON et al. 2001; JONKER et al. 2009; MORIGUCHI et al., 2011; MORIGUCHI et al., 2012).

BERNMARK e WIKTORIN (2002) compararam as medidas da postura e movimentos dos ombros obtidos pelo INC com aquelas obtidas por um sistema tridimensional de registro do movimento (Qualisys AB, Suécia). Foram avaliadas as tarefas: flexão do ombro (em três diferentes velocidades – baixa, alta e muito alta), abdução do ombro, pintar uma parede usando pincel. Para todos os movimentos com velocidades de normal a alta, o INC mediu o grau de elevação com muito alta precisão (coeficiente de correlação de 1,0). Contudo, sua utilização na coluna lombar ainda não foi validada por meio da comparação com equipamentos de medida já utilizados na literatura.

Justifica-se, portanto, um estudo sobre o tema, o qual busque comparar os dados obtidos por inclinometria com um equipamento de medida direta mais sofisticado, como o sistema tridimensional de registro do movimento. Esta comparação permite testar a confiabilidade paralela do inclinômetro para o registro da postura e movimentos da coluna lombar em situações de laboratório para possível uso em ambientes de trabalho.

## **Objetivos**

Comparar dois sistemas de registro dos movimentos do tronco, o sistema tridimensional de registro do movimento (Qualisys, ProReflex MCU, Suécia) e o

inclinômetro (Logger Tecknologi HB, Akarp, Suécia) durante diferentes tarefas estáticas e uma tarefa dinâmica de manuseio de cargas, em ambiente de laboratório.

A hipótese do estudo foi que o inclinômetro apresentaria resultados semelhantes ao sistema de tridimensional (Qualisys), utilizado como referência.

## **Métodos**

### *Local do estudo*

O estudo foi realizado no Núcleo Multidisciplinar de Análise do Movimento (NAM), localizado no Departamento de fisioterapia (DFisio), da Universidade Federal de São Carlos.

### *Sujeitos*

O cálculo amostral (G\*POWER 3.1.5, Alemanha) mostrou que a amostra total requerida deveria ser de 21 sujeitos considerando a aplicação de um teste de correlação bivariada, coeficiente de determinação de 0,8, ou seja, que os equipamentos compartilham 80% de variância ( $r^2=0,8$ ), poder de 80%, nível de significância de 5% e coeficiente de correlação para rejeitar  $H_0$  maior que 0,7.

Dados de 50 voluntários foram coletados, porém, 23 foram excluídos devido a dificuldades técnicas como obscurecimento dos marcadores durante a tarefa dinâmica que não permitiu o cálculo dos ângulos a partir do sistema tridimensional e falhas no registro do sistema inclinométrico. Desta forma, dados de 27 sujeitos foram analisados. Os critérios para inclusão foram: sexo masculino e idade entre 18 a 60 anos. Foram considerados como critérios de exclusão: pneumopatas, cardiopatas, indivíduos com doenças reumatológicas e distúrbios metabólicos ou qualquer distúrbio que impeça realização de exercício físico. Os sujeitos foram selecionados independentemente de apresentarem histórico de dor lombar. Porém, também foi critério de exclusão pacientes com sinais de alerta (*red flags*) para neoplasias, infecções e fraturas: febre, perda de peso involuntária, história de neoplasia, infecção recente, depressão do sistema imune, trauma recente (LADEIRA, 2011).

Os indivíduos com história de dor lombar no último ano foram identificados a partir do Questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares (QNSO – Anexo I). O QNSO (BARROS e ALEXANDRE, 2003) registra queixas musculoesqueléticas como dor, formigamento ou dormência em diversas regiões corporais através de 4 questões. As perguntas são sobre queixas nos últimos sete dias e 12 meses, impedimento em realizar atividades de trabalho ou lazer por conta da dor/desconforto e procura por atendimento profissional por conta da queixa. A questão sobre queixa nos últimos 12 meses foi utilizada para identificar sujeitos com história de dor lombar. A questão sobre queixa nos últimos sete dias foi utilizada para evitar que o protocolo do presente estudo fosse realizado durante o

período de dor dos sujeitos, de modo a evitar exacerbações. Caso fosse respondido sim, como medida de precaução, os indivíduos eram orientados a retornar posteriormente.

A Figura 1 ilustra os procedimentos adotados para seleção dos sujeitos. O projeto seguiu todos os preceitos éticos definidos na Resolução 466/12 e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Parecer n°: 408.829/2013; CAAE: 19035413.3.0000.5504 – Anexo II).

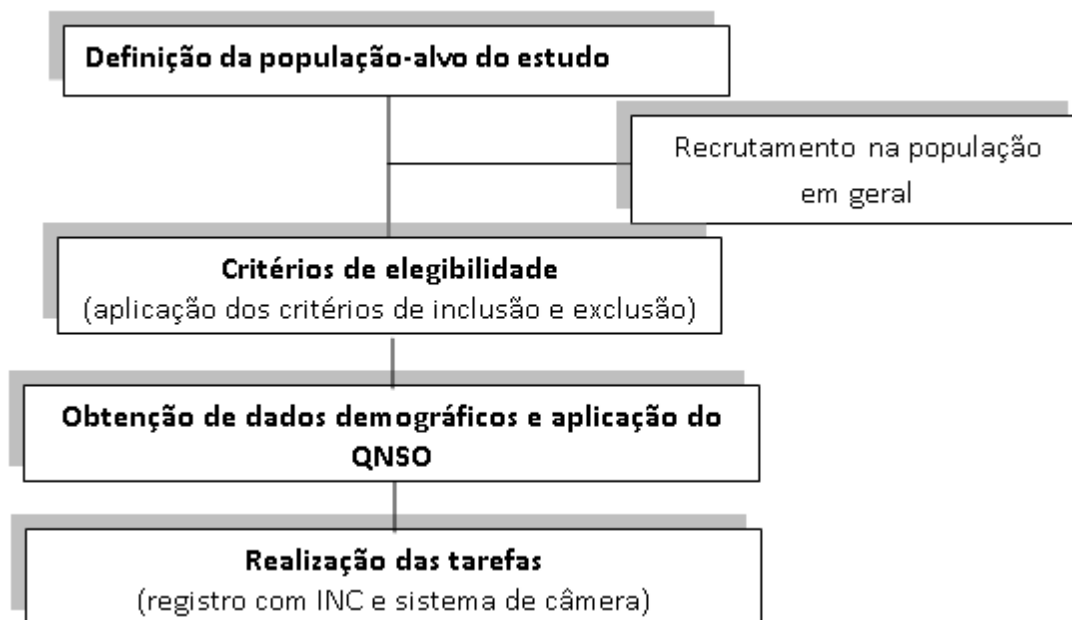


Figura 1 - Fluxograma ilustrando os procedimentos do estudo.

#### *Equipamentos*

A massa corporal foi mensurada por meio de uma balança antropométrica digital com quatro células (G Life®, máximo 180 kg, sensibilidade de 100g) e a altura por uma régua antropométrica (sensibilidade de 5 mm).

#### *Sistema tridimensional de registro do movimento*

O *Qualisys ProReflex* (Qualisys Medical AB, Suécia) é um sistema de fotogrametria baseado em vídeo, que permite a reconstrução do movimento dos segmentos de interesse em três dimensões (3D) a partir de marcadores passivos refletivos. Para a aquisição, o *software Qualisys Track Manager (1.6.0.x-QTM)* foi utilizado. A calibração foi realizada segundo a recomendação do fabricante, permitindo erros de desvio-padrão menores que 1 mm. A frequência de aquisição dos dados foi de 120 Hz.

Marcadores reflexivos foram fixados ao sujeito nas seguintes estruturas anatômicas: ambas as espinhas ilíacas posterossuperiores e anterossuperiores, acrômios bilateralmente, 1ª vertebra sacral, 7ª cervical e 12ª torácica, trocânter maior do fêmur bilateralmente. Para

rastrear o movimento, um cluster foi posicionado no ponto médio entre a 7<sup>a</sup> cervical e a 12<sup>a</sup> torácica. O mesmo pesquisador posicionou os marcadores em todos os participantes.

Antes de realizar as tarefas, uma tomada estática na posição ortostática neutra foi registrada para servir de referência para as análises posteriores. Para isso, o sujeito estava em posição ortostática, com os braços ao longo do corpo, olhando diretamente à frente. Além disso, antes da coleta de dados foi realizada a familiarização dos sujeitos com as tarefas. Entre cada tarefa, um intervalo de descanso de 1 minuto foi realizado.

Após a coleta, os dados foram exportados para o software Visual 3D (C-motion Inc., EUA). O modelo do tronco foi construído a partir das recomendações de RAB e colaboradores (2002), onde o modelo é construído a partir de pontos virtuais localizados na borda superior da crista ilíaca e no centro da articulação do ombro. Posteriormente, foi realizado o cálculo dos ângulos de Cardan na seguinte sequência de rotação: flexo-extensão, inclinação/flexão lateral e rotação. Os ângulos do tronco foram calculados em relação ao sistema de coordenadas global. Os dados foram filtrados ainda no software Visual 3D, com um filtro *Butterworth* de 4<sup>a</sup> ordem, passa baixa de 6 Hz.

#### *Inclinometria*

O inclinômetro é um equipamento de avaliação da postura e movimentos baseado em acelerômetros triaxiais. A angulação registrada é a relação do segmento com a linha da gravidade. O registro com os inclinômetros foi realizado com dois sensores inclinométricos e uma unidade de aquisição (Logger Tecknologi HB, Akarp, Sweden). A frequência de aquisição foi de 20 Hz.

Os transdutores foram calibrados segundo as especificações do fabricante. Os transdutores foram colocados à direita da 7<sup>a</sup> vértebra cervical e 1<sup>a</sup> sacral, de modo a avaliar o movimento do tronco. A posição neutra de referência foi a postura ereta do sujeito, com olhar fixo em uma marca na altura dos olhos a 1 metro de distância do indivíduo. A posição de referência para a direção dos movimentos foi com o indivíduo sentado em uma cadeira, com os pés apoiados no chão, joelhos a 90° de flexão e realizando a maior amplitude possível a ele de flexão de tronco. O processamento inicial foi realizado no software disponibilizado pelo próprio fabricante, durante o qual, os dados foram calibrados de acordo com a referência e os ângulos foram obtidos. Os dados foram filtrados com um filtro *Butterworth* de 2<sup>a</sup> ordem, passa baixa de 3 Hz.

#### *Procedimentos*

Foi realizada uma avaliação inicial na qual foram coletados dados pessoais e demográficos em uma ficha padronizada



### *Tarefa estática em pé*

O sujeito foi instruído a ficar em posição ortostática, olhando para frente, com braços soltos ao longo do corpo por 10 segundos.

### *Tarefa estática com flexão de tronco*

O sujeito foi instruído a manter as pernas afastadas na largura do quadril, flexionar levemente o joelho, flexionar o tronco a 45°. A reprodutibilidade da posição de flexão de tronco do sujeito foi garantida por com um goniômetro manual, medida que foi realizada somente uma vez. A duração da tarefa foi de 5 segundos (GRAHAM et al., 2009).

### *Tarefa dinâmica: manuseio manual de carga*

O protocolo de manuseio experimental foi baseado em estudos prévios (FERGUSON et al., 2004; MÖRL et al., 2005; YANG et al., 2011). A caixa a ser manuseada encontrava-se inicialmente em frente ao sujeito, sobre uma plataforma ajustada para a altura do trocânter maior do voluntário.

Quando dado o comando, o sujeito pegava a caixa e a depositava no solo ao seu lado direito, à 90° da posição inicial. E, então, realizava o movimento de volta e a depositava na plataforma novamente. O processo era repetido para o lado esquerdo.

Durante 1 minuto da duração da tarefa, o sujeito realizava ininterruptamente 6 movimentos para o lado esquerdo e 6 para o direito.

A carga tinha massa de 11,4 kg, a qual tem sido recomendada para indivíduos em fase de retorno ao trabalho após lesão na coluna lombar (FERGUSON et al., 2004). A caixa foi desenvolvida no estudo de SILVA et al. (2013), de modo a permitir uma boa pega e não necessitar de abdução da articulação dos ombros durante o manuseio. A Figura 2 mostra a plataforma e caixa utilizadas na tarefa, além dos equipamentos e marcadores posicionados no sujeito.

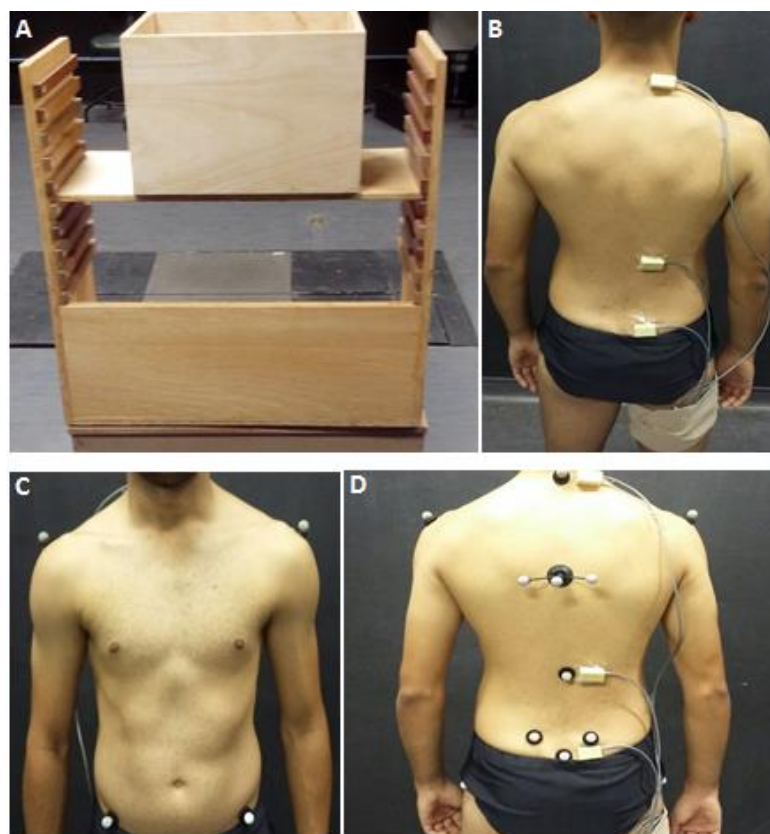


Figura 2 - Equipamentos utilizados na coleta de dados: A) Plataforma ajustável e caixa utilizadas na tarefa dinâmica de manuseio de carga; B) Sensores inclinométricos posicionados; C) Marcadores do sistema tridimensional de registro do movimento (vista anterior); D) Marcadores do sistema tridimensional de registro do movimento (vista posterior).

#### *Processamento dos sinais*

Os dois sistemas foram sincronizados por meio de um cabo de conexão. Os dados foram digitalizados simultaneamente à coleta e armazenados. Após o processamento inicial (descritos na Seção *Sistema tridimensional de registro do movimento e Inclinometria*), os dados foram processados usando uma rotina desenvolvida em MatLab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA).

Nessa rotina, para a tarefa dinâmica, o pico de flexão foi identificado para cada um dos 12 manuseios individuais, além dos dois segundos antes e após este ponto. Um gráfico foi gerado para garantir que essa janela de 4 segundos contivesse um ciclo inteiro de manuseio. Após esse procedimento, um manuseio médio, obtido a partir da média aritmética de todos os 12 manuseios individuais foi calculado (SCHALL et al., 2015).

O valor mínimo, máximo, bem como a média e os percentis 10, 90 e 99 foram calculados, usando a tarefa dinâmica (manuseio médio) e as estáticas como um todo. Também foi calculada a variação (diferença) entre os percentis 10 e 90 para as tarefas. A

diferença ponto a ponto para todas as tarefas foi calculada, e uma RMS da diferença entre os equipamentos (*root mean square*) foi obtida (CARNAZ, 2011).

#### *Análise dos Dados*

Para comparação entre o sistema tridimensional e a inclinometria, foi utilizada a RMS da diferença (CARNAZ, 2011).

Uma análise estatística de correlação também foi realizada comparando as médias das amplitudes de cada sinal, percentis 10 e 90, além da variação entre os percentis 10 e 90. Testes de normalidade e homocedasticidade (Shapiro Wilks e Levene) foram aplicados para verificar se os pressupostos paramétricos foram atingidos. E então, foi realizada a correlação de Pearson. Para interpretação dos resultados da correlação, foi considerada a força do coeficiente, como se segue: 0,00-0,25 pouca ou nenhuma correlação; 0,26-0,49 baixa correlação; 0,5-0,69 moderada correlação; 0,7-0,89 alta correlação; 0,9-1 muito alta correlação. (CARTER et al 2011)

O Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) também foi calculado para a média das amplitudes, percentis 10 e 90 e a variação entre os percentis. Tomando como interpretação: maior ou igual a 0,75, confiabilidade excelente; 0,6-0,74 boa confiabilidade; 0,4-0,59 confiabilidade moderada; menor que 0,4 baixa confiabilidade. E por fim, o método de Bland Altman, foi aplicado, o qual permite observar a ocorrência de erros sistemáticos e aleatórios, diferença média e os limites de concordância entre os equipamentos. (DOMHOLT, 2000)

#### **Resultados**

Na Tabela 1 encontram-se os dados demográficos dos sujeitos incluídos.

Tabela 1 - Dados pessoais dos voluntários avaliados.

	<b>Total (n=27)</b>
<b>Idade (anos)</b> [média(DP)]	33,0(11,9)
<b>Massa (kg)</b> [média(DP)]	77,0(11,1)
<b>Altura (m)</b> [média(DP)]	1,7(0,1)
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b> [média(DP)]	26,2(4,2)
<b>Tipo de trabalho</b> [N(%)]	
Manutenção/mudança	13(48,2)
Estudante	6(22,2)
Jardinagem	5(18,5)
Escritório	3(11,1)
<b>Sintomas na região lombar (12 meses)</b> [N(%)]	
Sim	15(55,5)
Não	12(44,5)

Como pode ser observado na Tabela 1, a idade dos sujeitos foi em média 33 anos, massa média de 77kg, e altura média de 1,7m. Em média os voluntários apresentavam sobrepeso. Os sujeitos avaliados realizavam diferentes tipos de trabalho, a maioria sendo trabalhador de mudança/manutenção. A maioria apresentou história de dor lombar nos últimos 12 meses.

A Tabela 2 apresenta os valores mínimos, máximos, média, percentis 10, 90 e 99 além da variação entre os percentis 10 e 90 para ambos os equipamentos. Apresenta também a RMS da diferença entre as duas medidas para cada tarefa.

Tabela 2 - Valores máximos, mínimos, média, percentis 10, 90 e 99 e variação entre o percentil 10 e 90 para cada equipamento em cada tarefa. RMS da diferença entre as medidas para cada tarefa.

	Inclinômetro	Sistema Tridimensional
<b>Manuseio médio (°)</b>		
Máximo	64,8 (15,7)	99,1 (37,8)
Média	31,2 (9,0)	34,2 (9,1)
Mínima	6,2 (10,1)	11,4 (3,9)
Percentil 10	10,2 (8,5)	13,0 (4,1)
Percentil 90	57,6 (15,2)	83,9 (34,5)
Percentil 99	64,4 (15,7)	98,5 (37,6)
Variação percentil 10-90	43,8 (7,8)	70,9 (35,0)
RMS da diferença		29,3(11,2)
<b>Estática em pé (°)</b>		
Máximo	0,3 (0,3)	0,4 (0,9)
Média	- 0,2 (0,2)	0,9 (0,9)
Mínima	-0,7 (0,6)	-0,1 (0,9)
Percentil 10	- 0,5 (0,4)	- 0,8 (0,9)
Percentil 90	0,1 (0,2)	0,3 (0,9)
Percentil 99	0,4 (0,9)	0,4 (0,9)
Variação percentil 10-90	0,6 (0,3)	0,4 (0,2)
RMS da diferença		0,9(0,5)
<b>Estática com flexão de tronco (°)</b>		
Máximo	38,4(15,1)	35,4(10,1)
Média	37,0(15,2)	34,6(10,1)
Mínima	35,4(15,4)	33,8(9,9)
Percentil 10	36,0(15,2)	34,0(10,0)
Percentil 90	37,9(15,1)	35,1(10,1)
Percentil 99	38,4(15,1)	35,4(10,1)
Variação percentil 10-90	1,8(1,2)	1,1(0,7)
RMS da diferença		10,0(8,5)

A Tabela 2 mostra que os valores de RMS da diferença variaram entre 0,9° a 29,3°. Também pode ser visto que maiores diferenças foram encontradas nas avaliações de maiores amplitudes de movimento (valores máximos e percentis 90 e 99) para todas as tarefas. Já a tarefa dinâmica apresenta maiores valores de diferenças do que as tarefas estáticas.

A Tabela 3, abaixo, mostra os coeficientes de correlação de Pearson para as médias e a variação entre os percentis 10 e 90 entre os dois equipamentos.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Pearson para as médias, percentis 10 e 90 e a variação entre os percentis 10 e 90 entre os dois equipamentos.

	Coeficiente de Correlação (P valor)		
	Manuseio geral médio	Estática em pé	Estática com flexão de tronco
Média	0,393 (0,042)	0,533 (0,004)	--
Variação percentil 10-90	--	0,597 (0,002)	0,614 (0,001)
Percentil 10	--	--	0,540(0,004)
Percentil 90	--	--	0,525(0,005)

-- correlação não significativa

Na Tabela 3, os coeficientes de correlação mostram que há uma correlação baixa entre as medidas para o manuseio, moderada para a estática em pé e com flexão de tronco. Mais uma vez, há uma força maior no relacionamento entre as medidas nas tarefas estáticas em relação às dinâmicas.

A Tabela 4 mostra os valores de Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) para a média e a variação entre os percentis 10 e 90.

Tabela 4 - Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) para a média, percentis 10 e 90 e a variação entre os percentis 10 e 90.

	Manuseio geral		Estática em pé		Estática com flexão de tronco	
	CCI	Intervalo de confiança 95%	CCI	Intervalo de confiança 95%	CCI	Intervalo de confiança 95%
Média	0,382	0,026 – 0,697	-0,073	- 0,419 – 0,301	0,492	0,149 – 0,730
Variação percentil 10-90	0,078	-0,160 – 0,372	0,463	0,00 – 0,744	0,448	0,054 – 0,714
Percentil 10	0,122	-0,236 – 0,463	-0,055	-0,363 – 0,295	0,498	0,154 – 0,735
Percentil 90	0,153	-0,118 – 0,447	-0,047	-0,420 – 0,335	0,483	0,140 – 0,725

O valor de CCI para o manuseio foi baixo tanto para a média, quanto para a variação entre percentis e para os percentis. Já para a estática em pé foi moderada para a variação e baixa para a média e percentis. Por fim, para a estática com flexão de tronco foi moderada para todas as medidas.

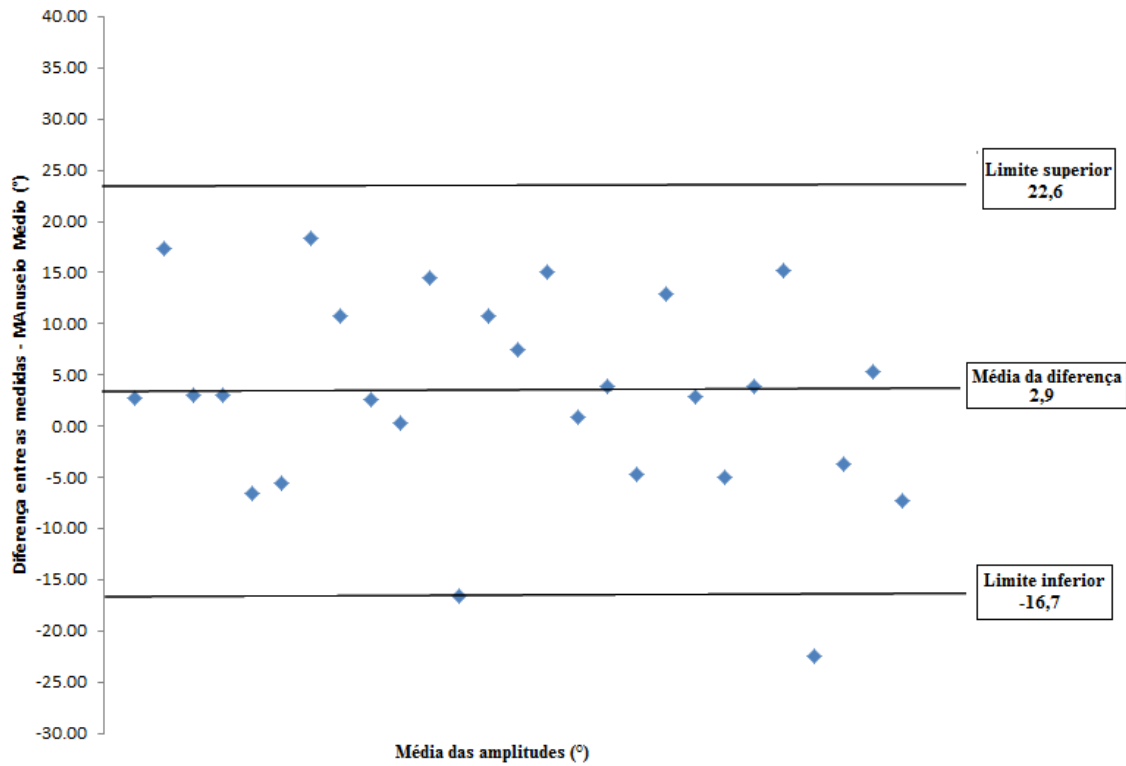


Figura 3 - Bland Altman para o manuseio médio.

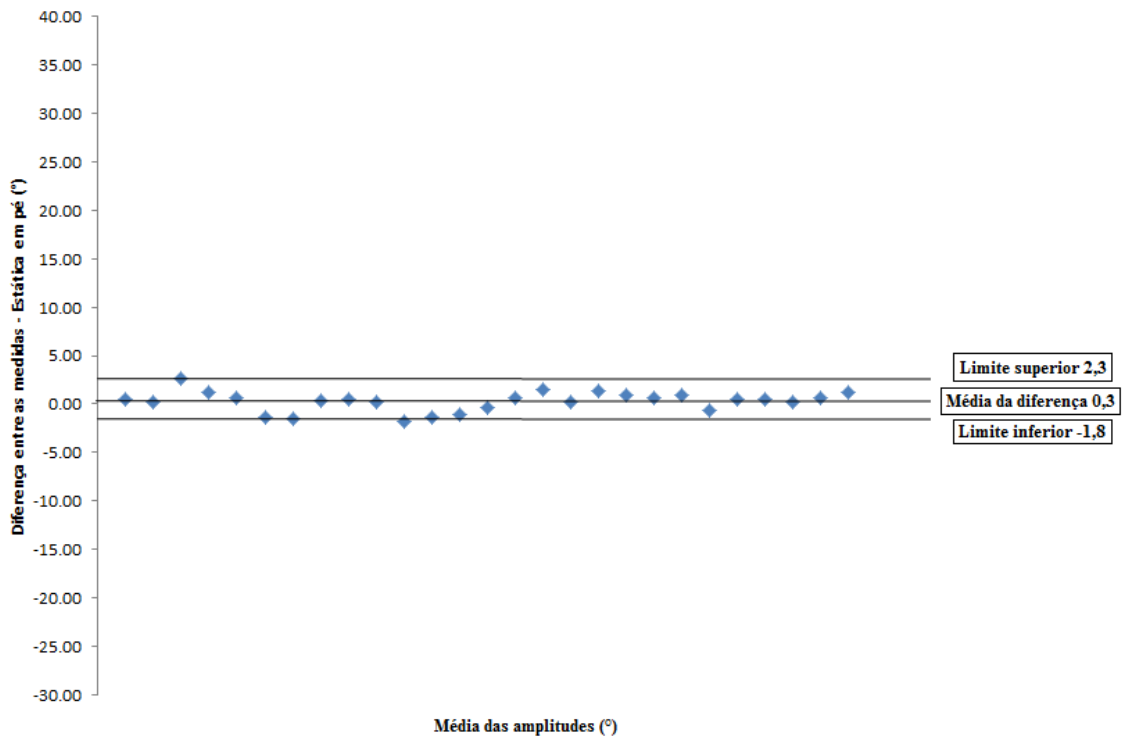


Figura 4 - Bland Altman para a tarefa estática em pé.

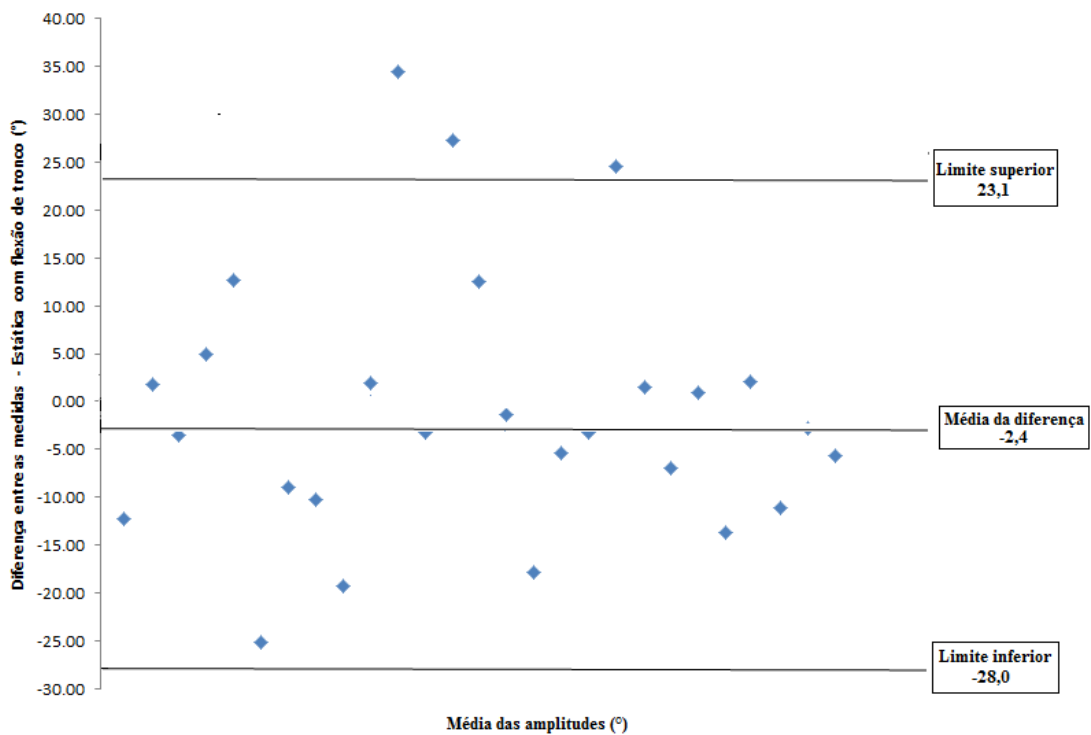


Figura 5 - Bland Altman para a tarefa estática com flexão de tronco.



As Figuras 3, 4 e 5 mostram a dispersão dos valores de diferença em relação à média da diferença. Em geral, os dados ficaram próximos da média, sem mostrar sinais de erro sistemático. Uma dispersão menor pode ser observada na estática em pé (Figura 4).

### **Discussão**

O objetivo do presente estudo foi comparar dois sistemas de registro dos movimentos do tronco, durante diferentes tarefas estáticas e uma tarefa dinâmica para a flexão de tronco. Os resultados mostraram que os sistemas diferem entre  $0,9^\circ$  e  $29,3^\circ$ . Com maiores diferenças nas maiores amplitudes de movimento e na tarefa mais dinâmica. O coeficiente de correlação de Pearson mostrou resultados de baixa a moderada correlação. Da mesma forma, o coeficiente de correlação Intraclasse mostrou resultados de baixa e moderada confiabilidade. Os resultados do Bland Altman mostraram que não há erro sistemático e que a tarefa que apresentou uma dispersão menor comparada às outras tarefas.

As medidas do inclinômetro já foram comparadas com as de um sistema tridimensional de registro do movimento para o ombro. O coeficiente de correlação encontrado foi muito alto para velocidade baixa ( $0,1$  Hz) e alta ( $0,4$  Hz). Contudo, para a velocidade considerada muito alta ( $0,75$  Hz), as curvas diferiram. Os autores discutem que o inclinômetro foi influenciado pela aceleração dinâmica que alterou a aceleração total, causando um desvio da linha vertical (BERNMARK e WIKTORIN 2002). Uma outra explicação é que a baixa taxa de aquisição pode ter influenciado no erro nas tarefas com maior velocidade.

Outros estudos encontraram resultados semelhantes. KORSHØJ et al. (2014) compararam dois tipos diferentes de inclinômetros e encontraram que a medida é menos consistente em tarefas mais dinâmicas do ombro, com diferenças de até  $10^\circ$ . DAHLQVIST et al. (2016), também comparando dois equipamentos distintos de inclinometria na avaliação de tarefas com o ombro, encontraram maiores valores de RMS da diferença na tarefa que envolvia grandes ângulos e grandes velocidades angulares.

SCHALL e colaboradores (2015) compararam as medidas de movimento para o tronco durante uma tarefa de manuseio de cargas de dois equipamentos: uma unidade de medida inercial (inertial measurement unit - IMU) contra o *Lumbar Motion Monitor* – (LMM). O IMU é um dispositivo, baseado em acelerômetros, giroscópios e/ou magnetômetros, que realiza a estimativa da orientação espacial de um objeto, combinando as medidas desses múltiplos sensores através de algoritmos. Esses autores encontraram RMS da diferença variando entre  $6,4^\circ$  a  $8,8^\circ$ , a depender do algoritmo utilizado. Como no presente estudo, eles também encontraram maiores divergências nas maiores amplitudes ( $8,8^\circ$ ).

Não foram encontrados outros estudos que comparassem a medida de flexão do tronco obtida por um sistema tridimensional e o inclinômetro. Entretanto, o inclinômetro foi comparado com eletrogoniômetro por BOOCOCK e colaboradores (1994). Os autores encontraram uma correlação muito alta (0,9), com RMS da diferença de 3,9°.

Fontes de erro do sistema tridimensional também têm sido descritas na literatura. A colocação dos marcadores, a escolha do posicionamento mais adequado dos marcadores, artefatos de movimento entre a pele e os marcadores são fatores que influenciam os erros nessa avaliação (RAST et al., 2016). Outra possível fonte de erros, específica deste estudo, foi a não exclusão de sujeitos com sobrepeso, fato que pode ter aumentado os artefatos de movimento entre a pele e o marcador, além de dificultar a correta identificação dos pontos anatômicos (MORIGUCHI et al., 2009).

Em resumo, em comparação com o sistema de registro tridimensional, há diferenças importantes no registro inclinométrico, especialmente na atividade dinâmica avaliada. Portanto, a utilização do inclinômetro deve ser feita com cautela para esse tipo de registro.

Limitações do presente estudo foram não realizar uma avaliação da confiabilidade da colocação dos marcadores, embora a utilização de somente um avaliador com treino prévio e experiência, possa ter minimizado possíveis erros. A atividade de manuseio de cargas, por conta da grande flexão de tronco e o fato de não terem sido excluídos os registros de sujeitos com sobrepeso, obscureceu por vezes o registro dos marcadores, especialmente os das espinhas ilíacas anterossuperiores. Isso pode ter influenciado no erro da medida do sistema tridimensional, já que pequenas discrepâncias no posicionamento dos eletrodos influenciam na variabilidade do cálculo angular (MORIGUCHI et al., 2009).

## **Conclusão**

Ao comparar dois sistemas de registro dos movimentos do tronco, o inclinômetro e o sistema tridimensional, os resultados mostraram que as medidas diferem de forma considerável para a atividade dinâmica e nos maiores graus de amplitude de movimento. A correlação e a confiabilidade encontradas entre as medidas variaram de baixa a moderada. Assim, a utilização do inclinômetro para a avaliação da postura e movimentos do tronco em tarefas dinâmicas e com grandes amplitudes de movimento deve ser feita com cautela.

## **Referências**

ÅKESSON, I.; HANSSON, G-Å.; BALOGH, I.; MORITZ, U.; SKERFVING, S. Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. *International archives of occupational and environmental health*, v. 69, p. 461-474, 1997.

ARVIDSSON, I.; ARVIDSSON, M.; AXMON, A.; HANSSON, G.Å., JOHANSSON, C.R.; SKERFVING, S. Musculoskeletal disorders among female and male air traffic controllers performing identical and demanding computer work. *Ergonomics*, v. 49, p. 1052-67, 2006a.

ARVIDSSON, I.; HANSSON, G.Å.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S. Changes in physical workload with implementation of mouse-based information technology in air traffic control. *International journal of industrial ergonomics*, v. 36, p. 613-622, 2006b.

ASGARI M.; SANJARI M.A.; MOKHTARINIA H.R.; SEDEH S.M.; KHALAF K.; PARNIANPOUR M. The effects of movement speed on kinematic variability and dynamic stability of the trunk in healthy individuals and low back pain patients. *Clinical Biomechanics* v. 30, n. 7, p. 682-688.

BALOGH, I.; OHLSSON, K.; HANSSON, G.Å.; ENGSTRÖM, T.; SKERFVING, S. Increasing the degree of automation in a production system: Consequences for the physical workload, *International journal of industrial ergonomics*, v. 36, p. 353-365, 2006.

BARROS, E.N.C.; ALEXANDRE N.M.C. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. *International Nursing Review*, v. 50, n. 2, p. 101-108, 2003.

BATISTÃO, M.V; SENTANIN A.C, MORIGUCHI C.S; HANSSON, G.A, COURY H.J.C.G; SATO, T.O. Furniture dimensions and postural overload for schoolchildren's head, upper back and upper limbs. *Work* v. 41, p. 4817-4824, 2012.

BENMARK, E; WIKTORIN, C. A triaxial accelerometer for measuring arm movements. *Applied Ergonomics*, v. 33, p. 541-547, 2002.

BODDEKE, E.W.G.M. Involvement of chemokines in pain. *European journal of Pharmacology*, v. 429, p. 115-119, 2001.

BOOCOCK, M.G; JACKSON, J.A; BURTON, A.K; TILLOTSON, K.M. Continuous measurement of lumbar posture using flexible electrogoniometers. *Ergonomics* v. 37, n.1, p. 175-185, 1994.

BYSTRÖM, J.U.; HANSSON, G.Å.; RYLANDER, L.; OHLSSON, K.; KÄLLROT, G.; SKERFVING, S. Physical workload on neck and upper limb using two CAD applications. *Applied Ergonomics*, v.33, p.63-74, 2002.

CARNAZ, L. Registros de movimentos do pescoço: estado da arte, validação e aplicação e avaliação durante o trabalho de técnicos de enfermagem. São Carlos: UFSCar, 2011.

CARTER R.E; LUBINKY J.; DOMHOLT E. Rehabilitation and application. 4º edição St Louis: Elsevier Saunders, 2011. 503 p.

CEDRASCHI, C; ROBERT, J; GOERG, D; PERRIN, E; FISCHER, W; VISCHER, T.L. Is chronic non-specific low back pain chronic? Definitions of a problem and problems of a definition. *British Journal of General Practice*, v. 49, p. 358-362, 1999.

COURY, H.J.C.G. Postural recording. In: *Industrial Ergonomics: User's Encyclopedea*, 1999.

DAHLQVIST, C; HANSSON G-A; FORSMAN, M. Validity of a small low-cost triaxial accelerometer with integrated logger for uncomplicated measurements of postures and movements of head, upper back and upper arms. *Applied Ergonomics* v. 55, p. 108-116, 2016.

DEYO, R.A; WEINSTEIN, J.N. Low back pain. *New England Journal of Medicine* v. 344, n.5, p. 363-370, 2001

DOHHOLDT, E. *Physical Therapy Research: Principles and Application*. 2º edição. London: W.B. Saunders, 2000. 522 p.

EKLUND, J.; ODENRICK, P.; ZETTERGREN, S.; JOHANSSON, H. Head posture measurements among work vehicle drivers and implications for work and workplace design. *Ergonomics*, v. 37, p. 623-639, 1994.

FERGUSON, A.S; MARRAS, W.S; BURR, D.L; DAVIS, K.G.; GUPTA, P. Differences in motor recruitment as resulting kinematics between low back pain patients and asymptomatic participants during lifting exertions. *Clinical Biomechanics*, v. 19, p. 992-999, 2004.

FRYMOYER, J.W; POPE, M.H.; CLEMENTS, J.H.; WILDER, D.G; MACPHERSON, B.; ASHIKAGA, T. Risk factors in low back pain. *Journal of Bone and Joint Surgery*, v. 65, n. 2, p. 213-218, 1983.

GILL, K.P.; CALLAGHAN, M.J. Intratester and intertester reproducibility of the lumbar motion monitor as a measure of range, velocity and acceleration of the thoracolumbar spine. *Clinical Biomechanics* v. 11, n. 7, p. 418-421, 1996.

GOBEL, H. Epidemiology and costs of chronic pain syndromes exemplified by specific and unspecific low back pain. *Schmerz*, v. 15, p. 92-98, 2001.

GRAHAM RB, AGNEWB MJ, STEVENSON JM. Effectiveness of an on-body lifting aid at reducing low back physical demands during an automotive assembly task: Assessment of EMG response and user acceptability. *Applied Ergonomics* 40 (2009) 936–942.

GRANATA, K. P.; MARRAS, W. S.; DAVIS, K. G. Biomechanical assessment of lifting dynamics, muscle activity and spinal loads while using three different styles of lifting belt. *Clinical Biomechanics*, v. 12, n. 2, p. 107-115, 1997.

HANSSON, G-A; ASTERLAND, P; HOLMER, N-G; SKERGVING, S. Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Med Biol Eng Comput*, v. 39, p. 405-413, 2001.

HOF, A.L.; KOERHUIS C.L.; WINTERS, J.C. ‘Coupled motions’ in cervical spine rotation can be misleading. *Clinical Biomechanics*, v. 16, n.5, p. 455-458, 2001.

HOOZEMANS, M.J.M.; VAN DER BEEK, A.J.; FRINGS-DRESEN, M.H.W.; VAN DER WOULD, L.H.V.; VAN, D.I.J.K. Pushing and pulling in association with low back and shoulder complaints. *Occupational Environmental Medicine*, v. 59, p. 696-702, 2002.

HWANG, S; KIM, Y, KIM Y. Lower extremity joint kinetics and lumbar curvature during squat and stoop lifting. *BMC Musculoskeletal Disorders* v. 10, n. 15.

IGARASHI, A, KIKUCHI, S, KONNO, S. Correlation between inflammatory cytokines released from the lumbar facet joint tissue and symptoms in degenerative lumbar spinal disorders. *Journal of Orthopaedic Science*, v. 12, p. 154-160, 2007.

JONKER, D.; ROLANDER, B.; BALOGH, I. Relation between perceived and measured workload obtained by long-term inclinometry among dentists. *Applied Ergonomics*, v. 40, p. 309-315, 2009.

JUUL-KRISTENSEN, B, FALLENTIN, N, EKDAHL, C. Criteria for classification of posture in repetitive work by observational methods: A review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 19, p. 397-411, 1997.

KOCH, A.; ZACHAROWSKI K, BOEHN O, STEVENS, M.; LIPFER, P.; VON GIESEN, H.J.; WOLF, A.; FREYNHAGEN, R. Nitric oxide and pro-inflammatory cytokines correlate with pain intensity in chronic pain patients. *Inflammation Research*, v. 56, p. 32-37, 2007.

KORSHØJ, M.; SKOTTE, J.H.; CHRISTIANSEN, C.S.; MORTENSEN, P.; KRISTIANSEN, J.; HANISCH, C.; INGEBRIGTSEN, J.; HOLTERMANN, A. Validity of the Acti4 software using ActiGraph GT3X+ accelerometer for recording of arm and upper body inclination in simulated work tasks. *Ergonomics* v. 57, n.2, p. 247-253. 2014.

KRAYCHETE, D.C; SAKATA, R.K; ISSY, A.M.; BACELLAR, O.; JESUS, R.S.; CARVALHO, E.M. Serum cytokine levels in patients with chronic low back pain due to herniated disc: analytical cross-sectional study. *São Paulo Medical Journal*, v. 128, n.5, p. 259-262, 2010.

LADEIRA, C.E. Evidence based practice guidelines for management of low back pain: physical therapy implications. *Rev Bras Fisioter* v. 15, n. 3, p. 190-9, 2011.

LARIVIÈRE, C.; GAGNON, D.; LOISEL, P. A biomechanical comparison of lifting techniques between subjects with and without chronic low back pain during freestyle lifting and lowering tasks. *Clinical Biomechanics* v.17, p. 89-98, 2002.

LAWRENCE, R.C.; HELMICK, C.G.; ARNETT, F.C.; DEYO, R.A.; FELSON, D.T; GI R, HOCHBERG, M.C.; HUNDER, G.G.; LIANG, M.H.; PILLEMER,S.R.; STEEN, V.D.; GIANNINI, E.H.; HEYSE. S.P.; HIRSCH, .; HOCHBERG, M.C.; HUNDER G.G.; LIANG, M.H.; PILLEMER, S.R.; STEEN, V.D.; WOLFE, F. Estimates of the prevalence of arthritis and selected musculoskeletal disorders in the United States. *Arthritis & Rheumatism*, v. 41, n.5, p.:778-799, 1998.

LIN, J.C.; KUO, F.C.; HONG, C.Z.; LIAU, B.Y. Kinematic variability of the head, lumbar spine and knee during the “walk and turn to sit down” task in older and young adults. *Gait & Posture* v. 39, p. 272–277, 2014.

MACHIKANTI, L. Epidemiology of low back pain. *Pain Physician*, v. 3, n.2, p.167-192, 2000.

MADURI, A; PEARSON, B.L.; WILSON, S.E. Lumbar-pelvic range and coordination during lifting tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v, 18, p. 807–814, 2008.

MARRAS, W.S. The case for cumulative trauma in low back disorders. *The Spine Journal* 3:177-179, 2003.

MARRAS, W.S; GRANATA, K.P. SPINE LOADING DURING TRUNK LATERAL BENDING MOTIONS. *Journal of Biomechanics* v. 30, n. 7, p. 697-703, 1997.

MARRAS, W.S.; GRANATA, K.P. A biomechanical assessment and model of axial twisting in the thoracolumbar spine. *Spine*, v. 20, p.1440-1451, 1995.

MCGILL, S.M. The biomechanics of low back injury: implications on current practice in industry and the clinic. *Journal of Biomechanics*, v. 30, n.5, p. 465-475, 1997.

MELLOH, M.; ELFERING, A.; PRESLAND, C.E.; ROEDER, C.; BARZ, T.; SALATHÉ, C.R.; TAMCAN, O.; MUELLER, U.; THEIS, J.C. Identification of prognostic factors for chronicity in patients with low back pain: a review of screening instruments. *International Orthopaedics*, v. 33, p. 301-313, 2009.

MORIGUCHI, C.S.; CARNAZ, L.; SILVA, L.C.C.B.; SALASAR, L.E.B.; CARREGARO, R.L.; SATO, T.O.; COURY, H.J.C.G. Reliability of intra- and inter-rater palpation discrepancy and estimation of its effects on joint angle measurements. *Manual Therapy*, v. 14, n. 3, pp. 299-305, 2009.

MORIGUCHI, C.S.; CARNAZ, L.; ALENCAR, J.F.; MIRANDA, JÚNIOR, L.C.; GRANQVIST, L.; HANSSON, G.A.; COURY, H.J.C.G. Postures and Movements in the Most Common Tasks of Power Line Workers. *Industrial Health*, v. 49, p. 482–491, 2011.

MORIGUCHI, C.S.; CARNAZ, L.; MIRANDA JUNIOR L.C.; MARKLINC, R.W.; COURY, H.J.C.G. Biomechanical analysis of loading/unloading a ladder on a truck. *Work*, v. 41, p. 2492-2495, 2012.

MÖRL, F; WAGNER, H.; BLICKHAN, R. Lumbar spine intersegmental motion analysis during lifting. *Pathophysiology*, v. 12, p. 295–302, 2005.

MULLER, J.; MULLER, S.; STOLL, J.; RECTOR, M.; BAUR, H.; MAYER, F. Influence of Load on 3-D Segmental Trunk Kinematics in One-Handed Lifting: A Pilot Study. *Journal of Applied Biomechanics* v. 32, n. 5, p. 520-525, 2016.

OZGULER, A, LECLERC, A, LANDRE, M.F.; TALEB, F.P.; NIERHAMMER, I. Individual and occupational determinants of low back pain according to various definitions of low back pain. *Journal of Epidemiology and Community Health*, v. 54, p. 215-220, 2000.

PAI, S.P.; SUNDARAM, L.J. Low back pain: na economic assessment in the United States. *Orthopaedic physical therapy clinics of North America*, v.35, p. 1–5, 2004.

RAB, G.; PETUSKEY, K.; BAGLEY, A. A method for determination of upper extremity kinematics. *Gait & posture*, v. 15, n. 2, p. 113-119, 2002.

RAST, F.; GRAF, E.; MEICHTRY, A.; KOOL, J.; BAUER, C. Between-day reliability of three-dimensional motion analysis of the trunk: A comparison of marker based protocols. *Journal of Biomechanics* v. 49, n. 5, p. 807-811, 2016.



SCHALL, M.C. et al. A comparison of instrumentation methods to estimate thoracolumbar motion in field-based occupational studies. *Applied ergonomics*, v. 48, p. 224-231, 2015.

SILVA, L.C.C.B.; OLIVEIRA, A.B.; SILVA, D.C. Paschoarelli LC, COURY HJCG. Evaluation of reusable cardboard box designs: Biomechanical and perceptual aspects. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 43, p. 154-160, 2013.

VAN DER BEEK, A.; FRINGS-DRESSEN, M. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. *Occupational Environmental Medicine*, v.5, p. 291-299, 1998.

WONG, W.Y.; WONG, M.S.; LO, K.H. Clinical Applications of Sensors for Human Posture and Movement Analysis: A Review. *Prosthetics and Orthotics International* v. 31, n. 1, p. 62-75.

YANG, G.; MARRAS, W.S.; BEST, T.M. The biochemical response to biomechanical tissue loading on the low back during physical work exposure. *Clinical Biomechanics*, v. 26, p. 431-437, 2011.

ZHANG, J.M.; AN, J. Cytokines, inflammation and pain. *International Anesthesiology Clinical*, v. 45, p. 27-37, 2007.

**Estudo 3**

**DOR LOMBAR E CONCENTRAÇÕES SÉRICAS DE CITOCINAS  
INFLAMATÓRIAS – UMA AVALIAÇÃO TRANSVERSAL**

Mariana Vieira Batistão, Thiago Luiz de Russo, Tatiana de Oliveira Sato

## DOR LOMBAR E CONCENTRAÇÕES SÉRICAS DE CITOCINAS INFLAMATÓRIAS – UMA AVALIAÇÃO TRANSVERSAL

### Resumo

**Introdução:** O papel de diversos mediadores da inflamação na dor lombar tem sido investigado. Entretanto, a relação entre características relacionadas à dor e a concentração de biomarcadores inflamatórios ainda não foi investigada. **Objetivo:** Comparar a concentração sérica de marcadores inflamatórios (interleucina 6, 10 e 1 $\beta$ , fator de necrose tumoral  $\alpha$ ) em trabalhadores com dor lombar e a características relacionadas à dor (impacto funcional, procura por profissional da saúde, sintomas nos últimos 7 dias e frequência dos sintomas). **Métodos:** Vinte e quatro trabalhadores foram avaliados, usando um questionário padronizado e o Questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares (QNSO). A coleta de sangue foi realizada aproximadamente às 7 horas da manhã, antes que qualquer trabalho fosse realizado. A concentração sérica de citocinas foi mensurada pelo método ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay). Os sujeitos foram separados em grupos de acordo com as respostas ao QNSO e em relação à frequência de sintomas (baixa e alta frequência). Uma análise de covariância (ANCOVA) foi usada para verificar as diferenças entre os grupos, com hábito de fumar e fatores psicossociais do trabalho como covariáveis. **Resultados:** Nenhuma diferença estatística foi encontrada. **Conclusão:** Tem sido demonstrado que os biomarcadores inflamatórios apresentam um papel importante nas reações inflamatórias envolvidas na patofisiologia da dor lombar, além de serem associadas com alta intensidade e duração dos sintomas. Entretanto no presente estudo, nenhuma diferença foi encontrada entre os grupos com diferentes características nos sintomas.

**Palavras-chave:** saúde ocupacional, biomarcadores inflamatórios, distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho (DORT), coluna lombar.

### Abstract

**Introduction:** The role of several mediators of inflammation in low back pain has been investigated. However, the relationship between pain related characteristics and the concentration of inflammatory biomarkers has not been investigated. **Objective:** To compare the concentration of serum inflammatory markers (interleukin 6, 10 and 1-beta, tumor necrosis factor alpha) in workers with low back pain and pain related characteristics (functional impact, seek for health care, symptoms over the last 7 days and frequency of symptoms). **Methods:** Twenty four male workers were assessed, using a standardized questionnaire and the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ). The collection of blood was performed around 7 am, before any work activity was done. Serum levels of cytokines were measured by the ELISA method (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay). The subjects were separated into groups accordingly to the responses to the NMQ and in relation to frequency of symptoms (low and high frequency). An analysis of covariance (ANCOVA) was used to verify the differences between groups, with smoking habit and occupational psychosocial factors as covariate. **Results:** No statistical difference was found. **Conclusion:** The cytokines have been shown previously to play a role in the induction and amplification of inflammatory reactions involved at pathophysiology of LBP and to be associated with higher intensities and duration of the symptoms. However, in the present study no differences were found between the groups with different characteristics of symptoms.

**Keywords:** occupational health, inflammation biomarkers, work-related musculoskeletal disorders, lumbar spine.

## **Introdução**

A dor lombar tem alto impacto na sociedade, especialmente para trabalhadores e organizações. Desta forma, pesquisas recentes têm focado no estabelecimento da relação causal para este distúrbio (SPLITTSTOESSER et al., 2012; YANG et al., 2011).

Já que a inflamação tecidual não pode ser identificada em exames de imagem, não é surpresa que a causa da dor lombar seja identificada em somente 10-20% dos casos. Na maioria dos casos, a etiologia não é definida e o diagnóstico é baseado no autorrelato de sintomas (BURKE et al., 2002; DEYO e WEINSTEIN, 2001; MARCHAND et al., 2005; NUSBAUM e DOWNES, 1998; OZGULERET al., 2000; SPLITTSTOESSER et al., 2012). Nesse sentido, a avaliação dos marcadores inflamatórios, como citocinas, pode ser apropriada para estimar a tolerância do tecido à carga (SPLITTSTOESSER et al., 2012).

O papel dos biomarcadores inflamatórios em mediar a resposta inflamatória a forças impostas ao sistema musculoesquelético tem sido investigada, e diversos mediadores inflamatórios podem estar envolvidos na dor lombar (YANG et al., 2011).

Desmielinização da raiz nervosa tem sido associada com prostaglandina E2 (CHEN et al., 1997). Altos níveis de prostaglandina E2, interleucina (IL) 6 e óxido nítrico foram encontrados em discos intervertebrais humanos de pacientes que se submeteram à discectomia, comparado a controles (KANG et al., 1996). O papel da prostaglandina E2 e do óxido nítrico também foi investigada em modelo animal (KAWAKAMI et al., 1997). Fator de necrose tumoral  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), IL-1, IL-6, IL-8 e IL-10 foram associados com discos intervertebrais com sinais de degeneração ou hernia, lesões na raiz nervosa e dor radicular em estudos com modelo humano e animal (AHN et al., 2002; OLMAKER e LARSSON, 1998; SHAMJI et al., 2010).

Embora a associação entre dor lombar e mediadores inflamatórios tenha sido demonstrada na literatura, sua associação com a dor lombar não específica é menos clara. Dor lombar não específica é definida como dor lombar que não pode ser relacionada a

nenhuma doença específica, como fratura, infecção, osteoporose, doença inflamatória ou tumoral ou síndromes radiculares (RAMOND-ROQUIN et al., 2015). WANG e colaboradores (2008) encontraram concentrações mais altas de TNF- $\alpha$  em sujeitos com dor lombar não específica quando comparados a sujeitos assintomáticos. Desta forma, é importante uma exploração adicional das associações da dor lombar não específica e citocinas.

Em ambientes ocupacionais, a dor lombar é comumente avaliada através de questionários autoaplicáveis devido a sua praticabilidade e baixo custo (TAKEKAWA et al., 2015). Uma ferramenta importante é o Questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares (QNSO), que foi desenvolvido para padronizar o relato de sintomas musculoesqueléticos (BARROS e ALEXANDRE, 2003; KUORINKA et al., 1987). Avaliar a dor lombar por meio de questionários traz a dúvida sobre o quão relacionados os resultados destes instrumentos estão com a fisiopatologia do distúrbio musculoesquelético.

Nesse sentido, PEDERSEN et al. (2015) avaliaram a relação entre a pontuação da Escala Visual Analógica e níveis de biomarcadores inflamatórios em pacientes com dor lombar. Eles encontraram que indivíduos com maiores pontuações nos últimos 12 meses apresentaram maiores níveis séricos de IL-6 e IL-8. WEBER et al. (2016) encontraram uma correlação positiva entre a concentração de IL-6 e a duração em meses dos sintomas de dor lombar nos pacientes avaliados. A partir do resultado desses estudos, pode-se concluir que a duração e intensidade dos sintomas afeta a concentração dessas citocinas. Entretanto, não foi investigado se outras características dos sintomas como impacto funcional, procura por profissional de saúde, sintomas nos últimos sete dias e frequência dos sintomas também estão relacionados com a concentração dos biomarcadores inflamatórios.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi comparar os níveis de biomarcadores inflamatórios (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 e IL-10) em trabalhadores com dor lombar de acordo com a severidade dos sintomas avaliado através do impacto funcional, procura por profissional de

saúde, sintomas nos últimos sete dias e frequência dos sintomas. A hipótese é que a concentração das citocinas pró-inflamatórias (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , and IL-6) será maior e da citocinas anti-inflamatória (IL-10) será menor em sujeitos com maior impacto na funcionalidade, que procuraram por auxílio profissional, que tiveram sintomas nos últimos sete dias e maior frequência de sintomas.

## **Métodos**

### *Local e desenho do estudo*

Este estudo transversal incluiu homens que trabalhavam em diferentes atividades (construção, jardinagem, coleta de recicláveis e manutenção) na cidade de São Carlos-SP, Brasil. Todos os sujeitos tinham experiência de pelo menos 5 anos em tarefas que envolviam manuseio de cargas no trabalho. Todos reportaram dor lombar nos últimos 12 meses no QNSO.

### *Sujeitos*

O processo de recrutamento é mostrado na Figura 1. O recrutamento e avaliação ocorreram entre Janeiro e Agosto de 2014. Os critérios de inclusão foram: trabalhadores que realizavam manuseio manual de cargas no trabalho, com idade entre 18 a 60 anos, com relato de dor lombar nos últimos 12 meses através do QNSO (TAKEKAWA et al., 2015; BARROS e ALEXANDRE, 2003). Os critérios de exclusão foram: doenças sistêmicas (respiratórias, cardíacas, reumáticas, metabólicas, entre outras), obesidade (Índice de Massa Corporal – IMC > 30kg/m<sup>2</sup>), alergia, uso de medicação anti-inflamatória não esteroidal nas duas últimas semanas. Também foi critério de exclusão pacientes com sinais de alerta (red flags) para neoplasias, infecções e fraturas: febre, perda de peso involuntária, história de neoplasia, infecção recente, depressão do sistema imune, trauma recente (LADEIRA, 2011).

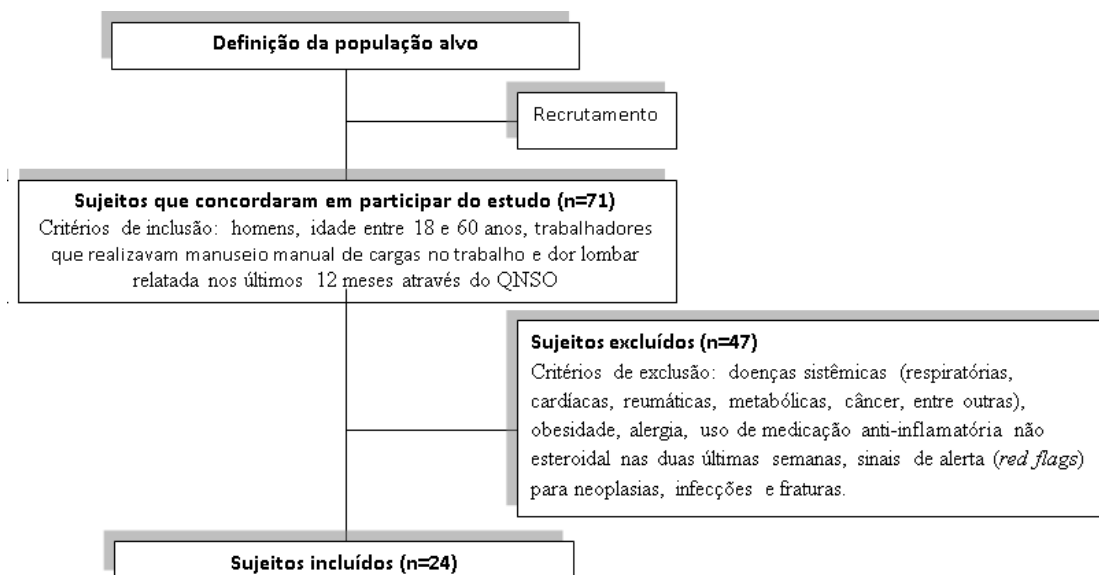


Figura 1 – Fluxograma do processo de recrutamento e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

O projeto seguiu todos os preceitos da Resolução 466/12 e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos (CAAE: 19035413.3.0000.5504, Parecer Nº 408.829).

#### *Procedimentos*

Os sujeitos avaliados não estavam em um episódio de dor no momento da coleta de dados. Dados demográficos e clínicos foram coletados usando um questionário padronizado e o QNSO. O QNSO avalia queixas musculoesqueléticas em diversas regiões do corpo através de quatro questões: 1. Queixas nos últimos sete dias; 2. Queixas nos últimos 12 meses; 3. Prejuízo na habilidade de realizar atividades funcionais (atividades domésticas, de trabalho ou lazer) por conta do desconforto nos últimos 12 meses e 4. Busca por profissionais da saúde por conta dor nos últimos 12 meses (BARROS e ALEXANDRE, 2003).

A frequência da dor foi coletada usando a seguinte pergunta: “Qual foi a frequência do sintoma nos últimos 12 meses?”. As seguintes respostas eram possíveis: raramente, às vezes, frequentemente, muito frequentemente. Durante a análise dos dados, as respostas foram agrupadas em baixa frequência (raramente/às vezes) e alta frequência (frequentemente/muito frequentemente).

### *Níveis séricos de biomarcadores inflamatórios pelo método ELISA*

A coleta de sangue venoso (24 mL) foi realizada aproximadamente às 7 horas da manhã, antes que qualquer trabalho fosse realizado. O sangue coletado foi armazenado em frascos estéreis Vacutanier, respeitando as regras de utilização de materiais perfuro cortantes. Um profissional qualificado realizou este procedimento. O sangue foi centrifugado imediatamente após a coleta para separar o soro e, em seguida, foi armazenado a  $-80^{\circ}$  (YEUNG et al., 2002).

Concentrações séricas de TNF- $\alpha$  (fator de necrose tumoral alfa), interleucina 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), -6 (IL-6) and 10 (IL-10) foram medidas pelo método ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay), usando kits de alta sensibilidade (Quantikine®HS, R & D Systems, Minneapolis, USA), seguindo as recomendações do fabricante. As medidas foram realizadas em duplicata. A curva de dosagem foi aplicada. As leituras das amostras foram feitas por um leitor de microplacas ajustado a 450nm e com correção do comprimento de onda de 540nm ou 570nm. Todas as amostras foram processadas em um único imunoenensaio.

### *Análise dos dados*

Os sujeitos foram separados em grupos de acordo com as respostas do QNSO: procura por profissional da saúde (sim/não), prejuízo funcional (sim/não), presença de sintomas nos últimos 7 dias (sim/não). Em relação à frequência de sintomas, os sujeitos foram separados em grupos de baixa (raramente/às vezes) e alta frequência (frequentemente/muito frequentemente).

Testes de normalidade (Shapiro Wilks) e homoscedasticidade (Levene) foram aplicados para verificar se os pressupostos paramétricos foram atendidos. Então, uma Análise de Covariância (ANCOVA) foi usada para verificar as diferenças entre os grupos, usando o hábito de fumar (sim/não) e fatores psicossociais do trabalho (pontuação do Questionário de Estresse no Trabalho, descrito abaixo) como covariáveis.



O hábito de fumar foi incluído no modelo, pois é um fator de risco conhecido para dor lombar além de ser associado com pior prognóstico (MANCHIKANTI et al., 2014; KERR et al., 2015). Ele também tem a capacidade de causar um estado pro-inflamatório sistêmico, caracterizado pela elevação da concentração sérica de citocinas (PETRESCU et al., 2010).

Fatores psicossociais também foram incluídos como covariáveis. Enquanto fatores biomecânicos parecem ter um grande impacto na ocorrência de episódios de dor lombar, fatores psicossociais parecem ter uma influência na persistência e no impacto da dor. RAMOND-ROQUIN (2015), em sua revisão, destacam que fatores psicossociais, incluindo aqueles relacionados ao trabalho, tem valor prognóstico para pacientes com dor lombar. Os sujeitos do presente estudo responderam à Escala de Estresse no Trabalho. Essa ferramenta é baseada no modelo de Demanda e Controle proposto por KARASEK (1979). A versão curta, em sua tradução para o Português, foi usada no presente estudo (ALVES et al., 2004). A pontuação para Demanda e para Controle foi usada como covariável.

A análise foi realizada usando SPSS (versão 20) e o nível de significância usado foi 5%.

## **Resultados**

A Tabela 1 mostra dados demográficos e clínicos dos sujeitos incluídos neste estudo (n=24). Os sujeitos foram, em media, categorizados como sobrepeso. A maioria não fumava, não teve prejuízo na função, não procurou por ajuda profissional e não teve sintomas nos últimos sete dias.

Tabela 1. Dados demográficos da amostra (n=24).

<b>Dados demográficos</b>	<b>Total</b>
Idade, anos [média (DP)]	38,9 (13,3)
Massa corporal, kg [média (DP)]	71,6 (9,9)
Altura, m [média DP]	1,7 (0,1)
IMC, kg/m <sup>2</sup> [média (DP)]	25,5 (3,3)
Tipo de trabalho [n (%)]	
Manutenção	7 (28,0)
Jardinagem	8 (32,0)
Construção	7 (28,0)
Coleta de materiais recicláveis	2 (8,0)
Tabagismo [n (%)]	9 (37,5)
Prejuízo na função [n (%)]	9 (37,5)
Procura por profissional [n (%)]	5 (20,8)
Sintomas nos últimos 7 dias [n (%)]	9 (37,5)
Alta frequência de dor lombar [n (%)]	10 (41,7)
Psicossocial – Demanda [n (%)]	
Baixa	17(70,1)
Alta	7(29,1)
Psicossocial – Controle [n (%)]	
Baixo	13(54,2)
Alto	11(45,8)

Tabela 2 e 3 mostra que nenhuma diferença estatística foi encontrada para nenhuma variável.

Tabela 2. Biomarcadores inflamatórios (pg/mL) nos grupos de acordo com prejuízo funcional (sim/não), procura por profissional da saúde (sim/não) e presença de sintomas nos últimos 7 dias (sim/não). Hábito de fumar, Demanda e Controle (da Escala de Estresse no Trabalho) foram usados como covariáveis.

Variável	Não	Sim	P valor	Tamanho do efeito	Poder do teste
IL-10 [média (DP)]					
Prejuízo funcional	2,9 (4,1)	2,3 (2,9)	0,83	0,07	0,11
Procura por profissional da saúde	3,1 (3,8)	0,5 (1,1)	0,45	0,18	0,25
Presença de sintomas (7 dias)	3,2 (4,1)	1,6 (2,5)	0,71	0,11	0,15
TNF- $\alpha$ [média (DP)]					
Prejuízo funcional	24,2 (19,6)	18,5 (9,1)	0,10	0,32	0,54
Procura por profissional da saúde	23,6 (17,4)	14,2 (5,8)	0,08	0,33	0,57
Presença de sintomas (7 dias)	24,3 (19,0)	17,5 (8,4)	0,06	0,37	0,64
IL-6 [média (DP)]					
Prejuízo funcional	10,9 (8,7)	11,8 (9,3)	0,31	0,21	0,32
Procura por profissional da saúde	12,4 (9,2)	5,9 (2,4)	0,26	0,23	0,36
Presença de sintomas (7 dias)	11,4 (8,3)	11,1 (10,0)	0,29	0,22	0,34
IL-1 $\beta$ [média (DP)]					
Prejuízo funcional	0,3 (0,4)	1,4 (1,6)	0,15	0,29	0,48
Procura por profissional da saúde	0,8 (1,2)	0,1 (0,2)	0,07	0,35	0,61
Presença de sintomas (7 dias)	0,5 (0,7)	1,2 (1,7)	0,19	0,26	0,42

Tabela 3. Biomarcadores inflamatórios (pg/mL) nos grupos com baixa e alta frequência de dor lombar nos últimos 12 meses. Dados apresentados em média(desvio padrão). Hábito de fumar e Demanda e Controle (da Escala de Estresse no Trabalho) foram usadas como covariáveis.

Biomarcadores inflamatórios	Baixa	Alta	P valor	Tamanho do efeito	Poder do teste
IL-10	2,7 (4,2)	2,5 (2,8)	0,85	0,07	0,11
TNF- $\alpha$	23,1(18,1)	20,2 (13,7)	0,10	0,32	0,55
IL-6	10,9 (8,1)	11,8 (10,2)	0,31	0,21	0,32
IL-1 $\beta$	0,3 (0,5)	1,4 (1,6)	0,09	0,33	0,56

### Discussão

O objetivo do presente estudo foi comparar os níveis de marcadores inflamatórios (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 and IL-10) em trabalhadores com dor lombar de acordo com o prejuízo funcional, procura por profissional de saúde, sintomas nos últimos sete dias e frequência de sintomas. Tem sido demonstrado previamente que essas citocinas têm um papel na indução e amplificação das reações inflamatórias envolvidas na patofisiologia da dor lombar (RAND et al., 1997). Contudo, nenhuma diferença foi encontrada neste estudo.

TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-10 e IL-1 $\beta$  são mediadores inflamatórios que tem um papel na patofisiologia da dor lombar discogênica e na lesão da raiz nervosa induzida pelo núcleo pulposo herniado (AHN et al., 2002; OLMAKER e LARSSON, 1998; SHAMJI et al., 2010). Mesmo na dor lombar não específica crônica, como no presente estudo, a comparação entre sujeitos sintomáticos e sem história de dor lombar pareados mostrou que a presença de TNF- $\alpha$  era diferente (WANG et al., 2008).

Entretanto, a concentração de TNF- $\alpha$  não foi capaz de separar os sujeitos de acordo com características dos sintomas no presente estudo. O mesmo estudo citado acima, de Wang e colaboradores (2008), avaliou a intensidade de dor dos indivíduos sintomáticos (escala

analógica de 0 a 10) na última semana, além da incapacidade gerada pela dor lombar (Questionário Roland-Morris). Nenhuma correlação entre os níveis de TNF- $\alpha$  e intensidade ou incapacidade foram encontrados.

Uma possível razão é a característica crônica da dor nos sujeitos avaliados. Citocinas exibem distintas respostas tempo-dependente com diferenças no tempo de expressão pico e taxas de desenvolvimento e recuperação (Klyne et al., 2017). Quando a inflamação aguda é avaliada, diferentes resultados são encontrados. KLYNE et al. (2016) avaliaram indivíduos com dor lombar aguda. Eles encontraram que a concentração de IL-6 e proteína C-reativa eram associados com maiores níveis de dor.

PEDERSEN et al. (2015) e WEBER et al. (2016) avaliaram pacientes com sintomas de longa-duração. Esses autores encontraram correlações significantes entre a intensidade/duração da dor com níveis de IL-6 e IL-8. Entretanto, esses estudos não deixam claro se os sujeitos estavam em um episódio de dor no momento da avaliação. No presente estudo, os sujeitos não estavam em um episódio de dor no momento da avaliação.

Outra explicação diz respeito ao diagnóstico dos indivíduos incluídos. WEBER et al. (2015) encontraram que concentrações de mediadores inflamatórios variam baseado no diagnóstico da dor lombar (hérnia de disco, doença degenerativa do disco, estenose espinhal). PEDERSEN et al. (2015) e WEBER et al. (2016) incluíram sujeitos com diagnósticos específicos (hérnia de disco, doença degenerativa do disco, estenose espinhal) e o presente estudo focou na avaliação de trabalhadores com dor lombar não específica. Este fato pode ter influenciado nos diferentes resultados obtidos.

Embora nenhuma significância estatística tenha sido encontrada, estudos correlacionando níveis de biomarcadores com características da dor são importantes, já que em condições dolorosas, profissionais da saúde usam esses fatores para entender o diagnóstico, severidade e prognóstico (WEBER et al., 2016).

O presente estudo tem algumas limitações, como a limitada amostra que resultou no baixo poder dos testes. Entretanto, de acordo com os tamanhos de efeito, o tamanho amostral requerido para encontrar diferença entre os grupos variou entre 1229 sujeitos (para um tamanho de efeito de 0,08) e 78491 sujeitos (para um tamanho de efeito de 0,01).

Em conclusão, os resultados mostram que os níveis de marcadores inflamatórios (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 e IL-10) não diferem em trabalhadores com dor lombar de acordo com o prejuízo funcional, procura por profissional de saúde, sintomas nos últimos sete dias e frequência de sintomas.

### **Agradecimentos**

Este estudo teve suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP Proc. N. 2013/14098-2).

### **Referências**

- AHN SH, CHO YW, AHN MW, et al. mRNA Expression of Cytokines and Chemokines in Herniated Lumbar Intervertebral Discs. *Spine* v. 27, n. 9, p. 911–17, 2002.
- ALTUN I Cytokine profile in degenerated painful intervertebral disc variability with respect to duration of symptoms and type of disease. *Spine J* v. 16, n. 7, p. 857-861, 2016.
- ALVES MGM, CHOR B, FAERSTEIN E, et al. Short version of the “job stress scale” a Portuguese-language adaptation. *Rev. Saúde Pública* v. 38, n. 2, p. 164-171, 2004.
- BARROS ENC, ALEXANDRE NMC Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. *Int Nurs Rev* v. 50, n. 2, p. 101-108, 2003.
- BURKE JG, WATSON RWG, MCCOMACK D, et al. Intervertebral discs which cause low back pain secrete high levels of proinflammatory mediators. *J Bone Joint Surg Br* 84-B, p. 196-201, 2002;
- CHEN C, CAVANAUGH JM, OZAKTAY C, et al. Effects of phospholipase A2 on lumbar nerve root structure and function. *Spine* v. 22, n. 10, p. 1057-1064, 1997.
- DEYO RA, WEINSTEIN JN. Low back pain. *N Engl J Med* v. 344, n. 5, p. 1, 2001.
- KANG JD, GEORGESCU HI, MCINTYRE-LARKIN L, et al. Herniated lumbar intervertebral discs spontaneously produce matrix metalloproteinases, nitric oxide, interleukin-6, and prostaglandin E2. *Spine* v. 21, n. 1, p. 271-277, 1996.
- KARASEK RA Job demands, job decision latitude, and mental strain Implications for job redesign. *Administrative Science Quarterly*; v. 24, p. 258-308, 1979.

- KAWAKAMI M, TAMAKI T, HASHIZUME H, et al. The role of phospholipase A2 and nitric oxide in pain-related behaviour produced by an allograft of intervertebral disc material to the sciatic nerve of the rat. *Spine* v. 22, n. 10, p. 1074-1079, 1997.
- KERR D, ZHAO W, LURLE JD What Are Long-term Predictors of Outcomes for Lumbar Disc Herniation? A Randomized and Observational Study. *Clin Orthop Relat Res*; v. 473, n.6, p. 1920-1930, 2015.
- KLYNE DM, BARBE MF, HODGES PW Systemic inflammatory profiles and their relationships with demographic, behavioural and clinical features in acute low back pain. *Brain Behav Immun* v. 60, p. 84-92, 2017.
- KUORINKA I, JONSSON B, KILBOM A, et al. Standardised Nordic Questionnaires for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms. *Appl Ergon* v. 18, n. 3, p. 233–237, 1987.
- LADEIRA CE. Evidence based practice guidelines for management of low back pain physical therapy implications. *Rev Bras Fisioter* v. 15, n. 3, p. 190-9, 2011.
- MANCHIKANTI L, SINGH V, FALCO FJE, BENYAMIN RM, HIRSCH JA. Epidemiology of Low Back Pain in Adults. *Neuromodulation* v. 17, n. 52, p. 3-10. 2014.
- MARCHAND F, PERRETI M, MCMAHON SB Role of the immune system in chronic pain. *Nat Rev Neurosci* v. 6, p. 521-32, 2005.
- NUSBAUM EL, DOWNES L Reliability of clinical pressure-pain algometric measurements obtained on consecutive days. *Phys Ther* v. 78, p. 160-169, 1998.
- OLMAKER K, LARSSON K Tumor necrosis factor alpha and nucleus-pulposus-induced nerve root injury. *Spine* v. 23, n. 23, p. 2598-2544, 1998.
- OZGULER A, LECLERC A, LANDRE MF, et al. Individual and occupational determinants of low back pain according to various definitions of low back pain. *J Epidemiol Community Health* v. 54, p. 215-20, 2000.
- PEDERSEN LM, SCHISTAD E, JABOBSEN LM, et al. Serum levels of the pro-inflammatory interleukins 6 (IL-6) and -8 (IL-8) in patients with lumbar radicular pain due to disc herniation A 12-month prospective study. *Brain Behav Immun* v. 46, p. 132-136, 2015.
- PETRESCU F, VOICAN SC, SILOSI I Tumor necrosis factor- $\alpha$  serum levels in healthy smokers and nonsmokers. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* v. 5, p. 217–222, 2010.
- RAMOND-ROQUIN A, BOUTON C, BÈGUE C, PETIT A, et al. Psychosocial risk factors, interventions, and comorbidity in patients with non-specific low back pain in primary care need for comprehensive and patient-centered care. *Front Med* v. 2, p. 73, 2015.
- RAND N, REICHERT F, FLOMAN Y, et al. Murine nucleus pulposus-derived cells secrete interleukins-1-beta, -6, and -10 and granulocyte-macrophage colony-stimulating factor in cell culture. *Spine* v. 22, n. 22, p. 2598-2602, 1997.
- SHAMJI MF, SETTON LA, JARVIS W, et al. Proinflammatory Cytokine Expression Profile in Degenerated and Herniated Human Intervertebral Disc Tissues. *Arthritis Rheum* v. 62, n. 7, p. 1974-82, 2010.

- SPLITTSTOESSER RE, MARRAS WS, BEST TM Immune Responses to Low Back Pain Risk Factors. *Work* v. 41, p. 6016-23, 2012.
- TAKEKAWA KS, GONÇALVES JS, MORIGUCHI CS, et al. Can a self-administered questionnaire identify workers with chronic or recurring low back pain? *Ind Health*; v. 53, n. 4, 340-5, 2015.
- WANG H, SCHILTENWOLF M, BUCHNER M. The Role of TNF- $\alpha$  in Patients With Chronic Low Back Pain—A Prospective Comparative Longitudinal Study. *Clin J Pain* v. 24, p. 273–278, 2008.
- WEBER KT, ALIPUI DO, SISON CP, et al. Serum levels of the proinflammatory cytokine interleukin-6 vary based on diagnoses in individuals with lumbar intervertebral disc diseases. *Arthritis Res Ther* v. 18, p. 3, 2016.
- WEBER KT, SATOH S, ALIPUI DO, et al. Exploratory study for identifying systemic biomarkers that correlate with pain response in patients with intervertebral disc disorders. *Immunol Res* v. 63, p. 170–180, 2015.
- YANG G, MARRAS WS, BEST TM The biochemical response to biomechanical tissue loading on the low back during physical work exposure. *Clin Biomech* v. 26, p. 431–437, 2011.
- YEUNG SS, GENAIDY A, DEDDENS J, et al. Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers, *Spine* v. 27, n. 19, p. 2166-71, 2002.



**Estudo 4**

**BIOMARCADORES INFLAMATÓRIOS EM TRABALHADORES COM DOR LOMBAR APÓS UMA TAREFA EXPERIMENTAL DE MANUSEIO MANUAL DE CARGAS – ENSAIO RANDOMIZADO CONTROLADO**

Mariana Vieira Batistão, Thiago Luiz de Russo, Tatiana de Oliveira Sato

# BIOMARCADORES INFLAMATÓRIOS EM TRABALHADORES COM DOR LOMBAR APÓS UMA TAREFA EXPERIMENTAL DE MANUSEIO MANUAL DE CARGAS – ENSAIO RANDOMIZADO CONTROLADO

## Resumo

**Introdução:** A sobrecarga da coluna durante atividades ocupacionais envolvendo manuseio manual de cargas (MMC) é um objeto importante de pesquisa. A avaliação de biomarcadores inflamatórios é um método promissor para quantificar as respostas biológicas às exigências do trabalho. **Objetivo:** Quantificar, antes e após uma tarefa de manuseio de cargas, os níveis de biomarcadores inflamatórios em trabalhadores com dor lombar, divididos aleatoriamente em dois grupos: controle (não realizou manuseio) e experimental (realizou MMC). **Métodos:** Os trabalhadores tinham experiência em atividades envolvendo MMC. Concentrações séricas de citocinas inflamatórias (interleucina IL-6, IL-10 e IL-1-beta, fator de necrose tumoral alfa) foram medidas antes e após 2 horas da realização da tarefa. O método Elisa (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay - Quantikine®HS, R & D Systems, Minneapolis, USA) foi usado para quantificar o nível de citocinas. O MMC teve duração de 10 minutos e consistiu no manuseio de uma caixa de 11,4 kg. A altura inicial do manuseio foi a do trocânter maior do fêmur e a altura final, o solo. A frequência adotada foi de 12 movimentos por minuto, realizando rotação de tronco. Testes de normalidade e homocedasticidade foram aplicados. Quando os pressupostos foram atendidos, uma ANOVA *two-way* mista foi realizada. Quando não, o teste Mann Whitney foi utilizado para a comparação intergrupos e o teste de Wilcoxon foi aplicado para comparação intragrupos. O nível de significância foi de 5%. **Resultados:** Não foram encontradas diferenças na concentração dos biomarcadores entre os grupos e entre as avaliações. **Conclusão:** A tarefa não modificou a concentração dos biomarcadores. Recomendações para futuros estudos são avaliar uma tarefa que gere maior sobrecarga, ou seja, com maior duração, frequência ou magnitude, considerando os riscos impostos à população.

**Palavras-chave:** biomecânica ocupacional, inflamação, distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, lombalgia.

## Abstract

**Introduction:** The spine overload during occupational activities involving manual handling tasks (MHT) is an important research object. The assessment of inflammatory biomarkers is a promising method for quantifying the biological responses to work requirements. **Objective:** To quantify, before and after a task of manual handling of a load, the levels of inflammatory biomarkers in workers with low back pain, randomly divided into two groups: control (did not perform MHT) and experimental (performed MHT). **Methods:** The workers assessed had experience in activities involving MHT. Serum concentrations of inflammatory cytokines (interleukin IL-6, IL-10 and IL-1-beta, tumor necrosis factor alpha) were measured before and after 2 hours of the task. The ELISA method (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay - Quantikine®HS, R & D Systems, Minneapolis, USA) was used to quantify the level of cytokines. The MHT lasted 10 minutes and consisted in the handling an 11.4 kg box. The initial height of the MHT was the greater trochanter of the femur and the final height, the soil. The frequency adopted was 12 movements per minute, performing trunk rotation. Normality and homoscedasticity tests were applied. When assumptions were met, a mixed two-way ANOVA was performed. When not, the Mann Whitney test was used for the intergroup comparison and the Wilcoxon test was applied for intragroup comparisons. The level of significance was 5%. **Results:** No differences were found in the concentration of biomarkers between the groups or between the evaluations. **Conclusion:** The task did not modify the concentration of biomarkers. Recommendations for future studies are to evaluate a task that generates greater overload, that is, with a longer duration, frequency or load mass, however, considering the risks imposed to the population.

**Key words:** occupational biomechanics, inflammation, work-related musculoskeletal disorders, low back pain.

## **Introdução**

A dor lombar é um dos principais problemas de saúde pública em todo o mundo e causa grande impacto socioeconômico (ASGARI et al., 2015). Dados recentes mostram que a dor lombar foi uma das principais causas de incapacidade entre jovens e adultos, interferindo na qualidade de vida e desempenho no trabalho (DISEASE AND INJURY INCIDENCE AND PREVALENCE COLLABORATORS, 2016).

Sabe-se que a etiologia da dor lombar é multifatorial (OHLSSON et al., 1994), sendo que os fatores de risco podem ser individuais (idade, gênero, atividade física, tabagismo, índice de massa corporal, história de dor lombar), biomecânicos (altas demandas físicas no trabalho, trabalho sedentário, manuseio manual de cargas, vibração do corpo todo, posturas inadequadas) e psicossociais (alta demanda ocupacional, alto estresse percebido e insatisfação com trabalho) (HOF et al., 2001; LIN et al., 2000; MARRAS et al., 2016; PINCUS et al., 2008; SPLITTSTOESSER et al., 2010).

Todavia, a relação causal entre esses fatores e a dor lombar ainda não é claramente estabelecida (SPLITTSTOESSER et al., 2010). Estudos em cadáveres indicam haver um limite máximo de tolerância dos corpos vertebrais à carga e que uma sobrecarga acima desses valores causa colapso das estruturas anatômicas (LIN et al., 2000). Entretanto, os limites de exposição para trabalhadores, denominados limites de ação, são menores que os máximos e não estão estabelecidos.

Estudos recentes indicam haver uma resposta inflamatória após a realização de atividades ocupacionais (WILANDER et al, 2014; CHRISTIAN et al, 2015a;. CHRISTIAN et al, 2015b; SPLITTSTOESSER et al, 2010). Como a inflamação não pode ser identificada em exames de imagem e não se conhece a intensidade do trauma necessária para iniciar esta

resposta, a avaliação da inflamação pode ser apropriada para estimar a tolerância tecidual (MARRAS et al., 2016; SPLITTSTOESSER et al., 2010).

WILANDER et al. (2014) investigaram níveis séricos de citocinas inflamatórias, interleucinas IL-1 $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-8, IL-10, IL-12, fator de necrose tumoral  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), proteína inflamatória de macrófagos-1 $\beta$  (MIP-1 $\beta$ ), PCR (proteína C-reativa), entre outras. Estes autores avaliaram caixas de supermercado com distúrbios musculoesqueléticos no ombro e pescoço em comparação com mulheres sem queixas (caixas de mercado, professores e funcionários de universidade) e encontraram concentrações mais altas de MIP-1 $\beta$ , IL-12 (interleucina 12) e PCR em sujeitos com queixas comparadas ao grupo controle.

CHRISTIAN et al. (2015a) avaliaram níveis séricos de IL-6 (interleucina 6), COMP (proteína oligomérica da matriz da cartilagem) e CK (creatina kinase) durante uma semana de trabalho em dois grupos de trabalhadores. O primeiro grupo era exposto a alto risco de desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos no trabalho (enfermagem, construção civil, jardinagem e manutenção) e outro exposto a um risco menor (trabalho em escritório). Os resultados sugerem que IL-6 pode diferenciar os grupos, pois o grupo com maior exposição apresentou maiores níveis séricos desta citocina.

Tarefas de manuseio manual de cargas (MMC) também foram investigadas usando biomarcadores inflamatórios. No estudo de SPLITTSTOESSER et al (2010), 20 sujeitos assintomáticos realizaram duas sessões de MMC. Foi encontrado que a IL-6 teve um aumento imediatamente após a exposição, permanecendo acima da linha de base até 20 horas depois do MMC. A porcentagem de granulócitos e concentração sérica de IL-8 (interleucina-8) atingiu seu pico 2 horas depois e CK 20 horas após. YANG et al. (2011) realizaram um protocolo similar e observou um aumento de IL-6, porcentagem de granulócitos e CK depois do MMC em sujeitos assintomáticos e inexperientes.

CHRISTIAN et al. (2015b) avaliaram estudantes (homens e mulheres) realizando MMC com diferentes cargas e frequências. Eles encontraram que cargas maiores levaram a

valores pico de IL-6 e CK e altas frequências levaram a maiores concentrações de CK. Desta forma, a literatura tem demonstrado que parece haver uma relação de dose-resposta entre as tarefas de MMC e a resposta inflamatória (CHRISTIAN et al, 2015b; SPLITTSTOESSER et al 2010).

Embora estudos recentes tenham trazido achados sobre o papel da inflamação nas fases iniciais dos distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, a fisiopatologia destes distúrbios ainda precisa ser elucidada (WILANDER et al., 2014). A avaliação dos níveis séricos das citocinas inflamatórias após uma tarefa de MMC em sujeitos experientes e sintomáticos pode trazer mais informações sobre essa relação, já que a experiência e os sintomas prévios parecem ter um papel importante na sobrecarga da coluna durante o trabalho (MARRAS, 2008).

Assim, este estudo tem como objetivo investigar os níveis séricos de biomarcadores inflamatórios (interleucina 6, 10 e 1-beta, fator de necrose tumoral alfa) em trabalhadores experientes e sintomáticos para dor lombar antes e após uma tarefa experimental de MMC, comparando os resultados com níveis séricos de biomarcadores em trabalhadores, também experientes e com dor lombar, que não realizaram a tarefa. E, desta forma, trazer contribuições para o entendimento da resposta inflamatória à sobrecarga biomecânica em trabalhadores com dor lombar. A hipótese do estudo é que a concentração dos biomarcadores será similar entre os grupos na linha de base e que haverá um aumento na concentração dos biomarcadores após a tarefa de MMC apenas no grupo experimental.

## **Métodos**

### *Sujeitos*

Trabalhadores do sexo masculino que realizavam tarefas envolvendo MMC foram convidados a participar do estudo. Os critérios de inclusão foram: tempo mínimo de experiência no trabalho envolvendo MMC de 5 anos, idade entre 18 a 60 anos e dor lombar autorrelatada nos últimos 12 meses através do Questionário Nórdico de Sintomas

Osteomusculares (QNSO - BARROS e ALEXANDRE, 2003). Os critérios de exclusão foram: trabalhadores com relato de dor lombar prévio ao presente trabalho, doença cardíaca, pulmonar, reumática, metabólica, obesidade ( $IMC > 30 \text{ kg/m}^2$ ), perda de peso sem causa conhecida no último ano, alergias e uso de anti-inflamatórios não esteroidais nas últimas duas semanas, pacientes com dor no momento da avaliação e pacientes com sinais de alerta (*red flags*) para neoplasias, infecções e fraturas: febre, perda de peso involuntária, história de neoplasia, infecção recente, depressão do sistema imune e trauma recente (LADEIRA, 2011).

Uma amostra de conveniência foi selecionada em empresas de uma cidade de médio porte localizada no interior do estado de São Paulo, Brasil. Dos 71 trabalhadores entrevistados, 25 sujeitos que trabalhavam rotineiramente com MMC (pedreiros, trabalhadores de mudança e jardineiros) e que atenderam aos critérios foram incluídos no estudo.

#### *Procedimentos*

Dados demográficos e pessoais foram coletados em um formulário específico. O QNSO foi usado para registrar queixas musculoesqueléticas em diversas regiões, incluindo a coluna lombar (BARROS e ALEXANDRE, 2003). As queixas nos últimos 7 dias e 12 meses, incapacidade de realizar atividades funcionais e a busca por serviços de saúde foram registradas.

Os trabalhadores foram alocados de forma aleatória ao grupo controle (GC) ou grupo que realizou a tarefa (GE – Grupo Experimental). O processo de randomização foi realizado em um website ([www.randomization.com](http://www.randomization.com)).

Na linha de base (T0) (Figura 1a) os níveis de biomarcadores circulantes foram medidos em ambos os grupos. Após T0, o GE realizou a tarefa de MMC (T1) (Figura 1b) e o GC permaneceu em repouso. Duas horas após (T2), ambos os grupos repetiram a coleta sanguínea para medida dos biomarcadores.

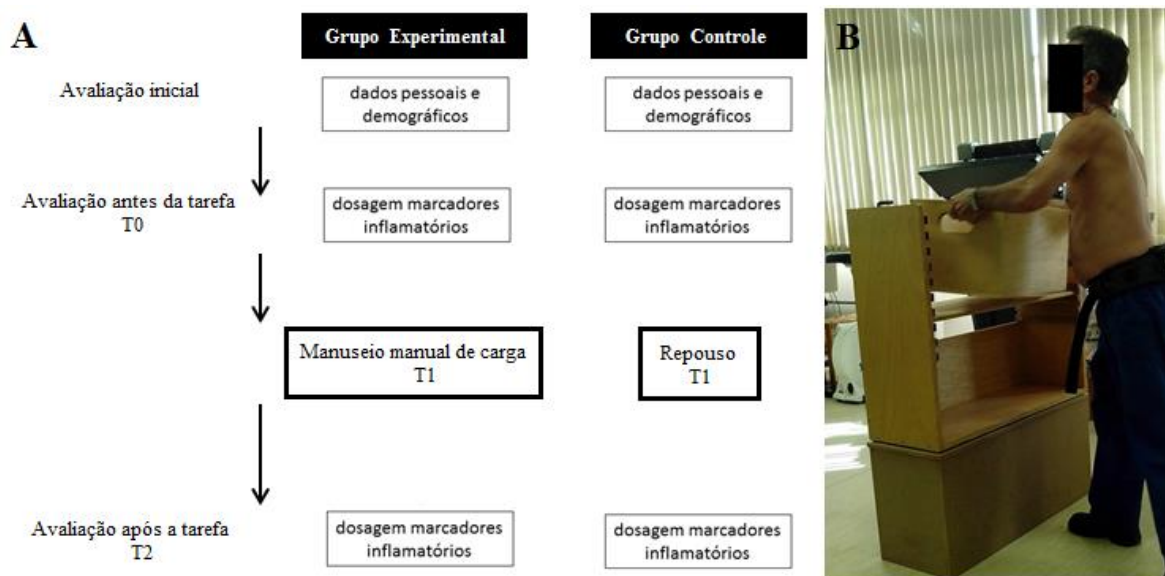


Figura 1 - A) Fluxograma dos procedimentos e B) Sujeito realizando a tarefa de manuseio de carga.

A tarefa de MMC foi realizada de acordo com os seguintes parâmetros:

- Ritmo: 12 manuseios por minuto (YANG et al., 2011);
- Duração: 10 minutos, para minimizar o risco de exacerbação dos sintomas;
- Massa da carga: 11,4 kg, massa que tem sido recomendada para indivíduos em fase de retorno ao trabalho após lesão na coluna lombar (FERGUSON et al., 2004);
- Características da carga: caixa de madeira com abertura para posicionamento das mãos e boa pega – Figura 1b (SILVA et al, 2013);
- Altura inicial: a frente do sujeito, na altura do trocânter maior do fêmur;
- Altura final: no chão, com rotação do tronco alternada entre os lados direito e esquerdo (90° a partir da posição inicial).

#### *Níveis séricos de biomarcadores inflamatórios pelo método ELISA*

Duas coletas de sangue venoso (24 mL) foram obtidas. O sangue coletado foi armazenado frascos estéreis Vacutanier®, respeitando as regras de utilização de materiais perfuro cortantes. Um profissional qualificado realizou este procedimento. O sangue foi

centrifugado imediatamente após a coleta para separar o soro e, em seguida, foi armazenado a -80° (YEUNG et al., 2002).

Concentrações séricas de TNF- $\alpha$  (fator de necrose tumoral alfa), interleucina 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), -6 (IL-6) and 10 (IL-10) foram medidas pelo método ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay), usando kits de alta sensibilidade (Quantikine®HS, R & D Systems, Minneapolis, USA), seguindo as recomendações do fabricante. As medidas foram realizadas em duplicata. A curva de dosagem foi aplicada. As leituras das amostras foram feitas por um leitor de microplacas ajustado a 450nm e com correção do comprimento de onda de 540nm ou 570nm. Todas as amostras foram processadas em um único imunoenensaio.

#### *Análise dos Dados*

Os dados foram analisados descritivamente e os valores médios e desvios padrão foram apresentados em tabelas. Testes de normalidade e homocedasticidade (Shapiro Wilks e Levene) foram aplicados para verificar se os pressupostos para aplicação de testes paramétricos foram atingidos. Quando foram, uma ANOVA *two-way* mista foi realizada, tendo como fatores de comparação os grupos (CG x GE) e avaliações (T0 e T2), além da interação entre os fatores. Quando os pressupostos não foram obtidos, o teste Mann Whitney foi utilizado para a comparação intergrupos (GC x GE) e o teste de Wilcoxon foi aplicado para comparação intragrupos (T0 x T2). O nível de significância adotado foi de 5%.

#### **Resultados**

Na Tabela 1, são apresentados os dados demográficos do GC, GE e da amostra total. Os dados da Tabela 1 mostram que os grupos foram similares em relação às variáveis demográficas. A idade média foi de 38,9 anos, massa de 71,6 kg e altura de 1,7 metros. O IMC foi de 25,5 kg/m<sup>2</sup>, o qual pode ser classificado em sobrepeso. A maioria dos sujeitos trabalhava com mudança e jardinagem e não era fumante.



Tabela 1. Dados demográficos do grupo controle (GC), grupo experimental (GE) e da amostra total (n=25).

Dados demográficos	GC n=13	GE n=12	Total n=25
Idade, anos [média (DP)]	40,0 (12,7)	37,8 (14,5)	38,9 (13,3)
Massa, kg [média (DP)]	74,0 (8,8)	69,1 (10,8)	71,6 (9,9)
Altura, m [média (DP)]	1,7 (0,1)	1,7 (0,1)	1,7 (0,1)
IMC, kg/m <sup>2</sup> [média (DP)]	26,5 (2,7)	24,3 (3,7)	25,5 (3,3)
Tipo de trabalho [n (%)]			
Mudança	4 (30,8)	4 (30,8)	8 (32,0)
Jardinagem	3 (23,1)	5 (38,5)	8 (32,0)
Construção	5 (38,5)	2 (15,4)	7 (28,0)
Coleta de material reciclável	1 (7,7)	1 (7,7)	2 (8,0)
Tabagismo [n (%)]	4 (30,8)	5 (38,5)	9 (36,0)

Na Tabela 2 são mostrados os dados de média e desvio padrão para a concentração de citocinas inflamatórias dos grupos antes e após o manuseio.

Tabela 2. Níveis das citocinas inflamatórias TNF- $\alpha$  e IL-6 (pg/mL) do grupo controle (GC), grupo experimental (GE) na linha de base (pré) e após o tempo de manuseio (pós). Também são apresentados o P valor e poder do teste para as análises realizadas.

	Citocinas Inflamatórias			
	TNF- $\alpha$		IL-6	
	Pré	Pós	Pré	Pós
<b>Grupo Controle</b> [média(DP)]	19,7 (7,2)	18,5 (9,1)	14,0 (9,9)	12,9 (10,6)
<b>Grupo Experimental</b> [média(DP)]	15,8 (5,8)	14,8 (5,4)	7,5 (5,2)	8,5 (6,3)
	Grupos	Avaliações	Grupos	Avaliações
<b>P valor</b>	0,13	0,51	0,06	0,36
<b>Poder do teste</b>	0,32	0,10	0,49	0,15

Tabela 3. Níveis das citocinas inflamatórias IL-10 e IL-1 $\beta$  (pg/mL) do grupo controle (GC), grupo experimental (GE) na linha de base (pré) e após o tempo de manuseio (pós). Os dados estão apresentados em média (DP). Também são apresentados o P valor e poder do teste para as análises realizadas.

	Citocinas Inflamatórias			
	IL-10		IL-1 $\beta$	
	Pré	Pós	Pré	Pós
<b>Grupo Controle</b> [média(DP)]	3,7 (4,3)	3,1 (4,3)	0,8 (1,4)	1,1 (1,2)
<b>Grupo Experimental</b> [média(DP)]	3,3 (7,1)	3,2 (5,8)	0,6 (0,8)	0,6 (0,8)
	Intragrupos	Intergrupos	Intragrupos	Intergrupos
<b>Pré</b> [P valor(poder do teste)]	--	0,95 (0,06)	--	0,91 (0,11)
<b>Pós</b> [P valor(poder do teste)]	--	0,61 (0,05)	--	0,57 (0,31)
<b>Grupo Controle</b> [P valor(poder do teste)]	0,72 (0,10)	--	0,76 (0,20)	--
<b>Grupo Experimental</b>	1,00 (0,05)	--	0,89 (0,05)	--
[P valor(poder do teste)]				

Na Tabela 2, a análise de TNF- $\alpha$  e IL-6 mostrou que não há diferença entre as avaliações antes e após, nem entre os grupos. Na Tabela 3, para IL-10 e IL- $\beta$ , não houve diferenças entre os grupos em nenhuma das avaliações (avaliação intergrupos). Também não houve diferença entre as avaliações dentro de um mesmo grupo (avaliação intragrupos).

### Discussão

No presente estudo, as concentrações séricas de IL-10, TNF- $\alpha$ , IL-6 e IL-1 $\beta$  em um grupo de trabalhadores experientes e sintomáticos para dor na coluna lombar, antes e após uma tarefa experimental de MMC, foram comparadas às concentrações de um grupo controle. Não houve diferença entre os grupos ou intragrupo para os biomarcadores avaliados.

Esse resultado difere do que foi encontrado por outros estudos que avaliaram níveis séricos de biomarcadores após tarefas de MMC (CHRISTIAN et al., 2015b; SPLITTSTOESSER et al., 2010, YANG et al., 2011). Essa diferença pode ser devido diversos fatores, tais como a população estudada e a intensidade da tarefa.

Neste sentido, YANG et al. (2011) e SPLITTSTOESSER et al. (2010) avaliaram sujeitos após uma tarefa de manuseio com 2 horas de duração. No estudo de CHRISTIAN et al. (2015b), a tarefa tinha duração de 1 hora. A razão pela qual uma tarefa com menor duração foi realizada no presente estudo, foi minimizar o risco de agravos aos sujeitos avaliados, que eram sintomáticos para a coluna lombar. Os estudos destacados acima avaliaram indivíduos assintomáticos, viabilizando tarefas com maior duração. Tem sido sugerido que a resposta inflamatória após tarefas de MMC tem uma relação de dose-resposta (CHRISTIAN et al, 2015b; SPLITTSTOESSER et al 2010). Este estudo contribui para este achado, ao demonstrar que uma tarefa de MMC realizada por 10 minutos no protocolo testado, não foi suficiente para modificar a concentração de biomarcadores inflamatórios na população estudada.

A importância de se entender a relação entre fatores mecânicos (por exemplo, a sobrecarga gerada pelo trabalho) e biológicos (resposta dos tecidos às cargas) é ter uma melhor compreensão da tolerância dos tecidos e sua relação com a dor lombar (MARRAS et al., 2016; SPLITTSTOESSER et al., 2010).

Um conceito chave dessa interação é que as células e a matriz extracelular, dois componentes primários dos tecidos, respondem ao estresse mecânico (MARRAS et al., 2016). Os tecidos respondem à carga mudando seu equilíbrio metabólico entre síntese e degradação da matriz. A forma como os tecidos reagem, ou seja, sua tolerância, é resultado das características da carga imposta e também da integridade tecidual (MARRAS et al., 2016).

O estresse mecânico tem influência na regulação do metabolismo através de suas características como intensidade, frequência e tempo de exposição (CHAN et al., 2011; MARRAS et al., 2016). Já a integridade do tecido é influenciada por fatores como variação genética, doenças e lesões prévias. Esta integridade é dinâmica e contribui para a variabilidade na tolerância do tecido a uma mesma carga. Esse fato pode ajudar a explicar a variabilidade no risco relativo de dor lombar em uma mesma carga de trabalho (MARRAS et al., 2016).

Outro exemplo da interação mecânico-biológica é a percepção de dor. A presença de citocinas pró-inflamatórias tem sido associada com diminuição do limiar de dor através da sensibilização de nociceptores, fazendo com que um estresse mecânico relativamente baixo possa gerar dor (SCHAIBLE, 2014). Além disso, a presença de múltiplas citocinas pró-inflamatórias está associada com a degradação da matriz extracelular vista na degeneração dos discos intervertebrais, sendo positivamente associada com a severidade da lesão (LE MAITRE et al., 2007; PURMESSUR et al., 2013).

O entendimento da relação complexa entre fatores mecânicos e biológicos é a chave para o desenvolvimento de estratégias para prevenir dor lombar no ambiente de trabalho (MARRAS et al., 2016). Desta forma, mais estudos com essa população devem ser realizados de modo a expandir o conhecimento sobre o papel das citocinas e sua interação com a sobrecarga em tarefas de MMC. É recomendado que em próximos estudos, características de magnitude, frequência e duração da tarefa sejam modificadas.

O presente estudo teve como limitação a ausência de comparação com sujeitos assintomáticos. Essa comparação poderia trazer maior compreensão sobre as diferenças no comportamento das citocinas após o MMC entre essas duas populações. O tamanho amostral também foi uma limitação. Contudo, a necessidade de considerar um grande número de critérios de exclusão tornou o recrutamento de um número maior de trabalhadores difícil.

Em conclusão, no presente estudo, a tarefa não modificou a concentração dos biomarcadores. A partir deste achado, recomendações para futuros estudos são avaliar uma tarefa que gere maior sobrecarga, ou seja, com maior duração, frequência ou magnitude, considerando os riscos impostos à população.

### **Agradecimentos**

Este estudo teve suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP Proc. N. 2013/14098-2).

### **Referências**

- ASGARI M; SANJARI MA; MOKHTARINIA HR; SEDEH SM; KHALAF K; PARNIANPOUR M. The effects of movement speed on kinematic variability and dynamic stability of the trunk in healthy individuals and low back pain patients. *Clinical Biomechanics* v. 30, n. 7, p. 682-688.
- BARROS ENC, ALEXANDRE NMC. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. *International Nursing Review*, v. 50, n. 2, p. 101-108, 2003.
- CHAN CQS, FERGUSON SJ, GANTENBEIN-RITTER B. The effects of dynamic loading on the intervertebral disc. *European spine journal* v. 20, p.1796–1812, 2011.
- CHRISTIAN M, NUSSBAUM MA. An Exploratory Study of the Effects of Occupational Exposure to Physical Demands on Biomarkers of Cartilage and Muscle Damage. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* v. 12, p. 138–144, 2015a.
- CHRISTIAN M, NUSSBAUM M. Responsiveness of selected biomarkers of tissue damage to external load and frequency during repetitive lumbar flexion/extension. *International Journal of Industrial Ergonomics* v. 48, p. 1-9, 2015b.
- DISEASE AND INJURY INCIDENCE AND PREVALENCE COLLABORATORS. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310

- diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* v. 388, p. 1545–602, 2016.
- FERGUSON AS, MARRAS WS, BURR DL, DAVIS KG, GUSPTA P. Differences in motor recruitment and resulting kinematics between low back pain patients and asymptomatic participants during lifting exertions. *Clinical Biomechanics* v. 19, p. 992–999, 2004.
- HOF AL, KOERHUIS CL, WINTERS JC. ‘Coupled motions’ in cervical spine rotation can be misleading. *Clinical Biomechanics* v. 16, n. 5, p. 455-458, 2001.
- LADEIRA CE. Evidence based practice guidelines for management of low back pain: physical therapy implications. *Rev Bras Fisioter* v. 15, n. 3, p. 190-9, 2011.
- LE MAITRE CL, HOYLAND JÁ, FREEMONT AJ. Catabolic cytokine expression in degenerate and herniated human intervertebral discs: IL-1 $\beta$  and TNF $\alpha$  expression profile. *Arthritis Research & Therapy* v. 9, n. 4, p. R77 , 2007.
- LIN JC; KUO FC; HONG CZ; LIAU BY. Kinematic variability of the head, lumbar spine and knee during the “walk and turn to sit down” task in older and young adults. *Gait & Posture* v. 39, p. 272–277, 2014.
- MARRAS WS, WALTER BA, PURMESSUR D, MAGESWARAN P, WIET M. The Contribution of Biomechanical-Biological Interactions of the Spine to Low Back Pain. *HUMAN FACTORS* v. 58, n. 7, p. 965–975, 2016.
- MARRAS WS. *The working back - a systems view*. New Jersey: Wiley-Interscience. 2008.
- OHLSSON K, ATTEWELL RG, JOHNSON B, AHLM A, SKERFVING S. An assessment of neck and upper extremity disorders by questionnaire and clinical examination. *Ergonomics* v. 37, p. 891–897, 1994.
- PINCUS T, SANTOS R, BREEN A, BURTON AK, UNDERWOOD M. A Review and proposal for a core set of factors for prospective cohorts in low back pain: a consensus statement. *Arthritis Rheumatism* v. 59, n. 1, p. 14-24, 2008.

- PURMESSUR D, WALTER BA, ROUGHLEY PJ, LAUDIER DM, HECHT AC, IATRIDIS J. A role for TNFalpha in intervertebral disc degeneration: A non-recoverable catabolic shift. *Biochemical and Biophysical Research Communications* v. 433, n. 1, p. 151–156, 2013.
- SCHAIBLE HG. Nociceptive neurons detect cytokines in arthritis. *Arthritis Research & Therapy* v. 16, p. 470-479, 2014.
- SILVA LCCB, OLIVEIRA AB, SILVA DC, PASCHOARELLI LC, COURY HJCG. Evaluation of reusable cardboard box designs: Biomechanical and perceptual aspects. *International Journal of Industrial Ergonomics* v. 43, p. 154-160, 2013.
- SPLITTSTOESSER RE, MARRAS WS, BEST TM: Immune Responses to Low Back Pain Risk Factors. *Work* v. 41, p. 6016-6023, 2012.
- WILANDER AM, KÅREDAL M, AXMON A, NORDANDER C. Inflammatory biomarkers in serum in subjects with and without work related neck/shoulder complaints. *BMC Musculoskeletal Disorders* v. 15, p. 103, 2014.
- YANG G, MARRAS WS, BEST TM. The biochemical response to biomechanical tissue loading on the low back during physical work exposure. *Clinical Biomechanics* v. 26, p. 431–437, 2011.
- YEUNG, S. S.; GENAIDY, A.; DEDDENS, J.; ALHEMOOD, A.; LEUNG, P. C. Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers, *Spine (Phila Pa 1976)*, v. 27, n. 19, p. 2166-2171, 2002.



## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos Estudos 1 e 2 tem implicações metodológicas para a utilização de instrumentos de medida largamente utilizados em estudos em ergonomia. Para o uso da EMG, no Estudo 1 foi demonstrada a importância das medidas antropométricas (pregas cutâneas, massa corporal e IMC) para a interpretação dos registros para os músculos avaliados. Estudos futuros devem levar isso em consideração ao realizar a seleção dos sujeitos, coletar, analisar e interpretar os dados.

Já o Estudo 2 mostrou que apesar das vantagens apresentadas pelo inclinômetro durante estudos em ambiente ocupacional, suas medidas para o movimento do tronco diferiram de forma considerável em relação ao sistema tridimensional. Seu uso deve ser feito com cautela até que mais estudos sejam realizados. Sugestões para próximos estudos avaliando estes dois equipamentos são: avaliar a confiabilidade da colocação dos marcadores, avaliar diferentes conjuntos de marcadores para a construção do modelo, avaliar diferentes atividades ocupacionais, controlar a velocidade angular das atividades e avaliar sua influência no registro.

Os dois últimos estudos da Tese trouxeram contribuições acerca da relação entre biomarcadores inflamatórios e dor lombar. Os resultados do Estudo 3 mostraram que concentração dos marcadores inflamatórios avaliados não difere de acordo com o impacto funcional, busca por auxílio profissional, sintomas nos últimos 7 dias e frequência dos sintomas no último ano.

O Estudo 4 mostrou que após uma tarefa de manuseio manual de cargas com duração de 10 minutos, carga de 11,4kg e rotação de tronco, não houve diferença na concentração de biomarcadores inflamatórios entre os indivíduos que realizaram a tarefa e controles. Também não houve diferença entre a avaliação antes e após o manuseio. A partir destes achados, recomendações para futuros estudos podem ser propostas, tais como aumentar a duração, frequência ou magnitude da carga, considerando os riscos impostos à população.

## **REFERÊNCIAS**

## Referências

- AHN SH, CHO YW, AHN MW, et al. mRNA Expression of Cytokines and Chemokines in Herniated Lumbar Intervertebral Discs. *Spine* v. 27, n. 9, p. 911–17, 2002.
- ÅKESSON, I.; HANSSON, G-Å.; BALOGH, I.; MORITZ, U.; SKERFVING, S. Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. *International archives of occupational and environmental health*, v. 69, p. 461-474, 1997.
- ALTUN I Cytokine profile in degenerated painful intervertebral disc variability with respect to duration of symptoms and type of disease. *Spine J* v. 16, n. 7, p. 857-861, 2016.
- ALVES MGM, CHOR B, FAERSTEIN E, et al. Short version of the “job stress scale” a Portuguese-language adaptation. *Rev. Saúde Pública* v. 38, n. 2, p. 164-171, 2004.
- ARVIDSSON, I.; ARVIDSSON, M.; AXMON, A.; HANSSON, G.Å., JOHANSSON, C.R.; SKERFVING, S. Musculoskeletal disorders among female and male air traffic controllers performing identical and demanding computer work. *Ergonomics*, v. 49, p. 1052-67, 2006a.
- ARVIDSSON, I.; HANSSON, G.Å.; MATHIASSEN, S.E.; SKERFVING, S. Changes in physical workload with implementation of mouse-based information technology in air traffic control. *International journal of industrial ergonomics*, v. 36, p. 613-622, 2006b.
- ASGARI M; SANJARI MA; MOKHTARINIA HR; SEDEH SM; KHALAF K; PARNIANPOUR M. The effects of movement speed on kinematic variability and dynamic stability of the trunk in healthy individuals and low back pain patients. *Clinical Biomechanics* v. 30, n. 7, p. 682-688, 2015.
- BALOGH I, HANSSON GA, OHLSSON K, STROMBERG U, SKERFVING S. Interindividual variation of physical load in a work task. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* v. 25, p. 57–66, 1999.
- BALOGH, I.; OHLSSON, K.; HANSSON, G.Å.; ENGSTRÖM, T.; SKERFVING, S. Increasing the degree of automation in a production system: Consequences for the physical workload, *International journal of industrial ergonomics*, v. 36, p. 353-365, 2006.
- BARROS ENC, ALEXANDRE NMC. Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. *International Nursing Review*, v. 50, n. 2, p. 101-108, 2003.
- BATISTÃO MV, SENTANIN AC, MORIGUCHI CS, HANSSON GA, COURRY HJCG, SATO TO. Furniture dimensions and postural overload for schoolchildren’s head, upper back and upper limbs. *Work* v. 41, p. 4817-4824, 2012.
- BENMARK E, WIKTORIN C. A triaxial accelerometer for measuring arm movements. *Applied Ergonomics*, v. 33, p. 541-547, 2002.

- BODDEKE EWGM. Involvement of chemokines in pain. *European journal of Pharmacology*, v. 429, p. 115-119, 2001.
- BOOCOCK MG; JACKSON JA; BURTON AK; TILLOTSON KM. Continuous measurement of lumbar posture using flexible electrogoniometers. *Ergonomics* v. 37, n.1, p. 175-185, 1994.
- BURKE JG, WATSON RWG, MCCOMACK D, et al. Intervertebral discs which cause low back pain secrete high levels of proinflammatory mediators. *J Bone Joint Surg Br* 84-B, p. 196-201, 2002;
- BYSTRÖM, J.U.; HANSSON, G.Å.; RYLANDER, L.; OHLSSON, K.; KÄLLROT, G.; SKERFVING, S. Physical workload on neck and upper limb using two CAD applications. *Applied. Ergonomics*, v.33, p.63-74, 2002.
- CARNAZ L. Registros de movimentos do pescoço: estado da arte, validação e aplicação e avaliação durante o trabalho de técnicos de enfermagem. São Carlos: UFSCar, 2011.
- CEDRASCHI C, ROBERT J, GOERG D, PERRIN E, FISCHER W, VISCHER TL. Is chronic non-specific low back pain chronic? Definitions of a problem and problems of a definition. *British Journal of General Practice*, v. 49, p. 358-362, 1999.
- CHAN CQS, FERGUSON SJ, GANTENBEIN-RITTER B. The effects of dynamic loading on the intervertebral disc. *European spine journal* v. 20, p.1796–1812, 2011.
- CHEN C, CAVANAUGH JM, OZAKTAY C, et al. Effects of phospholipase A2 on lumbar nerve root structure and function. *Spine* v. 22, n. 10, p. 1057-1064, 1997.
- CHEN WJ, CHIOU WK, LEE YH, LEE MY, CHEN ML. Myo-electric behavior of the trunk muscles during static load holding in healthy subjects and low back pain patients. *Clinical Biomechanics* v. 13, p. 9-15, 1998.
- CHRISTIAN M, NUSSBAUM MA. An Exploratory Study of the Effects of Occupational Exposure to Physical Demands on Biomarkers of Cartilage and Muscle Damage. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* v. 12, p. 138–144, 2015a.
- CHRISTIAN M, NUSSBAUM M. Responsiveness of selected biomarkers of tissue damage to external load and frequency during repetitive lumbar flexion/extension. *International Journal of Industrial Ergonomics* v. 48, p. 1-9, 2015b.
- COURY HJCG. Postural recording. In: *Industrial Ergonomics: User's Encyclopdeia*, 1999.
- DAHLQVIST C; HANSSON G-A; FORSMAN M. Validity of a small low-cost triaxial accelerometer with integrated logger for uncomplicated measurements of postures and movements of head, upper back and upper arms. *Applied Ergonomics* v. 55, p. 108-116, 2016.
- DANKAERTS W, O'SULLIVAN PB, BURNETT AF, STRAKER LM, DANNELS LA. Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and sub-maximal

- voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 14, p. 333–342, 2004.
- DE LUCA CJ. Physiology and mathematics of myoelectric *IEEE Trans. Biomed.* V. 26, p. 313-325, 1979.
- DEYO RA, WEINSTEIN JN. Low back pain. *New England Journal of Medicine* v. 344, n.5, p. 363-370, 2001
- DISEASE AND INJURY INCIDENCE AND PREVALENCE COLLABORATORS. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *Lancet* v. 388, p. 1545–602, 2016.
- DRAKE JDM e CALLAGHAN JP. Elimination of electrocardiogram contamination from electromyogram signals: An evaluation of currently used removal techniques. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 16, p. 175–187, 2006.
- EKLUND, J.; ODENRICK, P.; ZETTERGREN, S.; JOHANSSON, H. Head posture measurements among work vehicle drivers and implications for work and workplace design. *Ergonomics*, v. 37, p. 623-639, 1994.
- FERGUSON AS, MARRAS WS, BURR DL, DAVIS KG, GUPTA P. Differences in motor recruitment and resulting kinematics between low back pain patients and asymptomatic participants during lifting exertions. *Clinical Biomechanics* v. 19, p. 992-999, 2004.
- FRYMOYER JW, POPE MH, CLEMENTS JH, WILDER DG, MACPHERSON B, ASHIKAGA T. Risk factors in low back pain. *Journal of Bone and Joint Surgery*, v. 65, n. 2, p. 213-218, 1983.
- GHAMKHAR L, KAHLAEE AH. Trunk muscles activation pattern during walking in subjects with and without chronic low back pain: A Systematic Review. *PM&R* v. 7, n. 5, p. 519-26, 2015.
- GILL KP; CALLAGHAN MJ. Intratester and intertester reproducibility of the lumbar motion monitor as a measure of range, velocity and acceleration of the thoracolumbar spine. *Clinical Biomechanics* v. 11, n. 7, p. 418-421, 1996.
- GOBEL H. Epidemiology and costs of chronic pain syndromes exemplified by specific and unspecific low back pain. *Schmerz*, v. 15, p. 92-98, 2001.
- GONÇALVES F, MOURÃO P. A avaliação da composição corporal - a medição de pregas adiposas como técnica para a avaliação da composição corporal. *Revista de Desporto e Saúde* v. 4, n. 4, p. 13-21, 2008.
- HANSSON, G-A; ASTERLAND, P; HOLMER, N-G; SKERGVING, S. Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Med Biol Eng Comput*, v. 39, p. 405-413, 2001.

- HEMINGWAY MA, BIEDERMANN HJ, INGLIS J. Electromyographic Recordings of Paraspinal Muscles: Variations Related to Subcutaneous Tissue Thickness. *Biofeedback and Self-Regulation* v. 20, n. 1, p. 39-49, 1995.
- HODGES P, RICHARDSON CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil* v. 80, p. 1005-1012, 1999.
- HOF AL, KOERHUIS CL, WINTERS JC. 'Coupled motions' in cervical spine rotation can be misleading. *Clinical Biomechanics* v. 16, n. 5, p. 455-458, 2001.
- HOOZEMANS MJM, VAN DER BEEK AJ, FRINGS-DRESEN MHW, VAN DER WOUDE LHV, VAN DIJK. Pushing and pulling in association with low back and shoulder complaints. *Occupational Environmental Medicine*, v. 59, p. 696-702, 2002.
- HWANG S, KIM Y, KIM Y. Lower extremity joint kinetics and lumbar curvature during squat and stoop lifting. *BMC Musculoskeletal Disorders* v. 10, n. 15.
- IGARASHI A, KIKUCHI S, KONNO S. Correlation between inflammatory cytokines released from the lumbar facet joint tissue and symptoms in degenerative lumbar spinal disorders. *Journal of Orthopaedic Science*, v. 12, p. 154-160, 2007.
- JONKER, D.; ROLANDER, B.; BALOGH, I. Relation between perceived and measured workload obtained by long-term inclinometry among dentists. *Applied Ergonomics*, v. 40, p. 309-315, 2009.
- JUUL-KRISTENSEN B, FALLENTIN N, EKDAHL C. Criteria for classification of posture in repetitive work by observational methods: A review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 19, p. 397-411, 1997.
- KANG JD, GEORGESCU HI, MCINTYRE-LARKIN L, et al. Herniated lumbar intervertebral discs spontaneously produce matrix metalloproteinases, nitric oxide, interleukin-6, and prostaglandin E2. *Spine* v. 21, n. 1, p. 271-277, 1996.
- KARASEK RA Job demands, job decision latitude, and mental strain Implications for job redesign. *Administrative Science Quarterly*; v. 24, p. 258-308, 1979.
- KAWAKAMI M, TAMAKI T, HASHIZUME H, et al. The role of phospholipase A2 and nitric oxide in pain-related behavior produced by an allograft of intervertebral disc material to the sciatic nerve of the rat. *Spine* v. 22, n. 10, p. 1074-1079, 1997.
- KERR D, ZHAO W, LURLE JD What Are Long-term Predictors of Outcomes for Lumbar Disc Herniation? A Randomized and Observational Study. *Clin Orthop Relat Res*; v. 473, n.6, p. 1920-1930, 2015.
- KIM M, YOO W, CHOI B. Differences between two subgroups of low back pain patients in lumbopelvic rotation and symmetry in the erector spinae and hamstring muscles during trunk flexion when standing. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 23, n. 2, p. 387-93, 2013.

- KLYNE DM, BARBE MF, HODGES PW Systemic inflammatory profiles and their relationships with demographic, behavioural and clinical features in acute low back pain. *Brain Behav Immun* v. 60, p. 84-92, 2017.
- KOCH A, ZACHAROWSKI K, BOEHN O, STEVENS M, LIPFER P, VON GIESEN HJ, WOLF A, FREYNHAGEN R. Nitric oxid and pro-infammatory cytokines correlate with pain intensity in chronic pain patients. *Inflammation Research*, v. 56, p. 32-37,2007.
- KORSHØJ M; SKOTTE JH; CHRISTIANSEN CS; MORTENSEN P; KRISTIANSEN J; HANISCH C; INGEBRIGTSEN J; HOLTERMANN A. Validity of the Acti4 software using ActiGraph GT3X+ accelerometer for recording of arm and upper body inclination in simulated work tasks. *Ergonomics* v. 57, n.2, p. 247-253. 2014.
- KRAYCHETE DC, SAKATA RK, ISSY AM, BACELLAR O, JESUS RS, CARVALHO EM. Serum cytokine levels in patients with chronic low back pain due to herniated disc: analytical cross-sectional study. *São Paulo Medical Journal*, v. 128, n.5, p. 259-262, 2010.
- KUAI S, ZHOU W, LIAO Z, JI R, GUO D, ZHANG R, LIU W. Influences of lumbar disc herniation on the kinematics in multi-segmental spine, pelvis, and lower extremities during five activities of daily living. *BMC Musculoskeletal Disorders* v. 18, p. 216-229, 2017.
- KUORINKA I, JONSSON B, KILBOM A, et al. Standardised Nordic Questionnaires for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms. *Appl Ergon* v. 18, n. 3, p. 233–237, 1987.
- LADEIRA CE. Evidence based practice guidelines for management of low back pain physical therapy implications. *Rev Bras Fisioter* v. 15, n. 3, p. 190-9, 2011.
- LARIVIÈRE C, GAGNON D, LOISEL P. The comparison of trunk muscles EMG activation between subjects with and without chronic low back pain during flexio-extension and lateral bending tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 10, p. 79-91, 2000.
- LARIVIÈRE C, GAGNON D, LOISEL. A biomechanical comparison of lifiting techniques between subjects with and without low back pain during freestyle lifiting and lowering tasks. *Clinical Biomechanics* v. 17, p. 89-98, 2002.
- LAWRENCE RC, HELMICK CG, ARNETT FC, DEYO RA, FELSON DT, GI R, HOCHBERG MC, HUNDER GG, LIANG MH, PILLEMER SR, STEEN VD, GIANNINI EH, HEYSE SP, HIRSCH R, HOCHBERG MC, HUNDER GG, LIANG MH, PILLEMER SR, STEEN VD, WOLFE F. Estimates of the prevalence of arthritis and selected musculoskeletal disordres in the United States. *Arthritis & Rheumatism*, v. 41, n.5, p.:778-799, 1998.
- LE MAITRE CL, HOYLAND JÁ, FREEMONT AJ. Catabolic cytokine expression in degenerate and herniated human intervertebral discs: IL-1 $\beta$  and TNF $\alpha$  expression profile. *Arthritis Research & Therapy* v. 9, n. 4, p. R77 , 2007.



- LIN JC; KUO FC; HONG CZ; LIAU BY. Kinematic variability of the head, lumbar spine and knee during the “walk and turn to sit down” task in older and young adults. *Gait & Posture* v. 39, p. 272–277, 2014.
- MADURI A, PEARSON BL, WILSON SE. Lumbar-pelvic range and coordination during lifting tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, v, 18, p. 807–814, 2008.
- MANCHIKANTI L, SINGH V, FALCO FJE, BENYAMIN RM, HIRSCH JA. Epidemiology of Low Back Pain in Adults. *Neuromodulation* v. 17, n. 52, p. 3-10. 2014.
- MARCHAND F, PERRETI M, MCMAHON SB Role of the immune system in chronic pain. *Nat Rev Neurosci* v. 6, p. 521-32, 2005.
- MARRAS WS, GRANATA KP. A biomechanical assessment and model of axial twisting in the thoracolumbar spine. *Spine*, v. 20, p.1440-1451, 1995.
- MARRAS WS, WALTER BA, PURMESSUR D, MAGESWARAN P, WIET M. The Contribution of Biomechanical-Biological Interactions of the Spine to Low Back Pain. *HUMAN FACTORS* v. 58, n. 7, p. 965–975, 2016.
- MARRAS WS. The case for cumulative trauma in low back disorders. *The Spine Journal* 3:177-179, 2003.
- MARRAS WS. *The working back - a systems view*. New Jersey: Wiley-Interscience. 2008.
- MARRAS WS; GRANATA KP. SPINE LOADING DURING TRUNK LATERAL BENDING MOTIONS. *Journal of Biomechanics* v. 30, n. 7, p. 697-703, 1997.
- MATHIASSEN SE, WINKEL J, HAGG GM. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies – a review. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 5, p. 197–226, 1995.
- MCGILL SM. The biomechanics of low back injury: implications on current practice in industry and the clinic. *Journal of Biomechanics*, v. 30, n.5, p. 465-475, 1997.
- MELLOH M, ELFERING A, PRESLAND CE, ROEDER C, BARZ T, SALATHÉ CR, TAMCAN O, MUELLER U, THEIS JC. Identification of prognostic factors for chronicity in patients with low back pain: a review of screening instruments. *International Orthopaedics*, v. 33, p. 301-313, 2009.
- MORIGUCHI CS, CARNAZ L, ALENCAR JF, MIRANDA JÚNIOR LC, GRANQVIST L, HANSSON GA, COURY HJCG. Postures and Movements in the Most Common Tasks of Power Line Workers. *Industrial Health*, v. 49, p. 482–491, 2011.
- MORIGUCHI CS, CARNAZ L, MIRANDA JUNIOR LC, MARKLINC RW, COURY HJCG. Biomechanical analysis of loading/unloading a ladder on a truck. *Work*, v. 41, p. 2492-2495, 2012.
- MÖRL F, WAGNER H, BLICKHAN R. Lumbar spine intersegmental motion analysis during lifting. *Pathophysiology*, v. 12, p. 295–302, 2005.

- MULLER J; MULLER S; STOLL J, RECTOR M; BAUR H; MAYER F. Influence of Load on 3-D Segmental Trunk Kinematics in One-Handed Lifting: A Pilot Study. *Journal of Applied Biomechanics* v. 32, n. 5, p. 520-525, 2016.
- NG JK, KIPPERS V, PARNIANPOUR M, RICHARDSON CA. EMG activity normalization for trunk muscle in subjects with and without back pain. *Medicine & Science in Sports & Exercise* v. 34, n. 7, p. 1082-1086, 2002.
- NORDANDER C, WILNER J, HANSSON GA, LARSSON B, UNGE J, GRANQUIST L, SKERFVING S. Influence of the subcutaneous fat layer, as measured by ultrasound, skinfold calipers and BMI, on the EMG amplitude. *European Journal Applied Physiology* v. 89, p. 514–519, 2003.
- NUSBAUM EL, DOWNES L Reliability of clinical pressure-pain algometric measurements obtained on consecutive days. *Phys Ther* v. 78, p. 160-169, 1998.
- O’SULLIVAN P, TWONEY L, ALLISON G, SINCLAIR J, MILLER K, KNOX J. Altered patterns of abdominal muscle activation in patients with chronic low back pain. *Australian Journal of Physiotherapy* v. 43, p. 91-98, 1997.
- OHLSSON K, ATTEWELL RG, JOHANSSON B, AHLM A, SKERFVING S. An assessment of neck and upper extremity disorders by questionnaire and clinical examination. *Ergonomics* v. 37, p. 891–897, 1994.
- OLMAKER K, LARSSON K Tumor necrosis factor alfa and nucleus-pulposus-induced nerve root injury. *Spine* v. 23, n. 23, p. 2598-2544, 1998.
- OZGULER A, LECLERC A, LANDRE MF, TALEB FP, NIERHAMMER I. Individual and occupational determinants of low back pain according to various definitions of low back pain. *Journal of Epidemiology and Community Health*, v. 54, p. 215-220, 2000.
- PAI SP, SUNDARAM LJ. Low back pain: na economic assessment in the United States. *Orthopaedic physical therapy clinics of North America*, v.35, p. 1–5, 2004.
- PEDERSEN LM, SCHISTAD E, JABOBSEN LM, et al. Serum levels of the pro-inflammatory interleukins 6 (IL-6) and -8 (IL-8) in patients with lumbar radicular pain due to disc herniation A 12-month prospective study. *Brain Behav Immun* v. 46, p. 132-136, 2015.
- PETRESCU F, VOICAN SC, SILOSI I Tumor necrosis factor- $\alpha$  serum levels in healthy smokers and nonsmokers. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* v. 5, p. 217–222, 2010.
- PINCUS T, SANTOS R, BREEN A, BURTON AK, UNDERWOOD M. A Review and proposal for a core set of factors for prospective cohorts in low back pain: a consensus statement. *Arthritis Rheumatism* v. 59, n. 1, p. 14-24, 2008.
- PURMESSUR D, WALTER BA, ROUGHLEY PJ, LAUDIER DM, HECHT AC, IATRIDIS J. A role for TNF $\alpha$  in intervertebral disc degeneration: A non-recoverable catabolic

- shift. *Biochemical and Biophysical Research Communications* v. 433, n. 1, p. 151–156, 2013.
- RAMOND-ROQUIN A, BOUTON C, BÈGUE C, PETIT A, et al. Psychosocial risk factors, interventions, and comorbidity in patients with non-specific low back pain in primary care need for comprehensive and patient-centered care. *Front Med* v. 2, p. 73, 2015.
- RAND N, REICHERT F, FLOMAN Y, et al. Murine nucleus pulposus-derived cells secrete interleukins-1-beta, -6, and -10 and granulocyte-macrophage colony-stimulating factor in cell culture. *Spine* v. 22, n. 22, p. 2598-2602, 1997.
- RAST F; GRAF E; MEICHTRY A; KOOL J; BAUER C. Between-day reliability of three-dimensional motion analysis of the trunk: A comparison of marker based protocols. *Journal of Biomechanics* v. 49, n. 5, p. 807-811, 2016.
- SCHAIBLE HG. Nociceptive neurons detect cytokines in arthritis. *Arthritis Research & Therapy* v. 16, p. 470-479, 2014.
- SENIAM - Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles. Acessado em 30 de janeiro de 2017. Disponível em: <http://seniam.org/>
- SHAMJI MF, SETTON LA, JARVIS W, et al. Proinflammatory Cytokine Expression Profile in Degenerated and Herniated Human Intervertebral Disc Tissues. *Arthritis Rheum* v. 62, n. 7, p. 1974-82, 2010.
- SILFIES SP, SQUILLANTE D, MAURER P, WESTCOTT S, KARDUNA AR. Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations. *Clinical Biomechanics* v. 20, p. 465–473, 2005.
- SILVA LCCB, OLIVEIRA AB, SILVA DC, Paschoarelli LC, COURY HJCG. Evaluation of reusable cardboard box designs: Biomechanical and perceptual aspects. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 43, p. 154-160, 2013.
- SPLITTSTOESSER RE, MARRAS WS, BEST TM Immune Responses to Low Back Pain Risk Factors. *Work* v. 41, p. 6016-23, 2012.
- STEGEMAN DF, BLOK JH, HERMENS HJ, ROELEVELD K. Surface EMG models: properties and applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 10, p. 313–326, 2000.
- TAKEKAWA KS, GONÇALVES JS, MORIGUCHI CS, COURY HJ, SATO TO. Can a self-administered questionnaire identify workers with chronic or recurring low back pain? *Industrial Health* v. 53, n. 4, p. 340-345, 2015.
- VAN DER BEEK A, FRINGS-DRESSEN M. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. *Occupational Environmental Medicine*, v.5, p. 291-299, 1998.

- VAN DIEEN JH, CHOLEWICKI J, RADEBOLD A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine* v. 28, n. 8, p. 834–841, 2003.
- VEIERSTED KB, FORSMAN M, HANSSON GA, MATHIASSEN SE. Assessment of time patterns of activity and rest in full-shift recordings of trapezius muscle activity – Effects of the data processing procedure. *Journal of Electromyography and Kinesiology* v. 23, p. 540–547, 2013.
- WANG H, SCHILTENWOLF M, BUCHNER M. The Role of TNF-a in Patients With Chronic Low Back Pain—A Prospective Comparative Longitudinal Study. *Clin J Pain* v. 24, p. 273–278, 2008.
- WEBER KT, ALIPUI DO, SISON CP, et al. Serum levels of the proinflammatory cytokine interleukin-6 vary based on diagnoses in individuals with lumbar intervertebral disc diseases. *Arthritis Res Ther* v. 18, p. 3, 2016.
- WEBER KT, SATOH S, ALIPUI DO, et al. Exploratory study for identifying systemic biomarkers that correlate with pain response in patients with intervertebral disc disorders. *Immunol Res* v. 63, p. 170–180, 2015.
- WILANDER AM, KÅREDAL M, AXMON A, NORDANDER C. Inflammatory biomarkers in serum in subjects with and without work related neck/shoulder complaints. *BMC Musculoskeletal Disorders* v. 15, p. 103, 2014.
- WINTER DA, RAU G, KADEFORS R, BROMAN H, DE LUCA CJ. Units, Terms and Standards in the Reporting of EMG Research. Report by the Ad Hoc Committee of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 1980. Acessado em 30 de janeiro de 2017. Disponível em: <http://faculty.educ.ubc.ca/sanderson/courses/HKIN563/pdf/isek.pdf>
- WONG WY; WONG MS; LO KH. Clinical Applications of Sensors for Human Posture and Movement Analysis: A Review. *Prosthetics and Orthotics International* v. 31, n. 1, p. 62-75.
- YANG G, MARRAS WS, BEST TM The biochemical response to biomechanical tissue loading on the low back during physical work exposure. *Clin Biomech* v. 26, p. 431–437, 2011.
- YEUNG, S. S.; GENAIDY, A.; DEDDENS, J.; ALHEMOOD, A.; LEUNG, P. C. Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers, *Spine (Phila Pa 1976)*, v. 27, n. 19, p. 2166-2171, 2002.
- ZHANG JM. An J. Cytokines, inflammation and pain. *Internatinal Anesthesiology Clinical*, v. 45 , p. 27-37, 2007.

**ANEXOS**

**ANEXO 1 – ARTIGO SUBMETIDO AO PERIÓDICO: JOURNAL OF  
ELECTROMYOGRAPHY AND KINESIOLOGY**

**INFLUENCE OF BODY MASS INDEX, SUBCUTANEOUS SKINFOLDS, AND  
BODY WEIGHT ON THE LOW BACK AND ABDOMINAL MUSCLES  
ACTIVATION**

**Abstract**

**Introduction:** In order to cope with the large inter-individual variation of sEMG, the control of variation sources are recommended. Although electrode-muscle distance and other anthropometric data are potentially sources of variation, not all studies test their samples for differences on them. **Objective:** The aim was to evaluate the influence of skinfolds, BMI, and weight on sEMG amplitude from iliocostalis, multifidus and rectus abdominis muscles, in order to bring important information to develop recommendations for reporting sEMG data. **Methods:** Forty two male subjects were recruited. Besides weight, age, height and BMI data, abdominal and suprailiac skinfolds were measured. In addition, the skinfold over the erector spinae (iliocostalis) muscle (at the point used for sEMG recordings) was measured. EMG signal was recorded from erector spinae, multifidus and rectus abdominis muscles during a manual handling task. A linear regression analysis was undertaken. The analysis showed that these data have great influence on the sEMG recording, explaining from 11% to 41% the signal variance. These results show the importance of anthropometric measurements for the interpretation of sEMG from the referred muscles. In future studies using sEMG, it should be taken into consideration, especially at subjects' selection, data analysis and interpretation.

**Key-words:** Electromyography; Skinfold thickness; EMG analysis.

## **Introduction**

Surface electromyography (sEMG) is used to describe muscle activation [Nordander et al., 2003]. In occupational biomechanics, sEMG is a useful tool to identify muscle overload due to environmental risk factors [Hodges and Richardson, 1999; OSullivan et al., 1997; Van Dieen et al., 2003].

Studies have hypothesized that abdominal and trunk extensors muscles play a role in spine stability [Silfies et al., 2005; Van Dieen et al., 2003]. Through sEMG it was shown that subjects with LBP cannot achieve the same pattern of the activation of the abdominal muscles [O'Sullivan et al., 1997]. It has also demonstrated that multifidus, erector spinae, and rectus abdominis activity is increased in LBP subjects in comparison with controls during gait [Ghamkhar and Kahlaee, 2015] and manual material handling (MMH) tasks [Chen et al., 1998].

Although widely used, sEMG analyses reveal large inter-individual variation, even when the subjects perform the same task [Balogh et al. 1999]. This variation could be due to differences in the thickness and electrical properties of the tissue layers between surface electrodes and muscles, as well as muscle size, electrode size and position [De Luca 1979; Stegeman et al., 2000].

In order to cope with the large inter-individual variation, sEMG recordings are normalized to the signal obtained during a standardized contraction [Nordander et al., 2003]. However, the normalization contraction may be biased due to several reasons, such as lack of motivation and pain inhibition [Mathiassen et al., 1995], which might mask the variability between pathological groups [Larivière et al., 2000].

Another way to cope with the inter-individual variability is to control for its sources. Some authors have investigated the influence of subcutaneous tissue thickness on sEMG [Nordander et al., 2003; Hemingway et al., 1995], as the distance of the electrode from the cell surface can greatly influence the sEMG signal [Winter et al., 1980]. Nordander et al. [2003]

investigated the influence of the subcutaneous tissue thickness on sEMG from trapezius muscle through ultrasound, skinfold measurements, and body mass index (BMI). They have found that up to 68% of the signal could be explained by these factors. Hemingway et al. [1995] investigated the influence of skinfolds on sEMG amplitudes from iliocostalis and multifidus muscles and also found great influence of those factors on the signal (up to 81%).

Even though anthropometric data need to be controlled in studies with sEMG, it is not common in the studies to test the difference between subjects on anthropometric measurements [Winter et al., 1980].

Therefore, the evaluation of the relationship between sEMG amplitude and anthropometrical characteristics can bring important information to develop new recommendations for reporting sEMG data. Thus, the aim of this study is to evaluate the influence of body mass index, subcutaneous skinfolds, and body weight in sEMG amplitude from iliocostalis, multifidus and rectus abdominis muscles.

## **Method**

### *Subjects*

Forty two subjects were recruited from a population of males from various occupations (students, gardeners, and maintenance staff) from São Carlos-SP (Brazil). The inclusion criteria were: age from 18 to 60 years. The exclusion criteria were: lung, heart, rheumatic or metabolic diseases or any exercise intolerance.

All subjects signed an informed consent, following the recommendations of 466/12 Brazilian Ethics Resolution. This study was approved by the Ethics Committee of the Federal University of São Carlos (CAAE: 19035413.3.0000.5504, Opinion No. 408 829).

The presence of low back symptoms was not an exclusion criterion, but it was evaluated through the Standardized Nordic Questionnaire - SNQ [Kuorinka et al. 1987]. The SNQ contains questions about musculoskeletal symptoms and it has shown great sensitivity



(100%) and specificity (88%) in discriminating subjects with chronic and recurrent low back pain [Takekawa et al., 2015].

#### *Anthropometric measures*

The body weight was measured through a digital scale (G Life®, maximum 180kg, sensitivity of 100g). A milimetric tape was used to measure height (sensitivity: 5 mm).

The skinfold thickness was measured through an aluminum skinfold caliper (Cescorf®, Brazil), by one trained examiner. The examiner took an 8 hours duration training, which was ministered by an evaluator who had experience with skinfold measurement. The training program included reading of literature of interest, and oriented practical experience. An intra-rater reliability evaluation, through Intraclass Correlation Coefficient, showed excellent results for all measurements, being 0.88 for abdominal, 0.81 for suprailiac (iliocristale) and 0.8 for lumbar skinfold.

The abdominal, suprailiac (iliocristale) and iliocostalis (lumbar) skinfolds were measured. The abdominal skinfold was measured 5cm to the right side of the umbilicus [Gonçalves and Mourão, 2008]. The suprailiac skinfold was measured in the midaxillary line immediately superior to the iliac crest following the natural angle of bone prominence [Gonçalves and Mourão, 2008]. The lumbar skinfold was evaluated at the positioning of the electromyography sensor (described below, at Surface Electromyography section of this article). The assessment sites were identified on the right side of the subject. All skinfold measurements were done by at least two times, and the assessment was repeated the two values differed more than 10% [Gonçalves and Mourão, 2008].

#### *Surface Electromyography (sEMG)*

The sEMG signal of the erector spinae (iliocostalis), rectus abdominis and multifidus muscles were recorded bilaterally through a wireless system (Trigno Wireless®, DelSys®, Boston, USA) at a frequency of acquisition of 1200 Hz.

For the spine erector (iliocostalis portion) sensor attachment, the subject was positioned in prone. The electrodes were positioned one finger width medially from the line traced from the posterior superior iliac spine to the lowest point of the lower rib, at the level of L2 vertebra [SENIAM, 2012]. For the multifidus muscle, the electrodes were placed at the level of the spinous process of L5 and aligned with a line from the posterior superior iliac spine to the L1-L2 interspace [Dankaerts et al., 2004; SENIAM, 2012]. For the rectus abdominis attachment, the subject was lying supine and the sensors were placed one centimeter above the umbilicus and two centimeters laterally to the midline on the right and left sides [Ng et al., 2002].

The sensors have a bipolar Ag/AgCl surface and simple differentiation, with a fixed inter-electrode distance of 1 cm and dimensions of 10x1 mm. Sensors were set parallel to the muscle fibers, so that the sensing bars are positioned perpendicular to the fibers. The common mode of rejection ratio that is greater than 80 dB. In this equipment, the registration of reference (ground electrode) is performed by one of the four bars contained in the sensor. The sensor was attached to the skin by a double-sided adhesive (DelSys®). Before attaching the electrodes, the skin was shaved and cleaned with 70% alcohol.

The signals were packed by the main amplifier (Trigno Charging Base Station, DelSys®, Boston, USA). The effective EMG signal gain was 909 V/V, with a 16-bit resolution and noise of 0.5 mV (RMS).

The processing was performed through a routine programmed in MatLab® (version 7.0.1, MathWorks Inc., Natick, USA). After the recording, the signal was bandpass (30–450 Hz - 4th order Butterworth filter, phase delay zero) and notch (60, 120, 180, ... Hz) filtered,

thus virtually eliminating artifacts [Veiersted et al., 2013]. The Root Mean Square (RMS) values were obtained in 20 ms windows with overlap of 50%.

### *Experimental task*

Subjects were asked to perform a MMH task. The experimental protocol was based on previous studies that evaluated symptomatic and asymptomatic individuals [Ferguson et al., 2004; Morl et al., 2005; Yang et al, 2011] and on pilot studies that tested its feasibility. The protocol consist in 12 handlings per minute during one minute; the box weight was 11.3 kg; the box was made of wood with handles, not requiring shoulder abduction [Silva et al., 2013]; the task was initiated ahead, at the greater trochanter height and was finalized on the ground, alternating right and the left side (90° from the initial position).The RMS was calculated for the whole length of the task.

### *Statistical Analysis*

To evaluate the influence of anthropometric characteristics in the electromyographic signal, a linear regression analysis was undertaken. The response variables were the 90<sup>th</sup> percentile of the RMS from the electromyographic signals (amplitude) of erector spinae, multifidus and rectus abdominis during the MMH task. The explanatory variables were weight, BMI, suprailiac skinfold, abdominal skinfold (for rectus abdominis signal) and lumbar skinfold (for multifidus and erector spinae signals). Each explanatory variable was run separately, using the *enter* method.

## **Results**

Table 1 shows that the sample was homogeneous regarding demographic characteristics and that higher EMG activation was observed in the multifidus muscle, followed by the erector spinae and rectus abdominis.

Table 1. Demographic and electromyography data for the sample (n=42).

	<b>Mean (SD)</b>
Age (years)	33.1 (12.4)
Weight (kg)	77.2 (11.3)
Height (meters)	1.7 (0.1)
BMI (kg/cm <sup>2</sup> )	25.8 (3.6)
Abdominal skinfold (mm)	3.3 (1.3)
Suprailiac skinfold (mm)	2.8 (1.1)
Lumbar skinfold (mm)	3.4 (1.0)
EMG ( $\mu$ V)	
L Erector Spinae	25.5 (14.8)
R Erector Spinae	15.2 (6.7)
L Multifidus	41.3 (20.6)
R Multifidus	34.1 (18.9)
L Rectus Abdominis	6.1 (4.8)
R Rectus Abdominis	6.6 (4.8)

The linear regression analysis results, presented in Table 2, showed that body weight explained 20% the variance in the left erector spinae and 11 to 18% of the variance in the multifidus activation. BMI explained from 22 to 26% of the variance in erector spinae and 13 to 23% of the variance in multifidus activation. Suprailiac skinfold explained 14 to 23% of the variance in erector spinae activation and 32 to 41% of the variance in multifidus activation, and lumbar skinfold explained 17 to 23% of the variance in erector spinae and 29 to 41% in multifidus activation. None of the variables explained the variance in rectus abdominis activation.

Table 2. Results from the linear logistic regression ( $R^2$  and p values) for erector spinae, multifidus and rectus abdominis muscles (bilaterally) and weight, BMI, abdominal skinfold, suprailiac skinfold and lumbar skinfold.

	Weight		BMI		Abdominal skinfold		Suprailiac skinfold		Lumbar skinfold	
	$R^2$	p value	$R^2$	p value	$R^2$	p value	$R^2$	p value	$R^2$	p value
Erector spinae										
left	0.20	0.01	0.26	0.01	--	--	0.23	0.01	0.23	0.01
right	0.11	0.36	0.22	0.03	--	--	0.14	0.02	0.17	0.01
Multifidus										
left	0.18	0.01	0.23	0.01	--	--	0.41	0.01	0.41	0.01
right	0.11	0.04	0.13	0.03	--	--	0.32	0.01	0.29	0.01
Rectus abdominis										
left	0.09	0.08	0.08	0.09	0.05	0.20	0.02	0.45	--	--
right	0.04	0.23	0.08	0.09	0.03	0.29	0.03	0.26	--	--

-- not included in the model

Figures 1 to 4 shows that there is an inverse proportional relation between the muscle activation and body weight, BMI, suprailiac and lumbar skinfolds.

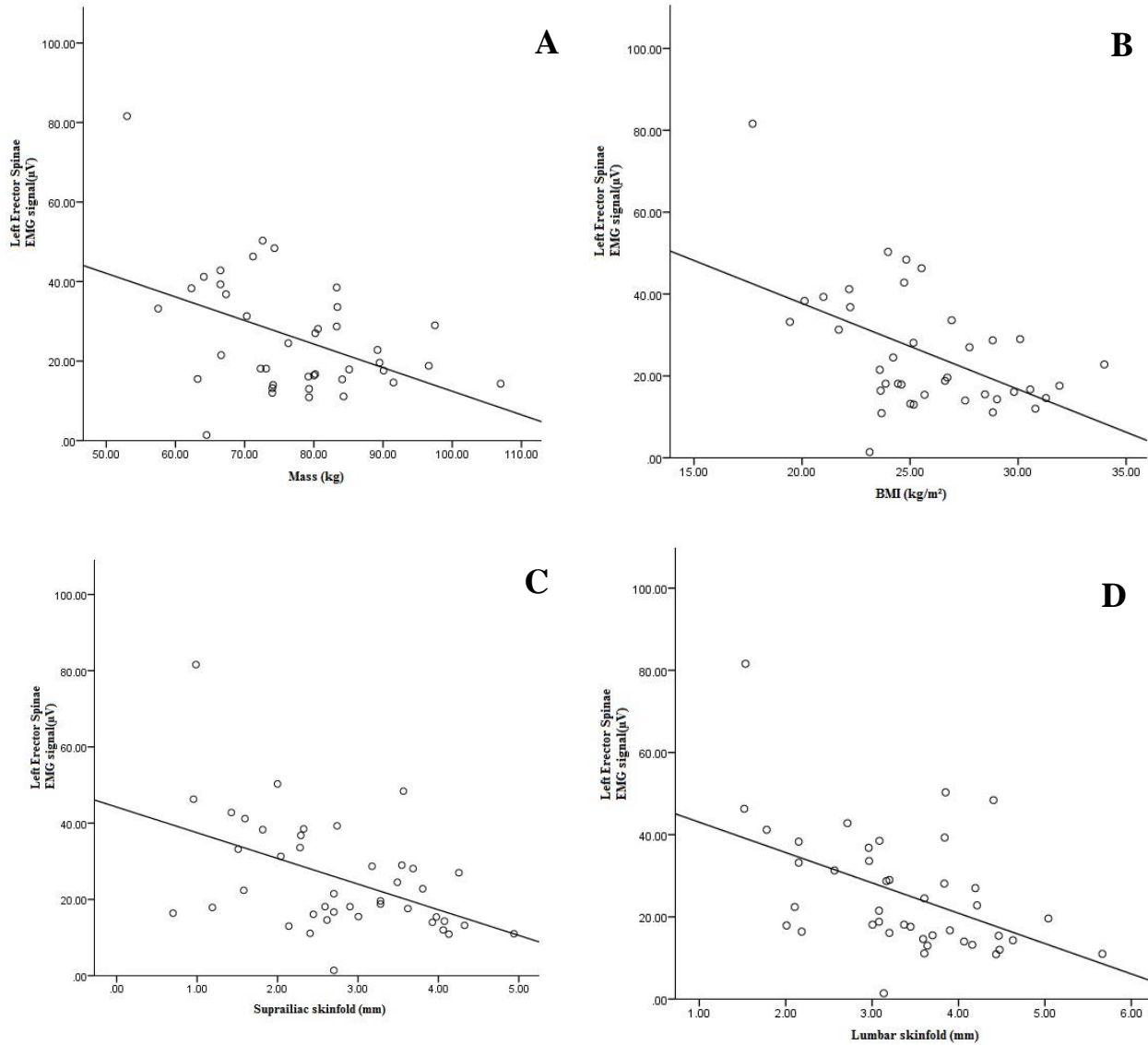


Figure 1. Dispersion plots showing the relationship between A) Left erector spinae and weight; B) Left erector spinae and BMI; C) Left erector spinae and suprailiac skinfold; D) Left erector spinae and lumbar skinfold.

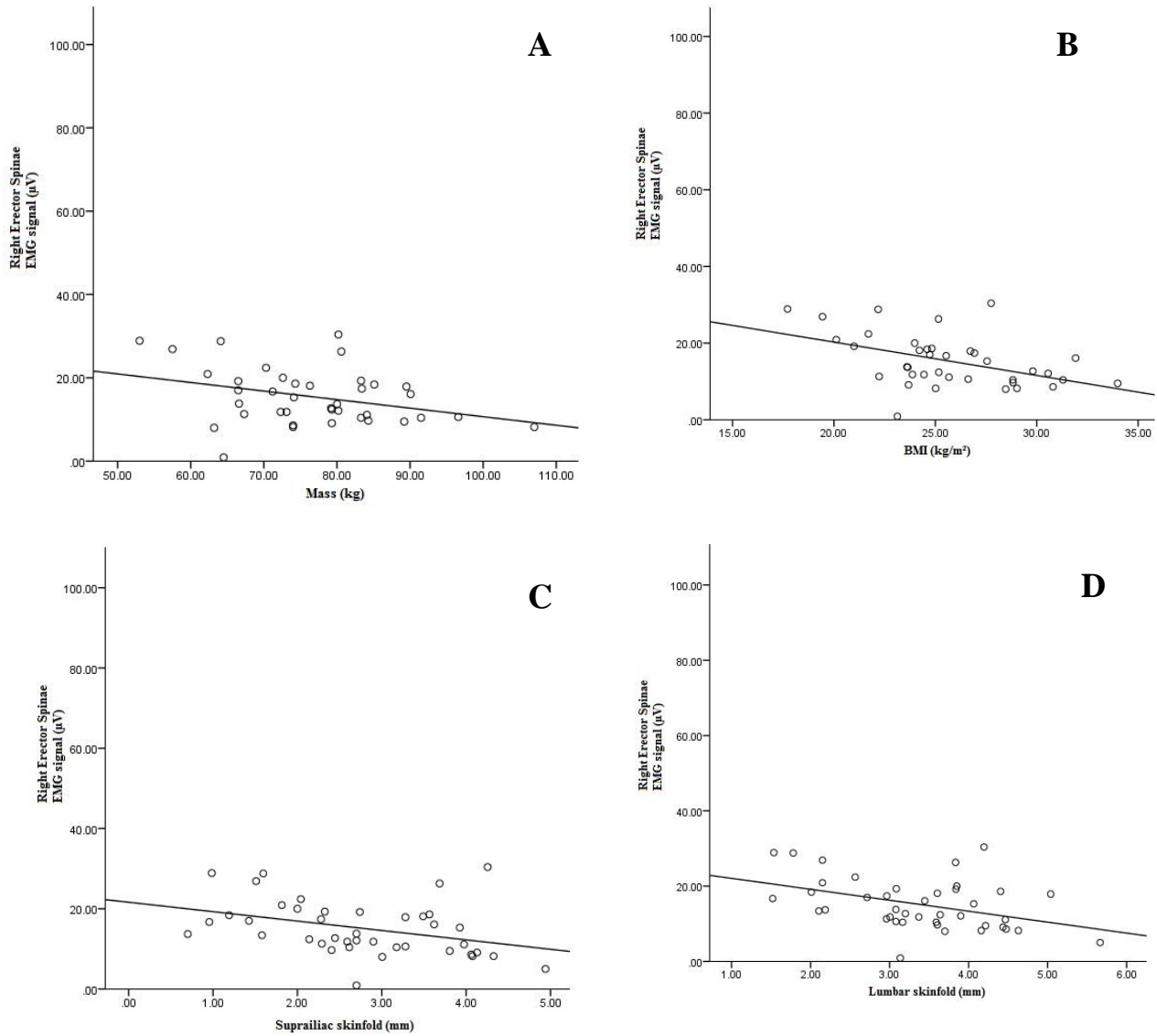


Figure 2. Dispersion plots showing the relationship between A) Right erector spinae and weight; B) Right erector spinae and BMI; C) Right erector spinae and suprailiac skinfold; D) Right erector spinae and lumbar skinfold.

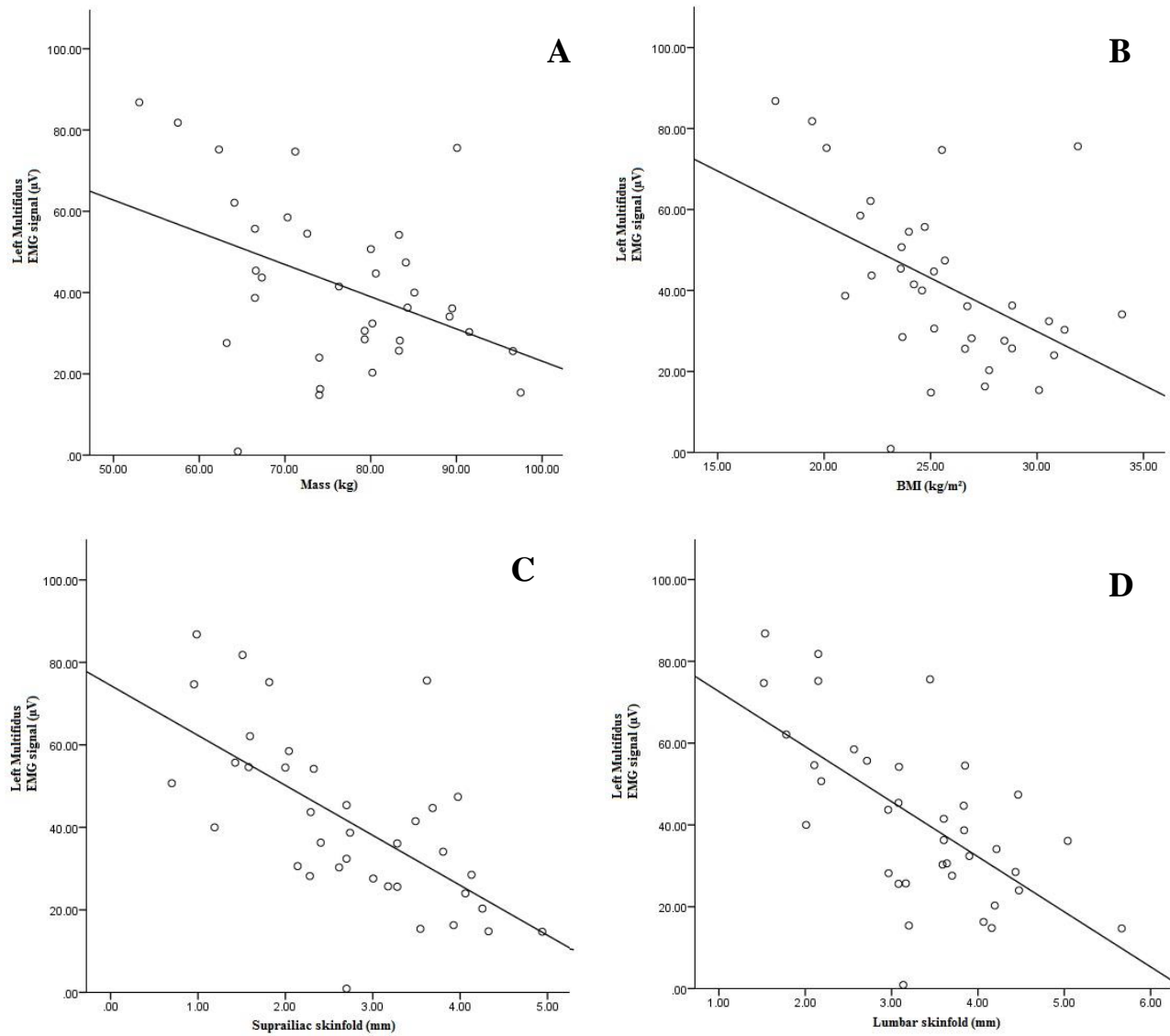


Figure 3. Dispersion plots showing the relationship between A) Left multifidus and weight; B) Left multifidus and BMI; C) Left multifidus and suprailiac skinfold; D) Left multifidus and lumbar skinfold.



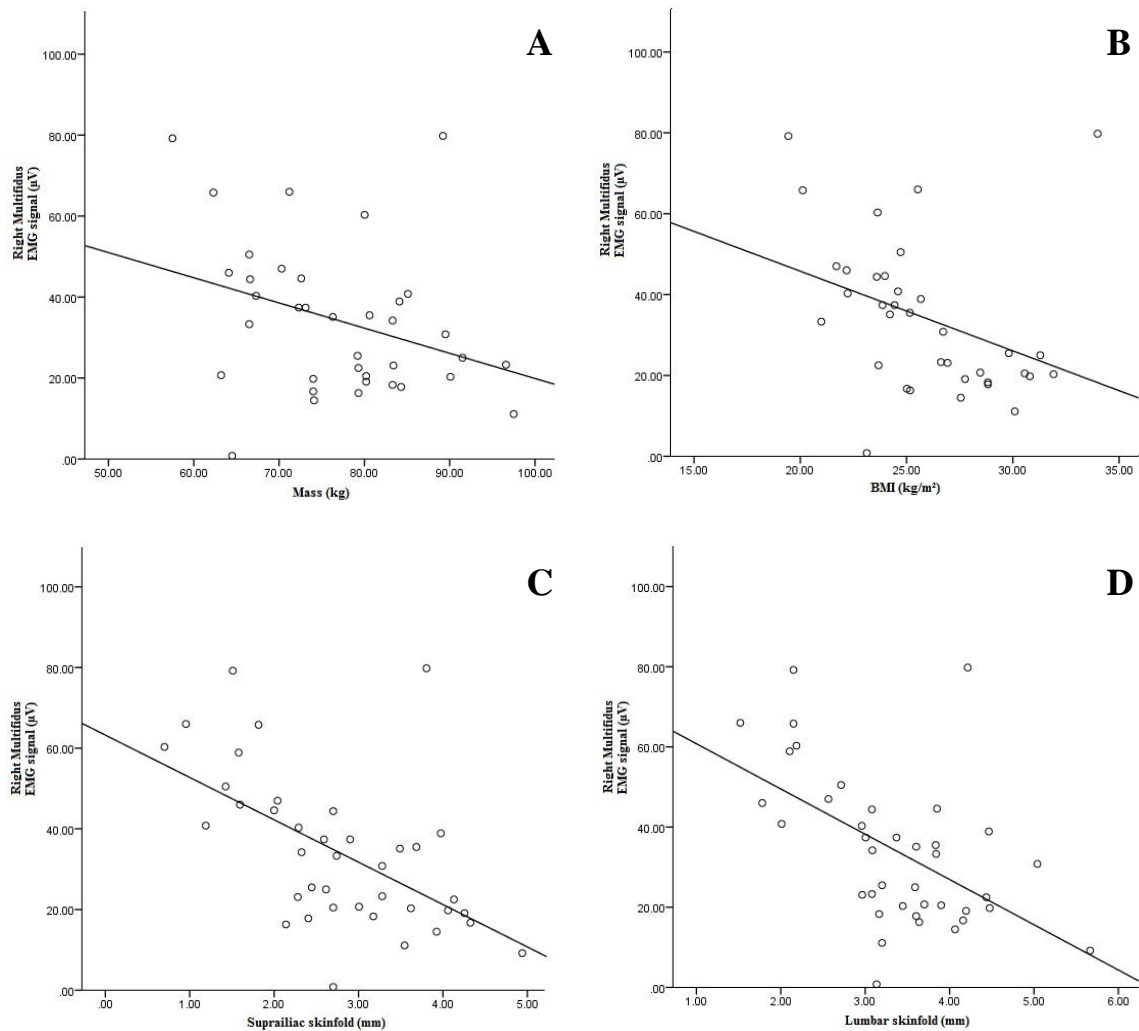


Figure 4. Dispersion plots showing the relationship between A) Right multifidus and weight; B) Right multifidus and BMI; C) Right multifidus and suprailiac skinfold; D) Right multifidus and lumbar skinfold.

## Discussion

The results of the present study showed that body weight, BMI, and skinfolds have great influence on the electromyographic signal. These variables explained from 11 to 41%

of the signal variance. As expected, as the electrode-muscle distance increases (body weight, BMI and skinfolds), the EMG amplitude decreases.

Other authors have also found that BMI and skinfolds have great influence in the EMG signal. In the study of Hemingway and colleagues [1995], the results showed that 82% of the variance of the multifidus and 52% from the iliocostalis activation could be explained by the skinfold measured in the electrode placement location. Nordander and colleagues [2003] found that measurements of skinfolds around the body account for 68% of the submaximal contraction variance from trapezius muscle.

Results showed that for the erector spinae, the BMI was the variable that gave the higher coefficient of determination. Since BMI is a variable which is easy to assess, our results suggest that it should be taken into consideration because of its great influence in the EMG signal. For the EMG signal from the trapezius muscle, Nordander and colleagues [2003] found that 57% of the variance from the submaximal contraction could be explained by BMI. However, BMI is a rough estimate of the subcutaneous fat, since it also includes intra-abdominal fat, muscle mass and other tissues. So, care should be taken when considering different populations, as athletes and obese people [Nordander et al., 2003].

For the multifidus muscle, the skinfolds explain showed higher influence on the variance, with a slightly advantage of the suprailiac skinfold. Since the suprailiac skinfold measurement is already described at the literature, with more established methods for evaluation, it could be indicated for the studies that evaluate this muscle.

In the present study, the skinfold measured directly in the position of the electrode was significant in the regression model, especially for the multifidus muscle. However, since its measurement depends on the tissue consistency and skin adherence [Nordander et

al., 2003], the recommendation for further studies is to choose the suprailiac skinfold, with similar results.

Surprisingly, for the abdominal muscles there was no explanatory variables. However, the signal obtained for this muscle during the MMH task was very low. So, it is recommended that further studies explore factors that could influence the abdominal signal in activities that requires more vigorous contraction of this muscle.

The limitation of this study was to not explore further ways of evaluate the muscle-surface distance, as by ultrasound. But, as demonstrated by other study, skinfolds have shown to explain more the signal variance for the trapezius muscle than the ultrasound [Nordander et al., 2003].

The results of this research show the importance of anthropometric measurements for the interpretation of sEMG from erector spinae and multifidus muscles. Future studies should consider these results at the subjects' selection and also at the data analysis and interpretation. Some studies have used the skinfold value, weight and BMI in their statistical analysis, seeking if their groups are comparable, as in Lariviere et al. [2000] and Lariviere et al. [2002]. Thus, such efforts should be taken into consideration in order to reduce the influence of these sources of variability on sEMG signals.

### **Acknowledgements**

This study was had financial support from São Paulo Research Foundation (FAPESP Proc. N. 2013/14098-2) and from National Council for Scientific and Technological Development (CNPq Proc. N. 484230/2013-1).

The study followed all ethical principles set forth in Resolution 466/12 and was approved by the Research Ethics Committee (CAAE: 19035413.3.0000.5504, Opinion No. 408 829).

## References

- Balogh I, Hansson GA, Ohlsson K, Stromberg U, Skerfving S. Interindividual variation of physical load in a work task. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1999; 25:57–66.
- Chen WJ, Chiou WK, Lee YH, Lee MY, Chen ML. Myo-electric behavior of the trunk muscles during static load holding in healthy subjects and low back pain patients. *Clinical Biomechanics* 1998; 13:9-15. Supplement n° 1.
- Dankaerts W, O’Sullivan PB, Burnett AF, Straker LM, Dannels LA. Reliability of EMG measurements for trunk muscles during maximal and sub-maximal voluntary isometric contractions in healthy controls and CLBP patients. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2004; 14:333–342.
- De Luca CJ. Physiology and mathematics of myoelectric *IEEE Trans. Biomed. BME-* 26:313325, 1979.
- Ferguson AS, Marras WS, Burr DL, Davis KG, Gupta P. Differences in motor recruitment and resulting kinematics between low back pain patients and asymptomatic participants during lifting exertions. *Clinical Biomechanics* 2004; 19:992-999.
- Ghamkhar L, Kahlaee AH. Trunk muscles activation pattern during walking in subjects with and without chronic low back pain: A Systematic Review. *PM&R* 2015; 7(5):519-26.
- Gonçalves F, Mourão P. A avaliação da composição corporal - a medição de pregas adiposas como técnica para a avaliação da composição corporal. *Revista de Desporto e Saúde*. 4(4):13-21.
- Hemingway MA, Biedermann HJ, Inglis J. Electromyographic Recordings of Paraspinal Muscles: Variations Related to Subcutaneous Tissue Thickness. *Biofeedback and Self-Regulation* 1995; 20(1):39-49.
- Hodges P, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80:1005-12.
- Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sérensen F, Anderson G, Jorgensen K. Standardised Nordic Questionnaires for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms. *Applied Ergonomics* 1987; 18:233–237
- Larivière C, Gagnon D, Loisel P. The comparison of trunk muscles EMG activation between subjects with and without chronic low back pain during flexio-extension and lateral bending tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2000; 10:79-91.
- Larivière C, Gagnon D, Loisel. A biomechanical comparison of lifting techniques between subjects with and without low back pain during freestyle lifting and lowering tasks. *Clinical Biomechanics* 2002; 17:89-98

- Mathiassen SE, Winkel J, Hagg GM. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies – a review. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 1995; 5:197–226.
- Mörl F, Wagner H, Blickhan R. Lumbar spine intersegmental motion analysis during lifting. *Pathophysiology* 2005; 12:295–302.
- Ng JK, Kippers V, Parnianpour M, Richardson CA. EMG activity normalization for trunk muscle in subjects with and without back pain. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2002; 34(7):1082-6.
- Nordander C, Wilner J, Hansson GA, Larsson B, Unge J, Granquist L, Skerfving S. Influence of the subcutaneous fat layer, as measured by ultrasound, skinfold calipers and BMI, on the EMG amplitude. *European Journal Applied Physiology* 2003; 89:514–519.
- O’Sullivan P, Twoney L, Allison G, Sinclair J, Miller K, Knox J. Altered patterns of abdominal muscle activation in patients with chronic low back pain. *Australian Journal of Physiotherapy* 1997; 43:91-98.
- SENIAM - Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles. Available at: <http://seniam.org/>
- Silfies SP, Squillante D, Maurer P, Westcott S, Karduna AR. Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations. *Clinical Biomechanics* 2005; 20:465–473.
- Silva LCCB, Oliveira AB, Silva DC, Paschoarelli LC, Coury HJCG. Evaluation of reusable cardboard box designs: Biomechanical and perceptual aspects. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2013; 43:154-160.
- Stegeman DF, Blok JH, Hermens HJ, Roeleveld K. Surface EMG models: properties and applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2000; 10:313–326.
- Takekawa KS, Gonçalves JS, Moriguchi CS, Coury HJ, Sato TO. Can a self-administered questionnaire identify workers with chronic or recurring low back pain? *Industrial Health* 2015; 53(4):340-345.
- Van Dieen JH, Cholewicki J, Radebold A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine* 2003; 28(8):834–841.
- Veiersted KB, Forsman M, Hansson GA, Mathiassen SE. Assessment of time patterns of activity and rest in full-shift recordings of trapezius muscle activity – Effects of the data processing procedure. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2013; 23:540–547.
- Winter DA, Rau G, Kadefors R, Broman H, de Luca CJ. Units, Terms and Standards in the Reporting of EMG Research. Report by the Ad Hoc Committee of the International Society of Electrophysiological Kinesiology. 1980. Available at: <http://faculty.educ.ubc.ca/sanderson/courses/HKIN563/pdf/isek.pdf>
- Yang G, Marras WS, Best TM. The biochemical response to biomechanical tissue loading on the low back during physical work exposure. *Clinical Biomechanics* 2011; 26:431-437.

**ANEXO 2 – ARTIGO SUBMETIDO AO PERIÓDICO: AMERICAN JOURNAL OF  
PHYSICAL MEDICINE & REHABILITATION**

**LOW BACK PAIN AND SERUM CONCENTRATIONS OF INFLAMMATORY  
CYTOKINES – A CROSS-SECTIONAL EVALUATION**

**Authors**

Mariana Vieira Batistão

Thiago Luiz de Russo

Tatiana de Oliveira Sato

**Affiliations**

From the Department of Physiotherapy of the Federal University of São Carlos, as a PhD student, physiotherapist at the University Hospital of the Federal University of São Carlos; Professor of the Department of Physiotherapy of the Federal University of São Carlos; and Professor of the Department of Physiotherapy of the Federal University of São Carlos.

**Correspondence**

Mariana Vieira Batistão, Department of Physiotherapy, Federal University of São Carlos. 310 Washington Luís Highway, São Carlos- SP, Brazil. Zip Code: 13565-905. +55 16 982145387. E-mail: [marivbatistao@gmail.com](mailto:marivbatistao@gmail.com).

**Disclosures**

The authors declare that none of them have any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence the quality of the work presented in this article.

This study received financial support from FAPESP (São Paulo Research Foundation – grant 2013/14098-2) as a doctorate scholarship.

This work was not presented in any form (manuscript or abstract) before.

## Abstract

**Objective:** The aim of this study was to compare the levels of serum inflammatory markers (interleukin 6, 10 and 1-beta, tumor necrosis factor alpha) in workers with LBP according to the symptoms severity (functional impact, seek for health care, symptoms over the last 7 days and frequency of symptoms). **Design:** Twenty four male workers were assessed, using a standardized questionnaire and the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ). The collection of blood was performed around 7 am, before any work activity was done. Serum levels of cytokines were measured by the ELISA method (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay). The subjects were separated into groups accordingly to the responses to the NMQ and in relation to frequency of symptoms (low and high frequency). An analysis of covariance (ANCOVA) was used to verify the differences between groups, with smoking habit and occupational psychosocial factors as covariate. **Results:** No statistical difference was found. **Conclusion:** The cytokines have been shown previously to play a role in the induction and amplification of inflammatory reactions involved at pathophysiology of LBP and to be associated with higher intensities and duration of the symptoms. However, in the present study no differences were found between the groups with different severity of symptoms.

**Keywords:** occupational health, inflammation biomarkers, work-related musculoskeletal disorders, lumbar spine.

## Introduction

Low back pain (LBP) causes high impact in the society, especially for the workers and organizations, thus research has focused at establishing causality for this disorder<sup>1,2</sup>.

Since tissue inflammation cannot be identified in image tests, it is not surprising that the cause of low back pain is identified in only 10-20% of the cases. In most cases, the pain etiology is not defined and the diagnosis is based on the self-reported symptoms<sup>1,3-7</sup>. In this sense, inflammatory markers, such as cytokines, might be appropriate to estimate tissue load tolerance<sup>1</sup>.

The role of inflammatory markers in mediating the response to forces imposed on the musculoskeletal system has been investigated, and several mediators of inflammation may be involved to LBP<sup>2</sup>.

Demyelination of the nerve root has been associated with prostaglandin E2<sup>8</sup>. Higher levels of prostaglandin E2, interleukin-6 and nitric oxide were found on herniated intervertebral human discs from patients after discectomy, compared to control ones<sup>9</sup>. The role of prostaglandin E2 and nitric oxide was also investigated in animal model<sup>10</sup>. Tumor necrosis factor  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interleukin (IL) 1, IL-6, IL-8 and IL-10 are also associated with degenerated or herniated intervertebral disc (IVDs). These biomarkers are also reported to be involved in nerve root injury and radicular pain at studies with human discs and animal model<sup>11-13</sup>.

Although the association between LBP and inflammatory mediators have been demonstrated in the literature, its association with non-specific LBP is less clear. Non-specific LBP is defined as LBP that cannot be related to any specific disease, such as fracture, infection, osteoporosis, inflammatory or tumoral disease, or radicular syndromes<sup>14</sup>. WANG et al.<sup>15</sup> found higher concentrations of TNF- $\alpha$  in subjects with non-specific LBP when compared to asymptomatic subjects. So it seems important to further explore the associations of non-specific LBP and cytokines.

At occupational settings, LBP is commonly evaluated through self-reported questionnaires due to their practicability and low cost<sup>16</sup>. One valuable tool is the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ), which was developed to standardize the reporting of musculoskeletal symptoms<sup>17</sup> and it is expected that reported symptoms have a correspondence with the inflammatory process.

In this sense, PEDERSEN et al.<sup>18</sup> found higher levels of IL-6 and IL-8 in serum of patients with higher scores at visual analog scale in the last 12 months, in comparison to patients with lower scores. WEBER et al.<sup>19</sup> found a positive correlation between the concentration of IL-6 and the duration of LBP symptoms. So, it seems that the intensity and



duration of symptoms affects the concentration of these inflammatory biomarkers. However, it is not known if the pain severity, measured as functional impact, seek for health care, symptoms over the last 7 days and frequency of symptoms, are also related to inflammatory cytokines concentration.

Therefore, the aim of this study was to compare the levels of serum inflammatory markers (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 and IL-10) in workers with LBP according to the symptoms severity, e.g., functional impact, seek for health care, symptoms over the last 7 days and frequency of symptoms. Our hypothesis is that the concentrations of pro-inflammatory cytokines (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , and IL-6) will be increased and the anti-inflammatory cytokine concentration (IL-10) will be decreased in subjects with higher pain severity, that is, higher functional impact, that sought for health care, had symptoms over the last 7 days and had higher frequency of symptoms.

## **Methods**

### **Local of the study and design**

This cross-sectional study included male workers from construction, gardening, collection of recyclable materials and maintenance organizations from XXXXX, XX, XXXX. All subjects perform manual material handling as part of their job and reported low back pain in the last 12 months on NMQ.

### **Subjects**

The recruitment process is shown in Figure 1. The recruitment and evaluation occurred between January and August of 2014. The inclusion criteria were: workers that perform manual material handling at work, age between 18 to 60 years and self-reported non-specific LBP in the last 12 months through the NMQ<sup>16,20</sup>. The exclusion criteria were: systemic diseases (lung, heart, rheumatic, metabolic, cancer, etc), obesity (BMI>30kg/m<sup>2</sup>),

weight loss with unknown cause in the last year, allergies and use of nonsteroidal anti-inflammatory medication in the last two weeks.

#### INSERT FIGURE 1

The project follows all the precepts issued in Resolution 466/12 and was approved by the XXXXXX XXXXX XX XXXXXX Research Ethics Committee (CAAE: 19035413.3.0000.5504, Opinion No. 408.829). All subjects signed a written consent.

### **Experiment**

The subjects were not in a current LBP episode in the moment of the data collection. Demographic and clinical data were collected using a standardized questionnaire and the NMQ. The NMQ assess musculoskeletal complaints in the several regions of the body by four questions: 1. complaints over the last 7 days; 2. complaints over the last 12 months; 3. inability to perform activities over the last 12 months and 4. demand for health care over the last 12 months<sup>20</sup>.

The LBP frequency was collected using the following question: “What was the frequency of symptoms in the last 12 months?” The following answers were allowed: rarely, sometimes, often and usually. Later on, for the analysis, the responses were grouped at low frequency (rarely and sometimes) and high frequency (often and usually).

### **Serum levels of interleukins by the ELISA method**

A collection of venous blood (24 mL) was obtained from the antecubital vein. The collection was performed around 7 am, before any work activity were done. The subjects were oriented to fast for 8 hours prior to the exam. The blood was stored in Vacutanier sterile vials, respecting the rules of use of needlestick materials as well as for their disposal.

The blood was centrifuged immediately after collection to separate serum and then it was stored at  $-80^{\circ 21}$ .

Serum concentrations of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 and IL-10 were measured by the ELISA method (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) using kits of high sensitivity (Invitrogen Corporation, Maryland, USA) and following the manufacturer's recommendations. Serum measurements were obtained in duplicate. The dosage curve was applied. The readings of the samples were made by a microplate reader adjusted to 450 nm and with a wavelength correction of 540 nm or 570 nm. All samples were processed in a single immunoassay.

### **Data analysis**

The subjects were separated into groups accordingly to the responses to the NMQ: seek for health care (yes/no), function impairment (yes/no) and presence of symptoms over the last 7 days (yes/no). In relation to frequency of symptoms, subjects were separated as low (rarely/sometimes) and high frequency (often/usually).

Normality (Shapiro Wilk) and homoscedasticity tests (Levene) were applied to verify if parametric assumptions were achieved. Then, an analysis of covariance (ANCOVA) was used to verify the differences between the groups, using the smoking habit (yes/no) and psychosocial factors (scores from Job Content Questionnaire described below) as covariates.

Smoking was included in the model because it is a known risk factor for LBP, besides been associated with poor prognosis<sup>22,23</sup>. It also has the capacity to cause a systemic pro-inflammatory state characterized by serum elevations of cytokines<sup>24</sup>.

Psychosocial factors were also included as covariates. Whereas biomechanical factors seem to have a major impact on the occurrence of LBP episodes, psychosocial

factors may have a greater influence on the persistence and on the impact of LBP<sup>14</sup>. RAMOND-ROQUIN et al.<sup>14</sup> in their review, state that psychosocial factors, including those belonging to the occupational field, had been shown to have prognostic value for LBP patients. The subjects included in this study answered the Job Content Questionnaire (JCQ). This tool is based on the Demand/Control model proposed by KARASEK<sup>25</sup>. The short version, in its Portuguese translation, was used in this study<sup>26</sup>. The scores for Job Demand and Control derived from the JCQ questionnaire were used as covariates.

The analysis was performed using SPSS (version 20) and the significance level was set at 5%.

## **Results**

Table 1 shows demographical and clinical data from the subjects included in this study (n=24). The subjects were, in average, categorized as overweight. The majority of them was not smoker, had no function impairment, did not searched for health care and did not experience symptoms over the last 7 days. The frequency of reported symptoms was low for almost half of them.

INSERT TABLE 1

INSERT TABLE 2

INSERT TABLE 3

## **Discussion**

The aim of this study was to compare the levels of serum inflammatory markers (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 and IL-10) in workers with LBP according to the functional impact, seek for health care, symptoms over the last 7 days and frequency of symptoms. These cytokines have been shown previously to play a role in the induction and amplification of

inflammatory reactions involved at pathophysiology of LBP<sup>27</sup>. However, no difference was found for any variable.

TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-10 and IL-1 $\beta$  are inflammatory mediators that have been shown to play a role in the pathophysiology of discogenic LBP, disk-related sciatica and herniated nucleus pulposus induced nerve root damage<sup>11-13</sup>. Even in chronic non-specific LBP populations, like in the present study, higher concentrations of TNF- $\alpha$  were found when compared to asymptomatic subjects<sup>15</sup>.

However, the concentration of TNF- $\alpha$  was not capable of separate subjects accordingly to the level of pain and disability both in the WANG et al.<sup>15</sup> study and in the present one. One possible reason could be due to the chronic characteristics of the pain evaluated. Cytokines exhibit distinct time-dependent response patterns with differences in times of peak expression and rates of development and recovery<sup>28</sup>.

When evaluating acute inflammation, different results were found. KLYNE et al.<sup>28</sup> assessed individuals with acute LBP. They found that IL-6 and CRP (C-reactive protein) concentration levels were associated with higher pain levels.

PEDERSEN et al.<sup>24</sup> and WEBER et al.<sup>19</sup> evaluated patients with long-term symptoms. These authors found significant correlation between pain intensity/duration and levels of IL-6 and IL-8. However, these studies do not make it clear if the subjects were experiencing pain at the time of the evaluation. In the present study, the subjects were not in a pain episode at the moment of the evaluation.

Another explanation could be regarding the diagnosis of the individuals included. WEBER et al.<sup>29</sup> found that levels of biochemical mediators varied based on diagnosis of LBP (disc herniation, degenerative disc disease, spinal stenosis). PEDERSEN et al.<sup>18</sup> and WEBER et al.<sup>19</sup> included subjects with specific diagnoses (disc herniation, degenerative

disc disease, spinal stenosis) and the present study focused in evaluate chronic non-specific LBP worker. This fact may also account for the different results obtained.

Although no statistical significance was found, studies correlating cytokine levels with pain characteristics are important, since in painful conditions, caregivers should also investigate systemic factors that can be used to understand the diagnosis, stage severity and prognosis<sup>19</sup>.

The understanding about the role of the cytokines in LBP may be useful for establishment of new treatments<sup>30</sup>. An example is the epidural steroid injection (ESI) whose efficacy is unclear due to heterogeneous populations of the interventions in randomized trials. Despite that, clinical practice suggests that some patients obtain a better relief with it. This fact shows that it is essential to develop diagnostic tools that are predictive of response to treatments for LBP<sup>29</sup>.

This study has some limitations, such as the evaluation with the Elisa method, which enables to evaluate systemic responses of cytokines. In this sense, comorbidities may potentially affect the inflammatory mediators observed in the systemic circulation of participants, even though the exclusion criteria were set to avoid this source of bias.

Another limitation was the limited sample size that resulted in the low power of the tests. However, according to the effect sizes, the sample size required to find a statistical difference between groups varied from 1229 subjects (for an effect size of 0.08) to 78491 subjects (for an effect size of 0.01). Thus, future research could consider this information in order to delineate experimental studies to achieve better results.

In conclusion, the results showed that the levels of serum inflammatory markers (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-6 and IL-10) do not differ in workers with LBP according to the

functional impact, seek for health care, symptoms over the last 7 days and frequency of symptoms.

## References

1. Splittstoesser RE, Marras WS, Best TM: Immune Responses to Low Back Pain Risk Factors. *Work* 2012; 41:6016-23.
2. Yang G, Marras WS, Best TM: The biochemical response to biomechanical tissue loading on the low back during physical work exposure. *Clin Biomech* 2011; 26:431-437.
3. Burke JG, Watson RWG, Mccomack D, et al.: Intervertebral discs which cause low back pain secrete high levels of proinflammatory mediators. *J Bone Joint Surg Br* 2002; 84-B: 196-201.
4. Deyo RA, Weinstein JN: Low back pain. *N Engl J Med* 2001; 344(5):1.
5. Marchand F, Perreti M, McMahon SB: Role of the immune system in chronic pain. *Nat Rev Neurosci* 2005; 6:521-32.
6. Nusbaum EL, Downes L: Reliability of clinical pressure-pain algometric measurements obtained on consecutive days. *Phys Ther* 1998; 78:160-169.
7. Ozguler A, Leclerc A, Landre MF, et al.: Individual and occupational determinants of low back pain according to various definitions of low back pain. *J Epidemiol Community Health* 2000; 54:215-20.
8. Chen C, Cavanaugh JM, Ozaktay C, et al.: Effects of phospholipase A2 on lumbar nerve root structure and function. *Spine* 1997; 22(10):1057-64.
9. Kang JD, Georgescu HI, McIntyre-Larkin L, et al.: Herniated lumbar intervertebral discs spontaneously produce matrix metalloproteinases, nitric oxide, interleukin-6, and prostaglandin E2. *Spine* 1996; 21(1)271-277.



10. Kawakami M, Tamaki T, Hashizume H, et al.: The role of phospholipase A2 and nitric oxide in pain-related behavior produced by an allograft of intervertebral disc material to the sciatic nerve of the rat. *Spine* 1997; 22(10):1074-79.
11. Ahn SH, Cho YW, Ahn MW, et al.: mRNA Expression of Cytokines and Chemokines in Herniated Lumbar Intervertebral Discs. *Spine* 2002; 27(9):911-17.
12. Olmker K, Larsson K: Tumor necrosis factor alpha and nucleus-pulposus-induced nerve root injury. *Spine* 1998; 23(23):2598-2544.
13. Shamji MF, Setton LA, Jarvis W, et al.: Proinflammatory Cytokine Expression Profile in Degenerated and Herniated Human Intervertebral Disc Tissues. *Arthritis Rheum* 2010; 62(7):1974-82.
14. Ramond-Roquin A, Bouton C, Bègue C, Petit A, et al.: Psychosocial risk factors, interventions, and comorbidity in patients with non-specific low back pain in primary care: need for comprehensive and patient-centered care. *Front Med* 2015; 2:73.
15. Wang H, Schiltenwolf M, Buchner M. The Role of TNF- $\alpha$  in Patients With Chronic Low Back Pain—A Prospective Comparative Longitudinal Study. *Clin J Pain* 2008; 24:273-278.
16. Takekawa KS, Gonçalves JS, Moriguchi CS, et al.: Can a self-administered questionnaire identify workers with chronic or recurring low back pain? *Ind Health* 2015; 53(4):340-5.
17. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, et al.: Standardised Nordic Questionnaires for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms. *Appl Ergon* 1987; 18(3):233-237.
18. Pedersen LM, Schistad E, Jabobsen LM, et al.: Serum levels of the pro-inflammatory interleukins 6 (IL-6) and -8 (IL-8) in patients with lumbar radicular

- pain due to disc herniation: A 12-month prospective study. *Brain Behav Immun* 2015; 46:132-136.
19. Weber KT, Alipui DO, Sison CP, et al.: Serum levels of the proinflammatory cytokine interleukin-6 vary based on diagnoses in individuals with lumbar intervertebral disc diseases. *Arthritis Res Ther* 2016; 18:3.
  20. Barros ENC, Alexandre NMC: Cross-cultural adaptation of the Nordic musculoskeletal questionnaire. *Int Nurs Rev* 2003; 50(2):101-108.
  21. Yeung SS, Genaidy A, Deddens J, et al.: Prevalence of musculoskeletal symptoms in single and multiple body regions and effects of perceived risk of injury among manual handling workers, *Spine* 2002; 27(19):2166-71.
  22. Manchikanti L, Singh V, Falco FJE, Benyamin RM, Hirsch JA. Epidemiology of Low Back Pain in Adults. *Neuromodulation* 2014; 17(52):3-10.
  23. Kerr D, Zhao W, Lurle JD: What Are Long-term Predictors of Outcomes for Lumbar Disc Herniation? A Randomized and Observational Study. *Clin Orthop Relat Res* 2015; 473(6):1920-30.
  24. Petrescu F, Voican SC, Silosi I: Tumor necrosis factor- $\alpha$  serum levels in healthy smokers and nonsmokers. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2010; 5:217–222.
  25. Karasek RA: Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign. *Administrative Science Quarterly* 1979; 24:258-308.
  26. Alves MGM, Chor B, Faerstein E, et al.: Short version of the “job stress scale” a Portuguese-language adaptation. *Rev. Saúde Pública* 2004; 38(2):164-171.
  27. Rand N, Reichert F, Floman Y, et al.: Murine nucleus pulposus-derived cells secrete interleukins-1-beta, -6, and -10 and granulocyte-macrophage colony-stimulating factor in cell culture. *Spine* 1997; 22(22):2598-2602.

28. Klyne DM, Barbe MF, Hodges PW: Systemic inflammatory profiles and their relationships with demographic, behavioural and clinical features in acute low back pain. *Brain Behav Immun* 2016; S0889-1591(16)30459-7.
29. Weber KT, Satoh S, Alipui DO, et al.: Exploratory study for identifying systemic biomarkers that correlate with pain response in patients with intervertebral disc disorders. *Immunol Res* 2015; 63:170–180.
30. Altun I: Cytokine profile in degenerated painful intervertebral disc: variability with respect to duration of symptoms and type of disease. *Spine J* 2016; 16(7):857-861.

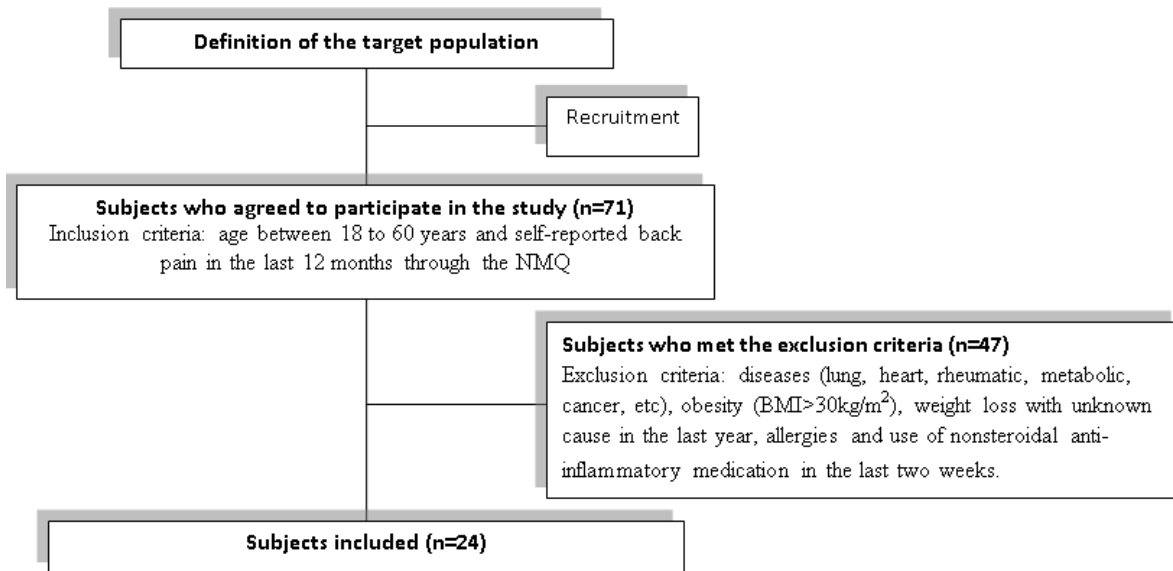


Figure 1. Flowchart of the recruitment process and the application of inclusion and exclusion criteria.

Table 1. Demographic data from the sample (n=24).

<b>Demographic data</b>	<b>Total</b>
Age, years [mean (SD)]	38.9 (13.3)
Weight, kg [mean (SD)]	71.6 (9.9)
Height, m [mean (SD)]	1.7 (0.1)
BMI, kg/m <sup>2</sup> [mean (SD)]	25.5 (3.3)
Type of job [n (%)]	
Maintenance	7 (28.0)
Gardening	8 (32.0)
Construction	7 (28.0)
Collection of recyclable materials	2 (8.0)
Smoking [n (%)]	9 (37.5)
Function impairment [n (%)]	9 (37.5)
Search for physician [n (%)]	5 (20.8)
Symptoms over the last 7 days [n (%)]	9 (37.5)
High frequency of LBP [n (%)]	10 (41.7)

Table 2 and 3 shows that no statistical difference was achieved for any variable.

Table 2. Inflammatory cytokines (pg/mL) in the groups according to the function impairment (yes/no), search for physician (yes/no), and presence of symptoms in the last 7 days (yes/no). Smoking and JCQ's Job Demand and Control as covariates.

<b>Variable</b>	<b>No</b>	<b>Yes</b>	<b>P value</b>	<b>Effect Size</b>	<b>Power</b>
<b>IL-10 [mean (SD)]</b>					
Function impairment	2.9 (4.1)	2.3 (2.9)	0.83	0.07	0.11
Search for physician	3.1 (3.8)	0.5 (1.1)	0.45	0.18	0.25
Symptoms presence (last 7 days)	3.2 (4.1)	1.6 (2.5)	0.71	0.11	0.15
<b>TNF-<math>\alpha</math> [mean (SD)]</b>					
Function impairment	24.2 (19.6)	18.5 (9.1)	0.10	0.32	0.54
Search for physician	23.6 (17.4)	14.2 (5.8)	0.08	0.33	0.57
Symptoms presence (last 7 days)	24.3 (19.0)	17.5 (8.4)	0.06	0.37	0.64
<b>IL-6 [mean (SD)]</b>					
Function impairment	10.9 (8.7)	11.8 (9.3)	0.31	0.21	0.32
Search for physician	12.4 (9.2)	5.9 (2.4)	0.26	0.23	0.36
Symptoms presence (last 7 days)	11.4 (8.3)	11.1 (10.0)	0.29	0.22	0.34
<b>IL-1<math>\beta</math> [mean (SD)]</b>					
Function impairment	0.3 (0.4)	1.4 (1.6)	0.15	0.29	0.48
Search for physician	0.8 (1.2)	0.1 (0.2)	0.07	0.35	0.61
Symptoms presence (last 7 days)	0.5 (0.7)	1.2 (1.7)	0.19	0.26	0.42

Table 3. Inflammatory cytokines (pg/mL) in the groups with low and high frequency of low back pain in the last 12 months. Data are presented as mean (SD). Smoking and JCQ's Job Demand and Control as covariates.

Inflammatory cytokines	Low	High	P value	Effect Size	Power
IL-10	2.7 (4.2)	2.5 (2.8)	0.85	0.07	0.11
TNF- $\alpha$	23.1(18.1)	20.2 (13.7)	0.10	0.32	0.55
IL-6	10.9 (8.1)	11.8 (10.2)	0.31	0.21	0.32
IL-1 $\beta$	0.3 (0.5)	1.4 (1.6)	0.09	0.33	0.56