

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

**VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE DO INSTRUMENTO FLEXICURVA PARA
AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA COLUNA TORÁCICA E LOMBAR**

MARJA BOCHEHIN DO VALLE

Porto Alegre

2017

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

**VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE DO INSTRUMENTO FLEXICURVA PARA
AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA COLUNA TORÁCICA E LOMBAR**

MARJA BOCHEHIN DO VALLE

Dissertação de mestrado submetido ao
Programa de Pós- Graduação em Ciência
do Movimento Humano da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora:
Prof.Dra.Cláudia Tarragô Candotti

**PORTO ALEGRE
2017**

CIP - Catalogação na Publicação

VALLE, MARJA BOCHEHIN DO
VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE DO INSTRUMENTO
FLEXICURVA PARA AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA COLUNA
TORÁCICA E LOMBAR / MARJA BOCHEHIN DO VALLE. -- 2017.
70 f.
Orientadora: CLÁUDIA TARRAGÔ CANDOTTI.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2017.

1. Avaliação. 2. Coluna vertebral. 3. Estudos de
validação. 4. Flexibilidade. I. CANDOTTI, CLÁUDIA
TARRAGÔ, orient. II. Título.

RESUMO

VALLE, M. B. **Validade e reprodutibilidade do instrumento Flexicurva para avaliação da flexibilidade da coluna torácica e lombar.** Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da UFRGS, Porto Alegre, 2017.

Pesquisadores têm buscado métodos confiáveis, não invasivos, práticos e de baixo custo para avaliar a flexibilidade da coluna vertebral. O instrumento Flexicurva consiste em uma régua de metal flexível coberta de plástico que moldado nas costas do indivíduo replica a forma da coluna vertebral. Alguns estudos propõem seu uso para avaliar a flexibilidade da coluna lombar no plano sagital, no entanto, a validade e a reprodutibilidade desse instrumento para a coluna torácica ainda não foi pesquisada. Neste contexto, essa dissertação apresenta dois estudos, cujos foram: (Estudo 1) identificar, a partir de uma revisão sistemática, quais são os métodos e instrumentos utilizados a para avaliar a flexibilidade da coluna vetebtral torácica e lombar no plano sagital que apresentem validade e/ou repetibilidade e/ou reprodutibilidade confirmados, evidenciando seus respectivos índices psicométricos; (Estudo 2) avaliar se o Flexicurva é capaz de fornecer informações válidas e reprodutíveis para avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da curvatura torácica e lombar. Para o **Estudo 1** foram realizadas buscas no banco de dados BIREME, EMBASE, *PEDro*, *PubMed*, *Science Direct*, SCOPUS e *Web of Science*, além de buscas manuais. Dois revisores independentes realizaram a seleção dos estudos, avaliaram a qualidade metodológica, o risco de viés e extraíram os dados. O sistema GRADE foi utilizado para avaliar a qualidade da evidencia. Foram incluídos 46 estudos, dos quais foram extraídos o número de participantes, o protocolo de avaliação e os índices psicométricos. Apenas sete estudos foram incluídos na análise quantitativa por meio de metanálise, suportando que há evidência científica apenas no que diz respeito à reprodutibilidade interavaliador do instrumento fita métrica no teste de Schöber modificado para o movimento de flexão lombar e a reprodutibilidade intra-avaliador dos instrumentos Flexicurva e sistema de análise de vídeo para os movimentos de extensão e flexão lombar. Para o **Estudo 2**, na avaliação da reprodutibilidade, 38 indivíduos tiveram a flexibilidade da coluna torácica e lombar avaliada nas posições em flexão e em extensão máximas. O molde com o Flexicurva foi realizado no mesmo dia, por três avaliadores (reprodutibilidade inter-avaliador); um avaliador realizou uma nova avaliação com um intervalo de sete dias (reprodutibilidade teste-reteste e intra-avaliador). Para avaliação da validade, 50 indivíduos foram avaliados com o Flexicurva e com o sistema de vídeo BTS Smart-DX (BTS Bioengineering, EUA) no primeiro dia, nas mesmas posições em flexão e em extensão máximasda coluna torácica e lombar. Os seguintes testes estatísticos foram utilizados: (1) para a validade: Coeficiente de Correlação Produto-momento de Pearson (r), Análise gráfica de Bland Altman, teste t independente e Erro RMS; (2) para a análise da reprodutibilidade teste-reteste, intra e interavaliador: ICC, SEM e MDC. ($\alpha < 0,05$). Os resultados mostraram para a reprodutibilidade intra-avaliador ICCs excelentes; reprodutibilidade teste-reteste ICCs de satisfatórios a pobre; e reprodutibilidade interavaliador ICCs satisfatórios para todas as variáveis. Os valores de SEM e MDC variaram de 0,9° a 8,3° e 0,4° a 16,3°, respectivamente. Quanto à validade do Flexicurva, encontrou-se correlação variando de excelente a fraca e erro RMS de 7,6° a 18,2°. Com base no **Estudo 1**, conclui-se que os resultados da revisão sistemática indicam baixa evidência científica sobre a validade, repetibilidade e reprodutibilidade dos

instrumentos e métodos indicados para a avaliação da flexibilidade da coluna vertebral torácica e lombar. Com base no **Estudo 2**,conclui-se que os resultados da reprodutibilidade devem ser vistos com prudência, devido aos altos valores de SEM e MDC, que indicam, em média, um erro de medida associado. Embora níveis aceitáveis de validade do Flexicurva tenham sido encontrados, sua utilização na flexão torácica e extensão lombar deve ser cautelosa.

Palavras-chave: Avaliação, Coluna vertebral, Estudos de validação, Flexibilidade.

ABSTRACT

Researchers have looking for reliable, non-invasive, practical and inexpensive methods to assess spine flexibility. The Flexicurve instrument consists of a flexible metal ruler covered in plastic and can be molded on the back of the individual, replicating the shape of the spine. Some studies propose its use to evaluate the flexibility of the lumbar spine in the sagittal plane, however, a validity and a reproducibility of this instrument for a thoracic spine has not been researched yet. In this context, this study presents two studies, which were: (Study 1) to identify, from a systematic review, the methods and instruments used to evaluate the flexibility of the thoracic and lumbar vertebral column in the sagittal plane that have confirmed validity and/ or repeatability and/ or reproducibility, evidencing their respective indexes psychometric; (Study 2) to access whether Flexicurve is capable of providing valid and reproducible information for assessing the flexibility of flexion and extension of the thoracic and lumbar curvature. For Study 1, searches were performed on BIREME, EMBASE, PEDro, PubMed, Science Direct, SCOPUS and Web of Science databases, as well as manual searches. Two independent reviewers selected the studies, assessed methodological quality, risk of bias, and extracted data. The GRADE system was used to evaluate the quality of the evidence. We included 46 studies, from which the number of participants, the evaluation protocol and the psychometric indexes were extracted. Only seven studies were included in the quantitative analysis by means of meta-analysis, supporting that there is scientific evidence only regarding the interobserver reproducibility of the metric tape measure instrument in the modified Schöber test for the lumbar flexion movement and the intra-observer reproducibility of the Flexicurve instruments and video analysis system for the movements of extension and lumbar flexion. For Study 2, in the evaluation of reproducibility, 38 subjects had the flexibility of the thoracic and lumbar spine evaluated at the positions of maximal flexion and extension. The model with Flexicurve was performed on the same day by three evaluators (inter-observer reproducibility); an evaluator performed a new evaluation with a seven-day interval (test-retest and intra-rater reproducibility). To evaluate the validity, 50 subjects were evaluated with the Flexicurve and BTS Smart-DX video system (BTS Bioengineering, USA) on the first day, in the same positions at maximal flexion and extension of the thoracic and lumbar spine. The following statistical tests were used: (1) for validity: Pearson's product-moment correlation coefficient (r), Bland Altman graphical analysis, independent t-test and RMS error; (2) for the analysis of test-retest, intra and inter-rater reproducibility: ICC, SEM and MDC ($\alpha < 0,05$). The results showed for intra-observer reproducibility excellent ICCs; Reproducibility test-retest ICCs ranged from satisfactory to poor; and interobserver reproducibility ICCs was satisfactory for all variables. The SEM and MDC values ranged from $0,9^\circ$ to $8,3^\circ$ and $0,4^\circ$ to $16,3^\circ$, respectively. Regarding the validity of Flexicurve, correlation was found ranging from excellent to weak and RMS error from $7,6^\circ$ to $18,2^\circ$. Based on Study 1, it is concluded that the results of the systematic review indicate low scientific evidence on the validity, repeatability and reproducibility of the instruments and methods indicated for assessing the flexibility of the thoracic and lumbar spine. Based on Study 2, it is concluded that the reproducibility results should be viewed with caution, due to high SEM and MDC values, which indicate, on average, an associated measurement error. Although acceptable levels of Flexicurve validity have been found, its use in chest flexion and lumbar extension should be cautious.

Key words: Evaluation, Spinal column, Validation studies, Flexibility.

LISTA DE QUADROS, TABELAS E FIGURAS

CAPITULO 2

Tabela1	Estratégia de busca no <i>PubMed</i>	16
Tabela 2	Características dos estudos incluídos	18
Figura 1	Fluxograma dos estudos incluídos segundo <i>PRISMA</i>	24
Tabela 3	Avaliação da qualidade metodológica	25

APÊNDICE 1

Tabela 4	Resultado da metanálise para reprodutibilidade interavaliador do instrumento fita métrica no teste de Schöber modificado para o movimento de flexão lombar	38
Tabela 5	Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento inclinômetro para o movimento de extensão lombar	39
Tabela 6	Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento inclinômetro para o movimento de flexão lombar	39
Tabela 7	Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento sistema de análise de vídeo para o movimento de extensão lombar	40
Tabela 8	Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento sistema de análise de vídeo para o movimento de flexão lombar	40
Tabela 9	Resultado da metanálise para reprodutibilidade interavaliador do instrumento sistema de análise de vídeo para o movimento de extensão lombar	41
Tabela 10	Resultado da metanálise para reprodutibilidade interavaliador do instrumento sistema de análise de vídeo para o movimento de flexão lombar	41
Tabela 11	Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento Flexicurva para o movimento de extensão lombar	42
Tabela 12	Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento Flexicurva para o movimento de flexão lombar	42

CAPITULO 3

Figura 1	Ilustração da posição de avaliação da flexibilidade da coluna vertebral	49
Figura 2	Representação da avaliação com o Flexicurva	50
Figura 3	Representação da avaliação com o sistema de vídeo	51
Figura 4	Gráficos de correlação entre Flexicurva e Sistema de vídeo 3D	53
Figura 5	Método de gráfico de Bland-Altman entre Flexicurva e Sistema de vídeo 3D	54
Tabela 1	Resultados de correlação entre o instrumento Flexicurva e Sistema de vídeo para os ângulos de flexão e extensão nas regiões torácica e lombar	55
Tabela 2	Resultados obtidos para a reprodutibilidade intra-avaliador para os ângulos de flexão e extensão máximos nas regiões torácica e lombar, referente à variabilidade inerente ao software do Flexicurva	56
Tabela 3	Resultados obtidos para a reprodutibilidade teste-reteste dos ângulos de flexão e extensão máximos das regiões torácica e lombar, oriundos das medições de um único avaliador em dois dias distintos	57
Tabela 4	Resultados obtidos para a reprodutibilidade interavaliador dos ângulos de flexão e extensão máximos das regiões torácica e lombar, obtidos nas medições de três avaliadores	58

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL.....	10
1. OBJETIVOS	12
1.1 Objetivo geral	12
1.1.1.1 Objetivos específicos.....	12
CAPITULO 2 - ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
2.1 Tipo de estudo.....	16
2.2 Estratégias de busca	16
2.3 Seleção dos estudos	17
2.4 Extração de dados, Análise da qualidade e Risco de viés	17
2.5 Análise Estatística	17
2.6 Qualidade de evidência	23
3. RESULTADOS	23
4. DISCUSSÃO	27
5. CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS	33
APÊNDICE	38
CAPITULO 3 - ARTIGO ORIGINAL.....	43
1. INTRODUÇÃO	45
2. MÉTODO.....	46
2.1 Amostra.....	46
2.2 Procedimentos de coleta e análise.....	47
2.3 Tratamento dos dados.....	52
3. RESULTADOS	53
4. DISCUSSÃO	59
5 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS	65
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
CAPITULO 5 - LIMITAÇÕES, DIFICULDADES E PERSPECTIVAS.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NA INTRODUÇÃO GERAL.....	69

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação foi desenvolvida visando fornecer uma metodologia alternativa ao sistema de análise de vídeo 3D e ao exame de Raios-X para a avaliação da flexibilidade da coluna torácica e lombar. Embora já tenham sido realizados estudos com o instrumento Flexicurva, optou-se pela sua utilização nessa dissertação, pois até o momento sua validade foi apenas confirmada para a região lombar. Nenhum estudo até então foi encontrado avaliando a região torácica.

Esta dissertação foi desenvolvida em dois estudos. O Estudo 1 consiste em uma revisão sistemática da literatura com metanálise. O Estudo 2 consiste em uma pesquisa com delineamento descritiva correlacional, subdividida em duas etapas: (1) etapa de validade de instrumento e (2) etapa de reprodutibilidade. Ambas as etapas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança (ESEFID) da Universidade Federal do Rio Grande do SUL (UFRGS).

Com base nisso, essa dissertação está formatado da seguinte forma: (1) Capítulo 1, contendo uma introdução geral; (2) Capítulo 2, contendo a revisão sistemática da literatura; (3) Capítulo 3, contendo os resultados de validade e reprodutibilidade; (4) Capítulo 4 , contendo as considerações finais; (5) Capítulo 5 , contendo as dificuldades, limitações e perspectivas e (6) Referências bibliográficas utilizadas na introdução geral. Ressalta-se que os Capítulos 2 e 3 estão apresentados em formato de artigos, sendo que o Capítulo 2 já está em processo de revisão no *Journal of Physical Education*, desde 24 de Fevereiro de 2017.

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

A mobilidade da coluna vertebral apresenta características distintas conforme a região da coluna, em virtude de diferenças morfológicas, como comprimento, angulação dos processos espinhosos e volume dos corpos vertebrais (BEHNKE, 2014). Especificamente, as regiões torácica e lombar têm um papel importante nos movimentos de tronco e na locomoção do ser humano, como também nas atividades de lazer e esportivas (BEHNKE, 2014). Dados epidemiológicos demonstram que cerca de 4 a 7% da população apresenta hipermobilidade, ou seja, excessiva flexibilidade, fato que pode ser interessante para bailarinos e ginastas, entre outros, pela necessidade de alcançarem grandes amplitudes (ALTER, 2010). Não obstante, cabe salientar que essa hipermobilidade pode vir associada a dores e disfunções nas articulações tendão-músculo. No entanto, o contrário também não é desejado, uma vez que a hipomobilidade causa limitação de movimento, gera dor, reduzir de modo geral a qualidade de vida do indivíduo (ALTER, 2010). Nesse sentido, a preservação da flexibilidade e o equilíbrio entre as forças musculares das regiões torácica e lombar são tidas como importante na prescrição de exercícios (KENDALL *et al.* 2007; ALTER, 2010; BEHNKE, 2014).

Minatto *et al.* (2010) caracteriza a flexibilidade como multifatorial, em especial, dependente dos fatores maturacionais e dos níveis de atividade física. Influenciada pelos ligamentos, tecidos moles e comprimento dos músculos e tendões (ALTER, 2010; HAMILL e KNUTZEN, 2012), uma adequada flexibilidade previne câimbras, evita na diminuição da extensibilidade e incidência de lesões muscular (ALMEIDA e JABUR, 2007); pode promover o alívio de dores, melhora na qualidade do sono, redução da fadiga e estresse, e melhor performance na relação sexual (ALTER, 2010). Especialmente em indivíduos com alguma limitação patológica, dos quais os problemas podem ser agravados por processos inflamatórios e lesões, a flexibilidade auxilia principalmente quanto ao relaxamento e alívio de dores, de estresse e equilíbrio musculoesquelética (ALTER, 2010; BEHNKE, 2014).

Nesse contexto, avaliar a capacidade de flexibilidade da coluna vertebral é um requisito importante da avaliação física. Uma possibilidade de avaliação é a mensuração da amplitude de movimento (ADM) da coluna no plano sagital, ou seja, a capacidade máxima de flexão e extensão de cada região. Em 1967, Loebel propôs que o único método confiável para medir a flexibilidade da coluna lombar era o exame de radiografia (Raios-X). Porém, o mesmo salienta que este, além de dispendioso, traz riscos à saúde do

indivíduo. Esse fato tem motivado estudos que buscam introduzir métodos e instrumentos confiáveis, válidos, e não-invasivos para medir a flexibilidade da coluna vertebral (BEDEKAR, *et al.*, 2014; VAN DEN DOLDER, *et al.* 2014; KOLBER, *et al.* 2013).

Avaliações cinemáticas computadorizadas por meio dos métodos de cinemetria são muito precisas, e fornecem informações espaço temporais do corpo humano como um todo ou apenas de determinados segmentos tridimensionalmente (ZATSIORSKY, 1998; WINTER, 2009). Essas avaliações podem ser utilizadas para obtenção de informações lineares e/ou angulares dos segmentos avaliados tais como posição, velocidade e aceleração. (VAUGHAN, DAVIS e JEREMY, 1992; ALLARD, STOKES e BLANCHI, 1995; ZATSIORSKY, 1998). Assim, as informações obtidas por este método seriam extremamente precisas para a avaliação da flexibilidade, tanto da coluna lombar quanto da torácica, pois os dados cinemáticos referentes à posição podem trazer informações relevantes com relação ao movimento avaliado. Contudo, o alto custo dos sistemas de aquisições necessários para a obtenção de dados cinemáticos por meio de sistemas de vídeo, concomitantemente com a necessidade de um amplo espaço físico para as avaliações torna o método clinicamente inviável (LEARDINI *et al.*, 2011), deixando-o restrito ao ambiente de pesquisas.

Alternativamente, outros instrumentos têm sido descritos para a avaliação da flexibilidade da coluna vertebral, como o goniômetro vertebral (BEDEKAR, *et al.*, 2014), eletrogoniômetro (BOOCOCK *et al.*, 1994), o inclinômetro (KEELEY, *et al.* 1986; NG, *et al.* 2001; MELLIN, KIISKI e WECKSTRÖM, 1991) e o Flexicurva (YODAS, SUMAN e GARRETT, 1995; BURTON, 1986). Considerando que o Flexicurva é um instrumento que se diferencia dos demais pela sua capacidade de fornecer uma representação da curvatura da coluna por meio de uma linha contínua e não apenas por pontos específicos (OLIVEIRA *et al.*, 2012), e que não apresenta validade¹ e reprodutibilidade intra² e inter-avaliador³ confirmados para a avaliação da ADM da coluna torácica especificamente, entende-se necessário o desenvolvimento de um estudo para identificar a viabilidade ou não de seu uso nesse contexto. Ainda, a facilidade de utilização do Flexicurva, o fato de não ser invasivo, ser portátil e de baixo custo, são fatores de incentivo para o seu uso por

¹ Validade: Grau de veracidade das medições de uma determinada grandeza, ou seja, o quanto as medições se aproximam do valor verdadeiro (International Vocabulary of Metrology, 2008).

² Reprodutibilidade intra-avaliador: Grau de reprodutibilidade das medições de uma mesma grandeza quando se repetem as medidas variando o tempo entre as coletas, mantendo as demais condições constantes (International Vocabulary of Metrology, 2008).

³ Reprodutibilidade interavaliador: Grau de reprodutibilidade das medições de uma mesma grandeza quando se repetem as medidas variando apenas o observador, mantendo as demais condições constantes (International Vocabulary of Metrology, 2008).

profissionais da saúde para a avaliação da flexibilidade da coluna vertebral, seja em avaliações clínicas ou funcionais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a validade e reprodutibilidade intra e interavaliador do protocolo e reprodutibilidade intra-avaliador do software do instrumento Flexicurva para a avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna vertebral torácica e lombar.

1.1.1.1 Objetivos específicos

- Identificar quais são os métodos e instrumentos utilizados para avaliar a ADM da coluna vertebral torácica e lombar no plano sagital que apresentam validade e/ou repetibilidade e/ou reprodutibilidade confirmados, evidenciando seus respectivos índices psicométricos.
- Identificar a concordância dos ângulos medidos pelo sistema de cinematria com aqueles obtidos pelo Flexicurva na avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna vertebral torácica e lombar.
- Correlacionar os ângulos medidos com o Flexicurva pelo mesmo avaliador para avaliação da variabilidade inerente ao software do Flexicurva (reprodutibilidade intra-avaliador do software).
- Correlacionar os ângulos medidos com o Flexicurva pelo mesmo avaliador, obtidos em dois dias distintos, na avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna vertebral torácica e lombar (reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo).
- Correlacionar os ângulos medidos com o Flexicurva por diferentes avaliadores na avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna vertebral torácica e lombar (reprodutibilidade interavaliador do protocolo).

CAPITULO 2 - ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA

AVALIAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO DA COLUNA TORÁCICA E LOMBAR: REVISÃO SISTEMÁTICA COM METANÁLISE

EVALUATION OF RANGE OF MOTION OF THORACIC AND LUMBAR SPINE: SYSTEMATIC REVIEW WITH META ANALYSIS

RESUMO

A coluna vertebral é um complexo segmento do corpo humano cuja mobilidade apresenta características distintas conforme a região anatômica, e, há diversos instrumentos na literatura que propiciam sua avaliação. Portanto, este estudo de revisão sistemática teve por objetivo identificar quais são os métodos e instrumentos utilizados para avaliar a amplitude de movimento da coluna vertebral torácica e lombar, no plano sagital, que apresentam validade e/ou repetibilidade e/ou reprodutibilidade confirmados, evidenciando seus respectivos índices psicométricos. Foram realizadas buscas nas bases de dados BIREME, EMBASE, *PEDro*, *PubMed*, *Science Direct*, SCOPUS e *Web of Science*, além de buscas manuais. Dois revisores independentes realizaram a seleção dos estudos, avaliaram a qualidade metodológica, o risco de viés e extraíram os dados. Foi avaliada a qualidade de evidência utilizando o sistema GRADE. Foram incluídos 46 estudos, dos quais foram extraídos o número de participantes, protocolo de avaliação e índices psicométricos. Apenas sete estudos foram incluídos na análise quantitativa por meio de metanálise, suportando que há evidência científica apenas no que diz respeito a reprodutibilidade interavaliador do instrumento fita métrica no teste de Schöber modificado para o movimento de flexão lombar e a reprodutibilidade intra-avaliador dos instrumentos Flexicurva e sistema de análise de vídeo para os movimentos de extensão e flexão lombar. E, com base nos critérios do GRADE os resultados apresentados nessa revisão sistemática indicam que há baixa evidência científica sobre a validade, repetibilidade e reprodutibilidade dos instrumentos e métodos indicados para a avaliação da amplitude de movimento articular da coluna vertebral torácica e lombar.

Palavras-chave: amplitude de movimento articular; coluna vertebral; revisão.

ABSTRACT

The spine is a complex segment of the human body whose mobility presents different characteristics according to the anatomical region, and there are several instruments in the literature that allow its evaluation. Therefore, this systematic review aimed to identify the methods and instruments used to assess the range of motion of the thoracic and lumbar spine in the sagittal plane that have confirmed validity and/or repeatability and/or reproducibility, evidencing their respective psychometric indices. Searches were conducted in the databases BIREME, EMBASE, PEDro, PubMed, Science Direct, SCOPUS and Web of Science, as well as manual searches. Two independent reviewers performed the selection of studies, assessed methodological quality, risk of bias, and extracted data. The quality of evidence was evaluated using the GRADE system. There were 46 studies, of which the number of participants, evaluation protocol and psychometric indexes were extracted. Only seven studies were included in the quantitative analysis by means of meta-analysis, supporting that there is scientific evidence only with respect to the inter-rater reproducibility of the tape measure instrument in the modified Schöber's test for the lumbar flexion and the intra-rater reproducibility of Flexicurve and video analysis system for the movements of lumbar extension and flexion. Based on GRADE criteria, the results presented in this systematic review indicate that there is low scientific evidence on the validity, repeatability and reproducibility of the instruments and methods indicated for assessing the range of motion of the thoracic and lumbar spine.

Keywords: Range of motion, Spine, Review.

1. INTRODUÇÃO

A coluna vertebral é um complexo segmento do corpo humano cuja mobilidade apresenta características distintas conforme a região anatômica devido às diferenças morfológicas relacionadas ao comprimento e angulação dos processos espinhosos e ao volume dos corpos vertebrais (BEHNKE, 2014).

Especificamente as regiões torácica e lombar têm um papel fundamental no movimento do tronco e na locomoção do ser humano, sendo que o equilíbrio entre as estruturas musculoesqueléticas da coluna, por meio da manutenção da flexibilidade, evita o desenvolvimento de patologias que podem interferir na autonomia e na mobilidade (KUO, TULLY e GALEA, 2009). Neste sentido, a preservação da morfologia e da mobilidade da coluna vertebral é importante para a funcionalidade (ALTER, 2010) e pode refletir na redução dos índices já considerados altos de dores nas costas da população mundial (NILAY *et al.*, 2011).

Diante do exposto, a avaliação da flexibilidade é um requisito importante na avaliação física e clínica. Existem evidências que apontam os sistemas de vídeo, ou seja, a cinemetria, como padrão ouro para realizar avaliações de amplitude de movimento (ADM). Tais sistemas fornecem informações precisas espaço- temporais do corpo como um todo ou segmentado (ZATSIORSKY, 1998; WINTER, 2009), bem como informações lineares e/ou angulares dos segmentos avaliados tais como, posição, velocidade e aceleração (ZATSIORSKY, 1998; VAUGHAN, DAVIS e JEREMY, 1992).

Contudo o alto custo desses sistemas, concomitante com a necessidade de um amplo espaço físico para as avaliações e de pessoas especializadas para seu manuseio, torna o método clinicamente inviável (LEARDINI *et al.*, 2011), deixando-o restrito ao ambiente de pesquisas. Dessa forma, métodos alternativos têm sido descritos para avaliar a ADM da coluna torácica e lombar e, dada a vasta gama ofertada, entende-se apropriado identificar quais são estes métodos que possuem evidências científicas de confiabilidade que podem ser utilizados na prática clínica. Portanto, este estudo de revisão sistemática teve por objetivo identificar quais são os métodos e instrumentos utilizados para avaliar a ADM da coluna vertebral torácica e lombar no plano sagital que apresentam validade e/ou repetibilidade e/ou reprodutibilidade confirmados, evidenciando seus respectivos índices psicométricos.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Tipo de estudo

O presente estudo compreendeu uma revisão sistemática da literatura, a qual foi registrada no PROSPERO sob o número CRD42015026518 (http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO_REBRANDING/display_record.asp?ID=CRD42015025996).

2.2 Estratégias de busca

Foram conduzidas buscas sistemáticas, conforme as recomendações da colaboração Cochrane (HIGGINS e GREEN, 2011), entre os dias 25 de setembro a 01 outubro de 2015, nas bases de dados BIREME, EMBASE, *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*, *PubMed*, *Science Direct*, SCOPUS e *Web of Science*. Os termos de busca utilizados, com os seus respectivos operadores booleanos, foram *Spine* [AND] *Evaluation* [OR] *Measurement* [AND] *Reproducibility of Results* [OR] *Validity* [AND] *Range of Motion, Articular* [OR] *Range of Motion* [OR] *Motion* [OR] *Pliability* [OR] *Flexibility*. A estratégia de busca utilizada no *PubMed* pode ser observada na Tabela 1. Além disso, não foram feitas restrições a idioma e data de publicação, e foram identificados estudos a partir das referências dos estudos incluídos.

Tabela 1 - Estratégia de busca no *PubMed*

#5	Search (#1 AND #2 AND #3 AND #4)
#4	Search ("Spine"[Mesh] OR "Spine" OR "Vertebral Column" OR "Column, Vertebral" OR "Columns, Vertebral" OR "Vertebral Columns" OR "Spinal Column" OR "Column, Spinal" OR "Columns, Spinal" OR "Spinal Columns" OR "Vertebra" OR "Vertebrae")
#3	Search ("Procedures" OR "Procedure" OR "Evaluation Studies as Topic"[Mesh] OR "Evaluation Studies as Topic" OR "Evaluation" OR "Evaluations" OR "Evaluation Indexes" OR "Indexes, Evaluation" OR "Measurement" OR "Measurements" OR "Instruments" OR "Evaluation Methods" OR "Assess" OR "Assessment")
#2	Search ("Range of Motion, Articular"[Mesh] OR "Motion"[Mesh] OR "Motion" OR "Movement" OR "Movement"[Mesh] OR "Range of Motion, Articular" OR "Range of Motion" OR "Movements" OR "Pliability" OR "Pliability"[Mesh] OR "Flexibility")
#1	Search ("Validation Studies" [Publication Type] OR "Reproducibility of Results"[Mesh] OR "Reproducibility of Results" OR "Reproducibility of Findings" OR "Reliability" OR "Reliabilities" OR "Validity" OR "Validities" OR "Validity of Results" OR "Reliability and Validity" OR "Validity and Reliability" OR "Reliability of Results")

2.3 Seleção dos estudos

Dois avaliadores, de forma independente, selecionaram os estudos potencialmente relevantes a partir da leitura dos títulos e resumos. Quando estes não forneceram informações suficientes para excluir o estudo, o texto completo foi verificado. Após, os mesmos revisores avaliaram de forma independente os estudos completos, fizeram a seleção de acordo com os critérios de elegibilidade, os quais foram: (1) avaliação da região torácica ou da lombar, ou de ambas; (2) avaliação da flexibilidade/ADM/mobilidade; (3) avaliação de uma amostra não exclusiva de crianças e de portadores de patologias; (4) não ser revisão sistemática; (5) estudo de validação ou repetibilidade (*medidas repetidas no mesmo dia pelo mesmo avaliador*), ou reprodutibilidade interavaliador (*medidas realizadas por diferentes avaliadores*) ou reprodutibilidade intra-avaliador (*medidas realizadas pelo mesmo avaliador em dias diferentes*) com resultados positivos de confirmação dos índices psicométricos; (6) redação na língua portuguesa brasileira, espanhola ou inglesa. Os casos discordantes foram resolvidos por consenso ou por um terceiro avaliador (VAN TULDER, KOES e BOUTER, 1997).

2.4 Extração de dados, Análise da qualidade e Risco de viés

Somente os estudos incluídos foram submetidos à extração de dados, análise de qualidade e risco de viés. As informações foram extraídas por meio de formulário padronizado e englobaram: nome do primeiro autor, ano de publicação, participantes (número total e por grupo, idade), protocolo de avaliação e resultados de interesse (Tabela 2). A avaliação da qualidade e risco de viés foi realizada utilizando a escala de avaliação crítica para estudos de reprodutibilidade e de validade (BRINK e LOUW, 2012) pelos mesmos dois avaliadores, de forma independente. Em caso de discordância, o consenso foi intermediado com um terceiro avaliador. Esta escala é composta por um checklist de 13 itens (BRINK e LOUW, 2012). Os estudos foram considerados de alta qualidade metodológica quando alcançaram escores $\geq 60\%$ nos itens aplicados, de acordo com a proposição de estudos anteriores (BARRET, MCCREESH e LEWIS, 2014).

2.5 Análise Estatística

Os dados foram analisados inicialmente por meio de estatística descritiva, separados em sub-grupos de acordo com o instrumento e o movimento avaliado, bem como com a metodologia utilizada e o tipo de análise (validade, repetibilidade e reprodutibilidade - intra ou interavaliador). Foi realizada metanálise no *software MedCalc*, versão 11.0 (MedCalc Software, Mariakerke, Belgium), por meio de estatística inferencial

Tabela 2- Características dos estudos incluídos

1º Autor (ano)	Amostra	Instrumento	Aspecto Avaliado	Resultados
Fita métrica				
Bandy (2004)	n=63	Distância esternomaca	Reprodutibilidade intra-avaliador de extensão lombar (avaliadores com e sem experiência)	Com experiência ICC: 0,90-0,91; sem experiência ICC: 0,82-0,86.
Beattie (1987)	n=100	Teste de Schöber modificado	Reprodutibilidade intra e interavaliador (n=11) de extensão lombar	ICC intra-avaliador: 0,90; ICC interavaliador: 0,94
Burdett (1986)	n=23	Teste de Shober modificado	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão lombar.	ICC:0,72
Dopf (1994)	n=30	Testes de Moll modificado e Schöber modificado	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar.	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: r:0,89; Extensão: r:0,66; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: r:0,76; Extensão: r:0,54.
Frost (1982)	n=24	Distância dedo-chão e C7-S2	Repetibilidade e reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão de tronco	Repetibilidade: Flexão: r:0,98; Extensão: r:0,96; Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: r:0,98; Extensão: r:0,79; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: r:0,94; Extensão: r:0,78
Gill (1988)	n=10	Teste de Schöber modificado e distância dedo-chão	Repetibilidade de flexão e extensão lombar	Flexão: Shober modificado: CV:0,9-1,5; Dedo-chão: CV:14,1; Extensão: Shober modificado: CV:2,8-2,9.
Merritt (1986)	n=50	Testes de Schöber modificado, Moll, Loebel e distância dedo-chão)	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão de tronco	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: Distância dedo-chão: média CV:76,4; Schöber: média CV:6,6; Loebel: média CV:13,4; Extensão: Moll: média CV:7,3; Loebel: média CV:50,7; Reprod. interavaliador: Flexão: Distância dedo-chão: média CV:83,0; Shober: média CV:6,3; Loebel: média CV:9,6; Extensão: Moll: média CV:9,5; Loebel: média CV:65,4
Ronchi (2008)	n=23	Teste de Shober modificado	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC:0,77; Reprodutibilidade interavaliador: ICC:0,74.
Miller (1992)	n=50	Teste de Schöber modificado	Reprodutibilidade interavaliador de flexão lombar	r:0,71
Paternostro-Sluga (1995)	n=16	Testes de Ott, Schöber, Schöber modificado e distância dedo-chão	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão do tronco	Boa reprodutibilidade (não explicita valores de ICC)

Hyytiäinen (1991)	n=30	Teste de Schober	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: r:0,88; interavaliador: r:0,87
Van Den Dolder (2014)	n=60	Metodologia própria	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC:0,95; Reprodutibilidade interavaliador: ICC:0,96
Inclinômetro				
Bø (1997)	n=16	Inclinômetro digital	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão tóraco-lombar	Flexão: ICC intra-avaliador: 0,84-0,92; ICC interavaliador: 0,83-0,92. Extensão: ICC intra-avaliador: 0,85-0,86; ICC interavaliador: 0,68-0,88.
Breum (1995)	n=47	Inclinômetro modificado (BROM II)	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar, validade (inclinômetro duplo)	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: ICC:0,91; Extensão: ICC:0,63; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: ICC:0,77; Extensão: ICC:0,35; Validade: Flexão: ICC:0,75; Extensão: ICC:0,63
Dopf (1994)	n=30	Inclinômetro duplo	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar.	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: r:0,92; Extensão: r:0,93; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: r:0,71; Extensão: r:0,78.
Gill (1988)	n=10	Inclinômetro duplo	Repetibilidade de flexão e extensão lombar	Flexão: CV: 9,3-33,9; Extensão: CV: 2,8-4,7.
Kolber (2013)	n=30	Inclinômetro e dispositivo móvel (inclinômetro - iPhone)	Reprodutibilidade intra, interavaliador e validade (inclinômetro) de flexão e extensão lombar e de tronco.	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: iPhone: lombar: ICC:0,88; tóracolombopélvica: ICC:0,97; Inclinômetro: lombar: ICC:0,83; tóracolombopélvica: ICC:0,96; Extensão (só tóracolombopélvica): iPhone: ICC:0,80; Inclinômetro: ICC:0,88; Reprod. interavaliador: Flexão: iPhone: lombar: ICC:0,88; tóracolombopélvica: ICC:0,98; Inclinômetro: lombar: ICC:0,81; tóracolombopélvica: ICC:0,97; Extensão (só tóracolombopélvica): iPhone: ICC:0,81; Inclinômetro: ICC:0,91; Validade: Flexão: lombar: ICC:0,86-0,87; tóracolombopélvica: ICC:0,97-0,98; Extensão (só tóracolombopélvica): ICC:0,89-0,91
Mayer (1995)	n=18	Inclinômetro e eletroinclinômetro	Repetibilidade e reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão lombar	Todos os instrumentos apresentam repetibilidade (r:0,89) e reprodutibilidade intra (F=1,39; df=13,319) e interavaliador (F=1,62; df=1,319)
Mellin (1991)	n=27	Inclinômetro	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão tóraco-lombar.	Flexão: r:0,91-0,95; Extensão: r:0,72-0,92
Ng (2001)	n=12	Inclinômetro modificado	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão lombar	Flexão: ICC:0,87; Extensão: ICC:0,92
Ronchi (2008)	n=23	Inclinômetro duplo	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: ICC:0,95; Extensão: ICC:0,94; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: ICC:0,89; Extensão: ICC:0,91

Chiarello (1993)	n=12	Eletroinclinômetro	Reprodutibilidade interavaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: ICC:0,74; Extensão: ICC:0,65-0,85
Rondinelli (1992)	n=8	Um inclinômetro, inclinômetro duplo e eletroinclinômetro (Back ROM)	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: Um inclinômetro: ICC:0,85-0,86; Inclinômetro duplo: ICC:0,70-0,81; Back ROM: ICC:0,81-0,90; Reprodutibilidade interavaliador: Um inclinômetro: ICC:0,76; Inclinômetro duplo: ICC:0,69; Back ROM: ICC:0,77
Boocock (1994)	n=12	Inclinômetro	Reprodutibilidade intra-avaliador de ADM lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: r:0,96.
Goniômetro				
Bedekar (2014)	n=30	Dispositivo móvel iPod (goniômetro)	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão lombar, validade concorrente (inclinômetro duplo)	Intra-avaliador: ICC:0,92; Interavaliador: ICC:0,81; Validação: r:0,95
Chiarello (1993)	n=12	Dois goniômetros	Reprodutibilidade interavaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: ICC:0,57; Extensão: ICC:0,59-0,67.
Burdett (1986)	n=27	Goniômetros de gravidade modificado e Paralelogramo	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão lombar. Validade de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: Goniômetro de gravidade: ICC:0,91; Goniômetro paralelogramo: ICC:0,92; Extensão: Goniômetro de gravidade: ICC:0,71; Goniômetro paralelogramo: ICC:0,60; Validade: Flexão: Goniômetro de gravidade: ICC:-0,11; Goniômetro paralelogramo: ICC:0,19; Extensão: Goniômetro de gravidade: ICC:-0,73; Goniômetro paralelogramo: ICC:-0,71
Salisbury (1987)	n=17	Goniômetro	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão lombar	Flexão: MAD: 3,80±2,95; Extensão: MAD: 3,10±1,98.
Boocock (1994)	n=12	Eletrogoniômetro	Reprodutibilidade intra-avaliador de ADM lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: r:0,78.
Paquet (1991)	n=10	Eletrogoniômetro	Repetibilidade e validade (dois inclinômetros) de flexão do tronco	Validade: r:0,97; Repetibilidade: ICC:0,98
Tojima (2013)	n=7	Eletrogoniômetro	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão lombar	Flexão: ICC:0,80; extensão: ICC:0,63
Sistema de análise de movimento				
Gill (1996)	n=15	Sistema de análise de movimento por vídeo	Reprodutibilidade intra e interavaliador (10 indivíduos) de flexão e extensão de tronco.	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: r:0,87; Extensão: r:0,85; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: r:0,93; Extensão: r:0,96
Mannion (1999)	n=11	Sist. análise de movimento.3D OSI CA-6000 e Space Fastrak	Repetibilidade de flexão e extensão lombar	Repetibilidade: r:0,82-0,99, com ICC elevados (não explicitados valores)

Petersen (1994)	n=21	Sistema de análise de movimento 3D (OSI CA-6000)	Reprodutibilidade intra e interavaliador (avaliadores com e sem experiência) de flexão e extensão tóracolombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: ICC:0,90-0,96; Extensão: ICC:0,96; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: ICC:0,93; Extensão: ICC:0,95
Pearcy (1989)	n=10	Sistema de análise de movimento 3D (3 SPACE Isotrak)	Repetibilidade de flexão e extensão lombar	Erro RMS:0,079°
Dopf (1994)	n=30	Sistema de análise de movimento 3D (OSI CA-6000)	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar.	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: r:0,94; Extensão: r:0,94; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: r:0,76; Extensão: r:0,84.
Tojima (2013)	n=7	Sistema de análise de movimento 3D (VICON)	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão lombar	Flexão: ICC:0,77; extensão: ICC:0,80.
Troke (2007)	n=22	Sistema de análise de movimento 3D (OSI CA-6000)	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC:0,81-0,94; Reprodutibilidade interavaliador: ICC:0,73-0,82
Schuit (1997)	n=10	Sistema de análise de movimento 3D (OSI CA-6000) e Raios-X	Reprodutibilidade interavaliador e validade de flexão e extensão do tronco	Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: Raio X: ICC:0,93; OSI: ICC:0,99; Extensão: Raio X: ICC:0,85; OSI: ICC:0,98; Validade: Flexão: r:0,100; Extensão: r:0,394
Flexicurva				
Tillotson (1991)	n=20	Flexicurva	Reprodutibilidade intra-avaliador e validade concorrente (raios-X) de flexão e extensão lombar.	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: r:0,95-0,97; Extensão: r:0,96-0,97; Validade: ADM: r:0,98.
Burton (1986)	n=15	Flexicurva	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar, validade (Raios-X, n=1)	Reprodutibilidade intra-avaliador: r:0,95-0,97; Reprodutibilidade interavaliador: r:0,82-0,99; validade: o flexicurva apresentou angulação superior (maior em 1°) ao Raio-x.
Burton (1987)	Não apresentada	Flexicurva	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade intra (erro de 9%) e interavaliador (7-15%)
Youdas (1995)	n=10	Flexicurva	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: ICC:0,90-0,95; Extensão: ICC:0,96-0,98; Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: ICC:0,84-0,91; Extensão: ICC:0,97-0,98
Boocock (1994)	n=12	Flexicurva	Reprodutibilidade intra-avaliador de ADM lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: r:0,86.
Acerelômetros				
Alqhtani (2015)	n=18	Acelerômetro triaxial	Reprodutibilidade de flexão e extensão tóraco-lombar.	Torácica: flexão (ICC: 0,97-0,99) e extensão (ICC:0,92-0,96); Lombar: flexão (ICC: 0,95-0,98) e extensão (ICC: 0,96-0,97).

Consmuller (2012)	n=30	Acelerômetro	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão tóraco-lombar.	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: ICC:0,86; Extensão: ICC:0,84
Ronchi (2008)	n=23	Acelerômetro	Reprodutibilidade intra e inter-avaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: Flexão: ICC:0,99; Extensão: ICC:0,98; Reprodutibilidade inter-avaliador: Flexão: ICC:0,95; Extensão: ICC:0,95.
Fotogrametria				
Tederko (2007)	n=12	Fotometria	Repetibilidade e reprodutibilidade da ADM torácica	ICCs entre 0,951 e 0,958 (não expressa valores isolados por movimento e aspecto avaliado)
Gill (1988)	n=10	Fotogrametria	Repetibilidade de flexão e extensão lombar	Flexão: CV:6,0-22,3; Extensão: CV;11,3-12,4
Edmondston (2012)	n=14	Fotogrametria	Validade da ADM de extensão torácica (Raio X).	r:0,69
Sistema Inercial				
Ha (2013)	n=26	Sistema inercial (Xsems MTx)	Validade (com o Fastrak) de flexão e extensão lombar	Flexão: r:0,88; Extensão: r:0,66
Yun (2015)	n=19	Sistema inercial	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC:0,90-0,98
Outros instrumentos				
Roussel (2006)	n=61	Dinamômetro isocinético	Reprodutibilidade interavaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade interavaliador: Flexão: ICC:0,77; Extensão: ICC:0,93-0,94;
Williams (2010)	n=13	Sistema de fibra óptica	Repetibilidade e validade (Sistema de análise de movimento 3D) de flexão lombar	Repetibilidade: r:0,94-0,97; Validade: r:0,86-0,95
Lee (2003)	n=19	Giroscópio 3D	Repetibilidade de flexão e extensão lombar	Coefficiente de correlação múltipla: 0,97-0,99
Salisbury (1987)	n=17	Cifômetro, Goniômetro e Flexicurva, fita métrica e ultrassom	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão lombar	Flexão: Cifômetro MAD: 2,95±2,96; Goniômetro MAD: 3,80±2,95 e Flexicurva MAD: 3,15±2,0. Extensão: Cifômetro MAD: 3,16±2,24; Goniômetro MAD: 3,10±1,98 e Flexicurva MAD: 4,18±3,58.
Cohn (1989)	n=19	Sensores eletromagnéticos	Reprodutibilidade intra e interavaliador de flexão e extensão lombar	Reprodutibilidade intra e interavaliador com ICC>0,9.
Fölsch (2012)	n=28	Sistema de análise por ultrassom	Reprodutibilidade intra-avaliador de flexão e extensão torácica.	Flexão: ICC: 0,71; Extensão: ICC: 0,34

com o teste de Inconsistência de Higgins (I^2) para verificar a homogeneidade interestudos, sendo considerada a heterogeneidade baixa se $I^2 < 50\%$ e moderada/alta se $I^2 \geq 50\%$ (HIGGINS e GREEN, 2011).

2.6 Qualidade de evidência

Com o intuito de resumir a qualidade das evidências foi utilizado o sistema GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation*) (GUYATT, *et al.*, 2011), o qual leva em consideração os seguintes critérios: delineamento e limitações metodológicas dos estudos incluídos; inconsistência (homogeneidade dos estudos); se os estudos apresentam uma evidência direta; precisão dos resultados apresentados nos estudos incluídos; e se a revisão sistemática apresenta um viés de publicação, não incluindo a totalidade dos estudos publicados acerca do problema de pesquisa. Com base nesses critérios, foi realizada a classificação do nível de evidência, dentre os quatro níveis apresentados pelo sistema GRADE: alta qualidade - muito improvável que pesquisas adicionais mudem os resultados apresentados pela revisão sistemática; qualidade moderada - pesquisas posteriores provavelmente terão um impacto importante e podem mudar os resultados apresentados pela revisão sistemática; baixa qualidade - é mais provável que outras pesquisas tenham um impacto importante e que provavelmente alterem os resultados apresentados pela revisão sistemática; e qualidade muito baixa - qualquer estimativa de resultados apresentados pela revisão sistemática é muito incerta, gerando a necessidade de desenvolvimento de novos estudos.

3. RESULTADOS

Foram identificados inicialmente 4027 estudos a partir das buscas sistemáticas, desses 2257 foram excluídos, restando 88 para a análise detalhada. Com base nos critérios de elegibilidade, 42 estudos foram excluídos, restando 46 artigos para a análise qualitativa. A Figura 1 demonstra o fluxograma dos estudos incluídos e a Tabela 2 resume as características desses estudos.

Na avaliação da qualidade metodológica e risco de viés apenas 18 estudos foram considerados de alta qualidade (score $\geq 60\%$). A média da qualidade metodológica dos estudos foi de 53,11% e pode ser visualizada na Tabela 3. As principais áreas de fraqueza metodológica encontradas foram: a explicação sobre a

perda amostral, justificada por serem estudos transversais; cegamento intra e interavaliador; período de tempo entre o teste avaliado e padrão de referência; independência do padrão de referência do teste avaliado; explicação e adequação da descrição do procedimento do padrão de referência e adequação da descrição dos avaliadores.

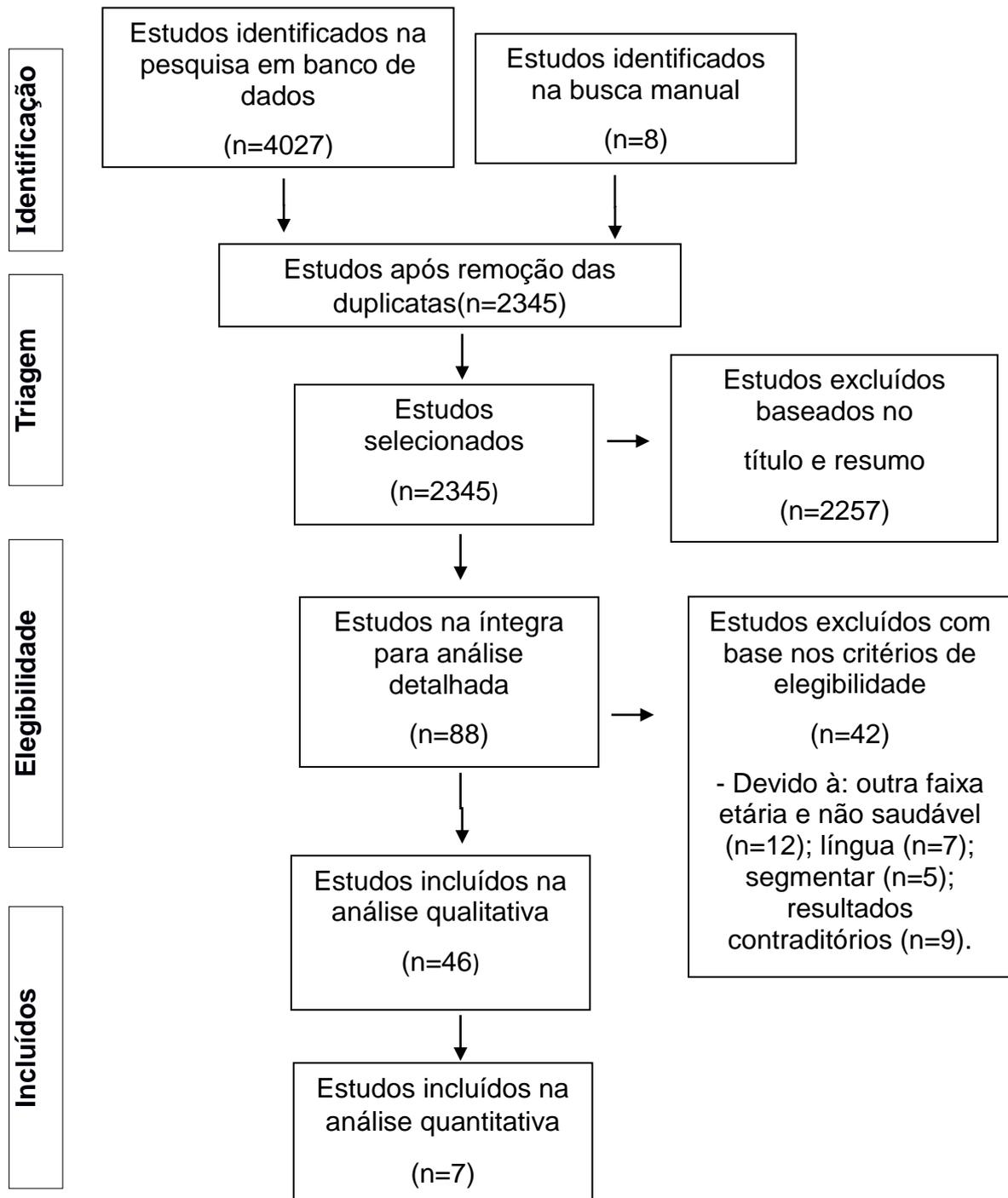


Figura 1 – Fluxograma dos estudos incluídos segundo *PRISMA*

Com relação a qualidade da evidência, levando em consideração a heterogeneidade dos estudos principalmente no que tange ao rigor metodológico, é possível que outras pesquisas tenham um impacto importante e que provavelmente alterem os resultados apresentados pela presente revisão sistemática, o que torna a presente revisão com força de evidência baixa mediante o crivo dos principais critérios estabelecidos pelo GRADE (GUYATT, 2011).

No que tange aos resultados da análise quantitativa, apenas sete estudos foram incluídos na metanálise, suportando que há evidência científica no que diz respeito a reprodutibilidade interavaliador do instrumento fita métrica no teste de Schöber modificado para o movimento de flexão lombar e a reprodutibilidade intra-avaliador dos instrumentos Flexicurva e sistema de análise de vídeo para os movimentos de extensão e flexão lombar.

Tabela 3 - Avaliação da qualidade metodológica: 1- Adequação da amostra; 2- adequação descrição dos avaliadores; 3- explicação do padrão de referência; 4- Cegamento interavaliador; 5- Cegamento intra-avaliador; 6- Variação da ordem de avaliação; 7- Período de tempo entre teste avaliado e do padrão de referência; 8- Período entre as medidas repetidas; 9- Independência do padrão de referência do teste avaliado; 10- Adequação da descrição do procedimento de teste avaliado; 11- Adequação da descrição do procedimento do padrão de referência ; 12- Explicação sobre perda amostral; 13- Métodos estatísticos apropriados.

1° Autor (ano)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Qualidade	% da qualidade
Alqhtani (2015)	s	n	n/a	n	n	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	5	55,56
Bandy (2004)	s	s	n/a	s	s	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	8	88,9
Beattie (1987)	s	n	n/a	n	n	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	5	55,6
Bedekar (2014)	s	s	n/a	s	s	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	8	88,9
Bø (1997)	s	s	n/a	s	s	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	8	88,9
Boocock (1994)	s	n	s	n	n	s	s	s	s	s	s	n	s	9	69,2
Breum (1995)	s	n	s	n	n	s	s	s	n	s	s	n	s	8	61,5
Burdett (1986)	s	s	s	n	n	n	n	n	n	s	s	n	s	6	46,2
Burton (1986)	n	n	n	n	n	n	s	s	s	n	n	n	s	4	44,4
Burton (1987)	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	0	0,0
Chiarello (1993)	s	n	n/a	n	n	s	n/a	n	n/a	s	n/a	n	s	4	44,4

Cohn (1999)	s	s	n/a	n	n	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	S	6	66,7
Consmuller (2012)	s	n	n/a	n/a	n	n	n/a	s	n/a	s	n/a	n	S	4	50,0
Dopf (1994)	s	n	s	n	n	s	s	s	n	s	s	n	s	8	61,5
Edmondston (2012)	s	s	s	n	n	n	n	n	s	s	s	n	n	6	46,15
Fölsch (2012)	s	n	n/a	n	n	n	n/a	n	n/a	s	n/a	s	s	4	44,4
Frost (1982)	s	n	n/a	n	n	s	n/a	s	n/a	s	n/a	s	s	6	66,7
Gill (1988)	s	n	n/a	n	n	n	n/a	s	n/a	n	n/a	s	s	4	44,4
Gill (1996)	s	n	n/a	n	n	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	5	55,6
Ha (2013)	s	n	s	n/a	n/a	n	n	n	s	s	s	n	s	6	66,7
Hyytiainen (1991)	s	s	n/a	n	n	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	n	5	55,6
Kolber (2013)	s	n	s	s	s	n	s	s	s	s	s	n	s	10	76,9
Lee (2003)	s	n	n/a	n	n	n	n/a	n	n/a	s	n/a	n	n	2	22,2
Mannion (1999)	s	n	n/a	n	n	s	n/a	n	n/a	s	n/a	n	s	4	30,8
Mayer (1995)	s	s	n/a	n	n	s	n/a	n	n/a	s	n/a	n	n	4	44,4
Mellin (1991)	s	n	n/a	n	n	n	n/a	n	n/a	s	n/a	s	n	4	44,4
Merritt (1986)	s	s	n/a	n	n	n	n/a	s	n/a	s	n/a	n	n	4	44,4
Miller (1992)	s	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	n/a	s	n/a	n	n	5	62,5
Ng (2001)	s	s	n/a	n/a	n	n	n/a	n	n/a	s	n/a	n	s	4	50,0
Paquet (1991)	s	n	s	n	n	n	n	s	n	s	s	n	s	6	46,2
Paternostro-Sluga (1995)	s	n	n/a	s	s	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	n	6	66,7
Pearcy (1989)	s	n	n	n	n	n	n	s	n	n	n	n	n	2	15,4
Petersen (1994)	s	s	n/a	n	n	n	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	5	38,8
Ronchi (2008)	s	s	n/a	n	n	n	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	5	38,8
Rondinelli (1992)	s	s	n/a	n	n/a	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	6	46,2
Roussel(2006)	s	n	n/a	n	n	n	n/a	n	n/a	s	n/a	n	s	3	33,3
Salisbury (1987)	s	n	n/a	n	n	s	n/a	n	n/a	s	n/a	n	n	3	33,3
Schuit (1997)	s	n	s	n	n	s	s	n	s	s	s	n	s	8	61,5
Tederko (2007)	s	n	n/a	n	n	n	n/a	n	n/a	s	n/a	n	s	3	33,3
Tillotson (1991)	s	s	s	n	n	n	n	s	s	s	s	n	s	8	61,5

Tojima (2013)	s	n	s	n	n	s	s	s	s	s	s	n	s	9	69,2
Troke (2007)	s	s	n/a	n	n	s	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	6	66,7
Van DenDolder (2014)	s	s	n/a	s	s	s	n/a	n	n/a	s	n/a	n	s	7	77,8
Williams (2010)	s	s	s	n/a	n/a	n/a	n	n/a	s	s	s	n	s	7	77,8
Youdas (1995)	s	s	n/a	n	n	n	n/a	n	n/a	s	n/a	n	s	4	44,4
Yun (2015)	s	s	n/a	n	n	n	n/a	s	n/a	s	n/a	n	s	5	55,6

4. DISCUSSÃO

A partir dos estudos apresentados na Tabela 2, observa-se a utilização de inúmeros instrumentos para avaliação da flexibilidade da coluna vertebral, dentre os mais utilizados, pode-se citar: a fita métrica, os inclinômetros, os goniômetros/ eletrogoniômetros, os sistemas de análise de movimento 3D, os Flexicurvas e os acelerômetros. Além disso, há instrumentos que foram citados em poucos estudos, como por exemplo: a fotogrametria, o ultrassom, o sistema inercial, o sistema de fibra óptica, o cifômetro, os sensores eletromagnéticos, o giroscópio 3D e o dinamômetro isocinético. Além da variedade de instrumentos, para cada um deles são numerosos os protocolos utilizados, dificultando ainda mais a comparação dos estudos.

A fita métrica é o instrumento quem vem sendo freqüentemente descrito nos estudos para avaliação da ADM de flexão e extensão da coluna torácica e lombar, sendo observados diversos protocolos de medição, como o teste de Schöber modificado (BEATTIE, ROTHSTEIN e LAMB, 1987; BURDETT, 1986; DOPF,1994; GILL,1988; MERRITT,1986; RONCHI, 2088; MILLIER,1992; PATERNOSTRO-SLUGA,1995; HYYTIAINEN,1991), distância dedo-chão (GILL,1988; MERRITT,1986; PATERNOSTRO-SLUGA,1995), teste de Moll modificado (DOPF,1994; MERRITT,1986), entre outros. Esses protocolos, em geral, apresentam repetibilidade e reprodutibilidade intra e interavaliador adequada (Tabela 2), o que possibilita a sua utilização para o acompanhamento de treinamentos e tratamentos da coluna vertebral.

Ainda, é possível afirmar, mediante a metanálise, que já está elucidada e confirmada a reprodutibilidade interavaliador do teste de Schöber modificado para avaliação de flexão lombar (APÊNDICE- Tabela 4). Cabe destacar que o baixo custo, o fácil manuseio e o fato de fornecer um resultado quantitativo, apresentando valores em centímetros (cm), são fatores que podem facilitar o seu uso disseminado.

No entanto, não foram encontrados estudos que apresentassem a avaliação da validade concorrente dos protocolos que utilizam a fita métrica, e dessa forma, entende-se como uma importante limitação o fato de não se conhecer a real variável analisada nesses protocolos, ou seja, se realmente trata-se de avaliação da flexibilidade da coluna vertebral ou se outros fatores podem estar influenciando os resultados obtidos. Outra limitação que pode ser ressaltada é o fato de que a avaliação geralmente é feita tendo como base apenas dois pontos de referência, o que não permite representar a curvatura da coluna vertebral.

Outro instrumento muito utilizado é o inclinômetro (Tabela 2), que consiste em um transferidor de 360° orientado pela ação da gravidade. Existem variações dele como, por exemplo, o inclinômetro duplo, o inclinômetro modificado (BROM II) e o eletroinclinômetro (Back ROM). Dentre os estudos incluídos, apenas dois avaliaram a validade de inclinômetros. Um deles comparou um novo modelo de inclinômetro, chamado de BROM II com um inclinômetro duplo e encontrou adequada validade concorrente, com correlação variando de moderada a excelente (BREUM,1995). O segundo estudo verificou a validade concorrente de um inclinômetro de dispositivo móvel (iPhone) comparando com um inclinômetro tradicional e encontrou resultados excelentes de correlação entre os dois instrumentos. No que tange a reprodutibilidade, em geral todos os estudos demonstraram de moderado à alto nível de correlação para o inclinômetro. Entretanto, ao levarmos em consideração os resultados oriundos da metanálise (APÊNDICE- Tabela 5 e 6) fica evidenciada a elevada heterogeneidade entre os estudos, o que impede de serem realizadas afirmações e extrapolações das medidas métricas da reprodutibilidade intra-avaliador, carecendo de novos estudos. Um bom motivo para a utilização dos inclinômetros duplos é o fato de serem recomendados pela Associação Americana de Médicos (AMA), no guia de avaliação de incapacidade permanente, chamado *Guides to the Evaluation of Permanent Impairment* (RONDINELLI,1992; NORKIN e WHITE,1997). Entretanto, observa-se que os inclinômetros apresentaram validade

concorrente testada apenas com o mesmo instrumento, o que limita o conhecimento à respeito do valor verdadeiro obtido, além de serem relativamente caros, de difícil manuseio e podem conter erros de localização das marcas e montagem do instrumento, sendo por isto necessário domínio desta técnica afim de obter medidas precisas (WHITE,1997).

O goniômetro é um instrumento com que se medem posições articulares e ADM de quase todas as articulações. Semelhante aos transferidores, por serem instrumentos de plástico transparente utilizado para medir ou construir ângulos. Diferem-se dos inclinômetros por não depender da ação da gravidade. Das variações encontradas para o goniômetro estão o eletrogoniômetro (BOOCOOCK *et al.*,1994; PAQUET,1991; TOJIMA,2013), o goniômetro de dispositivo móvel (iPod) (BEDEKAR *et al.*,2014) e os goniômetros tradicionais (BURDETT *et al.*,1986; CHIARELLO e SAVIDGE,1993; SALISBURY e PORTER,1987).

O instrumento goniômetro foi analisado em diversos estudos, no entanto, em virtude dessa ampla variedade de tipos desse instrumento, a sua análise em conjunto torna-se limitada. De maneira geral, o goniômetro tem sido descrito para a avaliação da mobilidade lombar. Apenas no estudo de Paquet *et al.*, 1991. esse instrumento foi utilizado para avaliação do tronco. O eletrogoniômetro teve a sua reprodutibilidade intra-avaliador testada em dois estudos, os quais demonstraram resultados excelentes (BOOCOOCK *et al.*,1994; TOJIMA,2013), além de excelente validade concorrente ao ser comparado com o inclinômetro (BOOCOOCK *et al.*,1994; PAQUET,1991). Outro tipo de goniômetro que apresentou excelentes resultados foi o goniômetro de dispositivo móvel (Ipod), o qual apresentou correlações acima de 0,8 tanto para reprodutibilidade intra e interavaliador, como para validade concorrente (BEDEKAR *et al.*, 2014). Os goniômetros de gravidade e o paralelogramo também apresentaram excelente reprodutibilidade intra-avaliador. No entanto, quando utilizado dois goniômetros para avaliação da flexão e extensão lombar, os resultados de ICC foram inferiores, apresentando correlações moderadas (CHIARELLO e SAVIDGE,1993).

O goniômetro é considerado um instrumento de baixo custo, de fácil utilização e fácil transporte, no entanto ressalta-se que o os goniômetros requerem conhecimento técnico dos avaliadores, uma vez que a sua dificuldade no alinhamento com as regiões do corpo, principalmente em flexão e extensão podem

interferir na precisão dos resultados (WHITE,1997). Paquet *et al.*1991 apontou algumas limitações importantes para a utilização dos eletrogoniômetros, como a avaliação apenas no plano sagital e a necessidade de calibração do sistema para cada indivíduo. Além disso, ambos os instrumentos não permitem a representação da curvatura da coluna vertebral avaliada.

Os sistemas de análise de movimento 3D permitem determinar a posição e orientação dos segmentos corporais, buscando medir os parâmetros de deslocamentos lineares ou angulares, velocidade e aceleração desses segmentos (WINTER, 2009). Dos estudos que avaliaram a ADM em flexão e extensão oito foram realizados com sistema análise de movimento 3D. Dentre os quais seis estudos verificaram a reprodutibilidade, com resultados variando de moderada a alta (DOPF,1994; PAQUET *et al.*,1991; GILL e CALLAGHAN,1996; PETERSEN *et al.*,1994; TROKE, SCHUIT E PETERSEN,2007; SCHUIT *et al.*,1997), cabendo destacar que há evidência confirmada mediante metanálise para embasar a reprodutibilidade intra-avaliador para os movimentos de flexão e extensão lombar, contudo a reprodutibilidade interavaliador ainda necessita ser investigada com maior rigor metodológico, afim de sanar a lacuna oriunda da heterogeneidade dos resultados entre os estudos (APÊNDICE - Tabelas 7, 8, 9 e 10); dois estudos verificaram a repetibilidade de flexão e extensão lombar obtendo valores de ICC elevados (SALISBURY E PORTER,1987) e baixo erro RMS entre medidas (PAQUET *et al.*,1991) e apenas um estudo verificou a validade do sistema de vídeo 3D com o exame de Raios-X (SCHUIT *et al.*,1997), sendo esta metodologia considerada de muito baixa validade para flexão e baixa validade para extensão de tronco.

Com o advento da tecnologia os métodos de análise 3D expandiram-se rapidamente, principalmente pelo fato de fornecerem uma possibilidade variada de parâmetros avaliados e apresentarem uma adequada precisão nos resultados fornecidos (HAMILL e KNUTZEN, 2012). Apesar disso, esses instrumentos necessitam de ambiente apropriado para as avaliações, avaliadores experientes e elevado custo, inviabilizando a sua utilização na prática clínica.

O instrumento Flexicurva é uma régua de chumbo flexível, com 30 a 80 cm de comprimento, de fácil utilização, de baixo custo e serve como forma diagnóstica e indicador evolutivo de tratamento em estudos de campo de grandes populações

(OLIVEIRA *et al.*, 2012). A validade concorrente do Flexicurva na avaliação da flexibilidade com os Raios-X foi testada em dois estudos. No entanto, no estudo de Burton (1986) foi avaliado apenas um único indivíduo e seus resultados apenas apresentam a obtenção de uma angulação superior (maior em 1º) quando comparado aos Raios-X. Já Tillotson e Burton (1991), ao avaliarem a validade em flexão e extensão lombar do Flexicurva, obtiveram resultados excelentes para ambos os movimentos.

Os demais estudos (HYTTIAINEN *et al.*, 1991; TILLOTSON e BURTON, 1991; BURTON, 1987; BURTON 1986; YOUDAS, SUMAN e GARRETT, 1995) apresentaram resultados quanto à reprodutibilidade do Flexicurva, demonstrando correlações variando entre alta e muito alta. Entretanto, até o momento só se tem evidência, embasada em metanálise, para afirmar a reprodutibilidade intra-avaliador dos movimentos de flexão e extensão da coluna lombar (APÊNDICE - Tabelas 11 e 12). O Flexicurva tem sido descrito como um instrumento de fácil avaliação e apresenta como vantagem o fato de fornecer uma representação gráfica das curvaturas avaliadas. No entanto, apesar dos resultados adequados de reprodutibilidade intra, interavaliador e validade concorrente, esse instrumento é descrito apenas para avaliação da região lombar, restringindo a sua possibilidade de utilização, uma vez que não foi testado na avaliação da coluna torácica.

Os acelerômetros são dispositivos que servem para medir a aceleração, são geralmente utilizados em sistemas de posicionamento, sensores de inclinação e sensores de vibração. Estudos como os de Alqhtani *et al.*(2015), Consmuller *et al.* (2012) e Ronchi *et al.* (2008) utilizaram acelerômetros para avaliar ADM da coluna. Todos avaliaram a reprodutibilidade intra e interavaliadores obtendo resultados muito altos de correlação. Outros instrumentos como a fotogrametria (EDMONDSTON *et al.*, 2012), sistema de fibra-óptica (WILLIAMS *et al.*, 2010) e o dispositivo eletro-magnético (*3 Space Isotrack System*) (PETERSEN *et al.*, 1994), tem sido descritos em poucos estudos para a avaliação da ADM da coluna vertebral, e ainda carecem de maiores informações quanto aos seus aspectos de validade.

A partir do exposto, é nítida a grande variedade de instrumentos disponíveis para avaliar a ADM da coluna vertebral, no entanto, em sua maioria, os instrumentos apresentam resultados muito bem definidos somente para a reprodutibilidade dos

sistemas, como é o caso da fita métrica, inclinômetros, goniômetros e acelerômetros. No que tange a validade concorrente dos instrumentos, os estudos que a testaram apresentam limitações, como por exemplo, a validade concorrente de alguns inclinômetros e dos goniômetros foram comparadas com inclinômetros, os quais não são considerados o padrão-ouro para a avaliação de movimento (WU, 2002). Além disso, o instrumento Flexicurva, que apresentou resultados de reprodutibilidade e validade concorrente, tem sua avaliação limitada à região lombar.

Nesse sentido, é possível afirmar, que ainda existe uma carência na literatura de instrumentos validados para avaliação da ADM da coluna vertebral, tanto da região torácica quanto lombar.

5. CONCLUSÃO

Existem 14 instrumentos disponíveis para avaliação da ADM articular da coluna vertebral torácica e lombar que foram testados quanto a sua repetibilidade e ou reprodutibilidade, e apenas seis instrumentos que foram avaliados quanto à validade concorrente. Contudo, há evidência científica apenas para suportar a reprodutibilidade interavaliador do instrumento fita métrica no teste de Schöber modificado para o movimento de flexão lombar e a reprodutibilidade intra-avaliador dos instrumentos Flexicurva e sistema de análise de vídeo para os movimentos de extensão e flexão lombar.

Com base nos critérios do GRADE os resultados apresentados nessa revisão sistemática indicam que há baixa evidência científica sobre a validade, repetibilidade e reprodutibilidade dos instrumentos e métodos indicados para a avaliação da ADM articular da coluna vertebral torácica e lombar.

REFERÊNCIAS

- ALQHTANI RS, JONES MD, THEOBALD P, WILLIAMS J. Reliability of an accelerometer- based system for quantifying multiregional spinal range of motion. *J Manipulative Physiol Ther* 2015;38(4):275-81.
- ALTER, MJ. Ciência da flexibilidade. Porto Alegre: Artmed; 2010.
- BANDY WD, REESE NB. Strapped Versus Unstrapped Technique of the Prone Press-Up for Measurement of Lumbar Extension Using a Tape Measure: Differences in Magnitude and Reliability of Measurements. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;1(85): 99-103.
- BARRET E, MCCREESH K, LEWIS J. Reliability and validity of non-radiographic methods of thoracic kyphosis measurement: a systematic review. *Man Ther* 2014;19:10-17.
- BEATTIE P, ROTHSTEIN JM, LAMB R. Reliability of the attraction method for measuring lumbar spine backward bending. *Phys Ther* 1987;67(3):364-369.
- BEDEKAR N, SURYAWANSHI M, RAIRIKAR S, SANCHETI P, SHYAM A. Inter and intra-rater reliability of mobile device goniometer in measuring lumbar flexion range of motion. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2014;27(2):161-166.
- BEHNKE R. Anatomia do movimento. Porto Alegre: Artmed; 2014.
- BO K, STORHEIM HK. Intra- and interobserver reproducibility of Cybex ED1 320 measuring spinal mobility. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7:140-143.
- BOOCOCK MG, JACKSON JA, BURTON AK, TILLOTSON KM. Continuous measurement of lumbar posture using flexible electrogoniometers. *Ergonomics* 1994;37(1):175-185.
- BREUM J, WIBERG J, BOLTON JE. Reliability and concurrent validity of the BROM II for measuring lumbar mobility. *J Manipulative Physiol Ther* 1995;18(8):497-502.
- BRINK Y, LOUW Q. Clinical instruments: reliability and validity critical appraisal. *J Eval Clin Pract* 2012;18(6):1126-32.
- BURDETT RG, KATHRYN PF, BROWN PF, MICHAEL PF. Reliability and validity of four instruments for measuring lumbar spine and pelvic positions. *Phys Ther* 1986;66(5):677-684.
- BURTON AK. Measurement of Regional Lumbar Sagittal Mobility. *J Orthop Sports Phys Ther* 1987;166-169.
- BURTON AK. Regional lumbar sagittal mobility: Measurement by flexicurves. *Clin Biomechanics* 1986;1:20-26.
- CHIARELLO CM, SAVIDGE R. Inter-rater reliability of the Cybex EDI-320 and fluid goniometer in normals and patients with low back pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74:32-37.

- COHN ML, MACHADO AF, COHN SJ. Low-Frequency Magnetic Field Technology: Quantifying Spinal Range of Motion. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;70(6):455-457.
- CONSMULLER T, ROHLMANN A, WEINLAND D, DRUSCHEL C, DUDA G, TAYLOR W. Comparative evaluation of a novel measurement tool to assess lumbar spine posture and range of motion. *Eur Spine J* 2012; 21(11):2170-2180.
- DOPF CA, MANDEL SS, GEIGER D, MAYER P. Analysis of spine motion variability using a computerized goniometer compared to physical examination. A prospective clinical study. *Spine* 1994;19(5):586-595.
- EDMONDSTON SJ, CHRISTENSEN M, KELLER S, MCLINPHYSIO PT, STEIGEN L, BARCLAY L. Functional radiographic analysis of thoracic spine extension motion in asymptomatic men. *J Manipulative Physiol Ther* 2012; 35(3):203-208.
- FÖLSCH C, SCHLÖGEL S, LAKEMEIER S, WOLF U, TIMMESFELD N, SKWARA. Test-Retest Reliability of 3D Ultrasound Measurements of the Thoracic Spine. *AAPMR* 2012;4(5):335-341.
- FROST M, STUCKEY S, SMALLEY LA, DORMAN G. Reliability of Measuring Trunk Motions in centimeters. *Phys Ther* 1982; 62:1431-1437.
- GILL K, KRAG HM, JOHNSON GB, HAUGH LD, POPO MH. Repeatability of four clinical methods for assessment of lumbar spinal motion. *Spine* 1988;13(1):50-53.
- 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. *Clin Biomechanics* 1996;11(7):418-421.
- GUYATT G, OXMAN AD, AKL EA, KUNZ R, VIST G, BROZEK J, et al. GRADE guidelines:1. Introduction GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *J Clin Epidemiol* 2011;64:383–94.
- HA T, SHEIKH K, MOORE AP, JONES MP. Measurement of lumbar spine range of movement and coupled motion using inertial sensors - A protocol validity study. *Man Ther* 2013;18:87-91.
- HAMILL J, KNUTZEN K. Bases biomecânicas do movimento humano. 3ed. Barueri, sp.: Manole, 2012.
- HIGGINS J, GREEN S. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Higgins J, Green S, editors. 2011; Available from: <<http://www.cochrane.org/>> [19jan17].
- HYTTIÄINEN K, SALMINEN JJ, SUVITIE T, WICKSTRÖM G, PENTTI J. Reproducibility of nine tests to measure spinal mobility and trunk muscle strength. *Scand J Rehabil Med* 1991;23(1):3-10.
- KOLBER MJ, PIZZINI M, ROBINSON A, YANEZ D, HANNEY WJ. The reliability and concurrent validity of measurements used to quantify lumbar spine mobility: an analysis of an iphone (R) application and gravity based inclinometry. *Int J Sports Phys Ther* 2013;8(2):129-137.

- KUO Y, TULLY EA, GALEA M. Video analysis of sagittal spinal posture in healthy young and older adults. *J Manipulative Physiol Ther* 2009;32(3):210-215.
- LEARDINI A, BIAGI F, MERLO A, BELVEDERE C, BENEDETTI MG. Multi-segment trunk kinematics during locomotion and elementary exercises. *Clin Biomechanics* 2011;26:562–571.
- LEE RYW, LAPRADE J, FUNG EHK. A real-time gyroscopic system for three-dimensional measurement of lumbar spine motion. *Med Eng Phys* 2003;25:817–824.
- MANNION A, TROKE M. A comparison of two motion analysis devices used in the measurement of lumbar spinal mobility. *Clin Biomechanics* 1999;14(9):612-619.
- MAYER RS, CHEN I, LAVENDER SA, TRAFIMOW JH, ANDERSSON GBJ. Variance in the measurement of sagittal lumbar spine range of motion among examiners, subjects, and instruments. *Spine* 1995;20(13):1489-1493.
- MELLIN G, KIISKI R, WECKSTRÖM A. Effects of subject position on measurements of flexion, extension, and lateral flexion of the spine. *Spine* 1991;16(9):1108-1110.
- MERRITT JL, MCLEAN TJ, ERICKSON RP, OFFORD, K. Measurement of trunk flexibility in normal subjects: Reproducibility of three clinical methods. *Mayo Clinic Proc* 1986;61(3):192-197.
- MILLER SA, MAYER T, COX R, GATCHEL, R. Reliability problems associated with the modified Schober technique for true lumbar flexion measurement. *Spine* 1992;17(3):345-348.
- MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, ALTMAN DG, PRISMA GROUP. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 2009;6(7).
- NG JKF, KIPPERS V, RICHARDSON C, PARNIANPOUR M. Range of motion and lordosis of the lumbar spine: Reliability of measurement and normative values. *Spine* 2001;26(1):53-60.
- NILAY S, ALBAYRAK I, DURMUS B, UGURLU H. Effectiveness of back school for treatment of pain and functional disability in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. *J Rehabil Med* 2011;43:224–229.
- NORKIN CC, WHITE DJ. *Medida do movimento articular: manual do goniômetro*. 2 ed. Porto Alegre: Artes médicas, 1997.
- OLIVEIRA TS, CANDOTTI CT, LA TORRE M, PELINSON PT, FURLANETTO TS, KUTCHAK FM, et al. Validity and reproducibility of the measurements obtained using the flexicurve instrument to evaluate the angles of thoracic and lumbar curvatures of the spine in the sagittal plane. *Rehabil Res Pract* 2012.
- PAQUET N, MALOUIN F, RICHARDS C, DIONNE JP, COMEAU F. Validity and reliability of a new electrogoniometer for the measurement of sagittal dorsolumbar movements. *Spine* 1991;16(5):516-519.

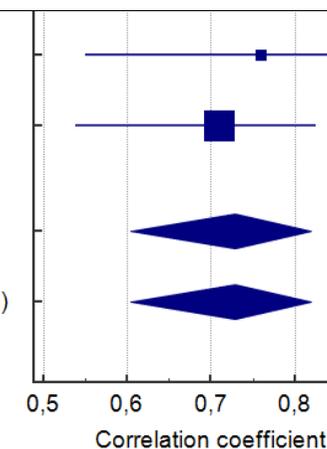
- PATERNOSTRO-SLUGA T, PREISINGER E, RESH KL, ERNST E. How reproducible is the functional assessment of the spine? *Eur J Phys Rehabil Med* 1995;5(4):122-125.
- PEARCY MJ, HINDLE RJ. New method for the non-invasive three-dimensional measurement of human back movement. *Clin Biomechanics* 1989;4:73-79
- PETERSEN CM, JOHNSON RD, SCHUIT D, HAYES K. Intraobserver and interobserver reliability of asymptomatic subjects thoracolumbar range of motion using the OSI CA 6000 spine motion analyzer. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;20(4):207-212.
- RONCHI AJ, LECH M, TAYLOR NF, COSIC I. A reliability study of the new Back Strain Monitor based on clinical trials. 30th Annual International IEEE Conference. Vancouver: 2008,p.693-696.
- RONDINELLI R, MURPHY J, ESLER A, MARCIANO T, CHOLMAKJIAN C. Estimation of normal lumbar flexion with surface inclinometry. A comparison of three methods. *Am J Phys Med Rehabil* 1992;71(4):219-224.
- ROUSSEL N, NIJS J, TRUIJEN S, BREUGELMANS S, CLAES I, STASSIJNS G. Reliability of the Assessment of Lumbar Range of Motion and Maximal Isometric Strength. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87(4):576-582.
- SALISBURY, P.J.; PORTER, R. Measurement of lumbar sagittal mobility: A comparison of methods. *Spine* 1987;2(2):190-193.
- SCHUIT D, PETERSEN C, JOHNSON R, LEVINE P, KNECHT H, GOLDBERG D. Validity and reliability of measures obtained from the OSI CA-6000 Spine Motion Analyzer for lumbar spinal motion. *Man Ther* 1997;2(4):206-215.
- TEDERKO P, KRASUSKI M, MACIEJASZ P. Restraint of pelvis and lower limbs in thoracic and lumbar range of motion measurement – preliminary report. *Ortop Traumatol Rehabil* 2007;2(6):156-167.
- TILLOTSON KM, BURTON AK. Noninvasive measurement of lumbar sagittal mobility an assessment of the flexicurve technique. *Spine* 1991;16(1):29-33.
- TOJIMA M, OGATA N, YOZU A, SUMITANI M, HAGA N. Novel 3-dimensional motion analysis method for measuring the lumbar spine range of motion repeatability and reliability compared with an electrogoniometer. *Spine* 2013;38(21):1327-1333.
- TROKE M, SCHUIT D, PETERSEN CM. Reliability of lumbar spinal palpation, range of motion, and determination of position. *BMC Musculoskelet Disord* 2007;8:103
- VAN DEN DOLDER PA, FERREIRA PH, REFSHAUGE K. Intra and inter-rater reliability of a modified measure of hand behind back range of motion. *Man Ther* 2014;19(1):72-76.

- VAN TULDER MW, KOES BW, BOUTER LM. Conservative treatment of acute and chronic nonspecific low back pain: a systematic review of randomized controlled trials of the most common interventions. *Spine* 1997;22(18):2128-56.
- VAUGHAN C, DAVIS B, JEREMY C. Dynamics of human gait. Cape Town: Kiboho Publishers,141.1992.
- WILLIAMS, JM, HAQ, et al. Dynamic measurement of lumbar curvature using fibre-optic sensors. *Med Eng Phys* 2010;32(9):1043-1049.
- WINTER D. Biomechanics and motor control of human movement. New Jersey: Johnwiley e songs, INC, 370.2009.
- WU G. Letter to the editor. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion— part i: ankle, hip, and spine. *J Biomech* 2002;35:543-548.
- YODAS JW, SUMAN VJ, GARRETT TR. Reliability of measurements of lumbar spine sagittal mobility obtained with the flexible curve. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;21(1):13-20.
- YUN W, KIM H, AHN JH, PARK Y, PARK Y. Individual characteristics of reliable lumbar coupling motions. *Eur Spine J* 2015;24:1917–1925.
- ZATSORSKY VM. Kinematics of human motion. Champaign: Human Kinetics. 419;1998.

APÊNDICE

Tabela 4 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade interavaliador do instrumento fita métrica no teste de Schöber modificado para o movimento de flexão lombar

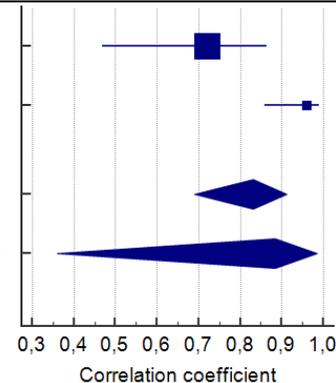
Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	z	P	Peso (%)		
						Fixo	Randômico	
Dopf (1994)	30	0,76	0,55-0,88			36,49	36,49	Dopf (1994)
Miller (1992)	50	0,71	0,54- 0,83			63,51	63,51	Miller (1992)
Total (efeitos fixos)	80	0,73	0,60- 0,82	7,9	<0,001	100,00	100,00	Total (fixed effects)
Total (efeitos aleatórios)	80	0,73	0,60- 0,82	7,9	<0,001	100,00	100,00	Total (random effects)



Teste de heterogeneidade: $Q=0,20$; $DF=1$; $p<0,652$; $I^2=0,00\%$; 95% CI para $I^2=0,00 - 0,00$.

Tabela 5 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento inclinômetro para o movimento de extensão lombar

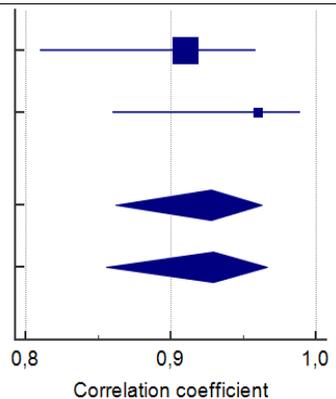
Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	z	P	Peso (%)		
						Fixo	Randômico	
Mellin (1991)	27	0,72	0,47 - 0,86			72,73	53,22	Mellin (1991)
Boocock (1994)	12	0,96	0,86 - 0,99			27,27	46,78	Boocock (1994)
Total (efeitos fixos)	39	0,83	0,69 - 0,91	6,84	<0,001	100,00	100,00	Total (fixed effects)
Total (efeitos aleatórios)	39	0,88	0,36 - 0,98	2,69	0,007	100,00	100,00	Total (random effects)



Teste de heterogeneidade: $Q=7,06$; $DF=1$; $p<0,079$; $I^2=85,83\%$; 95% CI para $I^2=43,14 - 96,47$.

Tabela 6 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento inclinômetro para o movimento de flexão lombar

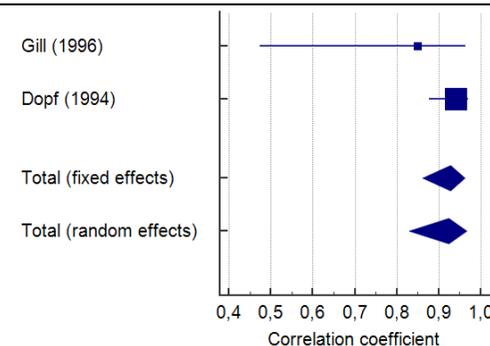
Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	z	P	Peso (%)		
						Fixo	Randômico	
Mellin (1991)	27	0,91	0,81 - 0,96			72,73	69,84	Mellin (1991)
Boocock (1994)	12	0,96	0,86 - 0,99			27,27	30,16	Boocock (1994)
Total (efeitos fixos)	39	0,93	0,86 - 0,96	9,43	<0,001	100,00	100,00	Total (fixed effects)
Total (efeitos aleatórios)	39	0,93	0,86 - 0,96	8,61	<0,001	100,00	100,00	Total (random effects)



Teste de heterogeneidade: $Q=7,06$; $DF=1$; $p<0,079$; $I^2=85,83\%$; 95% CI para $I^2=43,14 - 96,47$.

Tabela 7 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento sistema de análise de vídeo para o movimento de extensão lombar

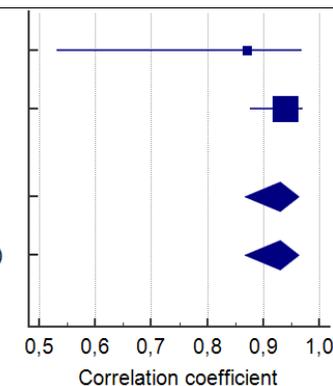
Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	Z	P	Peso (%)		
						Fixo	Randômico	
Gil (1996)	10	0,85	0,47 - 0,96			20,59	27,22	Gil (1996)
Dopf (1994)	30	0,94	0,88 - 0,97			79,41	72,78	Dopf (1994)
Total (efeitos fixos)	40	0,93	0,86 - 0,96	9,5	<0,001	100,00	100,00	Total (fixed effects)
Total (efeitos aleatórios)	40	0,92	0,83 - 0,97	7,4	<0,001	100,00	100,00	Total (random effects)



Teste de heterogeneidade: $Q=1,29$; $DF=1$; $p<0,256$; $I^2=22,53\%$; 95% CI para $I^2=0,00 - 0,00$.

Tabela 8 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento sistema de análise de vídeo para o movimento de flexão lombar

Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	z	P	Peso (%)		
						Fixo	Randômico	
Gil (1996)	10	0,87	0,53 - 0,97			20,59	20,59	Gil (1996)
Dopf (1994)	30	0,94	0,88 - 0,97			79,41	79,41	Dopf (1994)
Total (efeitos fixos)	40	0,93	0,87 - 0,96	9,6	<0,001	100,00	100,00	Total (fixed effects)
Total (efeitos aleatórios)	40	0,93	0,87 - 0,96	9,6	<0,001	100,00	100,00	Total (random effects)



Teste de heterogeneidade: $Q=0,92$; $DF=1$; $p<0,340$; $I^2=0,00\%$; 95% CI para $I^2=0,00 - 0,00$.

Tabela 9 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade interavaliador do instrumento sistema de análise de vídeo para o movimento de extensão lombar

Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	Z	P	Peso (%)		Gill (1996)	Dopf (1994)	Total (fixed effects)	Total (random effects)
						Fixo	Randômico				
Gil (1996)	10	0,96	0,83 - 0,99			20,59	44,13				
Dopf (1994)	30	0,76	0,55 - 0,88			79,41	55,87				
Total (efeitos fixos)	40	0,83	0,69 - 0,91	6,9	<0,001	100,00	100,00				
Total (efeitos aleatórios)	40	0,89	0,46 - 0,98	3,0	0,003	100,00	100,00				

Teste de heterogeneidade: $Q=5,01$; $DF=1$; $p=0,025$; $I^2=80,05\%$; 95% CI para $I^2=14,25 - 95,36$.

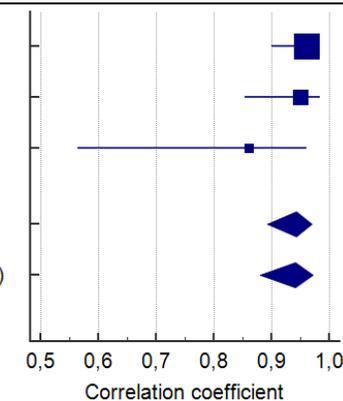
Tabela 10 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade interavaliador do instrumento sistema de análise de vídeo para o movimento de flexão lombar

Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	Z	p	Peso (%)		Gill (1996)	Dopf (1994)	Total (fixed effects)	Total (random effects)
						Fixo	Randômico				
Gil (1996)	10	0,93	0,72 - 0,98			20,59	37,93				
Dopf (1994)	30	0,76	0,55 - 0,88			79,41	62,07				
Total (efeitos fixos)	40	0,81	0,66 - 0,90	6,6	<0,001	100,00	100,00				
Total (efeitos aleatórios)	40	0,85	0,55 - 0,95	3,8	<0,001	100,00	100,00				

Teste de heterogeneidade: $Q=2,44$; $DF=1$; $p=0,119$; $I^2=58,97\%$; 95% CI para $I^2=0,00 - 90,33$.

Tabela 11 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento Flexicurva para o movimento de extensão lombar

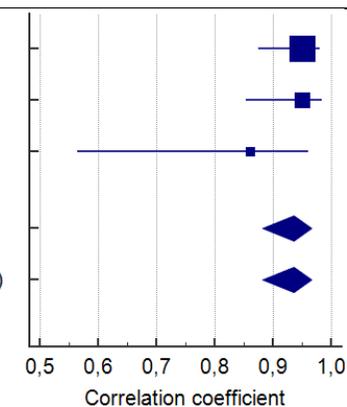
Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	z	p	Peso (%)		
						Fixo	Randômico	
Tillotson (1991)	20	0,96	0,90 - 0,98			44,74	41,86	Tillotson (1991)
Burton (1986)	15	0,95	0,86 - 0,98			31,58	32,38	Burton (1986)
Boocock (1994)	12	0,86	0,57 - 0,96			23,68	25,76	Boocock (1994)
Total (efeitos fixos)	47	0,94	0,89 - 0,97	10,8	<0,001	100,00	100,00	Total (fixed effects)
Total (efeitos aleatórios)	47	0,94	0,88 - 0,97	9,3	<0,001	100,00	100,00	Total (random effects)



Teste de heterogeneidade: $Q=2,61$; $DF=2$; $p<0,271$; $I^2=23,33\%$; 95% CI para $I^2=0,00 - 97,43$.

Tabela 12 – Resultado da metanálise para reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento Flexicurva para o movimento de flexão lombar

Estudo	Tamanho Amostral	Coeficiente de correlação (r)	95% CI	z	p	Peso (%)		
						Fixo	Randômico	
Tillotson (1991)	20	0,95	0,88 - 0,98			44,74	44,74	Tillotson (1991)
Burton (1986)	15	0,95	0,85 - 0,98			31,58	31,58	Burton (1986)
Boocock (1994)	12	0,86	0,57 - 0,96			23,68	23,68	Boocock (1994)
Total (efeitos fixos)	47	0,94	0,88 - 0,97	10,5	<0,001	100,00	100,00	Total (fixed effects)
Total (efeitos aleatórios)	47	0,94	0,88 - 0,97	10,5	<0,001	100,00	100,00	Total (random effects)



Teste de heterogeneidade: $Q=1,99$; $DF=2$; $p<0,369$; $I^2=0,00\%$; 95% CI para $I^2=0,00 - 96,63$.

CAPITULO 3 - ARTIGO ORIGINAL

VALIDADE E REPRODUTIBILIDADE INTRA E INTERAVALIADOR DO INSTRUMENTO FLEXICURVA PARA A AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DA COLUNA TORÁCICA E LOMBAR

VALIDITY AND REPRODUCIBILITY INTRA AND INTER EVALUATOR OF THE FLEXICURVA INSTRUMENT FOR THE EVALUATION OF THE FLEXIBILITY OF THE THORACIC COLUMN AND LOMBAR

RESUMO

Introdução: Problemas na coluna vertebral são frequentes e a avaliação da flexibilidade da coluna torácica e lombar consiste em um dado relevante a ser considerado pelos profissionais da saúde, como educadores físicos, fisioterapeutas e ortopedistas. **Objetivo:** Avaliar a validade e a reprodutibilidade intra-avaliador do software e intra e interavaliador do protocolo do Flexicurva para a avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna vertebral torácica e lombar. **Metodologia:** Na avaliação da reprodutibilidade, 38 indivíduos tiveram a flexibilidade da coluna torácica e lombar avaliada nas posições em flexão e em extensão máximas. O molde com o Flexicurva foi realizado no mesmo dia, por três avaliadores (reprodutibilidade interavaliador do protocolo); um avaliador realizou uma nova avaliação com um intervalo de sete dias (reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo e intra-avaliador do software). Para avaliação da validade, 50 indivíduos foram avaliados com o Flexicurva e com o sistema de vídeo BTS Smart-DX (BTS Bioengineering, EUA) no primeiro dia, nas mesmas posições em flexão e em extensão máximas da coluna torácica e lombar. Os seguintes testes estatísticos foram utilizados: (1) para a validade: Coeficiente de Correlação Produto-momento de Pearson (r), Análise gráfica de Bland Altman, teste t independente e Erro RMS; (2) para a análise da reprodutibilidade intra-avaliador do software e, intra e interavaliador do protocolo: ICC, SEM e MDC. O nível de significância adotado em todos os testes foi de 0,05. **Resultados:** Os resultados mostraram para a reprodutibilidade intra-avaliador do software ICCs excelentes; reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo ICCs de satisfatórios a pobre; e reprodutibilidade interavaliador ICCs satisfatórios para todas as variáveis. Os valores de SEM e MDC variaram de 0,9° a 8,3° e 0,4° a 16,3°, respectivamente. Quanto à validade do Flexicurva, encontrou-se correlação variando de excelente a fraca e erro RMS de 7,6° a 18,2°. **Conclusão:** Os resultados da reprodutibilidade devem ser vistos com prudência, devido aos altos valores de SEM e MDC, que indicam, em média, um erro de medida associado. Embora níveis aceitáveis de validade do Flexicurva

tenham sido encontrados, sua utilização na flexão torácica e extensão lombar deve ser cautelosa.

Palavras-chave: Avaliação, Coluna vertebral, Estudos de validação, Flexibilidade

ABSTRACT

Introduction: Problems in the spine are frequent and assessment of the flexibility of the thoracic and lumbar spine is a relevant data to be considered by health professionals, such as physical educators, physiotherapists and orthopedists. **Purpose:** To evaluate Flexicurve test-retest validity and reproducibility for the evaluation of flexibility of flexion and extension of the thoracic and lumbar spine. **Methodology:** In the evaluation of the reproducibility, 38 individuals had the flexibility of the thoracic and lumbar spine evaluated in the positions of maximal flexion and extension. The model with Flexicurve was performed on the same day, by three evaluators (protocol interobserver reproducibility); An evaluator performed a new evaluation with a seven-day interval (protocol intra-observer and software intra-observer reproducibility). To evaluate the validity, 50 subjects were evaluated with the Flexicurve and the BTS Smart-DX 3D video system (BTS Bioengineering, USA) on the first day, in the same positions of maximal flexion and extension of the thoracic and lumbar spine. The following statistical tests were used: (1) for validity: Pearson's product-moment correlation coefficient (r), Bland Altman graphical analysis, independent t-test and RMS error; (2) for the analysis of intra software, intra protocol and interobserver reproducibility: ICC, SEM and MDC. The level of significance adopted in all tests was 0,05. **Results:** The results showed for intra-observer protocol reproducibility excellent ICCs; Reproducibility intra-observer the software ICCs from satisfactory to poor; and inter-observer reproducibility ICCs satisfactory for all variables. The SEM and MDC values ranged from 0,9° to 8,3° and from 0.4° to 16.3°, respectively. Regarding the validity of Flexicurve, correlation was found ranging from excellent to weak and RMS error from 7,6° to 18,2°. **Conclusion:** Reproducibility results should be viewed with caution, due to high SEM and MDC values, which indicate, on average, an associated measurement error. Although acceptable levels of Flexicurve validity have been found, its use in chest flexion and lumbar extension should be cautious.

Key words: Evaluation, Spine, Validation studies, Flexibility

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da coluna vertebral se torna relevante uma vez que, a estrutura é um segmento de importante funcionalidade corporal, além de auxiliar na proteção de estruturas internas do corpo (KAPANDJI, 2008). A adequada manutenção da postura corporal depende diretamente do equilíbrio entre músculos, articulações e estruturas passivas para que o centro de massa corporal esteja em alinhamento com a base de sustentação (KENDALL *et al*, 2007). Neste processo, a distribuição das forças exercidas sobre a coluna sofre influência da elasticidade muscular e da mobilidade das articulações (KAPANDJI, 2008), sendo por isto, sugerido por Penha e João (2008) que níveis de flexibilidade adequados são responsáveis pela morfologia fisiológica da coluna, como também auxiliam na prevenção de lesões, promovem eficiência de movimento, desempenho muscular.

Neste sentido, a avaliação da flexibilidade da coluna vertebral é uma ferramenta fundamental no acompanhamento e na identificação de possíveis alterações da coluna vertebral. Ela tem papel importante no que tange determinar valores de referência para que, seja possível, dar suporte diagnóstico a quem as realiza (VRTOVEC, PERNUS e LOKAR, 2009). Esta avaliação é complexa e a realização dela depende da escolha do método adequado, conhecimento anatômico prévio, formação e principalmente a experiência do profissional. Dentre os instrumentos invasivos, o exame de Raios-X é geralmente utilizado, entretanto, apesar de possibilitar a visualização das estruturas ósseas, apresenta algumas desvantagens como a distorção na imagem, a qual dificulta a interpretação e provoca erros dos avaliadores (GOH *et al.*, 2000) e, principalmente, a exposição aos raios ionizantes e o custo (D'OSUALDO, SCHIERANO E IANNIS, 1997).

Em recente revisão sistemática⁴ foi possível observar a existência de inúmeras metodologias para a avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna lombar e torácica. Embora o método de avaliação pelo exame de Raios-X ainda seja muito valorizado, o sistema de cinemetria 3D (sistema de vídeo 3D) tem sido amplamente utilizado para a análise tridimensional do movimento humano, pois permite a obtenção de informações espaço temporais do corpo humano como um

⁴Revisão sistemática apresentada no Capítulo 2 dessa dissertação.

todo ou apenas de determinados segmentos tridimensionalmente (ZATSIORSKY, 1998; WINTER, 2009). Essas avaliações podem ser utilizadas para obtenção de informações lineares e/ou angulares dos segmentos avaliados tais como posição, velocidade e aceleração (ALLARD, STOKES e BLANCHI, 1995; ZATSIORSKY, 1998). Apesar disso, esses sistemas de vídeo 3D necessitam de condições específicas para sua utilização, bem como possui um elevado custo, inviabilizando a sua utilização na prática.

O instrumento Flexicurva surge de modo a reduzir a exposição à radiação ionizante oriundas dos exames de Raios-X e minimizar a necessidade das tecnologias necessárias nos sistemas de vídeo 3D. Consiste em uma régua de chumbo flexível, de fácil utilização e baixo custo, que serve como forma diagnóstica e de indicadores evolutivos de tratamento em estudos de campo. Burton (1986) e Tillotson e Burton (1991) obtiveram excelentes escores de ICC e de correlação (r) para a reprodutibilidade intra e interavaliador e para a validade concorrente, respectivamente, do instrumento Flexicurva na avaliação da flexibilidade da coluna lombar em flexão e em extensão. Contudo, ainda não foram identificados estudos que avaliassem as propriedades psicométricas do Flexicurva na avaliação da flexibilidade da coluna torácica.

Considerando que a validação é crucial para mostrar a fiabilidade de um instrumento e tendo em vista a importância da existência de métodos não invasivos para a avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna vertebral, tanto para a coluna torácica como para a lombar, justifica-se a realização desse estudo. Assim, o objetivo do presente estudo é avaliar a validade e a reprodutibilidade teste-reteste, intra e interavaliador do Flexicurva para a avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna vertebral torácica e lombar.

2. MÉTODO

2.1 Amostra

Trata-se de um estudo de validação, com delineamento descritivo correlacional, sendo o tamanho da amostra definido para cada objetivo (validade e reprodutibilidade). Para a etapa de validação, a amostra foi estimada utilizando o

software Gpower 3.1.7, com base na família de testes z; admitindo um teste unicaudal; assumindo como hipótese nula uma correlação de 0,3; uma expectativa de correlação moderada ($r=0,7$); um $\alpha=0,05$ e um poder de 80%, um mínimo de 49 participantes é necessário. Para a etapa de reprodutibilidade, o tamanho amostral foi estimado supondo uma hipótese nula para o Coeficiente de Correlação Intra-classe (ICC) como sendo de 0,3; 80% de poder; duas e três medições replicadas; e um nível de significância de 95% para detectar um valor de ICC de 0,70, um mínimo de 22 e 13 participantes são necessários (WALTER *et al.*,1998) para a reprodutibilidade intra e interavaliador, respectivamente.

Assim, baseado no maior valor amostral, 50 indivíduos saudáveis de ambos os sexos, com idade entre 18 e 50 anos participaram da etapa de validação e da reprodutibilidade intra-avaliador. Para a etapa de reprodutibilidade interavaliador e teste-reteste, 37 e 35 indivíduos participaram, respectivamente. Foram excluídos indivíduos com episódios recorrentes de dores nas costas nos último mês e no dia da avaliação; com desproporcionalidade de membros, com relatos de cirurgias na coluna, com comprometimentos ortopédicos conhecidos na coluna vertebral e com cicatriz abdominal severa.

2.2 Procedimentos de coleta e análise

As coletas de dados foram realizadas no LAPEX/ESEFID/UFRGS em dois dias distintos. Para as coletas, em ambos os dias, foi necessário que os indivíduos estivessem vestidos apenas com roupas de banho (biquíni ou sunga), de modo que o dorso estivesse visível, além de pés descalços e cabelos presos, quando necessário.

No primeiro dia de avaliação, após explicação sobre os objetivos do estudo, os indivíduos que concordaram participar assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE. Inicialmente foram coletados dados antropométricos de massa corporal e estatura. A seguir foram conduzidas as avaliações com o Flexicurva e com o sistema de vídeo 3D, de forma sequencial, pela mesma equipe avaliadora, afim de avaliar validade do instrumento e a reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo.

No segundo dia de avaliação, para aqueles indivíduos que não participaram do primeiro dia, os mesmos procedimentos iniciais foram realizados (explicação da pesquisa, assinatura do TCLE, mensuração de massa corporal e estatura), sendo utilizado apenas o Flexicurva para avaliar a reprodutibilidade inter-avaliador e intra-avaliador. Neste segundo dia, foi conduzida apenas a avaliação com o Flexicurva.

Avaliação com o Flexicurva

O protocolo de avaliação do Flexicurva iniciou com a palpação e a marcação na pele, com lápis dermográfico, dos processos espinhosos das vértebras (PE's) C7, T1, T6, T12, L4, S2, sendo que para a avaliação da região torácica foram utilizadas as marcações dos PE's C7, T1, T6 e T12 e para avaliação da região lombar, as marcações do PE's T12, L4 e S2. Imediatamente após, inicia a avaliação com o Flexicurva.

Primeiramente ocorreu a avaliação da flexibilidade da coluna em flexão, a partir da posição sentada. Nessa avaliação o indivíduo foi instruído a manter sempre os ísquios apoiados na cadeira e a realizar a flexão durante a expiração. O indivíduo sentado em uma cadeira sem encosto realizou duas repetições do movimento de flexão como forma de familiarização. Na terceira repetição, o indivíduo realizou o movimento de flexão da coluna torácica e lombar até atingir a sua amplitude máxima (Figura 1a) e, neste momento, o Flexicurva foi moldado nas costas. Ainda nessa posição, foram fixados marcadores adesivos no Flexicurva nos locais que representam os PE's marcados na pele. O Flexicurva foi, então, cuidadosamente retirado do dorso e posicionado sobre uma folha de papel e seu contorno foi demarcado juntamente com a identificação dos PEs.

Para avaliação da flexibilidade da coluna em extensão, a partir da posição em decúbito ventral, o indivíduo foi instruído a manter as mãos apoiadas na maca e alinhadas aos ombros, os cotovelos flexionados, as espinhas ilíacas ântero-superiores (EIAS), pernas e pés apoiados na maca. Nessa avaliação o indivíduo foi instruído a realizar a extensão dos cotovelos durante a expiração, sem nunca perder o contato das EIAS com a maca. A avaliação iniciou com o indivíduo realizando duas repetições do movimento de extensão como forma de familiarização. Na terceira

repetição, o indivíduo realizou o movimento de extensão da coluna torácica e lombar até atingir a sua amplitude máxima (Figura 1b) e, neste momento, o Flexicurva foi moldado nas costas. Ainda nessa posição, foram fixados marcadores adesivos no Flexicurva, nos locais que representam os PE's marcados na pele. Após, o Flexicurva foi cuidadosamente retirado do dorso e posicionado sobre uma folha de papel e seu contorno foi demarcado juntamente com a identificação dos PEs.

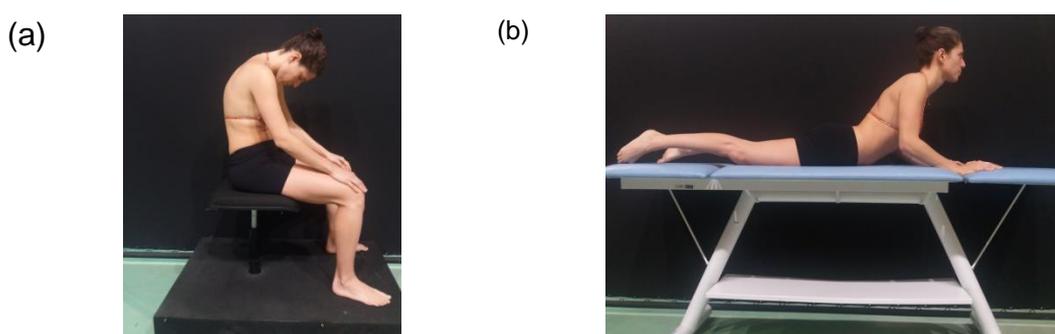


Figura1: Ilustração da posição de avaliação da flexibilidade da coluna vertebral: máximas amplitudes de flexão torácica e lombar (a) e extensão torácica e lombar (b).

Todo esse protocolo de avaliação com o Flexicurva foi realizado, no 2º dia de avaliação, por três avaliadores (AV1, AV2, AV3) de forma aleatória, independente e cegada. Um intervalo entre cada um dos três avaliadores, de aproximadamente 10 minutos, foi realizado, no qual houve: (1) remoção dos marcadores adesivos colados no Flexicurva; (2) desmanche do molde no Flexicurva; e (3) remoção das marcações dos pontos anatômicos nas costas do indivíduo. Durante esse intervalo o indivíduo podia se movimentar conforme sua necessidade.

Após a coleta com o Flexicurva e de posse dos contornos das curvaturas da coluna em flexão e extensão máximas, transcritos no papel, uma fotografia foi registrada utilizando uma câmera digital *Nikon COOLPIX AW130*. Essa fotografia (arquivo jpg) foi importada para o *Software Matlab 8.5*, para uma rotina elaborada especificamente para esse estudo. Nesse ambiente, as imagens foram digitalizadas a partir da marcação dos pontos dos PE's C7, T1, T6, T12, L4, S2. Ainda outros nove pontos foram digitalizados: três pontos (p1, p2, p3) entre T1 e T6, três pontos (p4, p5, p6) entre T6 e T12, dois pontos (p7, p8) entre T12 e L4 e por fim, o último ponto (p9) anterior a S2 (Figura 2). Portanto, após a digitalização dos quinze pontos, foi possível obter valores angulares da flexão e extensão máximas, utilizando um

sistema de coordenadas cartesianas, onde eixo y representou a direção crânio-caudal e o eixo x representou o eixo ântero-posterior, seguido de polinômio de 3° ordem, posteriormente traçadas tangentes em T1 e T12 para a região torácica e T12 e S2 para a região lombar (Figura 2).

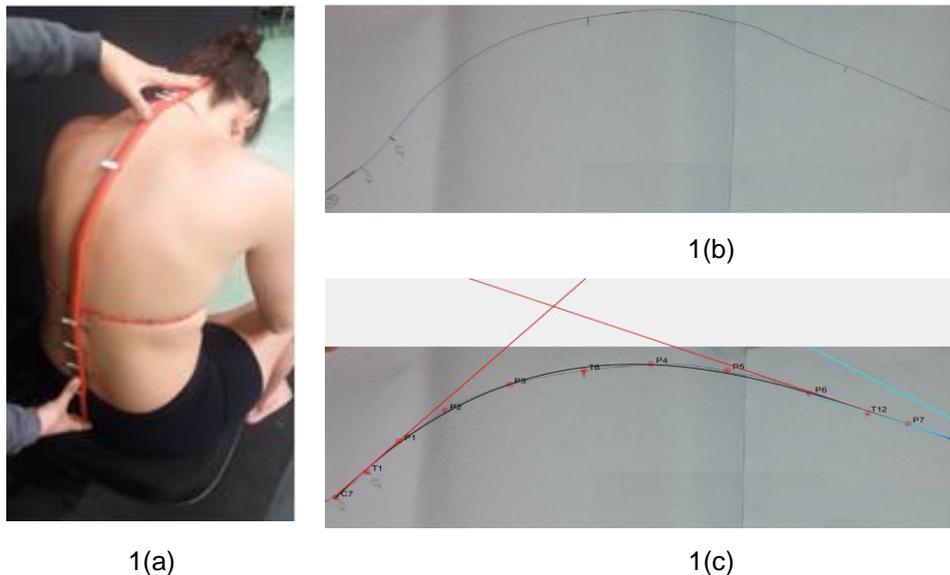


Figura 2: Representação da avaliação com o Flexicurva na região torácica: (a) sobre a coluna em flexão máxima; (b) do contorno traçado no papel; (c) dos pontos digitalizados no *software* e das tangentes (linhas vermelhas) que quantificam o ângulo da flexão máxima fornecida pelo Flexicurva.

Avaliação com o sistema de vídeo 3D

Para a aquisição das variáveis cinemáticas de posição angular da coluna torácica e lombar foi utilizado o sistema BTS Smart-DX (BTS Bioengineering, EUA), constituído por dez câmeras infravermelhas. A frequência de amostragem foi de 25 Hz e os marcadores reflexivos mediam 12 mm de diâmetro. A calibração do sistema foi realizada de acordo com as normas do fabricante.

Para as coletas de dados do sistema de vídeo 3D foram utilizados os PEs C7, T1, T2, T4, T6, T8, T10, T12, L2, L4 e S2, além de dois marcadores técnicos alinhados a cinco centímetros, à direita e à esquerda do PE de T1. Nos pontos anatômicos foram fixados, com fita dupla-face, os marcadores reflexivos.

Imediatamente após a colocação dos marcadores, a aquisição das posições máximas de flexão e extensão da coluna vertebral (regiões torácica e lombar) foi realizada na mesma seqüência e com o mesmo protocolo que a avaliação com o Flexicurva (Figura 1). Ou seja, o indivíduo iniciou na posição sentada para avaliação

da flexão máxima e após realizou a avaliação da extensão máxima, na posição em decúbito ventral. Essa aquisição foi realizada com o software Smart-Capture (BTS Bioengineering, EUA).

Para a análise dos dados oriundos do sistema de vídeo 3D foi utilizado o software *BTS Smart-Tracker* (BTS Bioengineering, EUA), o qual permitiu a reconstrução e identificação digital dos marcadores (Figura 3). Ainda no *Software Smart-Analyser* (BTS Bioengineering, EUA), o frame da máxima flexão e extensão das curvaturas torácica e lombar foi obtido com o pico da curva dos eixos x e y, os quais foram introduzidos posteriormente no software Matlab 8.5.

Inicialmente os PE's de C7, T1, T2, T4, T6, T8, T10 e T12 para região torácica e T12, L2, L4 e S2 para região lombar, oriundos do sistema de vídeo, foram digitalizados no software Matlab® 8.5 para a obtenção das curvaturas. Uma equação polinomial de 4ª ordem foi utilizada para a extensão máxima e uma equação polinomial de 3ª ordem foi utilizada para flexão máxima. A partir de trigonometria, utilizando o método das tangentes, obtiveram-se os ângulos referentes às curvaturas em flexão e extensão máximas da região torácica (tangentes passando pelos pontos C7 e T10) e da região lombar (tangentes passando pelos pontos T10 e S2) (Figura 3).

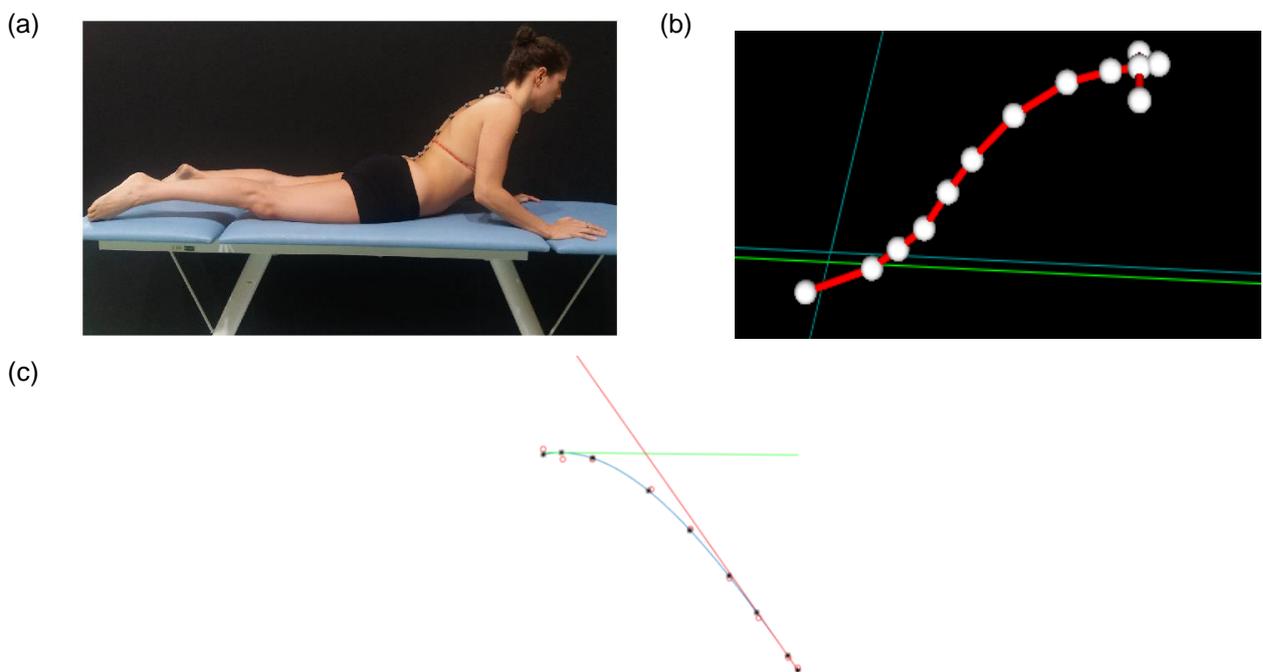


Figura 3. Representação da avaliação com o sistema de vídeo: (a) extensão máxima da região torácica com marcadores reflexivos; (b) reconstrução e identificação dos pontos no software *BTS Smart-Tracker*; (c) resultado fornecido pelo software Matlab 8.5 referente à extensão máxima, onde as linha vermelha e verde representam as tangentes que quantificam o ângulo da extensão.

2.3 Tratamento dos dados

O tratamento estatístico foi realizado no *software* SPSS versão 20, sendo primeiramente verificada a normalidade, pelo teste de Shapiro-Wilk. Após, a análise estatística foi realizada por meio de estatística descritiva (média, desvio padrão) e inferencial.

Para analisar a **validade**, ou seja, o grau de concordância entre os ângulos do Flexicurva e do sistema de vídeo, foi utilizado o erro RMS (Root Mean Square), análise gráfica de concordância de Bland-Altman e o Coeficiente de Correlação Produto-momento de Pearson (r), o qual foi classificado em: fraco (entre 0,10 e 0,29), moderado (entre 0,30 e 0,49) e excelente (entre 0,50 e 1) (COHEN, 1988).

A **reprodutibilidade interavaliador do protocolo** foi avaliada por três avaliadores (AV1, AV2, AV3) no mesmo dia. A **reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo** foi avaliada por um único avaliador (AV1) em dois dias, com intervalo de três a 10 dias entre cada avaliação, sendo que o AV1 não possuía conhecimento dos resultados obtidos no primeiro dia de avaliação. A **reprodutibilidade intra-avaliador do software** foi avaliada por um único avaliador (AV1), em dois dias distintos, com intervalo de 7 dias entre a digitalização do mesmo arquivo no software. O arquivo foi referente à coleta realizada no 1º dia de avaliação. Esse procedimento foi utilizado para identificar a variabilidade inerente ao software do Flexicurva na aquisição dos ângulos de flexão e extensão nas regiões torácica e lombar.

Assim, para análise das reprodutibilidades foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intra-classe (ICC), SEM (*Standart Error Measurement*) e MDC (*Minimum Detectable Change*). Ambos, SEM e MDC fornecem a estimativa de precisão da medida e o mínimo erro detectável, respectivamente (DENEGAR E DONALD, 1993; HICKS, 2006). Os valores de ICC foram classificados em excelente (ICC > 0,75), satisfatório (ICC 0,40 - 0,75) e pobre (ICC < 0,40), de acordo com Fleiss, Levin e Paik (2004). O nível de significância adotado em todos os testes será de 0,05.

3. RESULTADOS

Quanto à **validação**, foram encontradas correlações excelentes entre os valores de extensão torácica e flexão lombar máximas, oriundos do Flexicurva e do sistema de vídeo 3D, enquanto que os valores de flexão torácica máxima mostraram correlação moderada entre o Flexicurva e o sistema de vídeo 3D (Tabela 1; Figura 4). No entanto, os valores de extensão lombar máxima mostraram correlação fraca entre o Flexicurva e o sistema de vídeo 3D (Tabela 1; Figura 4).

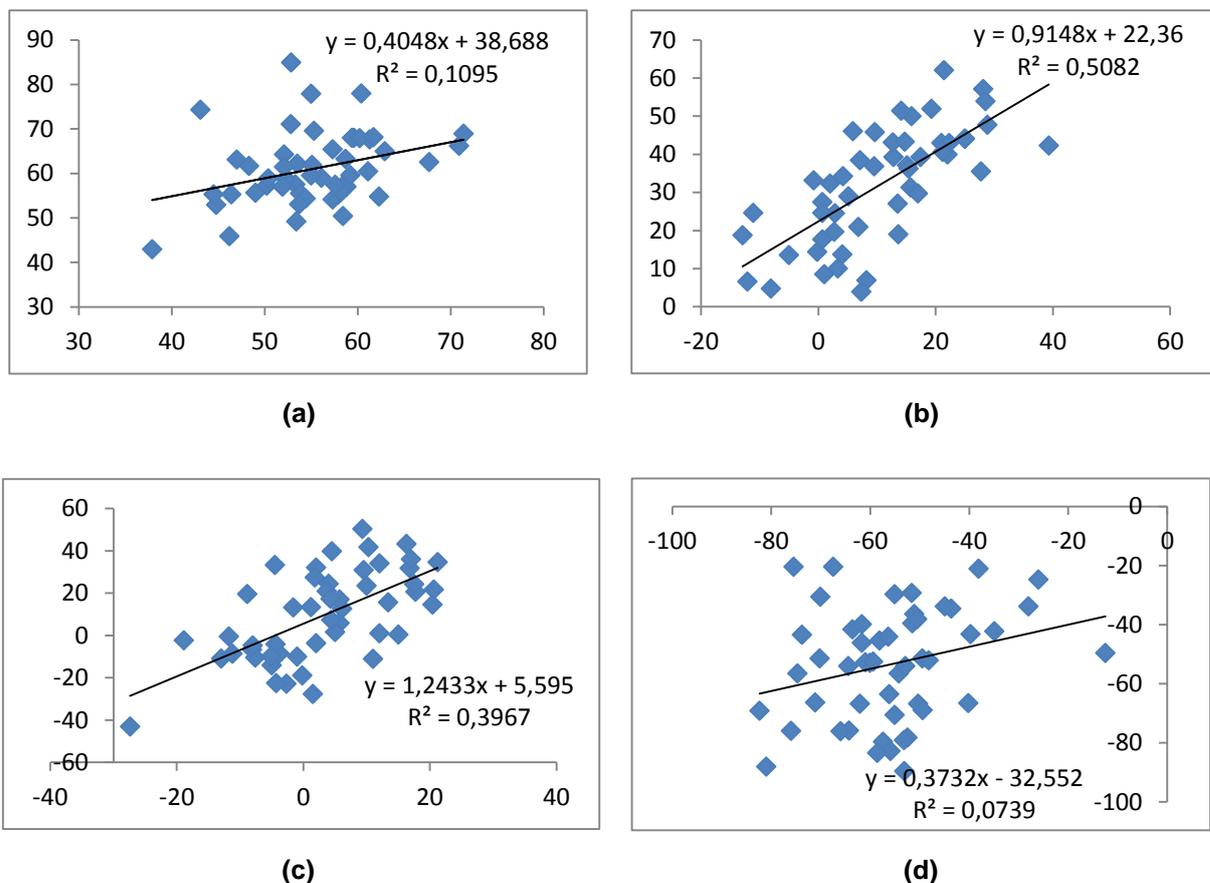
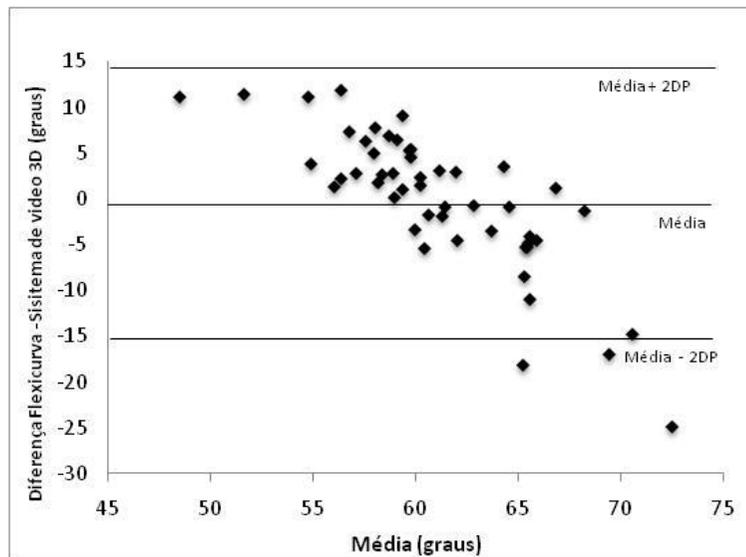
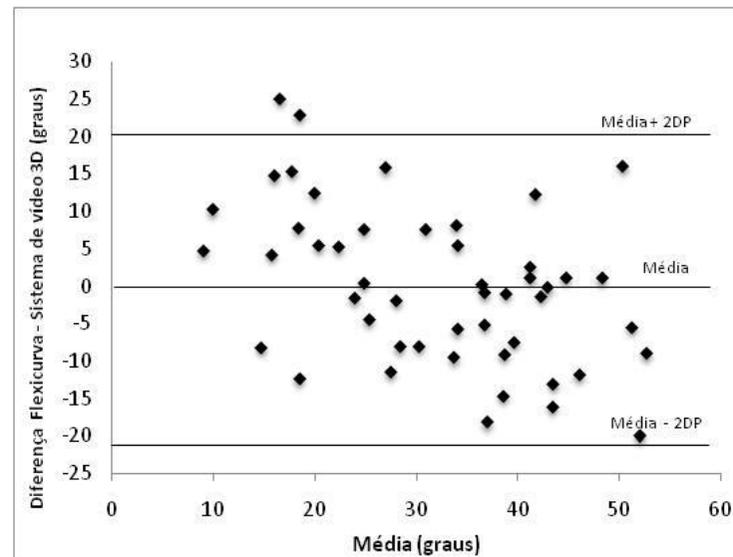


Figura 4. Correlação entre Flexicurva e sistema de vídeo 3D nas posições: (a) flexão torácica, (b) extensão torácica, (c) flexão lombar e (d) extensão lombar. Eixo "Y" corresponde as medidas do sistema de vídeo e "X" corresponde as medidas do Flexicurva.

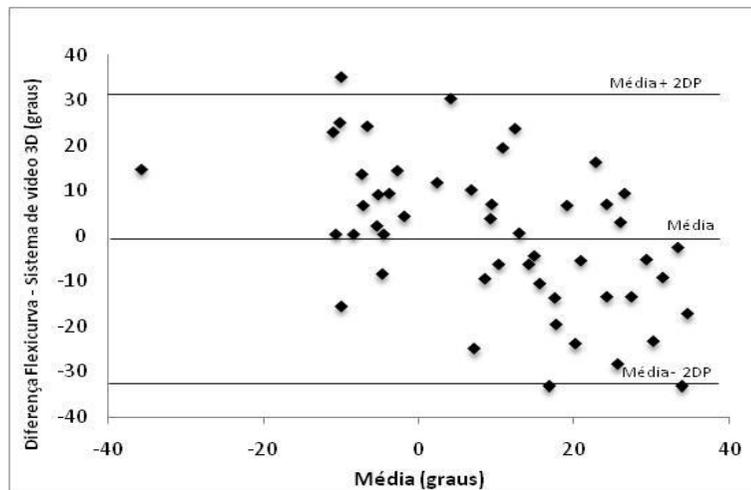
Quanto à concordância entre os métodos, o erro RMS variou de $7,6^\circ$ a $18,2^\circ$ (Tabela 1) e, em associado às análises gráficas de Bland-Altman (Figura 5), aponta para a não concordância entre os ângulos do Flexicurva e do sistema de vídeo 3D mensurados na flexão lombar (Figura 5d).



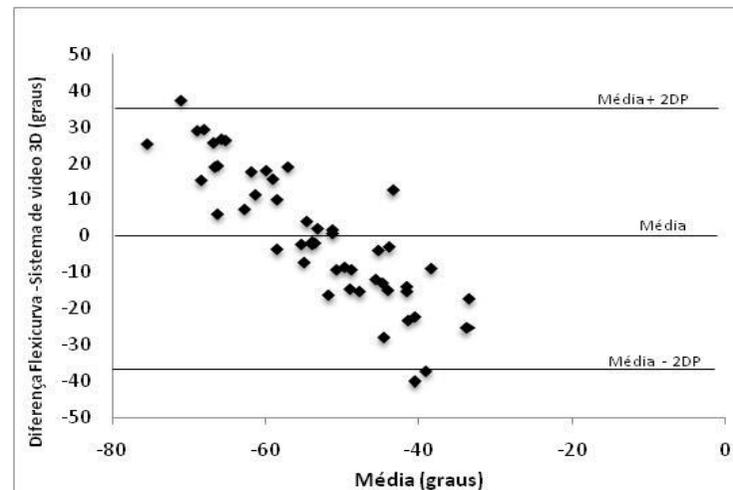
5 (a)



5 (b)



5 (c)



5 (d)

Figura 5. Método de gráfico de Bland-Altman entre Flexicurva e sistema de vídeo 3D nas posições: (a) flexão torácica, (b) extensão torácica, (c) flexão lombar e (d) extensão lombar.

Tabela 1. Resultados de correlação entre o instrumento Flexicurva e Sistema de vídeo 3D para os ângulos de flexão e extensão nas regiões torácica e lombar (n=50).

		Flexicurva °		Sistema de vídeo 3D°		Teste t (p)	Correlação de Pearson	Erro RMS°
		Média±DP	Min/Max	Média±DP	Min-Max			
Torácica	Flexão	61,0±2,7	54,0/67,6	61,0±8,1	43,0/66,1	0,001 (0,999)	r=0,331; p=0,019	7,6
	Extensão	32,2±10,6	10,6/58,3	32,2±14,9	4,0/62,1	0,000 (1,0)	r=0,713; p<0,001	10,3
Lombar	Flexão	9,4±13,3	-28,5/31,9	9,4±21,2	-43,1/50,5	0,000 (1,0)	r=0,630; p<0,001	16,3
	Extensão	-53,4±5,2	-63,3/-37,2	-53,4±19,1	-89,3/-20,4	0,004 (0,997)	r=0,272; p=0,056	18,2

Legenda: ADM= amplitude de movimento; DP= desvio padrão; erro RMS= Root Mean Square

Em relação à **reprodutibilidade intra-avaliador do software**, relativa à variabilidade inerente ao software do Flexicurva, foram obtidos ICCs excelentes, variando entre 0,989 e 0,998, sendo o SEM com valores inferiores a 1,1° e o MDC com valores inferiores a 2,2° (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados obtidos para a reprodutibilidade intra-avaliador do software para os ângulos de flexão e extensão máximos nas regiões torácica e lombar, referente à variabilidade inerente ao software do Flexicurva (n=50)

		1º dia		2º dia		ICC (IC 95%)	SEM°	MDC°
		Média±DP°	Min/Max°	Média±DP°	Min-Max°			
Torácica	Flexão	60,9±2,8	53,9/67,8	60,8±2,9	53,7/67,6	0,990(0,982-0,994) p<0,001	0,3	0,6
	Extensão	31,9±10,7	9,7/57,8	31,9±10,7	9,5/57,7	0,997(0,995-0,998) p<0,001	1,1	2,2
Lombar	Flexão	11,0±12,9	-19,1/35,4	10,9±12,6	-18,5/35,4	0,989(0,980-0,993) p<0,001	0,5	1,1
	Extensão	-53,4±5,2	-63,3/-37,5	-53,4±5,3	-63,3/-37,4	0,998(0,996-0,999) p<0,001	0,2	0,5

Legenda: ADM= amplitude de movimento; DP= desvio padrão; ICC= índice de correlação intra-classe; IC= intervalo de confiança, SEM= erro padrão de medida; MDC= mínima mudança detectável

Na **reprodutibilidade intra avaliador do protocolo** a flexão e extensão máximas da região torácica e a extensão lombar máxima mostraram ICCs classificados como satisfatórios. Entretanto a flexão lombar máxima mostrou ICC classificado como pobre, com SEM de 8,3° e MDC de 16,3° (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados obtidos para a reprodutibilidade intra-avalador do protocolo dos ângulos de flexão e extensão máximos das regiões torácica e lombar, oriundos das medições de um único avaliador em dois dias distintos (n=35).

		1º dia		2º dia		ICC (IC 95%)	SEM°	MDC°
		Média±DP°	Min/Max°	Média±DP°	Min-Max°			
Torácica	Flexão	61,0±3,3	52,9/67,0	60,9±2,7	54,0/67,3	0,584(0,31-0,766) p<0,001	0,9	1,9
	Extensão	31,3±10,6	8,0/51,3	30,6±10,4	10,6/48,4	0,578(0,307-0,762) p<0,001	6,9	13,3
Lombar	Flexão	12,1±12,1	-14,0/40,2	9,0±13,8	-28,5/32,0	0,363(0,038-0,618) p=0,015	8,3	16,3
	Extensão	-51,8±4,0	-58,2/-42,9	-52,5±4,1	-60,9/-42,3	0,562(0,287-0,753) p<0,001	2,4	4,7

Legenda: ADM= amplitude de movimento; DP= desvio padrão; ICC= índice de correlação intra-classe; IC= intervalo de confiança, SEM= erro padrão de medida; MDC= mínima mudança detectável

Na **reprodutibilidade interavaliador do protocolo**, a flexão e extensão máximas, tanto da região torácica quanto lombar mostraram ICCs classificados como satisfatórios, com SEM variando ente 1,7°a7,4° e MDC variando entre 3,3°a 14,5° respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados obtidos para a reprodutibilidade interavaliador do protocolo dos ângulos de flexão e extensão máximos das regiões torácica e lombar, obtidos nas medições de três avaliadores (n=37).

		Avaliador 1		Avaliador 2		Avaliador 3		ICC (IC 95%)	SEM°	MDC°
		Média±DP°	Min/Max°	Média±DP°	Min-Max°	Média±DP°	Min-Max°			
Torácica	Flexão	61,1±2,8	54,0/67,3	62,1±2,6	56,0/66,6	61,5±2,9	56,1/67,7	0,635 (0,465-0,775) p<0,001	1,7	3,3
	Extensão	31,2±11,1	10,6/57,5	36,9±11,1	8,9/59,0	34,7±11,1	6,1/56,3	0,675 (0,515- 0,802) p<0,001	6,3	12,4
Lombar	Flexão	10,6±11,6	-9,1/32,0	15,9±12,5	-9,2/34,4	13,1±10,9	-11,8/35,7	0,417 (0,215-0,612) p<0,001	7,4	14,5
	Extensão	-52,3±3,9	-60,9/-42,3	-50,8±3,2	-58,5/-44,8	-51,5±4,3	-59,8/-41,5	0,555 (0,368-0,718) p<0,001	2,6	5,0

Legenda: ADM= amplitude de movimento; DP= desvio padrão; ICC= índice de correlação intra-classe; IC= intervalo de confiança, SEM= erro padrão de medida; MDC= mínima mudança detectável.

4. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi verificar se o Flexicurva fornece informações válidas e/ou reproduzíveis para as avaliações da flexibilidade da coluna torácica e lombar em flexão e extensão. A discussão será dividida respeitando as etapas do estudo, etapa de validação e etapa de reprodutibilidade.

Etapa de validação

No que tange a validação, os resultados mostram correlação moderada para a flexão torácica (Tabela 1), quando correlacionados os ângulos fornecidos pelo sistema de vídeo 3D e o Flexicurva. O uso da análise de correlação reflete a relação entre duas abordagens, mas não a concordância entre elas (HOPKINS, 2000), dada pela técnica de análise gráfica de Bland-Altman (1986;1995), associada ao conhecimento do erro RMS. A diferença média de 0,002° entre o Flexicurva e o sistema de vídeo 3D (Figura 5a) e o baixo erro RMS (Tabela 1) para a flexão torácica sinalizam alguma concordância entre ambos os métodos de avaliação, mesmo que os limites de concordância, próximos de 15° sejam indesejados. No entanto, ressalta-se que nessa análise gráfica (Figura 5a) identifica-se que em graus menores de flexão torácica, o Flexicurva parece superestimar os valores em relação ao sistema de vídeo 3D e o oposto parece ocorrer nas maiores amplitudes de flexão torácica. Nesse sentido, entende-se que o conjunto desses resultados sugere cautela na utilização do Flexicurva para avaliação da flexibilidade em flexão da coluna torácica.

Quanto à validade do Flexicurva em avaliar a flexibilidade em extensão da coluna torácica, a excelente correlação e o moderado erro RMS (Tabela 1), bem como a dispersão aleatória, com uma diferença média igual a zero e poucos indivíduos fora dos limites de concordância observados na análise gráfica de Bland-Altman (Figura 5b) sinalizam para a concordância entre ambos os métodos (Flexicurva e sistema de vídeo 3D). No entanto, ressalta-se a amplitude indesejada em torno de 20° dos limites de concordância.

Até o presente momento não foram encontrados estudos de validação que utilizaram o Flexicurva e a sistema de vídeo 3D para avaliar a ADM em flexão e em

extensão da coluna torácica. O único estudo encontrado que investigou especificamente a validação da região torácica foi o de Edmondston *et al.* (2012), no qual o autor objetivou validar a fotogrametria, comparando-a ao exame radiológico (Cobb). 14 indivíduos adultos do sexo masculino realizaram a extensão torácica máxima, a partir da posição em pé. Os resultados mostraram correlação excelente ($r= 0,69;p<0,01$), coeficiente de variação (CV) de 7,8% e SEM de $0,6^\circ$, mas o estudo não apresenta qualquer tipo de análise de concordância entre os métodos.

No que se refere à validade do Flexicurva em avaliar a flexibilidade em flexão da coluna lombar, encontrou-se excelente correlação, mas elevado erro RMS, embora as médias dos dois métodos tenham sido praticamente idênticas (Tabela 1). Na análise gráfica de Bland-Altman (Figura 5c) observa-se dispersão aleatória, com diferença média igual a zero, poucos indivíduos fora dos limites de concordância, embora estes estejam muito elevados, ao redor de 30° . Esses resultados sinalizam alguma concordância entre os dois métodos, embora o alto erro RMS indique a necessidade de cautela na utilização do Flexicurva para avaliação da flexibilidade em flexão da coluna lombar.

Por fim, na validação do Flexicurva como método para avaliar a flexibilidade em extensão da coluna lombar, encontrou-se correlação fraca, apesar de um erro RMS moderado (Tabela 1) e ausência de concordância, a partir da análise de Bland-Altman (Figura 5d), pois claramente existe uma tendência linear na distribuição dos dados, ou seja, o Flexicurva tende a apresentar valores maiores em relação à sistema de vídeo 3D, e os limites de concordância ao redor de 35° estão muito elevados. Esses resultados não permitem validar o Flexicurva como instrumento de avaliação da flexibilidade em extensão lombar.

Poucos são os estudos de validação de métodos que avaliam a flexibilidade da coluna vertebral. Schuit *et al.* (1997) validaram o sistema de análise 3D (OSI SMA) para quantificar a flexibilidade de flexão e extensão lombar ($n=10$) em relação ao exame de Raio-X. Os autores encontraram baixos índices de correlação para flexão e moderados para extensão e na análise de Bland-Altman encontraram limites pequenos de concordância com uma diferença média de 8° entre os métodos. Os autores concluíram que, apesar de existir um erro aleatório dentro dos intervalos de confiança, o sistema de análise 3D concorda com o exame de Raio-X. Breum, Wiberg e Bolton (1995) avaliaram a flexibilidade em flexão e extensão da coluna lombar do instrumento BROM II (inclinômetro modificado) em 47 indivíduos

comparando-o com o inclinômetro duplo. Diferentemente dos outros autores, estes apresentam seus resultados através do ICC (ICC flexão= 0,75 e ICC extensão= 0,63), o que segundo Bland- Altman (1986;1995), não é o tratamento estatístico mais adequado. Nesse sentido, os resultados desses autores não são passíveis de comparação com outros estudos, nem mesmo com o presente estudo.

Burton (1986) confirma a validade concorrente do Flexicurva a partir da diferença de $+1^\circ$ ao compará-lo com exame radiológico, porém sua análise estatística é bastante limitada. Tillotson e Burton (1991) verificaram a validade concorrente do Flexicurva ao compará-lo com o exame de Raios-X. Seus resultados mostraram valores excelentes de correlação ($r=0,98$) e média de $33,5^\circ$ e $45,7^\circ$, para flexão e extensão, respectivamente. Na análise de Bland- Altman, encontraram que a média da diferença foi de zero e $-0,5^\circ$ para a flexão e extensão lombar, respectivamente, bem como limites de concordância variando entre $\pm 6^\circ$ para flexão e $\pm 5^\circ$ para extensão lombar. Esses resultados indicam a concordância do Flexicurva com o Exame de Raios-X, sendo muito superiores ao do presente estudo, que limita a utilização do Flexicurva.

A diferença entre os achados de validação do presente estudo e do estudo de Tillotson e Burton (1991) poder estar relacionados à escolha do padrão ouro. Enquanto no presente estudo a validação foi realizada a partir da concordância entre o Flexicurva e o sistema de vídeo 3D, por acreditar que corresponde a melhor forma de avaliação do movimento (ZATSIORSKY, 1998), Tillotson e Burton (1991) utilizaram o Exame de Raios-X. Possivelmente, o fato de não estar avaliando o movimento de flexão e extensão, mas sim uma posição estática de flexão e extensão, de forma seqüencial e não simultânea em relação ao sistema de vídeo 3D, pode ter afetado de forma negativa os achados do presente estudo. A flexibilidade costuma ser uma variável complexa, que vai se alterando, em geral para mais, conforme o executante realiza os movimentos. Na metodologia do presente estudo, os indivíduos realizavam três repetições, sendo que na terceira, parava na posição máxima e o registro da avaliação era feito, para cada instrumento. Sendo assim, no momento da avaliação com o vídeo, a mensuração, de certa forma, estava ocorrendo na sexta repetição. Isso pode ter favorecido o resultado do sistema de vídeo 3D, quando se analisa os valores mínimos e máximos (Tabela1).

Etapa de reprodutibilidade

O ICC é um indicador de correlação de medidas entre diferentes e entre o mesmo avaliador. Porém deve ser analisado em conjunto com o SEM e o MDC, pois o método pode apresentar um excelente ICC, mas estar associados a altos valores de SEM e MDC, o que não são resultados esperados. Dentre os estudos encontrados, a maioria limitou-se apenas em apresentar os valores de correlações (ICC ou r de Pearson), não apresentando essa análise do SEM e MDC conjunta.

Na reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo apenas o estudo de Fölsch *et al.* (2012) avaliou a flexão e extensão da coluna torácica, no entanto o instrumento avaliado não era o Flexicurva. Utilizando as imagens de um ultrassom (ZEBRIS CMS20), os autores avaliaram, com 24h de intervalo entre as medidas, a flexão e a extensão torácica de 28 indivíduos saudáveis. Seus resultados mostraram no 1º dia de avaliação, $26,9^\circ \pm 14,5^\circ$ para flexão torácica e de $24,4^\circ \pm 11,4^\circ$ para a extensão, e no 2º dia de avaliação amplitudes de $27,6^\circ \pm 14,1^\circ$ para flexão e $26,1^\circ \pm 11,3^\circ$ para extensão torácica. Encontraram valores de ICC e de SEM satisfatórios para a flexão, mas para a extensão, o ICC foi pobre e o SEM alto. Os autores ainda relataram que para ambas as medições houve variação de medida entre as avaliações superior a 10° , em oposição com o presente estudo que apresentou ICC satisfatórios, SEM e MDC baixos, com uma variação entre as medidas de 2° e 8° para a flexão e extensão torácica respectivamente.

Na região lombar, cinco foram os estudos que avaliaram a reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo de flexão e extensão. Tillotson e Burton (1991), Burton (1986), Burton (1987) e Boocock *et al.* (1994) apresentaram valores de reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo utilizando o coeficiente produto-momento de Pearson (variando entre 0,86 -0,97). Entretanto para avaliar a reprodutibilidade dos instrumentos, segundo Hopkins (2000) e Brink e Louw (2011), o ICC é o método mais indicado para este fim, uma vez que ele preza por valores angulares iguais entre os instrumentos, razão pela qual é difícil comparar o presente estudo com os supracitados. O único estudo encontrado que utilizou o ICC para avaliar a reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo da coluna lombar foi o de Youdas, Suman e Garrett (1995).

Youdas, Suman e Garrett (1995), através de referências anatômicas, estimou os PE's de T12, L4 e S2 e avaliou a ADM de flexão e extensão lombar de 10 indivíduos adultos de ambos sexos com o instrumento Flexicurva, a partir de medições sucessivas, caracterizando a repetibilidade. Obteve os ângulos de flexão e extensão através do método das tangentes e do método trigonométrico. Seus resultados indicaram valores de ICC excelentes para flexão e extensão lombar (ICC=0,9-0,95 e ICC= 0,96-0,98, respectivamente). Embora na metodologia desse estudo esteja clara a medição sucessiva, os autores referem ter avaliado a reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo. Considerando que tradicionalmente a reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo exige um intervalo mínimo de 24h entre a obtenção das medições, os altos valores de ICC encontrados por Youdas, Suman e Garrett (1995) podem estar relacionados ao não cumprimento dessa prerrogativa, diferentemente do presente estudo, que respeitou um intervalo mínimo de sete dias entre o teste e o re-teste. Além disso, Youdas, Suman e Garrett (1995) estimaram os PE's a partir de referências anatômicas mais simples, ao invés do presente estudo que utilizou a palpação dos PE's, fato que necessita treinamento e prática e pode ter afetado os níveis de ICC (Tabela 3).

Quanto à reprodutibilidade intra-avaliador do software, no presente estudo foi avaliado a capacidade de reprodução do software do Flexicurva, uma vez que a análise da fotografia do contorno foi analisada duas vezes, pelo mesmo avaliador, com intervalo de 7 dias. Os resultados mostraram excelentes ICCs (Tabela 2), fornecendo garantia do método de análise do Flexicurva. Assim, infere-se que os valores mais baixos de ICC na reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo (Tabela 3) são decorrência dos procedimentos de coleta, que por sua vez são dependentes da palpação, do comando verbal para o teste, da motivação do indivíduo em atingir sua amplitude máxima, além das propriedades visco-elásticas do sistema musculoesquelético, que ao longo do protocolo em si podem ter alterado o nível de flexibilidade.

Quanto à reprodutibilidade interavaliador do protocolo, identificou-se três estudos que utilizaram o Flexicurva. Dois deles apresentaram seus resultados com análises a partir do produto-momento de Pearson: Burton (1987) avaliou a flexão e a extensão lombar de 10 indivíduos adultos saudáveis, apresentando apenas como resultados, o erro entre as avaliações, que foi de 7 e 15%, respectivamente; e

Burton (1986) encontrou correlação entre flexão e extensão lombar de 0,82 e 0,99, respectivamente. O terceiro estudo de Youdas, Suman e Garrett (1995), apresentou valores excelentes de ICC para flexão e extensão. Outros três estudos avaliaram a reprodutibilidade interavaliador do protocolo com sistema de análise de movimento 3D, dentre eles apenas Schuit *et al.* (1997) e Troke, Schuit e Petersen (2007) seguem as recomendações de Hopkins (2000) no que se refere a análise dos dados, sendo que ambos os estudos obtiveram valores de ICCs excelentes (variando entre eles 0,73 a 0,99). Entretanto, nenhum dos estudos supracitados apresentou os valores de SEM e MDC em conjunto com o ICC. Em comparação a estes, o presente estudo apresentou resultados diferentes, uma vez que obteve ICC pobre para a flexão lombar e satisfatório para extensão lombar (Tabela 4). Independente da propriedade psicométrica (reprodutibilidade intra e interavaliador do protocolo, intra-avaliador do software), o erro aleatório de medida pode ocorrer de diferentes fontes: erro associado à medida de palpação na superfície da pele, molde do Flexicurva sobre o dorso, transcrição para o papel, erro associado aos diversos avaliadores. No presente estudo, tanto a reprodutibilidade intra-avaliador do protocolo, quanto à interavaliador forneceram requisitos necessários para a utilização do Flexicurva em diversos ambientes como instrumento de acompanhamento da flexibilidade de flexão e extensão da coluna torácica e lombar. Não obstante, sugere-se cautela quanto a flexão lombar, uma vez que esta apresentou importante erro de medida (SEM) entre os avaliadores.

5 CONCLUSÃO

No que se refere à **validade**, houve correlação moderada para extensão torácica e flexão lombar, embora alguns valores de erro RMS tenham sido altos. Quanto à **reprodutibilidade intra-avaliador do software**, encontrou-se correlação excelente e baixíssimos valores de SEM e MDC. No que se refere à **reprodutibilidade intra e interavaliador do protocolo**, as correlações foram satisfatórias, entretanto para a flexão lombar, os valores de SEM e MDC estão muito altos.

Assim, entende-se que os resultados da reprodutibilidade devem ser vistos com prudência, devido aos altos valores de SEM e MDC, que indicam, em média,

um erro de medida associado. Embora níveis mínimos aceitáveis de validade do Flexicurva tenham sido encontrados, sua utilização na flexão torácica e extensão lombar deve ser cautelosa.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, P., STOKES, I.A.F., BLANCHI, J.P. Three-Dimensional Analysis of Human Movement. Human Kinetics Pub., Champaign, IL, 1995.
- BLAND JM, ALTMAN DG. "Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading". *Lancet*, 346(8982): 1085–1087, 1995.
- BLAND JM, ALTMAN DG. "Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement". *Lancet*, 1(8476): 307–10, 1986.
- BOOCOCK MG, JACKSON JA, BURTON AK, TILLOTSON KM. Continuous measurement of lumbar posture using flexible electrogoniometers. *Ergonomics* 1994;37(1):175-185.
- BREUM J, WIBERG J, BOLTON JE. Reliability and concurrent validity of the BROM II for measuring lumbar mobility. *J Manipulative Physiol Ther* 1995;18(8):497-502.
- BRINK Y, LOUW Q. Clinical instruments: reliability and validity critical appraisal. *J Eval Clin Pract* 2012;18(6):1126-32.
- BURTON AK. Regional lumbar sagittal mobility: Measurement by flexicurves. *Clin. Biomechanics* 1986;1:20-26.
- COHEN J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, Erlbaum, 1988.
- DENEGAR, C. R., & DONALD, W. B. (1993). Assessing reliability and precision of measurement: an introduction to intraclass and standard error of measurement. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2, 35-42.
- D'OSUALDO, F;SCHIERANO,S;IANNIS,M. Validation of clinical measurement of kyphosis with a simple instrument, the arcometer. *Spine*, v22,n.4, p.408-413, 1997.
- EDMONDSTON SJ, CHRISTENSEN M, KELLER S, MCLINPHYSIO PT, STEIGEN L, BARCLAY L. Functional radiographic analysis of thoracic spine extension motion in asymptomatic men. *J Manipulative Physiol Ther* 2012;35(3):203-208.
- FLEISS, J. L.; LEVIN, B.; PAIK, M. C. *Statistical methods for rates and proportions*. 3. ed. New Jersey: Wiley, 2004.
- FÖLSCH C,SCHLÖGEL S,LAKEMEIER S,WOLF U,TIMMESFELD N, SKWARA. Test-Retest Reliability of 3D Ultrasound Measurements of the Thoracic Spine. *AAPMR* 2012;4(5):335-341.

- GOH, S et al. Rastereographic analysis of the thoracic saggittal curvature: A reliability study. *journal os musculoskeletal research*, v.3, n.2, p.137-142, 1999.
- HICKS, G. E., GEORGE, S. Z., NEVITT, M. A., CAULEY, J. A., & VOGT, M. T. Measurement of lumbar lordosis: inter-rater realibility, minimum detectable change and longitudinal variation. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 19(7), 501-506, 2006.
- HOPKINS WG. "Measures of reliability in sports medicine and science". *Sports Medicine*, 30(1):1-15, 2000.
- KAPANDJI IA. *Fisiologia articular: esquemas comentados de mecânica humana*. 3v 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2008.
- PENHA, PJ; JOÃO, SM. Avaliação da flexibilidade muscular entre meninos e meninas de 7 e 8 anos. *Rev. fisioterapia e pesquisa*, São Paulo, v.15, n.4, p.387-91, out./dez. 2008.
- SCHUIT D, PETERSEN C, JOHNSON R, LEVINE P, KNECHT H, GOLDBERG D. Validity and reliability of measures obtained from the OSI CA-6000 Spine Motion Analyzer for lumbar spinal motion. *Man Ther* 1997;2(4):206-215.
- TILLOTSON KM, BURTON AK. Noninvasive measurement of lumbar sagittal mobility an assessment of the flexicurve technique. *Spine*1991;16(1):29-33.
- TROKE M, SCHUIT D, PETERSEN CM. Reliability of lumbar spinal palpation, range of motion, and determination of position. *BMC Musculoskelet Disord* 2007;8:103
- VRTOVECT; PERNUS F;LIKAR B. A review of methods for quantitative evaluation of spinal curvature. *European spine journal*, v18.n5,p.593-607,2009
- WALTER, S. D. ; ELIASZIW, M.; DONNER, A. Sample size and optimal designs for reliability studies. *statistics in medicine*, vol. 17, 101—110. 1998.
- WINTER D. *Biomechanics and motor control of human movement*. New Jersey: Johnwiley e songs, INC, 370.2009.
- YODAS JW, SUMAN VJ, GARRETT TR. Reliability of measurements of lumbar spine sagittal mobility obtained with the flexible curve. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;21(1):13-20.
- ZATSIORSKY VM. *Kinematics of human motion*. Champaign: Human Kinetics. 419;1998.

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Capítulo 2, caracterizado como um estudo de revisão sistemática com metanálise, tinha por objetivo identificar quais são os métodos válidos e/ou reprodutíveis utilizados para avaliar a ADM da coluna vertebral torácica e lombar no plano sagital. A partir dos resultados desse capítulo, conclui-se que existe baixa evidência científica sobre a validade, repetibilidade e reprodutibilidade dos instrumentos e métodos indicados para a avaliação da flexibilidade da coluna vertebral torácica e lombar. Desse modo, ainda há uma carência na literatura de estudos que se detenham nos aspectos de validação dos instrumentos de avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna torácica e lombar, o que estimula, por consequência, o desenvolvimento de novos métodos que visem suprir esta carência.

O Capítulo 3, caracterizado por um estudo original, tinha por objetivos (1) identificar a concordância dos ângulos medidos pelo sistema de vídeo 3D com aqueles obtidos pelo Flexicurva na avaliação da flexibilidade de flexão e extensão da coluna vertebral torácica e lombar (estudo de validação); e (2) correlacionar os ângulos medidos com o Flexicurva em diferentes dias (reprodutibilidade intra-avaliador e teste-reteste) e por diferentes avaliadores (reprodutibilidade interavaliador). Os resultados desse capítulo demonstraram, em relação à validação, que apesar dos níveis mínimos aceitáveis de validade do Flexicurva, sua utilização na flexão torácica e extensão lombar deve ser cautelosa. Do mesmo modo, os resultados da reprodutibilidade devem ser vistos com prudência, devido aos altos valores de SEM e MDC, que indicam, em média, um erro de medida associado.

CAPITULO 5 - LIMITAÇÕES, DIFICULDADES E PERSPECTIVAS

As principais limitações que podem ter afetado na força de correlação entre os ângulos do Flexicurva e do sistema de vídeo 3D, bem como na reprodutibilidade são: a não subdivisão dos indivíduos em grupos sejam eles grupos dados pelo padrão postural da coluna vertebral (curvaturas aumentadas, diminuídas ou fisiológicas) ou grupos dados pelo o sexo; a inconstância climática, que oscilou de dias muito frios a dias muito quentes.; a falta de valores normativos para as variáveis analisadas; a dificuldade de realizar as avaliações entre o sistema de vídeo e o Flexicurva de forma simultânea; dificuldade de realização dos mesmos movimentos, com amplitude semelhante; e o pouco tempo de pratica dos avaliadores, principalmente relacionada a palpação.

A principal dificuldade encontrada na condução desse estudo foi relacionada a postura de avaliação, ou seja, alguns indivíduos tinham dificuldade em manter a posição de extensão, principalmente, para a moldagem do Flexicurva. Entende-se que isso pode ter também afetado os resultados do estudo.

Quanto às perspectivas, entende-se necessária a condução de outros estudos que possam contribuir para o aperfeiçoamento deste método. Em termos práticos, a utilização do Flexicurva na avaliação da flexibilidade poderá auxiliar outros estudos: (1) relação da flexibilidade de flexão e extensão com IMC; (2) relação entre as medidas de flexibilidade em decúbito ventral e na posição em pé; (3) relação entre as medidas de flexibilidade em da flexão sentada com a flexão em pé; (4) valores normativos para a ADM em flexão e extensão da coluna torácica e lombar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NA INTRODUÇÃO GERAL

- ALLARD, P., STOKES, I.A.F., BLANCHI, J.P. Three-Dimensional Analysis of Human Movement. Human Kinetics Pub., Champaign, IL, 1995.
- ALMEIDA TT, JABUR MN. Mitos e verdades sobre flexibilidade: reflexões sobre o treinamento de flexibilidade na saúde dos seres humanos. *Motricidade*. 2007;3(1):337-44
- ALTER, MJ. Ciência da flexibilidade. Porto Alegre: Artmed; 2010.
- BEDEKAR N, SURYAWANSHI M, RAIRIKAR S, SANCHETI P, SHYAM A. Inter and intra-rater reliability of mobile device goniometer in measuring lumbar flexion range of motion. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2014;27(2):161-166.
- BEHNKE R. Anatomia do movimento. Porto Alegre: Artmed; 2014.
- BOOCOCK MG, JACKSON JA, BURTON AK, TILLOTSON KM. Continuous measurement of lumbar posture using flexible electrogoniometers. *Ergonomics* 1994;37(1):175-185.
- BURTON AK. Regional lumbar sagittal mobility: Measurement by flexicurves. *Clin Biomechanics* 1986;1:20-26.
- HAMILL J, KNUTZEN K. Bases biomecânicas do movimento humano. 3ed. Barueri, sp.: Manole, 2012.
- KEELEY, J.; MAYER, T. G.; COX, R; GATCHEL J.; SMITH J.; MOONEY,V. "Quantification of lumbar function. Part 5: Reliability of range-of-motion measures in the sagittal plane and an in vivo torso rotation measurement technique." *Spine* 11(1): 31-35. 1986.
- KENDALL FP; MCCREARY EK; PROVANCE PG; RODGERS MM; ROMANI WA. Músculos: provas e funções com postura e dor. 5ª edição. editora Manole, São Paulo- sp, 2007.
- KOLBER MJ, PIZZINI M, ROBINSON A, YANEZ D, HANNEY WJ. The reliability and concurrent validity of measurements used to quantify lumbar spine mobility: an analysis of an iphone (R) application and gravity based inclinometry. *Int J Sports Phys Ther* 2013;8(2):129-137.
- KUO Y, TULLY EA, GALEA M. Video analysis of sagittal spinal posture in healthy young and older adults. *J Manipulative Physiol Ther* 2009;32(3):210-215.
- LEARDINI A, BIAGI F, MERLO A, BELVEDERE C, BENEDETTI MG. Multi-segment trunk kinematics during locomotion and elementary exercises. *Clin Biomechanics* 2011;26:562–571.
- LOEBL, W.Y. Measurements spine posture and range of spinal movement. *Rheumatology*. 9 (3): 103-110. 1967
- MELLIN G, KIISKI R, WECKSTRÖM A. Effects of subject position on measurements of flexion, extension, and lateral flexion of the spine. *Spine* 1991;16(9):1108-1110.

- MINATTO G.;RIBEIRO R.R.; ABDALLAH A.JR.; SANTOS K.D. Idade, maturação sexual, variáveis antropométricas e composição corporal: influências na flexibilidade. Rev Bras CineantropomDesempenho Hum. 12(3):151-158. 2010.
- NILAY S, ALBAYRAK I, DURMUS B, UGURLU H. Effectiveness of back school for treatment of pain and functional disability in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial. J Rehabil Med 2011;43:224–229.
- OLIVEIRA TS, CANDOTTI CT, LA TORRE M, PELINSON PT, FURLANETTO TS, KUTCHAK FM, et al. Validity and reproducibility of the measurements obtained using the flexicurve instrument to evaluate the angles of thoracic and lumbar curvatures of the spine in the sagittal plane. Rehabil Res Pract 2012.
- VAN DEN DOLDER PA, FERREIRA PH, REFSHAUGE K. Intra and inter-rater reliability of a modified measure of hand behind back range of motion. Man Ther 2014;19(1):72-76.
- VAUGHAN C, DAVIS B, JEREMY C. Dynamics of human gait. Cape Town: Kiboho Publishers,141.1992.
- WINTER D. Biomechanics and motor control of human movement. New Jersey: Johnwiley e songs, INC, 370.2009.
- YODAS JW, SUMAN VJ, GARRETT TR. Reliability of measurements of lumbar spine sagittal mobility obtained with the flexible curve. J Orthop Sports Phys Ther. 1995;21(1):13-20.
- ZATSIORSKY VM. Kinematics of human motion. Champaign: Human Kinetics.419;1998.