



UNIVERSIDADE  
FEDERAL  
DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SAÚDE DA CRIANÇA  
E DO ADOLESCENTE

JULIANA MENEZES SILVA

**CURVAS DE REFERÊNCIA DA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DOS  
MULTÍFIDOS DA COLUNA LOMBAR EM CRIANÇAS (5 A 10 ANOS)**

Recife

2019

JULIANA MENEZES SILVA

**CURVAS DE REFERÊNCIA DA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DOS  
MULTÍFIDOS DA COLUNA LOMBAR EM CRIANÇAS (5 A 10 ANOS)**

Tese apresentada ao do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor Saúde da Criança.

Área de concentração: Abordagens  
Quantitativas

**Orientadora:** Profa. Dr<sup>a</sup> Gisélia Alves Pontes da Silva

**Coorientadora:** Profa. Dr<sup>a</sup> Gisela Rocha de Siqueira

Recife

2019

Catálogo na Fonte  
Bibliotecária: Mônica Uchôa - CRB4-1010

S586c Silva, Juliana Menezes.

Curvas de referência da área de secção transversa dos multifídios da coluna lombar em crianças (5 a 10 anos) / Juliana Menezes Silva. – 2019.

79 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Gisélia Alves Pontes da Silva.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente. Recife, 2019.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Valores de referência. 2. Criança. 3. Músculos. 4. Ultrassonografia. I. Silva, Gisélia Alves Pontes da (Orientadora). II. Título.

618.92

CDD (23.ed.)

UFPE (CCS2019-168)

JULIANA MENEZES SILVA

**CURVAS DE REFERÊNCIA DA ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA DOS  
MULTÍFIDOS DA COLUNA LOMBAR EM CRIANÇAS (5 A 10 ANOS)**

Tese apresentada ao do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor Saúde da Criança.

Aprovada em: 22/01/2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Gisela Rocha de Siqueira  
(Examinador interno – Universidade Federal de Pernambuco- UFPE)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Anna Myrna Jaguaribe de Lima  
(Examinador externo – Universidade Federal de Pernambuco- UFRPE)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria Cristina Falcão Raposo  
(Examinador externo – Universidade Federal de Pernambuco- UFPE)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Paula de Lima Ferreira  
(Examinador externo – Universidade Federal de Pernambuco- UFPE)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Julianna de Azevedo Guendler  
(Examinador externo – Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira- IMIP)

À minha mãe, Angelita Barbosa da Silva, por seu amor incondicional e sua total dedicação em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pelas infinitas bênçãos alcançadas.

À minha mãe, Angelita, por ser um exemplo de mãe, de amor incondicional e por educar com tanto zelo e estar sempre disponível.

À minha irmã, Nadja, pelo apoio às atividades externas com dedicação.

Ao meu sobrinho e afilhado, Júlio César, por seu amor e alegria. .

À professora Gisélia Alves Pontes da Silva, pela orientação, atenção constante e disponibilidade incansável, externo meu profundo agradecimento, respeito e admiração.

À professora Gisela Rocha de Siqueira, pela orientação, por acreditar desde o início que tudo isso seria possível e pelo incentivo e carinho ao longo dessa trajetória.

Às professoras do Departamento de Estatística: Maria Cristina Falcão Raposo e Fernanda De Bastiani, pela orientação, paciência, tempo despendido, pelas valiosas contribuições, e por abraçar essa tese com tanto empenho.

À Geisa Guimarães de Alencar, pela total disponibilidade nas coletas, nas dúvidas, nas conversas diárias e no apoio enriquecedor, meu muito obrigada!

Aos professores da Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente pelos ensinamentos e contribuições depositadas ao longo das aulas.

Ao secretariado da Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente pela atenção aos atendimentos.

Aos pais que consentiram a participação dos seus filhos nessa pesquisa, bem como às crianças que se permitiram serem voluntárias.

À equipe da Fisio & Pilates, pelo total incentivo e infinitas substituições quando precisei me ausentar.

Aos meus pacientes da fisioterapia e do Pilates, por compreender a minha ausência e os remanejamentos dos horários.

Ao meu amigo Homero Rabelo, por ser meu amigo confidente, por me incentivar e compartilhar de todos os momentos.

À minha amiga Catarina Gadelha, por ser minha inspiração na docência e pelas conversas de apoio.

Ao meu amigo Carlos Eduardo Alves, pela amizade e contribuição nos momentos de maior cansaço.

Ao amigo Nuno Tiene, por me fazer acreditar que seria possível seguir e por estar presente sempre que precisei.

À minha turma do doutorado, pela amizade e convívio.

“Existe um espaço entre o estímulo e a resposta” (FRANKL, V. E; 1984, p.36)

## RESUMO

Medições relacionadas ao crescimento dos músculos são importantes ferramentas de avaliação do desenvolvimento muscular e monitoramento de doenças relacionadas ao músculo. Os multífidos são músculos profundos que se localizam na parte posterior e medial da coluna vertebral, entre os processos espinhosos e transversos das vértebras. Através da área de secção transversa do músculo multífido lombar é possível avaliar se há função ou disfunção da coluna, pois há relação entre essa área e a estabilidade da coluna, considerando que quanto menor a área mensurada, maior a probabilidade de instabilidade e consequentemente disfunções e injúrias. A ultrassonografia tem se destacado como método de avaliação da área de secção transversa do músculo multífido, pois permite avaliar e detectar as anormalidades, bem como monitorar as mudanças durante a reabilitação, de forma não invasiva, rápida, indolor e de baixo custo. Objetiva-se construir curvas de referência da área de secção transversa dos músculos multífidos lombares, em crianças eutróficas de 5 a 10 anos, de ambos os sexos. Metodologicamente a obtenção das curvas de referência foi realizada com o auxílio do software R e os principais pacotes utilizados foram o *gamlss* e *gamlss.util*. Foi utilizada a função `lms()` que usa um procedimento automatizado para a estimativa de percentis. Este método resume os percentis em cada idade com base no poder das transformações de potência Box Cox específicas de cada idade usadas para normalizar os dados. Participaram 736 crianças (396 meninos e 340 meninas), que foram submetidas à avaliação antropométrica (peso e altura), e avaliação ultrassonográfica unilateral da área de secção transversa dos músculos multífidos lombares em repouso, ao nível de L5, no período de novembro de 2017 a setembro de 2018. Como resultados, observamos um crescimento da área de secção transversa do músculo multífido lombar, entre 5 e 10 anos, com média de 3,43 cm<sup>2</sup> e desvio padrão de 0,53. Uma leve assimetria na distribuição de frequência dessa área e uma similaridade entre meninos e meninas, sendo uma distribuição mais linear nas meninas do que nos meninos. Considerando que uma curva de referência é uma ferramenta que permite avaliar a velocidade de crescimento, a definição desse valor de referência é essencial para a detecção precoce da diminuição da área de secção transversa, auxiliando no diagnóstico para avaliação da estabilidade da coluna lombar. Do ponto de vista prático dado a idade, um valor dessa área menor que o percentil de 5% indicaria um valor de área pequeno, incomum, enquanto que um valor acima do percentil de 95% indicaria um tamanho de área não usual.

Palavras-chave: Valores de referência. Criança. Músculos. Ultrassonografia.

## ABSTRACT

Developmental measurements - anthropometry - are important tools for assessing muscle development and monitoring of muscle-related diseases. The multifidus are deep muscles that are located in the posterior and medial part of the vertebral column, between the spinal and transverse processes of the vertebrae. Through the cross-sectional area of the lumbar multifidus muscle, it is possible to evaluate if there is a function or dysfunction of the spine, since there is a relation between this area and the stability of the spine, considering that the smaller the area measured, the greater the probability of instability and consequently dysfunctions and injuries. Ultrasonography has been highlighted as a method of evaluation of the cross-sectional area of the multifidus muscle, since it allows to evaluate and detect the abnormalities, as well as to monitor changes during rehabilitation, in a non-invasive, fast, painless and low cost way. Objective to construct reference curves of the cross-sectional area of the lumbar multifidus muscles in eutrophic children aged 5 to 10 years, both sexes. Methodologically, the reference curves were obtained with the aid of software R and the main packages used were `gamlss` and `gamlss.util`. We used the `lms()` function that uses an automated procedure for the estimation of percentiles. This method summarizes the percentiles at each age based on the power of the age-specific Box Cox power transformations used to normalize the data. A total of 736 children (396 boys and 340 girls), who underwent anthropometric evaluation (weight and height), and unilateral ultrasonographic evaluation of the cross-sectional area of the lumbar multifidus muscles at rest at the L5 level, in the period of November 2017 to September 2018. We observed a growth of the cross-sectional area of the lumbar multifidus muscle, between 5 and 10 years, with a mean of 3.43 cm<sup>2</sup> and a standard deviation of 0.53. A slight asymmetry in the frequency distribution of this area and a similarity between boys and girls, being a more linear distribution in girls than in boys. Conclusion: considering that a reference curve is a tool that allows to evaluate the speed of growth, the definition of this reference value is essential for the early detection of the decrease of the cross-sectional area, aiding in the diagnosis to evaluate the stability of the lumbar spine. From a practical point of view given age, a value of this area smaller than the 5% percentile would indicate a small, unusual area value, while a value above the 95% percentile would indicate an unusual area size.

Keywords: Reference values. Child. Muscles. Ultrasonography.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Gráfico de dispersão da AST em ambos os sexos e por idade	51
Figura 2-	Histograma da frequência da área de secção transversa, por sexo	54
Figura 3-	Box-plot da área de secção transversa, p/or sexo	55
Figura 4-	Curvas de referência da área de secção transversa dos músculos multífidos lombares, por sexo	56
Figura 5-	Gráfico de worm da AST por sexo	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Quantitativo de crianças por idade e sexo (n, %)	50
Tabela 2-	Dados apresentados como a média (desvio-padrão)	51
		52
Tabela 3-	Média (desvio-padrão), mínimo, máximo e intervalo de confiança para a	52
	média da área de secção transversa do músculo multífido lombar por	53
	idade e sexo	
Tabela 4-	Percentil da área de secção transversa por idade e sexo	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AST	Área de Secção Transversa
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
USG	Ultrassonografia
RM	Ressonância Magnética
TC	Tomografia Computadorizada
GAMLSS	Modelos Aditivos Generalizados para Localização, Escala e Forma
ASTf	Área de Secção Transversa fisiológica
IMC	Índice de Massa Corporal
ENMG	Eletroneuromiografia
OMS	Organização Mundial de Saúde

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>17</b>
2.1	POSTURA: A CADEIA MUSCULAR POSTERIOR	18
2.1.1	<b>Músculos Multífidos</b>	21
2.1.2	<b>Estabilização Segmentar</b>	23
2.1.3	<b>Área de Secção Transversa (AST)</b>	27
2.2	AVALIAÇÃO POR IMAGEM DOS MÚSCULOS MULTÍFIDOS	31
2.3	CURVAS DE REFERÊNCIA	36
2.3.1	<b>Aspectos Históricos</b>	37
2.3.2	<b>Aspectos Conceituais</b>	40
2.3.3	<b>Curvas de Referência dos Multífidos: Por que construir?</b>	42
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>44</b>
3.1	LOCAL DO ESTUDO	44
3.2	PERÍODO DO ESTUDO	44
3.3	DESENHO DO ESTUDO	44
3.4	SUJEITOS DA PESQUISA	44
3.5	ESTIMATIVA DO TAMANHO AMOSTRAL	44
3.6	PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO	45
3.7	AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA	45
3.8	AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA	46
3.9	ANÁLISE DOS DADOS	46
<b>4</b>	<b>ASPECTOS ÉTICOS</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>64</b>
	<b>APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE REGISTRO DE</b>	<b>74</b>
	<b>INFORMAÇÕES PESSOAIS E COLETA DE DADOS</b>	
	<b>ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIAL DO COMITÊ DE</b>	
	<b>ÉTICA EM PESQUISA</b>	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Valores de referência são amplamente utilizados em pediatria e são frequentemente necessários na clínica para comparar medidas de pacientes individuais em relação a valores obtidos em base populacional. Se o percentil da população correspondente ao valor do indivíduo for atípico, isso pode indicar uma condição patológica subjacente. Também pode fornecer um plano de fundo para comparar a medida conforme ela muda com o tempo. (COLE; COLE, 1988; ROYSTON, 1991)

É importante ressaltar que a população de referência usada para definir os valores não é vista como uma população "normal", não há implicação de que o percentil 50 seja uma "norma" à qual os indivíduos devam aspirar. Isto é particularmente verdadeiro nos gráficos de crescimento, como de altura ou peso. Os valores de referência não devem ser aplicados a qualquer população considerando a importância da especificidade étnica. (CARTHY et al., 2013; LIU et al., 2018; ROYSTON, 1991)

As variáveis para as quais os intervalos de referência são necessários mudam com o tempo, como por exemplo: a idade, a altura, o peso, a menarca, a menopausa ou a concepção (idade gestacional) entre outros. (COLE; COLE, 1988) O propósito de calcular um intervalo de referência é geralmente fornecer um padrão racional contra o qual um valor suspeito anormal (incomumente baixo ou alto) pode ser comparado. Naturalmente, não se conclui que um valor fora do intervalo indique anormalidade clínica, ou que um dentro do intervalo seja normal, meramente que seja surpreendente ou típico por qualquer motivo. (ROYSTON, 1991)

Os valores de referência são uma importante ferramenta de avaliação do desenvolvimento muscular e monitoramento de doenças relacionadas ao músculo, considerando que o músculo esquelético é componente essencial da composição corporal e desempenha papel fundamental na manutenção do crescimento e desenvolvimento. (LIU et al., 2018)

A massa principal dos músculos lombares é formada pelos músculos eretores da espinha e multífidos. (MACINTOSH, JANET; VALENCIA, FERNANDO; BOGDUK, NIKOLAI; MUNRO, 1986) O músculo multífido é o mais medial desses músculos, consiste em cinco bandas separadas, cada uma surgindo do processo espinhoso e das lâminas das vértebras L1 a L5 (MACINTOSH; BOGDUK, 1986). Cada uma das bandas é inervada independentemente de todas as outras. Contém fascículos que abrangem dois ou mais níveis

segmentares, dependendo da vértebra de origem. O multífido é posicionado no sulco formado pelos processos espinhosos e lâminas das vértebras. (KALIMO et al., 1989)

Através da área de secção transversa (AST) do músculo multífido lombar é possível avaliar se há função ou disfunção da coluna. Indivíduos saudáveis apresentaram simetria bilateral e aumento gradual no tamanho, na progressão caudal (HIDES, 1995). A disfunção dos multífidos tem sido encontrada em pacientes com lombalgia ou doença discal. (LONNEMANN; PARIS; GORNIK, 2008)

Em 2016, ao iniciar o Curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), sob a orientação da Professora Giselia Alves Pontes e coorientação da Professora Gisela Rocha de Siqueira, apresentou-se a oportunidade de desenvolver esta pesquisa, então intitulada “Curvas de referência da área de secção transversa dos multífidos da coluna lombar em crianças (5 a 10 anos)” que se insere na linha de pesquisa: Crescimento e Desenvolvimento, com a seguinte justificativa:

Considerando que através da AST pode-se avaliar a função do músculo, é de extrema importância definir valores de referência nas crianças. As curvas de referência da AST dos músculos multífidos lombares poderão ser usadas para avaliação precoce da condição muscular e estabilidade da coluna nas crianças possibilitando um diagnóstico de deficiências na ativação desses músculos e conseqüentemente uma prevenção e / ou correção das disfunções na fase adulta.

Assim surgiu a necessidade de investigar a AST dos músculos multífidos lombares considerando que a função muscular é um indicador útil da patologia musculoesquelética. A capacidade de geração de força pode ser determinada a partir da relação entre tamanho e força muscular nas extremidades, porém não é possível isolar os músculos paravertebrais individuais para teste de força. Portanto, pode ser útil medir o tamanho do músculo que pode ser obtido *in vivo* usando técnicas de diagnóstico por imagem, como a ultrassonografia (USG). A USG tem três principais vantagens sobre a ressonância magnética (RM) e a tomografia computadorizada (TC), são elas: fácil acesso, baixo custo e não envolve exposição à radiação ionizante, permitindo testes repetidos e seguros.

No mês de fevereiro de 2017 o projeto foi qualificado e iniciou-se uma pesquisa piloto para assim definir o tamanho da amostra. A Professora Maria Cristina Falcão Raposo do

Departamento de Estatística sugeriu que fossem avaliadas em torno de 20 crianças de cada faixa etária (5 a 10 anos) para posteriormente ser calculado o tamanho da amostra que fosse suficiente para construir as curvas de referência, em função da variância da medida em cada faixa etária. Em 28 de setembro de 2018 a amostra foi recalculada e atingiu-se o quantitativo necessário para avaliação da AST e construção das curvas de referência, decidindo-se pela finalização da coleta e iniciando a análise dos dados.

A pesquisa teve o apoio do Departamento de Fisioterapia da UFPE que cedeu o aparelho de ultrassom para realização dos exames de imagem, além da colaboração das professoras Maria Cristina Falcão Raposo e Fernanda De Bastiani do Departamento de Estatística da UFPE que realizaram a análise estatística.

A pesquisa teve por objetivo construir curvas de referência da área de secção transversa dos músculos multífidos lombares em crianças de 5 a 10 anos, através do Modelo Aditivo Generalizado para Localização, Escala e Forma (GAMLSS), através do software R, e usando os pacotes estatísticos: o *gamlss* e o *gamlss.util*. Foi utilizada a função *gamlss()* para o R, que usa um procedimento automatizado para métodos de estimativa do percentil, incluindo uma estimativa automatizada do parâmetro de potência e do parâmetro de suavização para todos os parâmetros de distribuição.

A construção das curvas de referência possibilita os profissionais de saúde avaliar e diagnosticar precocemente as possíveis alterações na estabilidade da coluna.

A tese que se intitula “Curvas de referência da área de secção transversa dos multífidos da coluna lombar em crianças (5 a 10 anos)” é composta por uma revisão da literatura, no qual foram abordados: o tema e o problema em estudo; uma seção de método que descreve as etapas de planejamento e realização da pesquisa e um capítulo de considerações finais, no qual se destaca a importância de investir em programas de prevenção das injúrias da coluna lombar em crianças, através de uma avaliação precoce da AST dos músculos multífidos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Conhecer a morfologia do músculo multífido lombar é de particular importância por causa de suas funções mecânicas, no que diz respeito ao movimento e à estabilidade da musculatura lombar. (LONNEMANN; PARIS; GORNIK, 2008). Os multífidos são músculos profundos que se localizam na parte posterior e medial da coluna vertebral, entre os processos espinhosos e transversos das vértebras. São responsáveis por controlar o movimento vertebral durante as posturas protegendo as estruturas articulares, discos e ligamentos das tensões excessivas, e promovendo estabilização segmentar. (BERGMARK, 1989a; MACINTOSH, JANET; VALENCIA, FERNANDO; BOGDUK, NIKOLAI; MUNRO, 1986)

Essa estabilização segmentar tem sido avaliada através da medida da AST dos multífidos, uma vez que a diminuição dessas medidas está diretamente relacionada à presença de disfunções na coluna lombar, como instabilidade e lombalgia. Músculos menos desenvolvidos atingem condições isquêmicas e de fadiga mais rapidamente quando comparados aos músculos mais desenvolvidos, proporcionando maiores probabilidades de lesões e comprometendo o alinhamento biomecânico adequado da coluna. (MCGILL, 2001; PANJABI, 1992a, 1992b; SMYERS EVANSON et al., 2018)

A USG vem sendo utilizada para avaliar a AST que foi consideravelmente menor na população com dor lombar comparada ao grupo saudável (no nível vertebral L5) (WALLWORK et al., 2009) O tamanho dos músculos multífidos foi documentado em pessoas com dor lombar aguda e crônica. Estudos comparando pacientes com lombalgia aguda unilateral e pessoas sem dor, através de ultrassom por imagem, demonstraram uma diminuição na AST dos músculos multífidos ipsilateral, e a hipotrofia foi predominantemente isolada ao nível da vértebra L5. (J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996).

É escassa a literatura quanto aos valores de referência da AST dos multífidos na população de crianças. (BEEN et al., 2018) A infância é um período onde há crescimento e desenvolvimento do sistema musculoesquelético, e alcançar o controle postural, bem como a manutenção da postura, depende diretamente de uma eficiente estabilização segmentar. Há estudos sobre lombalgia nessa faixa etária, porém ainda sem parâmetros de referência para os músculos multífidos e a importância da função. (JONES; MACFARLANE, 2005). Portanto,

esta revisão da literatura se propõe a buscar uma compreensão acerca da importância de definir os valores de referência das medidas da AST dos multifídios lombares em crianças, através de USG, para ser utilizada como ferramenta de avaliação do desenvolvimento muscular e monitoramento de doenças relacionadas ao músculo. Além de ressaltar a importância do músculo multifídeo lombar como estabilizador da coluna.

A revisão da literatura foi realizada utilizando como fonte de pesquisa as bases de dados Medline, Pubmed, Lilacs, Cochrane e Scielo e os seguintes descritores na língua portuguesa: músculos paraespinhais, valores de referência, antropometria, ultrassonografia, criança e em inglês: *paraspinal muscles, reference values, anthropometry, ultrasonography, child*. O operador booleano “AND” foi utilizado para busca avançada com os descritores valores de referência e criança.

## 2.1 POSTURA: A CADEIA MUSCULAR POSTERIOR

A evolução humana não ocorreu em três etapas, como se um grande macaco ancestral tivesse dado origem ao Australopithecus e em seguida ao homem. Não foi uma evolução linear, mas ramificada, como as de todas as outras espécies em um momento ou outro de sua história. (BERNARD VALENTIN, 2009)

Os nossos ancestrais quadrúpedes apresentavam uma coluna lombar com quatro vértebras, relativamente menores, e o ílio alto e anatomicamente mais comprido e estreito, além dos ísquios mais frontalizados, tornando a coluna lombar menos flexível e obrigando-os a deslocar-se para frente a cada passo, quando tentavam caminhar sobre as duas pernas (LOVEJOY, 2005; VALENTIN, 2009).

A passagem da posição quadrúpede para a adotada pelos Australopithecus ocorreu pelo endireitamento progressivo do tronco, e exigiu uma atividade mais importante na cadeia muscular posterior. Ela é considerada a cadeia da verticalidade e está na origem da postura que caracteriza o homem. (BERNARD VALENTIN, 2009)

São várias as hipóteses quanto à “origem da verticalização humana” que buscam explicar as adaptações corporais ligadas às modificações posturais. A verticalização do corpo trouxe alterações em relação à pressão e a gravidade. Várias modificações anatômicas ocorreram nas regiões pélvica, torácica e cefálica. A posição ereta provoca o aparecimento de uma curvatura lombar que vem a se unir às outras três curvaturas sagitais primitivas: cervical, dorsal e sacrococcígea. É a lordose lombar que marca o alinhamento do tronco sobre a pelve. (LOVEJOY, 2005)

No homem, a bipedia tornou-se exclusiva reduzindo assim outras aptidões do repertório locomotor como a suspensão, a quadrupedia e a escalada vertical. Com a adoção da posição em pé, o tórax e a cabeça passaram por uma relevante transformação em resposta aos critérios de equilíbrio, de manutenção da verticalidade e de resistência contra a gravidade. O bom equilíbrio corporal depende de uma adaptação permanente e recíproca entre o tônus muscular e a resistência do osso. Para corrigir o desequilíbrio e preservar a posição vertical, as famílias musculares são recrutadas pelo reflexo miotático (LOVEJOY, 2005; VALENTIN, 2009).

Os músculos do tronco podem ser amplamente divididos em músculos hipaxiais, que se situam ventralmente ao septo horizontal das vértebras, e músculos epaxiais que se situam no dorso do septo. Os músculos hipaxiais incluem alguns músculos vertebrais, o músculo diafragma, os músculos abdominais e todos os músculos dos membros e estão localizados mais na parte inferior do corpo. Em seres com anexo embrionário as distinções posicionais foram perdidas quando os músculos do corpo mudaram através da evolução, mas em todas as espécies, os músculos hipaxiais são inervados pelo ramo ventral dos nervos espinhais, enquanto os músculos epaxiais são inervados pelo ramo dorsal. (BEEN et al., 2018; FORTIN et al., 2014)

Os músculos epaxiais incluem outros músculos dorsais associados as vértebras, costelas e base do crânio. Nos seres humanos, o eretor da espinha, os músculos transversos-espinhais (multífidos, semiespinhais e rotadores), os músculos esplênio e suboccipital são os únicos músculos epaxiais (BEEN et al., 2018; FORTIN et al., 2014; HANSEN et al., 2006)

A espinha humana é uma estrutura multifuncional do corpo, consistindo de ossos, articulações, ligamentos e músculos, que passam por um processo de mudança com a idade. As alterações nessas características, seja naturalmente (por envelhecimento), ou por meio de lesões, podem resultar em condições patológicas que sobrecarregam os serviços de saúde e a economia. (KHAN et al., 2015).

A coluna vertebral forma a principal estrutura do esqueleto axial. Sua força e flexibilidade determinam as cargas e posturas que podem ser suportadas, e sua disfunção é uma das principais causas de dor e incapacidade. (ASPDEN, 1992; BERNARD VALENTIN, 2009) Os músculos paraespinhais são responsáveis por iniciar e controlar os movimentos da coluna vertebral, e estão envolvidos nos menores movimentos ativos da coluna, além de manter a estabilidade. Contribuem para a manutenção da postura, quando os movimentos de

outros segmentos corporais ativam o deslocamento do centro de gravidade. (ASPDEN, 1992; BERNARD VALENTIN, 2009).

O crescimento da coluna vertebral não ocorre uniformemente com o crescimento das extremidades, mas em fases. Normalmente, os primeiros cinco anos de vida são caracterizados por um rápido crescimento da coluna. A partir dos 5 anos de idade até a puberdade, há uma taxa lenta e estável de crescimento. No entanto, com o início da puberdade até o final do crescimento, há novamente um aumento. (STÜCKER, 2016)

Enquanto os dois primeiros anos de vida mostram relativo crescimento da coluna vertebral, declina para o quinto ano de vida. O crescimento das extremidades inferiores e o crescimento do tronco contribuem com metade (cerca de 27 cm) da altura do corpo até o quinto ano de vida. Depois disso, as relações mudam. O canal vertebral já atingiu cerca de 95% do seu diâmetro adulto aos 5 anos de idade. (A.DIMEGLIO, 1993)

No início do quinto ano de vida, o crescimento espinhal diminui e o crescimento da pele contribui apenas com um terço do crescimento total. O crescimento total de T1-S1 neste momento é de apenas cerca de 1cm / ano e T1-T12 é apenas 0,7 cm / ano. Esse crescimento lento da coluna vertebral contribui para o fato de que nessa idade há poucos problemas com a coluna vertebral infantil e que há apenas um risco ou progressão mínima no caso de deformidades existentes (escoliose, cifose) e ao mesmo tempo um lento crescimento torácico. O volume torácico atinge 30% aos 5 anos e aos 10 anos 50% do volume adulto. (STÜCKER, 2016)

Nos primeiros meses após o nascimento, ocorrem profundas alterações morfológicas na pelve e coluna vertebral. Há uma verticalização inicial da pelve, seguida pela elevação da curva lordótica na região lombar, à medida que a criança começa a assumir posição ereta, levando o sacro a uma posição mais horizontal. (MANGIONE; GOMEZ; SENEGAS, 1997). Então, à medida que as habilidades de caminhada são adquiridas, ocorre uma adaptação dinâmica constante entre a forma da pelve, a anatomia sagital do sacro e as curvas fisiológicas da coluna, que gradualmente se desenvolvem e interagem durante crescimento. (ARAÚJO et al., 2017)

As curvaturas fisiológicas da coluna mudam com o crescimento: no nascimento e nos primeiros meses, a coluna mostra um grande padrão C no plano sagital para evoluir na

infância até o padrão normal, com lordose cervical, cifose torácica e uma lordose lombar. No plano frontal, a coluna normal é sempre reta. (FABRY, 2009)

### 2.1.1 MÚSCULOS MULTÍFIDOS

Dentre os músculos paraespinhais, destacam-se os multífidos como principais estabilizadores. São profundos e localizam-se bilateralmente na região posterior e medial da coluna, entre os processos espinhosos e transversos das vértebras. Estendem-se desde a cervical até a lombar, região onde são mais desenvolvidos ( M.M. Panjabi, 1992;Gouveia & Gouveia, 2008). Quando ativado bilateralmente exerce a função de extensão do tronco, e quando ativado unilateralmente, a função de rotação. (Nikolai Bogduk, Janet E. Macintosh, 1992; França, Burke, Claret, & Marques, 2008; Reinehr, Carpes, & Mota, 2008).

As fibras dos multífidos, entre a vértebra lombar e a pelve, originam-se no sacro e crista ilíaca e são inseridas no processo espinhoso, possibilitando a extensão da coluna lombar. Como eles se inserem nos processos espinhosos e as fibras são essencialmente paralelas a coluna vertebral, agem com menor influência na direção lateral. (BERGMARK, 1989b)

As possíveis ações de um músculo podem ser determinadas pela fixação de seus anexos (MACINTOSH; BOGDUK, 1986). Os papéis dos multífidos foram descritos com muita variação. Um estudo descreveu o multífido como um rotador contralateral, (PRONE, 1961) enquanto outro descreveu como um rotador ipsilateral da coluna lombar (DONISCH; BASMAJIAN, 1972).

Outros autores contestaram a ação do multífido como rotador ipsilateral primário da coluna devido à orientação oblíqua das fibras musculares e às limitações mecânicas desse movimento devido à impactação das articulações zigapofisárias ipsilaterais. (MACINTOSH, JANET; VALENCIA, FERNANDO; BOGDUK, NIKOLAI; MUNRO, 1986; MACINTOSH; BOGDUK, 1986).

As forças que os multífidos lombares podem aplicar às vértebras foram analisadas na postura ereta (Macintosh e Bogduk, 1986). Para determinar o tamanho de qualquer momento de força exercido pelo fascículo, é necessário localizar o eixo de rotação de cada segmento atravessado pelo fascículo e a distância deste eixo à linha de ação do fascículo. A força máxima exercida pelo músculo é proporcional ao seu tamanho, caracterizado como AST, ou

no caso do músculo fusiforme ou de forma irregular é a ASTf (Volume / Comprimento) (NIKOLAI BOGDUK, JANET E. MACINTOSH, 1991).

O multífido é o mais medial dos principais músculos das costas e é o maior que atravessa a junção lombosacra. As fibras dos multífidos lombares são divididas por planos de clivagem distinta em cinco bandas. Cada banda surge do processo espinhoso lombar e é inervada unisegmentadamente. É composto de cinco miótomos e o padrão morfológico é configurado pelo padrão de inervação do músculo, para todas as fibras que partem do processo espinhoso e lâmina de determinada vértebra são inervadas pelo mesmo nervo. (MACINTOSH, JANET ; VALENCIA, FERNANDO; BOGDUK, NIKOLAI; MUNRO, 1986)

Alguns autores realizaram uma dissecação macroscópica no multífido lombar de quatro cadáveres humanos adultos frescos e quatro cadáveres preservados. Os resultados revelaram quatro camadas distintas dos multífidos lombares separadas por planos de clivagem. A camada superficial era mais extensa do que a descrita anteriormente com anexos ósseos tanto na origem como na inserção em vários níveis vertebrais. O conhecimento anatômico preciso dos fascículos do multífido lombar é essencial para definir as ações desse complexo músculo lombar. O multífido tem um papel essencial no controle e estabilização da coluna lombar em múltiplos planos de ação. (LONNEMANN; PARIS; GORNIK, 2008)

A estrutura miotômica é de relevância para interpretação da função e disfunção deste músculo e para o uso da eletromiografia paraespinhal, e tem sido objeto de estudo histoquímico de pacientes com distúrbios lombares. (MACINTOSH, JANET ; VALENCIA, FERNANDO; BOGDUK, NIKOLAI; MUNRO, 1986)

Os músculos da região lombopélvica tem importante papel na função (mobilidade) e estabilização da coluna (manutenção da postura). (GRANACHER et al., 2013). Contudo pesquisas em crianças tem sido limitadas. (BEEN et al., 2018).

O papel mecânico dos músculos multífidos é mais enfatizado na transferência de forças e para atuar como um motor, controlando assim a lordose lombar, enquanto que os músculos intertrasverso e interespinhal são de força muscular comparativamente pequena, mas devido ao seu curto comprimento, dão maior rigidez e, portanto, estabilidade mecânica extrínseca para a coluna vertebral. (LANGENBERG, 1970)

Os multífidos têm sido considerados importantes na estabilização da coluna vertebral, podendo assim, desempenhar um papel fundamental no equilíbrio e na mobilidade (MOSELEY; HODGES; GANDEVIA, 2002). Controlam o movimento vertebral durante as posturas protegendo as estruturas articulares, discos e ligamentos das tensões excessivas (CHOLEWICKI; MCGILL, 1996; MCGILL, 1991; SODERBERG; BARR, 1983; SULLIVAN, 1989).

Na ação de estabilizadores há sinergismo muscular do transverso do abdome ao multífido. O músculo transverso do abdome é responsável pelo aumento da pressão intra-abdominal e em conjunto com as fibras profundas dos multífidos é o primeiro músculo a ser ativado durante atividades que envolvem o tronco e os membros inferiores. (BARR; GRIGGS; CADBY, 2005; BERGMARK, 1989b).

O sinergismo desses dois principais estabilizadores em conjunto com o reto abdominal e o diafragma formam um cilindro muscular que promove proteção à coluna lombar, resultando em maior estabilidade do tronco, sendo uma condição básica para prevenir a tensão muscular e lesão excessiva à sua estrutura. (NIKOLAI BOGDUK, JANET E. MACINTOSH, 1991; TOSCANO; EGYPTO, 2001)

Esse sinergismo muscular é responsável pela estabilização segmentar vertebral e apresenta correlação entre a disfunção muscular e o desenvolvimento de injúrias (lombalgias). Músculos menos desenvolvidos atingem condições isquêmicas e de fadiga mais rapidamente quando comparados aos músculos mais ativados (desenvolvidos), proporcionando maiores probabilidades de lesão e comprometendo o alinhamento adequado da coluna. (BUNCE; HOUGH; MOORE, 2004; KIM et al., 2014)

### 2.1.2 ESTABILIZAÇÃO SEGMENTAR

Estabilidade é um processo dinâmico que inclui posições estáticas e movimento controlado. A biomecânica da coluna é descrita como similar à biomecânica de outros sistemas, na medida em que a longevidade dos componentes e a eficiência do sistema dependem da função precisa de cada segmento. (BARR; GRIGGS; CADBY, 2005) Isso inclui tanto um alinhamento nas posturas sustentadas como os padrões de movimento que reduzem a tensão do tecido, evitando causar trauma às articulações ou tecidos moles e permitem a ação muscular eficiente. (SAHRMANN; AZEVEDO; DILLEN, 2017)

A ineficiência muscular resulta em alteração da biomecânica e compromete a função da coluna vertebral. O dano tecidual levaria à diminuição da estabilidade das estruturas da coluna vertebral, aumento dos desafios aos músculos já ineficazes e à perpetuação de uma cascata degenerativa. É de fundamental importância compreender a biomecânica e a função da coluna vertebral e assim diferenciar aspectos funcionais em indivíduos saudáveis e indivíduos com dor lombar, possibilitando traçar protocolos de reabilitação. (MCGILL, 2001; SAHRMANN; AZEVEDO; DILLEN, 2017)

A estabilidade da coluna resulta da interação de três sistemas: passivo, ativo e neural. O sistema passivo é constituído pelas estruturas ósseas e ligamentares que contribuem para a estabilidade da coluna. Essas estruturas fornecem a maior estabilidade pela restrição passiva em direção ao fim da amplitude de movimento. Porém não há suporte eficaz para a coluna quando ela está na posição neutra. (PANJABI, 1992b, 1992c).

O segundo sistema da estabilidade da coluna vertebral, o sistema ativo, é constituído pelos músculos e tendões que a circundam e fornecem suporte e rigidez no nível intervertebral, para sustentar as forças exercidas nas atividades diárias. Quanto maior a rigidez em cada segmento, maior a estabilidade. Níveis muito modestos de atividade muscular podem resultar em articulações suficientemente rígidas e estáveis. Em situações normais (sem patologia), apenas uma pequena quantidade de co-ativação muscular, cerca de 10% da contração máxima, é necessária para fornecer estabilidade segmentar. Em um segmento danificado pela frouxidão ligamentar ou doença do disco, pode ser necessário um pouco mais de co-ativação muscular, para que haja uma transferência de energia muscular, um sistema de compensação. (PANJABI, 1992b)

Portanto, a resistência é muito mais importante do que a força muscular absoluta na maioria dos pacientes, embora seja necessária uma reserva de força para atividades potencialmente imprevisíveis, como por exemplo, sobrecarga na coluna ou movimentos rápidos. Quando comparados indivíduos saudáveis e indivíduos com dor lombar, pode-se observar que a força muscular e a resistência são frequentemente diminuídas nos indivíduos com dor lombar. (PANJABI, 1992a; RUSSO et al., 2018; SAHRMANN; AZEVEDO; DILLEN, 2017)

Os estabilizadores espinhais dinâmicos dos tecidos moles (os músculos) desempenham um papel crítico na manutenção do alinhamento da coluna vertebral, e o desequilíbrio

muscular espinhal está associado à assimetria espinhal ou escoliose. (CHAN et al., 1999; HYUN et al., 2007; VIVES, 2016; YAGI; AKILAH; BOACHIE-ADJEI, 2011).

O terceiro e o último sistema, o sistema neural, é composto pelos sistemas nervoso central e periférico, que coordena a atividade muscular em resposta a forças esperadas ou não, fornecendo assim estabilidade dinâmica. Este sistema deve ativar os músculos corretos no momento certo, para proteger a coluna de lesão e também permitir o movimento desejado. A rigidez é obtida com padrões específicos de atividade muscular que diferem dependendo da posição da articulação e da carga na coluna. (BERGMARK, 1989b; LAASONEN, 1984; PANJABI, 1992b)

Esses três sistemas são interdependentes e um sistema poderia compensar os déficits em outro. A instabilidade pode ser um resultado de dano tecidual, tornando o segmento mais difícil de estabilizar. A força ou resistência muscular insuficiente, ou controle muscular deficitário, e a instabilidade é geralmente uma combinação dos três sistemas. (CHOLEWICKI; MCGILL, 1992; PANJABI et al., 1989; PANJABI, 1992c)

A estabilidade da coluna vertebral pode ser comprometida por erros de controle motor ou baixa resistência muscular dos músculos intersegmentares e permite a sobrecarga dos tecidos passivos. (MCGILL, 2001) O foco deste modelo é a criação da rigidez e estabilidade da coluna vertebral, mas o movimento é tão importante para a coluna quanto a rigidez. O movimento da espinha é necessário para dissipar forças e minimizar o gasto de energia, e uma coluna rígida não é o ideal, razão pela qual a fusão cirúrgica da coluna lombar não soluciona todos os casos de lombalgia. (BARR; GRIGGS; CADBY, 2005; BERGMARK, 1989b)

O sistema neuromuscular modula a rigidez e o movimento para atender às demandas das forças internas e externas. Demasiada rigidez provoca gasto energético desnecessário e aumento da carga de segmentos da coluna vertebral. Esses conceitos são teoricamente intrigantes, e as pesquisas tentam quantificar a estabilidade da coluna vertebral para que seja possível determinar o que a afeta bem como as diferenças clinicamente significativas na estabilidade. (HIDES et al., 2008; KUUKKANEN; MÄLKIÄ, 2000; LARIVIÈRE et al., 2017)

A hipótese é que há dois sistemas atuando na estabilização e mobilidade articular, e se subdividem em: global e local. O sistema global consiste de grandes músculos produtores de

torque, como o reto do abdome, oblíquo externo e a parte torácica do fliocostal lombar, que atuam no tronco e na coluna sem estarem diretamente ligados a ela. (BERGMARK, 1989a)

Os músculos do sistema local são os mais profundos, ligados diretamente às vértebras, e responsáveis pela estabilização e controle segmentar. Tais músculos são os multífidos lombares, o transverso do abdome e as fibras posteriores do oblíquo interno. (BARR; GRIGGS; CADBY, 2005; GOUVEIA; GOUVEIA, 2008; PANJABI, 1992a)

O papel do músculo multífido na estabilização da região lombar tem sido bastante relevante. Quando ocorre uma disfunção nas atividades dos músculos internos (profundos), há uma maior necessidade de ação dos músculos externos (erector espinhal, reto abdominal, e abdominal oblíquo) para compensar a manutenção da estabilização da região lombar. Essa disfunção resulta em dor lombar. (HUANG et al., 2013, 2014)

Em pacientes com lombalgia a atividade de contração dos músculos lombares é baixa quando comparada a sujeitos saudáveis. O padrão de atrofia observado nos pacientes com dor lombar crônica pareceu ser específico e de natureza localizada. (WALLWORK et al., 2009). Os multífidos desses pacientes foram reportados como hipotrofiados e substituído por tecido adiposo, além do controle motor alterado no nível vertebral L5. A relevância clínica é que haja necessidade de treinamento seletivo para direcionar deficiências localizadas no controle motor e auxiliar na recuperação dos multífidos . (HUANG et al., 2013; WALLWORK et al., 2009)

As biópsias dos multífidos em pacientes com lombalgia mostram alterações quanto a atrofia das fibras. Ocorreu atrofia das fibras musculares do tipo II e alterações estruturais internas das fibras do tipo I. Essas mudanças nos multífidos não parecem resolver-se espontaneamente sem tratamento específico, mesmo em situações onde houve redução da dor. Isso explica a alta taxa de recidiva em pacientes, o multífido não recupera o volume, mesmo após a redução da dor, comprometendo a estabilidade segmentar vertebral. (FERREIRA et al., 2006; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996; RANTANEN et al., 1993)

Há evidências de que com treinamento de exercícios específicos, a atrofia pode ser revertida (FERREIRA et al., 2006; LAASONEN, 1984). Um estudo mostrou que exercícios específicos de estabilização segmentar vertebral para o músculo multífido aumentou seu volume em pacientes com lombalgia, diminuindo a atrofia. Os indivíduos com primeiro episódio de lombalgia unilateral com atrofia do multífido foram divididos em grupo controle,

recebendo orientação postural e cuidados, e grupo de tratados que realizaram treinamento específico para o multífido. Ambos os grupos evoluíram com redução da dor após quatro semanas, ao passo que, no grupo tratados, a AST voltou aos níveis normais após quatro semanas de tratamento. (HIDES; JULL; RICHARDSON, 2001).

### 2.1.3 ÁREA DE SECÇÃO TRANSVERSA

A AST anatômica é definida pela secção transversa em ângulo reto com o eixo longitudinal do músculo. E a ASTf é a soma total de todas as secções transversas das fibras no músculo, medindo a área perpendicular na direção das fibras. É o formato e o arranjo das fibras dos músculos que determinará se o músculo é capaz de gerar grandes quantidades de força ou se tem boa capacidade de encurtamento. A força máxima exercida pelo músculo é proporcional ao seu tamanho e a sua AST. (KALIMO et al., 1989; NIKOLAI BOGDUK, JANET E. MACINTOSH, 1991)

O tamanho do músculo, em especial, a ASTf é o parâmetro mais importante no desenvolvimento de força em adultos e tem sido altamente associada à patologia espinhal. O papel que a área de secção transversa desempenha na produção de força na criança em crescimento tem sido extensivamente examinado. (DE STE CROIX, 2007; DEIGHAN et al., 2006) Apesar da prevalência média-alta de patologia da coluna vertebral em crianças, há um conhecimento muito restrito sobre o tamanho muscular e o padrão de crescimento em indivíduos com menos de 20 anos de idade. (BEEN et al., 2018)

Pesquisas em adultos jovens têm utilizado a medida da AST dos multífidos e a espessura do transverso do abdômen como parâmetro para avaliar a estabilidade da coluna lombar, uma vez que a diminuição dessas medidas está diretamente relacionada à presença de disfunções na coluna lombar, como instabilidade e lombalgia, além do atraso no tempo de ativação muscular. (J.A.Hides, M.J.Stokes, M.Saide, G.A.Jull, 1994; Julie A.Hides, Carolyn A. Richardson, 1996; Ferreira et al., 2009).

Durante a última década, estudos explorando a associação entre músculos paraespinhais, lombalgia e patologia espinhal (KALICHMAN; CARMELI; BEEN, 2017; KIM; LEE; LEE, 2011) mostraram consistentemente uma AST menor do músculo paraespinhal, especialmente nos multífidos, em pacientes com lombalgia crônica. (DANNEELS et al., 2000; HIDES et al., 2010; HODGES et al., 2006; KADER; WARDLAW; SMITH, 2000; KIM; LEE; LEE, 2011).

Um estudo correlacionou a escala numérica de avaliação para a intensidade da dor e uma avaliação de incapacidade (Questionário de Rolland Morris) com a AST dos multífidos. O objetivo foi determinar a correlação entre a geometria muscular central com a intensidade da dor, incapacidade funcional e equilíbrio postural em pacientes com lombalgia crônica inespecífica. Foram avaliados, através de ultrassonografia, trinta pacientes entre 20 e 50 anos. Pacientes com lombalgia reduziram a geometria muscular central e prejudicaram o equilíbrio postural. A dor estava relacionada a redução da AST e ao desequilíbrio postural. (EMAMI; YOOSEFINEJAD; RAZEGHI, 2018)

O tamanho dos músculos multífidos foi documentado em pessoas com dor lombar aguda e crônica. Estudos comparando pacientes com lombalgia aguda unilateral e pessoas sem dor, através de ultrassom por imagem, demonstraram uma diminuição na AST dos músculos multífidos ipsilateral, e a hipotrofia foi predominantemente isolada ao nível da vértebra L5. (J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996).

Alguns estudos, em adultos, têm investigado a hipotrofia dos músculos paraespinhais e a diminuição na AST dos multífidos na dor lombar crônica. O diagnóstico por imagem, evidenciou a hipotrofia parcial dos músculos paraespinhais. Quando comparado um lado afetado (dor) com um lado não afetado (sem dor), foi evidente uma diminuição da área interna do músculo multífido bem como uma redução da massa do lado afetado em cerca de 10% a 30%. A AST dos músculos multífidos do lado não afetado foi de  $8.79 \pm 10 \text{ cm}^2$ , e do lado afetado foi de  $7.61 \pm 1.96 \text{ cm}^2$ . (HUANG et al., 2014; J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994).

Em pessoas saudáveis o músculo multífido lombar tem se apresentado simétrico bilateralmente (HIDES, 1995; J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994) e aumenta de forma gradual em tamanho na progressão caudal (HIDES, 1995). Um estudo com 25 adultos, idade média de 32 anos, sem dor lombar, teve por objetivo estabelecer valores de referência para AST do músculo multífido (nível L5) e indicar fatores associados ao tamanho. Houve correlação entre idade e índice de massa corporal (IMC), e entre as mensurações direita e esquerda da AST, e os homens apresentaram uma AST maior do que as mulheres. (WATSON; MCPHERSON; STARR, 2008a)

Diversos estudos fornecem parâmetros de medidas da AST dos multífidos em adultos. Por meio de análise ultrassonográfica um estudo identificou uma média da medida da AST

em homens e mulheres de 20 a 69 anos de 7,62cm<sup>2</sup> (desvio-padrão=1,37). A AST dos multífidoss tem se apresentado maior em homens, e a correlação entre a idade e a AST não se mostrou significativa. (Bergmark, 1989; Aspden, 1992; Toscano & Egypto, 2001; M. Stokes, Rankin, & Newham, 2005; I.-S. Liu, Chai, Yang, & Wang, 2013). Outro estudo corroborou com a AST sendo maior em homens do que em mulheres, quando comparados os níveis L4 e L5. A idade diferenciou na forma mas não no tamanho. (STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005).

É escassa a literatura quanto aos valores de referência da AST dos multífidoss na população de crianças e adolescentes. Há estudos sobre lombalgia nessa faixa etária, porém ainda sem parâmetros de referência para esses músculos, e nem a indicação de que os fatores podem estar relacionados a mudanças na dimensão dos músculos nessa população. (HUANG et al., 2014; STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005; WATSON; MCPHERSON; STARR, 2008b).

Crianças e adolescentes com queixas musculoesqueléticas são frequentemente encaminhados aos serviços de reumatologia para investigação, embora nem sempre sejam portadores de enfermidades reumáticas. Muitas vezes, no entanto, embora as queixas sugiram uma doença reumática, a etiologia é de natureza diversa, associada a distúrbios mecânicos ou doenças infecciosas. Cerca de 60% dos casos atendidos em serviços de reumatologia pediátrica estão ligados a doenças não reumáticas, ou seja, são doenças ortopédicas, infecciosas, endocrinológicas, hematológicas, ou que primariamente, acometem outros sistemas, mas têm manifestações musculoesqueléticas. (SZTAJNBOK; RODRIGUES; MENDOZA, 2001)

Na infância e na adolescência a dor articular, é muitas vezes referida. Isto é, o sítio acometido é mais acima do local em que o paciente aponta como doloroso. Assim os problemas de coluna lombar podem cursar com dores nos quadris. (SZTAJNBOK; RODRIGUES; MENDOZA, 2001)

Além disso, a identificação dos fatores associados pode permitir a prevenção e o tratamento precoce dos possíveis distúrbios decorrentes da diminuição da AST dos multífidoss que podem iniciar durante a infância e repercutir na vida adulta. (WATSON; MCPHERSON; STARR, 2008b)

Quando se mede a AST em crianças, a técnica usada não deve ser invasiva e nem ter efeitos colaterais. Estudos com crianças têm usado técnicas antropométricas para estimar a AST porque são de baixo custo, equipamento de fácil acesso e portátil. Os protocolos de mensuração são rápidos. (DE STE CROIX, 2007; HOUSH et al., 1995; ONIS et al., 2004).

Um estudo verificou que crianças de 6 a 9 anos, com média de altura de  $1,28 \pm 0,08$  cm e de peso de  $30,29 \pm 8,99$  Kg, apresentaram uma média de AST dos multífidos de  $3,11 \pm 0,84$  cm<sup>2</sup> em repouso, apresentado um aumento conforme a idade, peso, altura e IMC, não havendo diferença estatística entre os sexos e em relação à prática de exercícios físicos. (SIQUEIRA; ALENCAR; PURIFICAÇÃO, 2015).

Um estudo encontrou uma relação positiva direta entre a AST dos multífidos e as medidas do peso, altura e IMC, que se deve ao fato de que em crianças o sistema osteomioarticular ainda está em desenvolvimento. Assim, espera-se que na infância e adolescência o aumento gradativo da altura, do peso e, conseqüentemente, do IMC provoquem uma maior sobrecarga imposta ao tronco, influenciando direta e indiretamente nas forças que atuam sobre a coluna vertebral, contribuindo, assim, em certa medida, para o crescimento muscular adaptativo. (HIDES; COOPER; STOKES, 1992)

A diferença entre a AST do estudo com crianças e do estudo com adultos é atribuída a divergências entre as faixas etárias das amostras, uma vez que a literatura relacionada a esse tema afirma que há aumento progressivo da massa muscular com a idade cronológica, desde a infância até a adolescência, apresentando um ganho mais significativo durante a puberdade, valores que tendem a se manter na vida adulta. (SIQUEIRA; ALENCAR; PURIFICAÇÃO, 2015; TEYHEN et al., 2012)

Apesar de seu possível envolvimento na patologia da coluna vertebral de crianças e sua importância crítica para o desenvolvimento de novos métodos de avaliação e tratamento, o conhecimento sobre o tamanho e desenvolvimento dos músculos da coluna vertebral em crianças é limitado. Um estudo avaliou 91 exames de tomografia computadorizada numa amostra de 2 a 20 anos e concluiu-se que a AST do músculo multífido aumentou com a idade em todos os níveis espinhais. Os resultados desse estudo indicam que existem dois padrões de desenvolvimento para os músculos espinhais: os músculos epaxiais (multífidos) atingem a máxima de AST até os 16 anos, antes da maturidade esquelética, enquanto a AST dos músculos hipaxiais (psoas e quadrado lombar) continuam a aumentar até pelo menos a maturidade espinhal (18 a 21 anos). (BEEN et al., 2018)

Numa população com 80 jovens (15 a 18 anos), sexo masculino, o tamanho do músculo multífido diminuiu nos jovens (40) com lombalgia quando comparados os seus homólogos saudáveis (40). Houve correlação positiva entre altura, peso e índice de massa corporal (IMC) e tamanho do músculo multífido, mas não foi observada correlação entre idade e tamanho muscular. Já a intensidade da dor e o índice de incapacidade funcional se correlacionaram significativamente com o tamanho muscular no grupo experimental. (RAHMANI et al., 2018).

## 2.2 AVALIAÇÃO POR IMAGEM DOS MÚSCULOS MULTÍFIDOS

O músculo multífido tem sido tema de investigação usando técnicas de imagem que incluem radiografia, RM, TC e USG. Dois aspectos da função muscular que podem ser avaliados usando as técnicas de imagem são: tamanho do músculo (RM, TC e USG) e contração muscular (USG). A relevância clínica dessas técnicas é que permitem a documentação da morfologia e da função de músculo dinâmico, em sujeitos saudáveis e naqueles com dor lombar aguda ou crônica. Pode fornecer informação útil que poderá ser usada para orientar as abordagens da reabilitação. (HIDES; COOPER; STOKES, 1992; STOKES et al., 2007; WALLWORK et al., 2009)

A radiografia é uma técnica que fornece estimativas da AST, mas devido à exposição à radiação, as condições éticas definem essa técnica como inadequada para uso em crianças. A TC supera esse problema ao escanear fatias finas do corpo com um estreito feixe de raios-X, que gira ao redor do corpo, produzindo uma imagem de cada fatia como uma secção transversa do corpo. Ao contrário da radiografia convencional, a TC, pode distinguir bem entre o músculo, osso e gordura. As crianças são particularmente sensíveis à radiação, portanto essa técnica é contraindicada em crianças. (DE STE CROIX, 2007; DEIGHAN et al., 2006; HOUSH et al., 1995; IKAI; FUKUNAGA, 1968).

O padrão ouro para medir as características arquitetônicas do músculo é a RM. No entanto, como a USG é menos dispendiosa e mais prontamente disponível, muitos pesquisadores compararam as medidas tomadas pelas duas modalidades para um número de diferentes músculos para determinar a validade da USG para esse fim (BEMBEN, 2002; BRAHIM; ZACCARDELLI, 1986; MENDIS et al., 2010). Há uma variedade de parâmetros, variando de medidas de espessura, largura, comprimento e AST em vários locais anatômicos. Embora as estatísticas tenham relatado um intervalo de 0,22 a 0,90, todos os estudos

revisados relataram boa concordância (maior que 0,80) para pelo menos um dos locais de medição investigados e concluíram que a USG é um método preciso para medir o parâmetro muscular de interesse. No entanto, é importante reconhecer que esses estudos foram realizados quase que exclusivamente em pequenos grupos de participantes jovens e saudáveis. (WHITTAKER; STOKES, 2011)

A qualidade de imagem do tecido mole na RM é bem conhecida. No entanto, a USG em tempo real tem as vantagens de uma acessibilidade generalizada e de custos mais baixos. As medidas dos multífidos lombares foram comparadas em adultos jovens e saudáveis utilizando imagens de ultrassom em tempo real e RM para estabelecer validade da mensuração do ultrassom. Concluiu que não houve diferença significativa entre as AST mensuradas em qualquer nível vertebral ou lado, em ambos os exames de imagem, e comprovou que se um protocolo rigoroso é seguido, o tamanho dos multífidos em adultos jovens e saudáveis pode ser determinado com a mesma precisão usando o ultrassom em tempo real, que é de baixo custo e mais acessível para a investigação clínica. (Hides, 1995)

A tecnologia da USG aborda ampla aplicação, podendo ser utilizada no diagnóstico e na reabilitação. A avaliação por imagem de USG pode oferecer um meio seguro, objetivo e relativamente de baixo custo, de avaliar o músculo e a morfologia dos tecidos moles relacionados, e pode fornecer informação visual para auxiliar intervenções na pesquisa e na prática clínica. A varredura por USG tem três vantagens principais em relação às demais técnicas. É disponível em hospitais e clínicas, é de baixo custo, e não envolve a exposição à radiação ionizante, permitindo testes seguros e repetidos. (Hides, 1995; Julie A.Hides, Carolyn A. Richardson, 1996)

A USG é um método de avaliação, não invasivo, rápido e indolor e que fornece informação desde o início da contração muscular, além de permitir a avaliação da AST. (FERREIRA et al., 2009) Através da USG pode detectar precocemente a atrofia e diminuição da capacidade de contrair dos músculos multífidos. É um recurso que tem sido utilizado com frequência por fisioterapeutas, tanto para sua utilização clínica quanto para a investigação científica. As diretrizes de segurança da *British Medical Ultrasound Society* recomendam que o tempo de exposição seja mantido o mínimo necessário. (J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996; LIU et al., 2013b)

A USG está sendo utilizada cada vez mais para pesquisa, avaliação clínica e *biofeedback* (resposta ao tratamento / reavaliação). Se esse procedimento for adotado na prática rotineira de fisioterapia, é importante que a metodologia para obtenção e medição de imagens seja padronizada, para garantir que a técnica seja robusta e confiável. (STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005)

O primeiro a relatar o uso da USG para a medição do tamanho muscular (bíceps braquial) foi um grupo da Universidade de Tóquio no final da década de 1960 (IKAI; FUKUNAGA, 1968). Essa tendência continuou durante a década de 1980 (FLEISS, 1986; MACINTOSH; BOGDUK, 1986; SODERBERG; BARR, 1983), e na década de 1990, equipes investigativas usavam USG para medir o tamanho e outras características arquitetônicas de vários músculos, incluindo os músculos multífidos lombares (HIDES, 1995; HIDES; COOPER; STOKES, 1992).

Clinicamente, a aplicação é dupla: como uma ferramenta de avaliação objetiva para detectar anormalidades e monitorar mudanças durante a recuperação (J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996), e para o *biofeedback* visual durante a reeducação da contração muscular (HIDES; RICHARDSON; JULL, 1998).

A ultrassonografia tem sido usada para medir o tamanho de vários músculos esqueléticos. (STOKES; HIDES; NASSIRI, 1997) O músculo multífido lombar é de particular interesse em pacientes com dor lombar e foi estudado em indivíduos normais (HIDES; COOPER; STOKES, 1992) e em pacientes (HIDES; RICHARDSON; JULL, 1998; J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996). Esses estudos demonstraram que a AST pode ser medida adequadamente por USG e utilizada para comparar diferentes populações. (STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005)

A USG foi utilizada para avaliar a AST que foi significativamente menor na população com dor lombar comparada ao grupo saudável (no nível vertebral L5) (WALLWORK et al., 2009). A detecção das alterações no tamanho do músculo multífido e o controle motor em pessoas com dor lombar (quando comparadas a indivíduos saudáveis) podem fornecer informações úteis que devem ser usadas para orientar abordagens de reabilitação e traçar protocolos de tratamento. (STOKES et al., 2007)

O tamanho do músculo multífido em pacientes com dor lombar aguda unilateral estudado através da USG de imagem demonstra uma diminuição da AST do músculo multífido ipsilateral e atrofia foi predominantemente isolada em um nível vertebral (L5) (J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996). A técnica também foi útil para demonstrar que o tamanho do músculo multífido não se recupera quando a dor cede, a menos que seja submetido a exercícios específicos (JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996).

Há dois tipos de ultrassom, que são usados para imagem, o estático ou composto, e o de varredura em tempo real. O composto envolve a construção de uma imagem em corte transversal através do corpo e eficiente repetitividade da técnica, como já demonstrado em estudo com quadríceps. (HIDES; COOPER; STOKES, 1992; STOKES; YOUNG, 1986) O ultrassom em tempo real foi usado para mensurar o músculo multífido de adulto jovem saudável e foi viável na avaliação clínica da perda muscular. A repetitividade foi aceitável e a simetria normal foi caracterizada pelo tamanho e forma do músculo multífido. (HIDES; COOPER; STOKES, 1992)

O termo “ultra-sonografia de reabilitação” foi cunhado como um meio para abranger e definir essas aplicações (TEYHEN, 2006). Especificamente, ultrassonografia de reabilitação refere-se a procedimentos USG usados por fisioterapeutas para avaliar a morfologia e comportamento (morfometria) do músculo e tecidos moles relacionados, para fornecer *biofeedback* sobre a morfometria muscular durante a restauração da função, e para realizar pesquisas destinadas a informar a prática clínica (TEYHEN, 2006; WHITTAKER et al., 2007)

Nos últimos 30 anos, um número crescente de fisioterapeutas empregou a USG convencional para avaliar componentes da morfologia muscular (forma e estrutura do músculo) e a morfometria (tamanho muscular) como meio de especular sobre a função muscular tanto na pesquisa quanto na clínica. (DAVIES, 1995; HIDES; COOPER; STOKES, 1992; STOKES; HIDES; NASSIRI, 1997; WHITTAKER et al., 2007; YOUNG et al., 1983)

Um dos principais problemas da USG é a dificuldade em distinguir os limites dos tecidos e de determinar os músculos individuais dos músculos em grupo. (WELLS CL, 1991) Não é possível isolar o músculo paraespinal individual para testar força, por isso técnicas de imagem tem sido utilizadas para mensurar tamanho do músculo e as vantagens relativas ao USG de imagem, TC e RM na reabilitação. (STOKES; YOUNG, 1986) A USG permite que

os fisioterapeutas realizem avaliações in vivo do tamanho e atividade do músculo multífido (KIESEL et al., 2007; VAN; HIDES; RICHARDSON, 2006) e foi o mais sensível de todos os métodos para avaliar o grau teste muscular manual (KIM et al., 2014).

Estudos anteriores da USG indicaram que as mudanças na espessura e AST do músculo podem servir como índices válidos de contração muscular e os resultados são comparáveis com aqueles obtidos por TC, RM (HIDES, J. WILSON, S AND STANTON, 2006), ou eletroneuromiografia (ENMG). Há uma relação entre os métodos de ENMG e USG para avaliação muscular em diversas situações, no entanto, não há uma métrica de avaliação padronizada. (BROWN; MCGILL, 2010; JOHN; BEITH, 2007; VASSELJEN et al., 2006). A espessura do músculo mensurada por USG era uma métrica mais confiável com um intervalo de confiança mais alto e menor desvio padrão, quando comparada a avaliação da ativação muscular usando a ENMG. (KIM et al., 2014).

A USG dos multífidos lombares requer habilidade e treinamento, uma vez que esse músculo não é fácil de ser examinado com essa técnica. Em um estudo de reabilitação, a varredura foi realizada por um ultrassonografista qualificado (JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996) O investigador principal (um fisioterapeuta) foi treinado na técnica de imagem, isso incluiu o aprendizado sobre os aspectos físicos e técnicos da USG e a realização de um estudo de confiabilidade intraexaminador que demonstrou boa concordância entre medidas repetidas em dias diferentes (COLDRON; STOKES; COOK, 2003).

Recomenda-se que os pesquisadores em potencial realizem treinamento adequado e testes de confiabilidade antes de usar ultrassom em imagens de músculos para a prática clínica ou pesquisa (STOKES; HIDES; NASSIRI, 1997). Deve haver treinamento especializado (consistente com as recomendações da Organização Mundial de Saúde) (*“Training in diagnostic ultrasound: essentials, principles and standards. Report of a WHO Study Group.”*, 1998; WHITTAKER et al., 2007)

Um transdutor curvilíneo com frequência aproximada de 5MHZ é comumente usado para imagem de multífidos lombares. Um estudo usando os transdutores curvilíneo e linear observou pequenas alterações entre as configurações, porém sem diferenças clinicamente significantes. (HIDES; COOPER; STOKES, 1992; STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005; WARNER; COTTON; STOKES, 2008)

As medidas das três dimensões do tamanho do músculo multífido (espessura, largura e AST), em L3, não sofreram influência pelo uso do transdutor curvilíneo ou linear, confirmando a hipótese nula de que os valores de medida não difeririam. Não há diferença na medida da AST do músculo multífido quando mensurado com o transdutor curvilíneo (5MHz) ou linear (6MHz), porém a imagem foi melhor definida com o transdutor curvilíneo, que produziu melhor definição da borda lateral do músculo. (WORSLEY et al., 2012)

Quanto ao posicionamento para avaliação através da USG os voluntários foram posicionados em prono com um travesseiro colocado sob o abdômen para minimizar a lordose lombar. Os processos espinhosos de L2-L5 foram marcados com uma caneta. A detecção dos processos espinhosos foi determinada manualmente usando a crista ilíaca como um marco. A localização do processo espinhoso foi confirmada usando o ultrassom de imagem por meio do processo espinhoso em relação ao sacro na seção sagital. (STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005; WALLWORK et al., 2009)

Em 20 mulheres normais (com idade entre 19 e 45 anos), AST do multífido lombar foi medida no nível da quinta vértebra lombar (L5) nos lados direito e esquerdo, com o sujeito em pronação (decúbito ventral) e deitado de lado (decúbito lateral). Houve boa concordância entre as duas posições, sem diferença sistemática. Essas descobertas demonstram que as medidas do multífidis lombares em L5 podem ser feitas em posição prona ou lateral, e uma comparação válida dos resultados obtidos em ambas as posições pode ser feita (COLDRON; STOKES; COOK, 2003)

### 2.3 CURVAS DE REFERÊNCIA

Gráficos de crescimento infantil estão entre as ferramentas mais usadas para avaliar o bem-estar geral de bebês e crianças e as comunidades em que vivem. (DE ONIS; WIJNHOFEN; ONYANGO, 2004) Eles são muito úteis para determinar o grau em que as necessidades fisiológicas de crescimento e desenvolvimento estão sendo atendidas durante os períodos fetal e infantil. Essa abordagem reconhece explicitamente que as referências de crescimento são frequentemente usadas como padrões, isto é, como ferramentas que permitem juízos de valor. (BORGHI et al., 2006)

Para construção de novas curvas é necessário revisar os métodos mais relevantes em relação às características do conjunto de dados (por exemplo, frequência de medições e

desenhos de estudos específicos) e selecionar um subconjunto para avaliação adicional, além de definir o método estatístico disponível. (BORGHI et al., 2006)

Intervalos de referência são comuns na medicina. Eles são frequentemente chamados de "intervalos normais", um termo que deve ser evitado, pois implica incorretamente que todos os indivíduos que se enquadram em tal faixa são clinicamente normais. A finalidade de calcular um intervalo de referência é geralmente fornecer um padrão racional contra o qual um valor suspeito anormal (incomumente baixo ou alto) pode ser comparado. (ROYSTON, 1991)

Estudos que definem valores de referência muscular vem sendo desenvolvidos com crianças (BAYRAM; KURTOGLU, 2009; CARTHY et al., 2013; ERGARA et al., 2018; HIMES, 2010; KIM; HONG; KIM, 2016; ONIS et al., 2007), porém que referencie a AST dos múltiplos lombares apenas um estudo foi desenvolvido, apesar da prevalência média-alta de patologia da coluna vertebral em crianças, há um conhecimento muito restrito sobre o tamanho muscular e o padrão de crescimento em indivíduos com menos de 20 anos de idade. (BEEN et al., 2018)

### 2.3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

Antropometria significa a medição do homem. Portanto, é um termo geral para todas as medidas que podem ser representadas em um gráfico, incluindo peso e altura, comprimentos de membros e circunferências, além de espessuras de dobras. Historicamente, a medição da altura tem sido o foco principal, e há relato que James Tanner foi o primeiro a estudar o crescimento humano.(TANNER et al., 1976). Antes do século XIX o principal objetivo da antropometria era administrativo e tinha como característica identificar, classificar e pesquisar indivíduos. Por exemplo, existe extensa documentação sobre as alturas e pesos dos escravos americanos que eram úteis como marcadores de sua idade, maturidade e capacidade de trabalho e, portanto, valor no mercado. (Tanner, 1982; Wang, Moreno, Caballero, & Cole, 2006;De Ste Croix, 2007)

A ideia de traçar as medidas do corpo de uma criança em um gráfico para ilustrar seu padrão de crescimento é geralmente atribuída ao conde Philibert de Montbeillard (1720-1785), que mensurou a altura do seu filho a cada seis meses, desde o nascimento até os 18 anos. Em seguida, George Buffon (1707 – 1788) publicou um gráfico em um livro que

escreveu sobre história natural, produzindo assim a primeira curva de crescimento linear (Tanner et al., 1976; Cole, 2012).

Adolphe Quetelet (1796-1874) foi uma das primeiras pessoas a aplicar a curva de crescimento linear à antropometria. Foi, um influente estatístico belga que entre muitas outras coisas ajudou a fundar a Royal Statistical Society, em 1834. Introduziu o conceito de homem médio, o que era representativo de um grupo particular na sociedade (Quetelet 1869).

Adolphe Quetelet assumiu a liderança e foi o primeiro a aplicar a distribuição normal na área social. Charles Roberts (1901) e Henry Bowditch (1840 - 1911) coletaram grandes conjuntos de dados de antropometria infantil e os publicaram resumidos em grandes tabelas. Ao mesmo tempo, Francis Galton (1822-1911) estava desenvolvendo suas ideias sobre eugenia. A antropometria mostrou ser o meio ideal, particularmente a altura com seu forte componente hereditário e sua ligação com a classe social. O desejo de Galton de obter dados o levou a montar um laboratório antropométrico na Exposição Internacional de Saúde de 1884, em Londres, onde o público pode fazer avaliação e receber 17 medições que incluiria entre outras a visão, a audição, a força, a velocidade, a capacidade respiratória e a altura. Cerca de 9337 indivíduos, incluindo 2954 crianças participaram do estudo. O interesse de Galton pela antropometria diferia do de seus contemporâneos, ou de fato, qualquer outro que o precedeu ou o seguiu. (Quetelet, 1869; Bowditch, 1891)

A distribuição normal foi introduzida inicialmente pelo matemático francês Abraham de Moivre (1667-1754) em um artigo que foi reimpresso na segunda edição do seu livro “A doutrina do acaso” de 1738. Ele percebeu que à medida que o número de eventos do lançamento de moedas aumentava a distribuição binomial se aproximava de uma curva suave. (BITTENCOURT; VIALI, 2006)

O conceito de distribuição normal, ou "a lei da frequência de erro", como era então chamado, foi desenvolvido de forma independente por Carl Friedrich Gauss (1777-1855) em 1809 e Pierre Simon Laplace (1749-1827) em 1810. Sua descoberta permitiu que dados de um grupo de indivíduos fossem resumidos pelo seu erro médio e provável, desde que seguissem uma distribuição normal. (BITTENCOURT; VIALI, 2006)

A importância dessa distribuição reside principalmente no fato de que muitos fenômenos naturais apresentem uma distribuição normal ou aproximadamente normal. Além disso, as médias de amostras retiradas de distribuição qualquer tendem a apresentar

comportamento normal à medida que o número de observações (tamanho da amostra) aumenta. A distribuição normal é mais conhecida como curva de Gauss dando razão a lei de eponímia de Stigler. (BITTENCOURT; VIALI, 2006)

A Organização Mundial de Saúde (OMS) desenvolveu novos padrões de crescimento infantil. Como parte de um amplo processo consultivo para selecionar os melhores métodos estatísticos, a OMS convocou um grupo de estatísticos e especialistas em crescimento infantil para analisar os métodos disponíveis, desenvolver uma estratégia para avaliar seus pontos fortes e fracos e discutir questões metodológicas que possam ser enfrentadas no processo de construir as novas curvas de crescimento. (BORGHI et al., 2006).

Segundo a OMS as curvas de crescimento constituem um importante instrumento técnico para medir, monitorar e avaliar o crescimento de todas as crianças e adolescentes de 0 a 19 anos, independente da origem étnica, situação socioeconômica ou tipo de alimentação. Desnutrição, sobrepeso, obesidade e condições associadas ao crescimento e à nutrição da criança podem ser detectadas e encaminhadas precocemente. (BORGHI et al., 2006).

A OMS usa o GAMLSS para estimar o percentil para produzir gráficos de crescimento para crianças. Seus gráficos são usados por mais de 140 países como os gráficos padrão que monitoram o crescimento de crianças. A Iniciativa Global da Função Pulmonar, [<http://www.lungfunction.org>] usa o GAMLSS para fornecer uma abordagem mundial unificada para monitorar a função pulmonar, obtendo centis para a função pulmonar com base na idade e altura. O GAMLSS é uma estrutura geral para executar uma regressão "univariada". Refere-se a uma única variável de resposta, enquanto pode haver muitos valores explicativos, em uma regressão univariada. (QUANJER et al., 2012; WORD HEALTH ORGANIZATION, 2009; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007).

Existem duas metodologias principais para a criação de curvas do percentil: o método lambda, mu e sigma (LMS) e suas extensões (GREEN, 1992; RIGBY; STASINOPOULOS, 2004, 2006) e o método de regressão quântica. (HE; NG, 1999; KOENKER; PIN; STEPHEN PORTNOY, 1994; NG; MAECHLER, 2007).

A metodologia LMS e suas extensões são uma subclasse do GAMLSS e também foram adotadas pela OMS para a construção de curvas de crescimento padrão mundial (centil) para crianças. (BORGHI et al., 2006; HIMES, 2010; ONIS et al., 2007).

O modelo para a metodologia LMS estendida pode ser escrito como: o método original de LMS (GREEN, 1992) que usa apenas três parâmetros de distribuição, e é equivalente a usar a distribuição Box-Cox Cole e Green, BCCG (,,). Controla a localização, a escala e a assimetria da distribuição D. A introdução de um quarto parâmetro para modelar a curtose da distribuição leva à criação do exponencial de potência Box-Cox, BCPE (,,,), e as distribuições Box-Cox-t, BCT (,,,), (RIGBY; STASINOPOULOS, 2004, 2006) respectivamente. Os métodos de estimação por cento resultantes foram chamados LMSP e LMST respectivamente.

O método LMS é usado para derivar as curvas de referência do percentil suavizadas e para gerar os parâmetros L, M e S que permitem o cálculo das pontuações padronizadas de z. (ERGARA et al., 2018). Esse método resume os percentis em cada idade com base na potência de transformações BoxCox específicas de idade usadas para normalizar os dados. As curvas finais dos percentis são produzidas por três curvas lisas representando L (inclinação), M (mediano) e S (coeficiente de variação) (BAYRAM; KURTOGLU, 2009).

### 2.3.2 ASPECTOS CONCEITUAIS

A avaliação antropométrica de crianças e adolescentes envolve a utilização de padrões e curvas de referências para avaliar seu crescimento e estado nutricional. Um padrão de crescimento refletiria o crescimento ótimo, de como as crianças deveriam crescer, ao invés de como elas crescem, sugerindo que todas apresentariam o mesmo potencial para atingir esse nível, enquanto que uma curva de referência de crescimento é usada para comparação e espelharia o que é e como seria uma população saudável. (LEONARD, 1995; WANG et al., 2006)

Uma curva de crescimento é uma ferramenta gráfica complexa, pois exhibe o tamanho da criança em uma série de idades, e ao mesmo tempo permite analisar sua taxa de crescimento ou velocidade de crescimento ao longo do tempo, com base na inclinação da curva. Para grande parte da infância as curvas de crescimento individuais tendem a acompanhar ao longo de um determinado percentil. (BOWDITCH, 1891; COLE, 2012)

Os gráficos de crescimento não foram desenhados como um instrumento de diagnóstico. Em vez disso, eles contribuem para formar uma impressão clínica geral da criança que está sendo medida. Muitos usuários não estão cientes das diferenças entre “padrão de crescimento” e “referência de crescimento”, pois esses dois termos são

frequentemente usados indistintamente. Para usar a referência ou padrão de crescimento para avaliar indivíduos ou grupos de crianças, será necessário comparar a medida do sujeito fornecida com tais referências de crescimento ou padrões, fornecidas em tabelas ou gráficos de crescimento (chamadas curvas de crescimento). (COLE, 2012; NUCARA et al., 2012)

Um gráfico de crescimento é uma referência de crescimento apresentada como um *display* visual para uso clínico, e neste sentido é um desenho gráfico. Muitos aspectos devem ser considerados para tornar o gráfico mais ou menos eficaz como uma ferramenta clínica. (Wright et al., 2010)

Um gráfico de crescimento visualiza a velocidade de crescimento, mas não quantifica (o cruzamento de percentil não é calibrado). A combinação de gráficos de crescimento e referências de crescimento envolve: a coleta de dados antropométricos, o resumo estatístico dos dados e o desenho do gráfico. Além disso, indivíduos que vão crescendo à velocidade média, enquanto que se a curva atravessa os percentis para cima ou para baixo, o indivíduo está crescendo mais rápido ou mais lentamente do que a média (a passagem do centímetro é uma medida da velocidade relativa). (NUCARA et al., 2012)

Alguns conceitos são importantes, uma referência de crescimento é um resumo estatístico dos dados antropométricos no grupo de crianças de referência, geralmente apresentado como a distribuição de frequência em diferentes idades. O resumo estatístico envolve a média e o desvio padrão, ou alternadamente a mediana e os percentis selecionados, condicionado (geralmente) a idade e sexo. As referências de crescimento descrevem como as crianças crescem e as referências podem ser aplicadas a outras crianças para determinar se suas medições são ou não típicas do grupo de referência. (BOWDITCH, 1891; SANANES et al., 2009)

Avaliar a relação entre diferentes indicadores e desfechos de saúde é muitas vezes mais complexo em crianças do que em adultos. Em crianças, dois tipos de desfechos de saúde precisam ser considerados para estudar a associação com medidas/indicadores antropométricos: a) os desfechos de saúde de curto e médio prazo durante a infância e a adolescência e b) desfechos de saúde de longo prazo na idade adulta. (NUCARA et al., 2012)

Os percentis e escores Z têm sido amplamente utilizados para ajudar a avaliar o crescimento e o estado nutricional das crianças. Muitas vezes os percentis (ex. 5th, 85th, 95th, 99th) e os escores Z (-2 e +2) são utilizados para classificar as diferentes condições de saúde e

as medidas antropométricas específicas do sexo são fornecidas em tabelas e em curvas suavizadas em gráficos de crescimento. (NUCARA et al., 2012)

Um percentil é o valor de uma variável abaixo da qual está uma certa porcentagem de observações (ou população), ou seja, o percentil refere-se à posição de um indivíduo em uma dada referência de distribuição. Os percentis são mais fáceis de entender e usar na prática. (WANG et al., 2006) Em comparação com os percentis, o escore z tem várias vantagens: primeiro, são calculados com base na distribuição da população de referência (média e desvio padrão) e, portanto, refletem a distribuição de referência, em segundo lugar, como quantidades padronizadas, são comparáveis entre idades, sexos e medidas antropométricas, e em terceiro lugar, os escores z podem ser analisados como uma variável contínua nos estudos. Além disso eles podem quantificar o estado de crescimento extremo em ambas as extremidades da distribuição. Os percentis amplamente utilizados incluem: 3th, 5th, 50th (mediana), 85th, 95th, 97th e 99th. (NUCARA et al., 2012)

Os gráficos de referência em centis são utilizados para observar pacientes individuais no contexto dos valores da população. Se o percentil da população correspondente ao valor do sujeito é atípico, isso pode indicar uma subjacente condição patológica. Tais gráficos são amplamente utilizados em pediatria para medições relacionadas ao crescimento e desenvolvimento, como a antropometria. (COLE; COLE, 1988)

Para construir as curvas de referência, alguns autores utilizam o método LMS, que além de derivar as curvas de referência do percentil suavizadas também proporcionam os parâmetros L, M e S que permitem os cálculos das pontuações padronizadas de Z. (HIMES, 2010) Esse método resume os percentis em cada idade com base na potência de transformações de energia específicas de idade usadas para normalizar os dados. (BAYRAM; KURTOGLU, 2009)

### 2.3.3 CURVA DE REFERÊNCIA DOS MÚSCULOS MULTÍFIDOS: POR QUE CONSTRUIR?

Curvas de referência em crianças estão sendo construídas e auxiliam na avaliação e desenvolvimento muscular e monitoramento de doenças relacionadas ao músculo (LIU et al., 2018). Estudos de medidas de massa muscular, em crianças, vem sendo realizados com o objetivo de definir valores de referência. Alguns destes estudos construíram curvas de referência com os resultados obtidos, possibilitando o uso por profissionais de saúde durante

avaliação e diagnóstico precoce. (BAYRAM; KURTOGLU, 2009; CARTHY et al., 2013; HIMES, 2010; KIM; HONG; KIM, 2016; LIU et al., 2018)

Apesar da prevalência média - alta de patologia da coluna vertebral em crianças, há um conhecimento muito limitado sobre o tamanho muscular e o padrão de crescimento em indivíduos com menos de 20 anos de idade. Um estudo avaliou 91 tomografias computadorizadas abdominais de crianças de 2 a 20 anos e observou que a AST dos múltifidos lombares aumentou com a idade. Foi realizada uma curva de referência dessa medida com a idade (por grupo de faixa etária). (BEEN et al., 2018)

É escassa a literatura (revisada) quanto às curvas de referência da AST dos múltifidos lombares por idade e por sexo em crianças. Vale ressaltar a aplicabilidade prática quanto a avaliação e diagnóstico precoce em criança a fim de detectar alterações na AST e consequentemente as injúrias lombares.

### 3 MÉTODO

#### 3.1 LOCAL DO ESTUDO

Esta pesquisa foi desenvolvida nas escolas da rede privada de ensino, que aceitaram ser parceiras: Colégio GGE, Academia Educação, Escola Vila Aprendiz, Colégio Casa Forte, Colégio Walt Disney, Escola Pinheiros e Escola Bem-Me-Quer.

#### 3.2 PERÍODO DO ESTUDO

Realizado no período de novembro de 2017 a setembro de 2018.

#### 3.3 DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo metodológico, onde foram construídas curvas de referência com as áreas de secção transversa dos músculos multífidos da coluna lombar, através de ultrassonografia.

#### 3.4 SUJEITO DA PESQUISA

Participaram da pesquisa 736 crianças (396 meninos e 340 meninas) de 5 a 10 anos, eutróficas e saudáveis. Foram excluídas do estudo crianças que nasceram prematuras, com distúrbio musculoesquelético na coluna vertebral e/ou cintura pélvica, histórico de fraturas, traumas e/ou cirurgias de coluna, presença de cicatriz hipertrófica extensa no tronco, deformidades congênitas na coluna, doenças neurológicas, indivíduos com déficit cognitivo, e que realizaram ou estivessem realizando tratamento de fisioterapia na coluna lombar.

#### 3.5 ESTIMATIVA DO TAMANHO AMOSTRAL

A amostra foi dimensionada com o objetivo de estimar as médias de peso, altura e da AST em cada faixa etária, e por sexo, e o cálculo do tamanho da amostra necessária para estimar a média (realizado no Excel) de cada uma dessas variáveis é dado por:  $n = K^2 S^2 / (d^2)$ ,

Em que: K corresponde ao valor associado ao nível de 95% de confiança, qual seja, 1,96;  $S^2$  a variância estimada na amostra piloto e d, o erro máximo admissível definido pelo valor  $d = 0,05 * (\text{Média da variável})$ , o qual significa aceitar um valor estimado, por exemplo para a AST com no máximo 5% do valor da média da AST, em cada faixa etária e por sexo.

Através da ultrassonografia é possível mensurar três medidas do músculo multífido: a área de secção transversa ( $\text{cm}^2$ ), a medida ântero-posterior (cm) e a medida látero-lateral (cm). Para cada faixa etária e por sexo foi então calculado o tamanho da amostra para estimar a

média das três variáveis de interesse e considerando o maior entre elas. Para todas as faixas etárias o maior tamanho necessário foi sistematicamente usado para estimar a média da área de secção transversa (AST) do músculo multífido.

Os tamanhos de amostra calculados para cada faixa etária seria então o mínimo para garantir representatividade amostral para a população como um todo, qual seja os escolares na faixa de 5 a no máximo exatos 10 anos, com 95% de confiança e erro máximo admissível de 5%, para se estimar a média do peso, da altura e da AST.

### 3.6 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

As escolas foram selecionadas e deram anuência para participarem da pesquisa. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi encaminhado aos pais (através da escola) para que houvesse autorização prévia da inclusão das crianças.

As crianças chegavam até a coleta com o TCLE autorizado pelos pais / responsáveis e com o registro de informações devidamente preenchido, com nome completo da criança e data de nascimento.

Em seguida, as crianças eram submetidas a uma avaliação antropométrica (que incluía medida do peso e altura) e posteriormente a mensuração da área de secção transversa do músculo multífido lombar através da ultrassonografia de imagem. Todos os procedimentos foram sempre realizados pelas mesmas pesquisadoras (JMS / GG) nas escolas parceiras. As duas pesquisadoras são fisioterapeutas com experiência na área musculoesquelética há mais de 10 anos e participam do grupo de pesquisa do LACOM, onde já desenvolveram pesquisas anteriores usando ultrassom de imagem.

As medidas dos músculos foram obtidas através de ultrassom e o controle de qualidade das medidas de ultrassom baseou-se principalmente na comparação das medidas repetidas pelas mesmas pesquisadoras. A avaliação rotineira da qualidade dos dados é guiada por um sistema de diferenças máximas permitidas entre repetições. (PAPAGEORGHIU et al., 2013; SARRIS et al., 2013)

### 3.7 AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Para a determinação do peso (em quilogramas) foi utilizada uma balança digital com capacidade para 150kg da marca Camry. Para avaliação da altura, em metros, foi utilizada uma fita métrica, com escala graduada de 0,1cm, fixada em uma superfície de apoio plana. O índice de massa corporal foi determinado pela divisão do peso pelo quadrado da altura.

### 3.8 AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA

A avaliação ultrassonográfica dos multífidos foi realizada através do US – ALOKA 500, com transdutor curvilíneo de 5 MHz. Para avaliar os multífidos foi utilizado o método desenvolvido por Stokes et al. Durante o piloto todas as medidas foram realizadas três vezes, sendo considerada a média entre elas e executada pela mesma examinadora, visando assim obter maior confiabilidade. (STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005)

Para avaliação dos multífidos as crianças foram colocadas em prono, com travesseiro embaixo de seu estômago, para reduzir a lordose natural da coluna lombar – braços ao longo do corpo e as costas desnudadas. A examinadora palpou o processo espinhoso de L5 e fez uma marcação na pele, com um lápis dermográfico. Cranialmente à L5 foi identificado o processo espinhoso de L4, que também foi marcado com o lápis (COLDRON; STOKES; COOK, 2003; HIDES; COOPER; STOKES, 1992).

O transdutor do aparelho foi posicionado longitudinalmente, na linha média da coluna, ao nível de L4 e L5, para orientação e confirmação das marcas na pele. Girou-se o transdutor numa angulação de 90°, posicionando-se transversalmente na linha média, produzindo assim a imagem dos processos transversos e das lâminas lombares (WORSLEY et al., 2012)

Em seguida, o transdutor foi movido lateralmente, para se obter a imagem (unilateral) do multífido de L5, que foi mensurado em repouso. As imagens foram armazenadas e as medidas tomadas por meio de calipers no próprio sistema. Obteve-se a AST (cm<sup>2</sup>) dos multífidos traçando-se, com o cursor, uma linha ao redor do interior da borda do músculo.

### 3.9 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram pré codificados e processados em computador, pelo Programa SPSS. As variáveis categóricas foram expressas em valores absolutos e percentuais (n, %) e as quantitativas em valores médios e desvio-padrão (média ± DP).

A idade cronológica foi calculada como a idade decimal, subtraindo a data de avaliação a partir da data de nascimento. Para calcular a idade das crianças, em números exatos de dias, foram utilizadas as datas de nascimento, e então dividiu-se por 365, para ser considerada uma variável do tipo contínua, o que geralmente é realizado quando se busca construir curvas de referência.

A obtenção das curvas de referência da AST dos músculos multífidos lombares foi realizada com o auxílio do software R e os principais pacotes usados foram o *gamlss* e

*gamlss.util* que utilizam os modelos aditivos generalizado de localização, escala e forma. (RIGBY; STASINOPOULOS, 2006; STASINOPOULOS; RIGBY; BASTIANI, 2018)

Foi utilizada a função *lms()* no pacote *gamlss*, que usa um procedimento automatizado para os métodos LMS (BCCGo), LMSP (BCPEo) e LST (BCTo) de estimativa do percentil, incluindo uma estimativa automatizada do parâmetro de potência  $\xi$  e do parâmetro de suavização para todos os parâmetros de distribuição. Ele também escolhe entre os modelos de distribuição BCCGo, BCPEo e BCTo usando o critério de informação de Akaike generalizado - GAIC (k). Neste trabalho foi considerado  $K = \log(736)$ . É o primeiro passo para selecionar a distribuição mais apropriada para ajustar os dados (entre os disponíveis). (EILERS; MARX, 1996; EILERS; MARX; DURBÁN, 2015).

Uma generalização do método LMS (lambda, mu, sigma) foi empregado para calcular os parâmetros das curvas de referência (através do pacote *gamlss*) (STASINOPOULOS; RIGBY; BASTIANI, 2018). Foram descritos os percentis para a medida de AST por idade e por sexo.

O método LMS de estimativa do percentil para uma resposta contínua variável é baseado na distribuição BOX-COX Cole e Green (BCCG), juntamente com funções suaves para modelar cada parâmetro da distribuição, como uma função de uma única variável explicativa contínua, foi desenvolvido por Cole (1988) e Cole e Green (1992). O método foi estendido para os métodos LMSP e LMST de estimação por cento. (STASINOPOULOS et al., 2017; STASINOPOULOS; RIGBY; BASTIANI, 2018)

O modelo escolhido, selecionado pela função *lms()*, é a distribuição de Box Cox t (BCT) (RIGBY; STASINOPOULOS, 2004) que fornece um modelo para uma variável dependente Y exibindo assim assimetria e curtose (leptocúrtica ou platicúrtica). Tem quatro parâmetros e é denotado por BCT ( $\mu, \sigma, \nu, \tau$ ). O parâmetro de localização  $\mu$  representa a mediana,  $\sigma(\tau / (\tau - 2))$  0,5 é aproximado do coeficiente de variação (para sigma pequeno, nu moderado e tau moderado ou grande), e os parâmetros de formas  $\nu$  e  $\tau$  controlam a assimetria e curtose da distribuição, respectivamente. Todos os parâmetros foram modelados considerando a variável idade. (HOSSAIN et al., 2016)

Posteriormente consideramos outro critério para escolher o modelo de obtenção das curvas de referência. O método padrão estima o lambda (e, portanto, os graus de liberdade) automaticamente usando um método “local”. Consideramos o critério generalizado de

informação de Akaike (Lambda é conhecido como hiperparâmetro e “controla a suavidade”.) Quanto maior a penalidade, menores os graus de liberdade escolhidos e, portanto, as curvas ajustadas serão mais suaves para  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $v$  e  $\tau$ , mas com o custo de introduzir um viés potencial nas funções e percentis ajustados. O modelo BCTo resultante é dado por:

$$AST \sim \text{BCTo}(\mu, \sigma, v, \tau)$$

$$\log(\mu) = s1(\text{age})$$

$$\log(\sigma) = s2(\text{age})$$

$$v = s3(\text{age})$$

$$\log(\tau) = s4(\text{age}),$$

em que  $s1$ ,  $s2$ ,  $s3$  e  $s4$  são funções de suavização.

#### **4 ASPECTOS ÉTICOS**

Os participantes desta pesquisa e seus responsáveis foram esclarecidos sobre o objetivo do estudo, procedimentos, relevância, riscos e benefícios. Os pais e/ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) conforme a resolução 466/12 da Comissão Nacional de Ética em pesquisa do Ministério da Saúde para participação no estudo. O estudo obteve aprovação do Comitê Nacional de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no dia 20 de novembro de 2017, segundo o número do parecer: 2.387.569. (ANEXO 3)

A importância científica da pesquisa reside no fato que houve produção de valores de referência de medidas da área de secção transversa (AST) dos músculos multífidos lombares em escolares (5 a 10 anos), através de imagem de ultrassom, dados que poderão ser utilizados para avaliar e diagnosticar precocemente essa população.

## 5 RESULTADOS

Um total de 736 crianças (396 meninos e 340 meninas) de idade entre 5 e 10 anos foram incluídas no estudo. A Tabela 1 descreve o quantitativo de crianças por idade e sexo.

Tabela 1 - Quantitativo de crianças por idade e sexo (n, %)

Idade	Meninos	Meninas	Total	%
5  -- 6	57	52	109	14,8%
6  --7	84	70	154	20,9%
7  --8	87	65	152	20,7%
8  --9	68	65	133	18,1%
9 --10	53	55	108	14,7%
10  -- 11	47	33	80	10,9%
TOTAL	396	340	736	100%

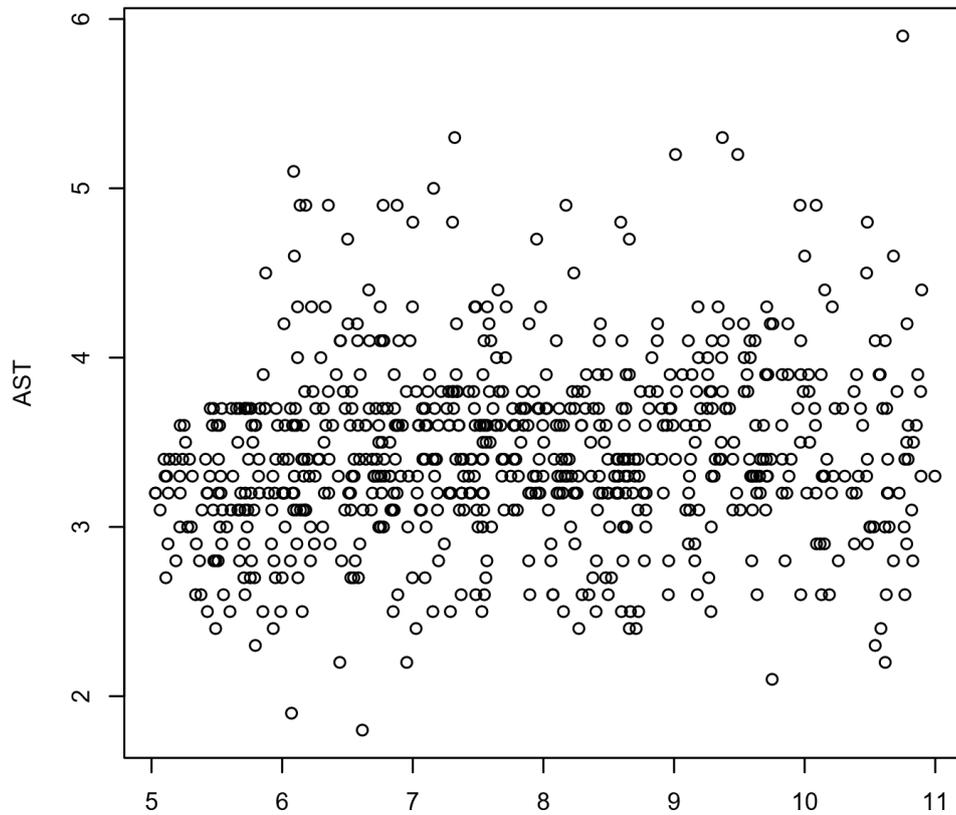
Idade indica faixa etária completa (ex. 5,0 – 5,99 anos, etc.)

Fonte: Juliana Menezes/ resultado da pesquisa.

Para a faixa etária de 6 anos, em ambos os sexos, houve necessidade de obter maior quantitativo de crianças, uma vez que a variância da variável AST foi maior para essa idade.

Foi realizado gráfico de dispersão e observou-se que a forma da distribuição varia conforme aumenta o valor da variável explicativa idade, mudando de uma distribuição simétrica para uma assimétrica, bem como mudando de uma distribuição com caudas mais curtas para uma com cauda mais pesada, além da heterogeneidade dos dados. Foram consideradas opções de distribuições capazes de lidar com a complexidade dos dados, pois se fosse assumida a distribuição normal para estes dados, não seria capaz de lidar com todas estas características.

Figura 1- Gráfico de dispersão da AST em ambos os sexos e por idade.



Fonte: Juliana Menezes/ resultado da pesquisa

### *Características antropométricas e de composição corporal por idade e sexo*

A média e o desvio padrão para peso, altura e índice de massa corporal (IMC) são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Dados apresentados como a média (desvio padrão).

Idade	Peso (Kg)	Altura (cm)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )
<b>Meninos</b>			
5  -- 6	20,44 (2,26)	114,89 (4,07)	15,40 (1,05)
6  --7	23,89(3,27)	122,58 (6,21)	15,83 (1,06)
7  --8	26,62(3,66)	128,90 (6,20)	15,96 (1,24)
8  --9	30,08 (4,14)	134,82 (6,44)	15,41 (1,23)
9 --10	32,10 (4,73)	138,75(6,82)	16,61 (1,48)
10  -- 11	35,68 (6,10)	143,47 (8,50)	17,22 (1,53)
<b>Meninas</b>			
5  -- 6	20,68 (2,65)	114,52 (6,23)	15,73 (1,19)

6  --7	24,08(3,11)	123,06 (6,11)	15,86 (1,20)
7  --8	24,99 (3,51)	126,75(6,11)	15,50 (1,33)
8  --9	28,27 (3,94)	132,46 (6,07)	16,05 (1,37)
9 --10	32,33 (4,62)	138,18 (6,79)	16,87 (1,56)
10  -- 11	38,18 (6,82)	146,76 (7,76)	17,45 (1,58)

---

Idade indica faixa etária completa (ex. 5,0 – 5,99 anos, etc.)

Fonte: Juliana Menezes/ resultado da pesquisa

As crianças apresentaram altura e peso que cresceram de acordo com a idade, conforme desenvolvimento natural.

*Área de secção transversa dos músculos multífidos lombares.*

A área de secção transversa (AST) do músculo multífido nos meninos variou de 1.8cm<sup>2</sup> a 5.3cm<sup>2</sup> e nas meninas variou de 1.9cm<sup>2</sup> a 5.9cm<sup>2</sup>, sendo a média de 3.43cm<sup>2</sup> para ambos os sexos. A AST apresentou maior variação nas meninas do que nos meninos.

Tabela 3 - Média (desvio padrão), mínimo, máximo e intervalo de confiança para a média da área de secção transversa do músculo multífido lombar por idade e sexo

Idade	Média (DP)	Mínimo	Máximo	IC (95%)
<b>Meninos</b>				
5  -- 6	3,13 (0,39)	2,30	3,70	(3.02;3.23)
6  --7	3,47 (0,58)	1,80	5,10	(3.34;3.59)
7  --8	3,55 (0,51)	2,40	5,30	(3.43;3.65)
8  --9	3,50 (0,47)	2,40	4,90	(3.38;3.61)
9 --10	3,51 (0,57)	2,50	5,20	(3.35;3.66)
10  -- 11	3,34 (0,53)	2,20	4,60	(3.18;3.49)
<b>Meninas</b>				
5  -- 6	3,26 (0,40)	2,50	4,50	(3.15;3.37)
6  --7	3,50 (0,58)	1,90	4,90	(3.35;3.63)
7  --8	3,42 (0,39)	2,60	4,40	(3.32;3.51)

8  --9	3,23 (0,48)	2,40	4,80	(3.11;3.35)
9 --10	3,68 (0,52)	2,10	5,30	(3.53;3.82)
10  -- 11	3,59 (0,72)	2,30	5,90	(3.33;3.84)

---

Idade indica faixa etária completa (ex. 5,0 – 5,99 anos, etc.)

Fonte: Juliana Menezes/ resultado da pesquisa

Os menores valores da área de secção transversa foram mensuradas em crianças de 6 anos (em ambos os sexos). Um menino de 7 anos obteve a maior área em cm<sup>2</sup> enquanto nas meninas a faixa etária a atingir maior medida foi aos 10 anos. Os Valores de percentil da área de secção transversa do músculo multífido lombar por idade e sexo foram expressos na tabela 4. O percentil 50<sup>th</sup> em ambos os sexos obteve valor próximo a média. Em ambos os sexos houve aumento da AST entre 5 e 7 anos e leve redução aos 8 e aos 10 anos.

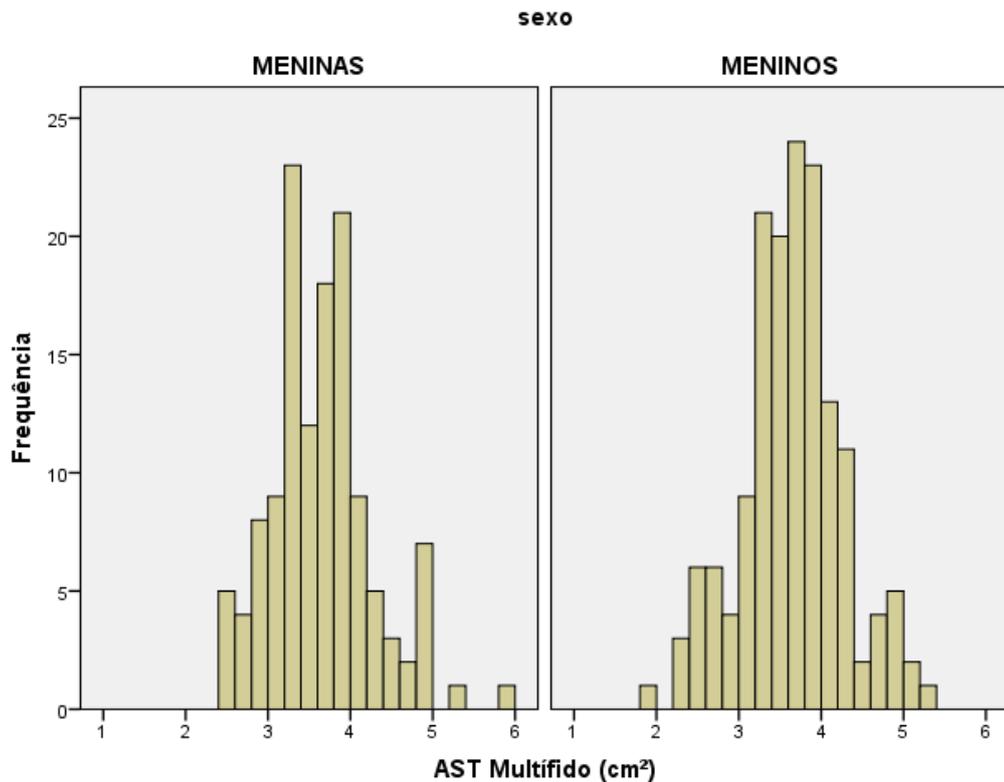
Tabela 4 - Percentil da área de secção transversa por idade e sexo.

Idade	5th	10th	15th	25th	50th	75th	85th	90th	95th
<b>Meninos</b>									
5  -- 6	2,4	2,5	2,6	2,8	3,2	3,4	3,6	3,7	3,7
6  --7	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,7	4,1	4,2	4,7
7  --8	2,5	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	3,9	4,2	4,5
8  --9	2,6	2,9	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3
9 --10	2,6	2,7	3,1	3,1	3,4	3,8	4,1	4,2	4,5
10  -- 11	2,4	2,7	2,9	3,0	3,3	3,7	3,8	4,1	4,4
<b>Meninas</b>									
5  -- 6	2,5	2,7	2,8	2,9	3,2	3,6	3,7	3,7	3,7
6  --7	2,7	2,8	2,9	3,1	3,4	3,8	4,1	4,3	4,7
7  --8	2,6	2,9	3,1	3,2	3,4	3,7	3,8	3,8	4,2
8  --9	2,5	2,5	2,6	2,8	3,2	3,6	3,7	3,8	4,1
9 --10	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	4,0	4,1	4,2	4,6
10  -- 11	2,5	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,1	4,6	5,2

Fonte: Juliana Menezes/ resultado de pesquisa

Para análise da distribuição de frequência da variável AST para meninas e meninos foram construídos dois gráficos: o Histograma e o Box-plot, separando por sexo. Inicialmente na Figura 2 encontra-se ilustrado o Histograma onde é possível constatar que a distribuição não é normal, o que foi comprovado pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, com  $p=0,000$ . Observa-se uma leve assimetria à direita.

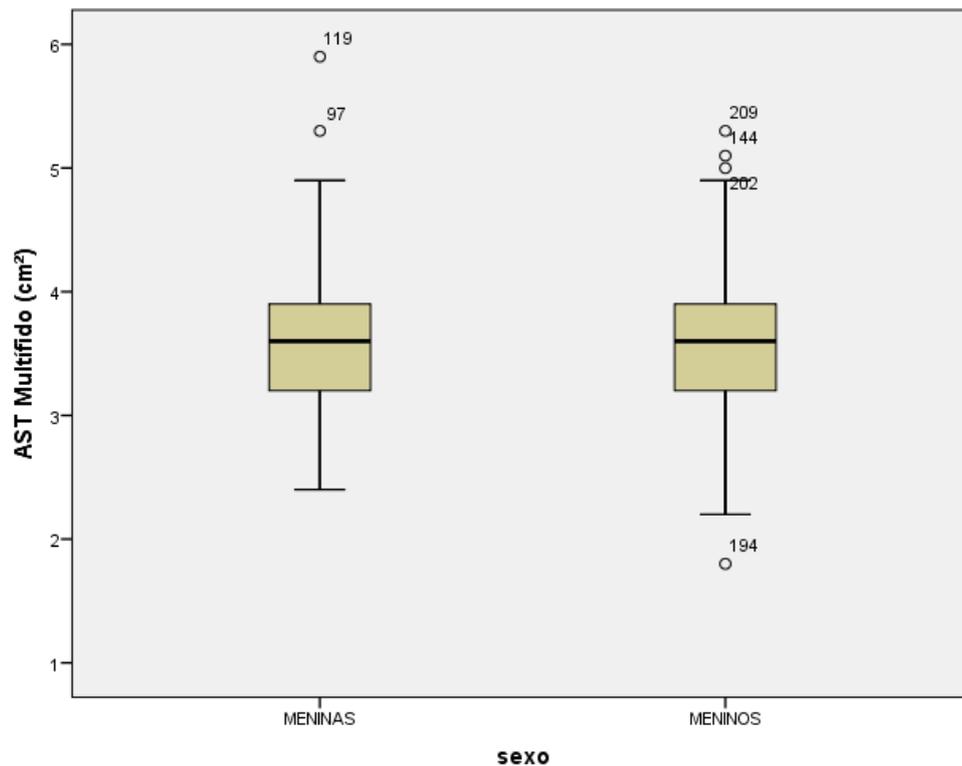
Figura 2 - Histograma da frequência da AST, por sexo



Fonte: Juliana Menezes/ resultado de pesquisa

O Box-plot ilustrado na Figura 3 mostra uma leve assimetria na distribuição de frequência da AST, uma similaridade entre meninas e meninos, bem como a presença de alguns outliers: duas meninas e três meninos com AST bem elevado e, um menino com um valor muito baixo da AST, fora do padrão da amostra.

Figura 3- Box-plot da AST, por sexo

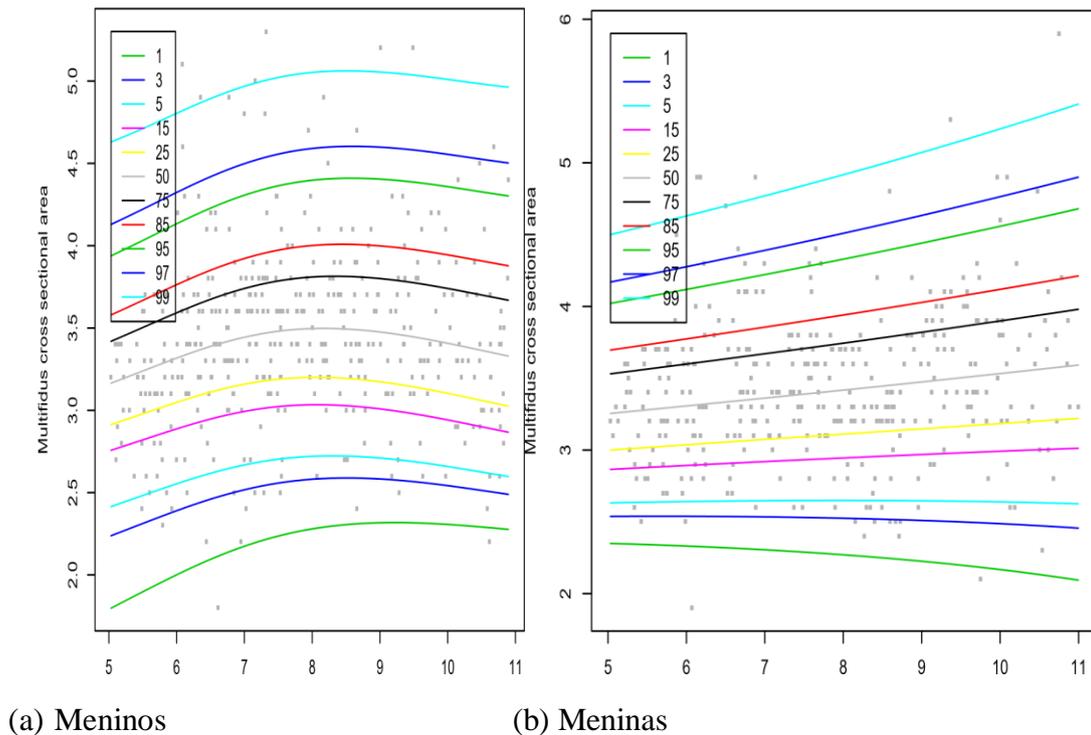


Fonte: Juliana Menezes/ resultado da pesquisa

As meninas cujo formulário foram 97 e 119, assim como os meninos registrados, na pesquisa, sob os números 202, 144 e 209 apresentaram área de secção transversa do músculo multífido lombar acima dos valores encontrados para as outras crianças de mesmo sexo. O menino cujo registro foi de número 194 apresentou a AST abaixo dos valores de referência.

A curvas de percentis da AST do músculo multífido usando o BCTo para o 1<sup>th</sup>, 3<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup>, 15<sup>th</sup>, 25<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup>, 75<sup>th</sup>, 85<sup>th</sup>, 95<sup>th</sup>, 97<sup>th</sup>, 99<sup>th</sup> para meninos e meninas são apresentados na figura 2 (a) meninos e (b) meninas.

Figura 4- Curvas de referência da AST dos músculos multifídeos lombares, por sexo



Fonte: Juliana Menezes/ resultados de pesquisa

Houve um crescimento da AST entre 5 e 10 anos, sendo uma distribuição mais linear nas meninas do que nos meninos. Nos meninos é mais perceptível um crescimento entre 5 e 9 anos e depois uma estabilização no crescimento. As curvas foram derivadas do método BCTo descrito na seção de métodos (análise de dados 3.9).

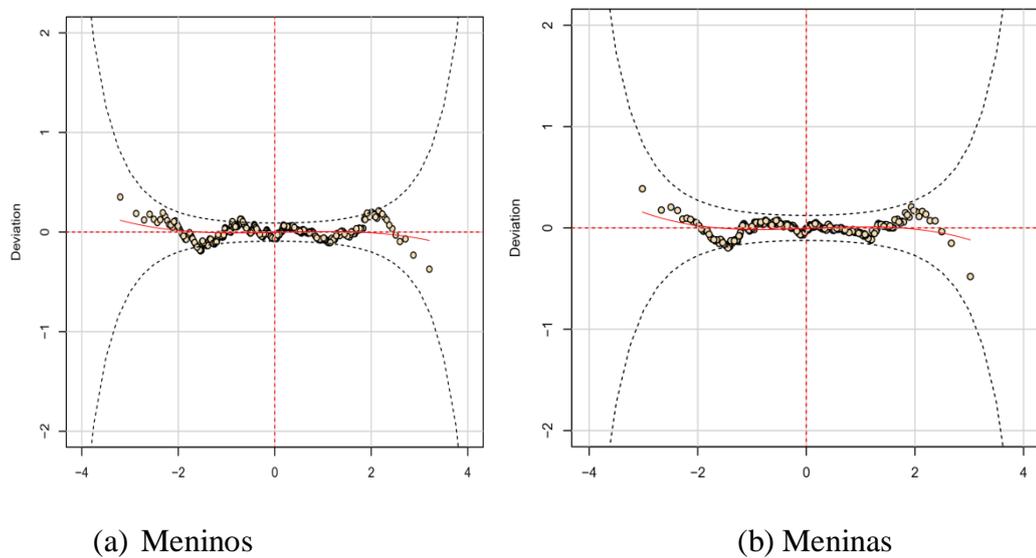
Do ponto de vista prático, dada a variável idade, para ambos os sexos, um valor de AST observado abaixo do percentil de 5% indica um valor não comum de AST pequena, e que um valor de AST observado acima do percentil de 95% indica um valor não comum de AST grande. Estas curvas podem ser utilizadas como uma ferramenta para diagnóstico médico. Note-se que para os meninos, entre 5 e 9 anos, os contornos são inclinados, de modo que a idade é importante para determinar os percentis da AST de 5% e 95%.

O diagrama de diagnóstico baseado nos resíduos é uma eficiente maneira de verificar a adequação de um modelo. A metodologia GAMLSS usa os resíduos quantílicos normalizados (ou z-scores) que se aplicam a todas as distribuições. Para garantir que o modelo que derivou as curvas de referência foi adequado, foram criados os diagramas de worm (um gráfico

tridimensional) como ferramenta de diagnóstico para verificar os resíduos dentro de diferentes intervalos (por padrão, não se sobrepondo) da variável explicativa. (STASINOPOULOS; RIGBY; BASTIANI, 2018; VAN BUUREN; FREDRIKS, 2001).

O gráfico abaixo é um gráfico de Q-Q retificado dos resíduos quantílicos normalizados, com curvas elípticas indicando bandas de confiança aproximadas de 95%. Idealmente, os pontos no diagrama estão próximos da linha horizontal no meio, sem forma sistemática e com 95% ou mais dos pontos dentro da curva elíptica. Assim esse gráfico é aceitável, pois não há pontos fora das faixas de confiança.

Figura 5- Gráfico de worm da AST por sexo.



Fonte: Juliana Menezes/ resultado de pesquisa

## 6 DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos neste estudo, verificou-se que a AST do músculo multífido das crianças de 5 a 10 anos apresentou uma média de 3,43 cm<sup>2</sup> em repouso, com desvio padrão de 0,53, em ambos os sexos. Nos meninos encontrou-se uma variação de 1,8 cm<sup>2</sup> a 5,3 cm<sup>2</sup>, sendo observado um aumento da AST dos 5 anos (AST=3,13cm<sup>2</sup>) aos 6 anos (AST=3,47cm<sup>2</sup>), atingindo um pico aos 7 anos (AST=3,55cm<sup>2</sup>), mantendo-se estável até os 9 anos. Nas meninas a AST dos multífidoss variou de 1,9 cm<sup>2</sup> a 5,9 cm<sup>2</sup>, apresentando um padrão diferente de crescimento, no qual identificou-se um crescimento mais linear dos multífidoss a partir dos 5 anos (3,26cm<sup>3</sup>), atingido o pico aos 9 anos (3,68cm<sup>3</sup>).

Possivelmente, este é o primeiro estudo a avaliar a área de secção transversa (AST) do músculo multífido, através de ultrassonografia, em crianças eutróficas (n=736) por sexo e idade (de 5 a 10 anos). Um estudo avaliou a AST do músculo multífido de 91 indivíduos de 2 a 20 anos, através de TC e encontrou resultados de AST=3,5cm<sup>2</sup> para grupo de faixa etária de 5 a 7 anos e AST=4,3cm<sup>2</sup> para grupo de faixa etária de 8 a 10 anos. Esses exames foram realizados na enfermaria de emergência, por motivos de trauma ou dor abdominal. Além da análise não ter sido realizada por sexo e por idade, houve agrupamento de faixa etária. (BEEN et al., 2018)

Outro estudo foi realizado em 41 crianças (20 meninos e 21 meninas) de 6 a 9 anos para avaliar a AST do músculo multífido, através de ultrassonografia. Foram incluídas crianças eutróficas, com sobrepeso e obesidade, praticantes de atividade física e sedentárias. A média da AST dos meninos foi de 2,99 cm<sup>2</sup> e nas meninas foi de 3,23 cm<sup>2</sup>. A AST em crianças de 6 anos foi de 2,49 cm<sup>2</sup>, aos 7 anos foi de 2,61 cm<sup>2</sup>, aos 8 anos foi de 3,36 cm<sup>2</sup> e aos 9 anos foi de 4,22 cm<sup>2</sup>. Esses resultados não podem ser comparados aos do presente estudo, pois as crianças não eram todas eutróficas e não houve análise por sexo. (SIQUEIRA; ALENCAR; PURIFICAÇÃO, 2015)

No presente estudo a AST aumentou com a idade entre 5 e 10 anos, acompanhando o crescimento normativo das crianças. Nos meninos o aumento foi de 3,13 cm<sup>2</sup> aos 5 anos para 3,34 cm<sup>2</sup> aos 10 anos. Enquanto nas meninas o aumento foi de 3,26 cm<sup>2</sup> aos 5 anos para 3,59 cm<sup>2</sup> aos 10 anos, corroborando com o estudo que afirma que há aumento progressivo de massa muscular com a idade cronológica, desde a infância até a adolescência. (DE STE CROIX, 2007)

Diversos estudos fornecem parâmetros de medidas da AST dos multífidos em adultos. Por meio de análise ultrassonográfica um estudo identificou uma média da medida da AST em homens e mulheres de 20 a 69 anos de 7,62cm<sup>2</sup> (desvio-padrão=1,37). A AST dos multífidos tem se apresentado maior em homens, e a correlação entre a idade e a AST não se mostrou significativa. (Bergmark, 1989; Aspden, 1992; Toscano & Egypto, 2001; M. Stokes, Rankin, & Newham, 2005; I.-S. Liu, Chai, Yang, & Wang, 2013). A idade teve efeito significativo na forma mas não no tamanho. (STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005).

Em estudo recente utilizando TC como forma de avaliação, a média para a mesma faixa etária foi de 3,9 cm<sup>2</sup>. (BEEN et al., 2018) As divergências metodológicas podem justificar essas diferenças nas médias. No presente estudo a AST foi mensurada por sexo e idade e em crianças eutróficas, enquanto no estudo comparativo a avaliação foi de ambos os sexos e grupamento de faixa etária, além das diferenças quanto a etnia.

O método utilizado para avaliar a AST neste estudo foi a ultrassonografia (USG) por ser menos dispendioso e mais prontamente disponível, comparado a TC utilizada no estudo acima citado. A tomografia computadorizada faz um escâner de fatias finas do corpo com um estreito feixe de raios-X, que gira ao redor do corpo, produzindo uma imagem de cada fatia como uma secção transversa do corpo e distingue bem entre o músculo, o osso e a gordura. As crianças são particularmente sensíveis à radiação, portanto essa técnica é contraindicada em crianças. (DE STE CROIX, 2007; DEIGHAN et al., 2006; HOUSH et al., 1995; IKAI; FUKUNAGA, 1968).

Muitos pesquisadores compararam as medidas tomadas pela USG e pela ressonância magnética (MRI), considerada padrão ouro para medir as características arquitetônicas, para um número de diferentes músculos para determinar a validade da USG para esse fim (BEMBEN, 2002; BRAHIM; ZACCARDELLI, 1986; MENDIS et al., 2010). Há uma série de parâmetros, variando de medidas de espessura, largura, comprimento e AST em vários locais anatômicos. Embora as estatísticas de correlação tenham relatado um intervalo de 0,22 a 0,90, todos os estudos revisados relataram boa concordância (maior que 0,80) para pelo menos um dos locais de medição investigados e concluíram que a USG é um método preciso para medir o parâmetro muscular de interesse. No entanto, é importante reconhecer que esses estudos foram realizados quase que exclusivamente em pequenos grupos de participantes jovens e saudáveis. (WHITTAKER; STOKES, 2011)

A varredura por USG tem três vantagens principais em relação às demais técnicas de imagem. É disponível em hospitais e clínicas, é de baixo custo, e não envolve a exposição à radiação ionizante, permitindo testes seguros e repetidos. (Hides, 1995; Julie A.Hides, Carolyn A. Richardson, 1996). Através da USG pode-se detectar precocemente a atrofia e diminuição da capacidade de contrair dos músculos multífidos. As diretrizes de segurança da British Medical Ultrasound Society recomendam que o tempo de exposição seja mantido o mínimo necessário. (J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996; LIU et al., 2013b)

A USG tem sido usada para medir o tamanho de vários músculos esqueléticos. (STOKES; HIDES; NASSIRI, 1997) O músculo multífido lombar é de particular interesse em pacientes com dor lombar e foi estudado em indivíduos normais (HIDES; COOPER; STOKES, 1992) e em pacientes (HIDES; RICHARDSON; JULL, 1998; J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994; JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996). Esses estudos demonstraram que a área secção transversa (AST) pode ser medida adequadamente por ultrassonografia e utilizada para comparar diferentes populações. (STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005)

A USG foi utilizada para avaliar a AST que foi significativamente menor na população com dor lombar comparada ao grupo saudável (no nível vertebral L5) (WALLWORK et al., 2009). A detecção das alterações no tamanho do músculo multífido e o controle motor em pessoas com dor lombar (quando comparadas a indivíduos saudáveis) podem fornecer informações úteis que devem ser usadas para orientar abordagens de reabilitação e traçar protocolos de tratamento. (STOKES et al., 2007)

Para captação da imagem da AST do multífido lombar nas crianças deste estudo foi utilizado um transdutor curvilíneo com frequência de 5MHZ. Um estudo usando os transdutores curvilíneo e linear observou pequenas alterações entre as configurações, porém sem diferenças clinicamente significantes. (HIDES; COOPER; STOKES, 1992; STOKES; RANKIN; NEWHAM, 2005; WARNER; COTTON; STOKES, 2008) As medidas das três dimensões do tamanho do músculo multífido (espessura, largura e AST), em L3, não sofreram influência pelo uso do transdutor curvilíneo ou linear, confirmando a hipótese nula de que os valores de medida não difeririam. Não há diferença na medida da AST do músculo multífido quando mensurado com o transdutor curvilíneo (5MHz) ou linear (6MHz), porém a imagem

foi melhor definida com o transdutor curvilíneo, que produziu melhor definição da borda lateral do músculo. (WORSLEY et al., 2012)

As crianças foram avaliadas na posição em prono com um travesseiro colocado sob o abdômen para minimizar a lordose lombar, braços ao longo do corpo e as costas desnudadas. A examinadora palpou o processo espinhoso de L5 e fez uma marcação na pele, com um lápis dermatográfico. Cranialmente à L5 foi identificado o processo espinhoso de L4, que também foi marcado com o lápis (COLDRON; STOKES; COOK, 2003; HIDES; COOPER; STOKES, 1992). O transdutor do aparelho foi posicionado longitudinalmente, na linha média da coluna, ao nível de L4 e L5, para orientação e confirmação das marcas na pele. Girou-se o transdutor numa angulação de 90°, posicionando-se transversalmente na linha média, produzindo assim a imagem dos processos transversos e das lâminas lombares (WORSLEY et al., 2012)

A AST foi mensurada no lado esquerdo das crianças, as medidas foram unilaterais, em concordância com estudos anteriores que revelaram que em pessoas saudáveis o músculo multífido lombar tem se apresentado simétrico bilateralmente (HIDES, 1995; J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, 1994) e aumenta de forma gradual em tamanho na progressão caudal (HIDES, 1995). Um estudo com 25 adultos, idade média de 32 anos, sem dor lombar, teve por objetivo estabelecer dados normativos para AST do músculo multífido (nível L5) e indicar fatores associados ao tamanho. Houve correlação entre idade e IMC, e entre as mensurações direita e esquerda da AST, e os homens apresentaram uma AST maior do que as mulheres. (WATSON; MCPHERSON; STARR, 2008a). Divergindo deste estudo com as meninas apresentando maior variação de AST do que os meninos. Isso se deve as diferenças metodológicas com a idade e o tamanho da amostra.

No início do quinto ano de vida, o crescimento da coluna espinhal diminui e o crescimento da pele contribui apenas com um terço do crescimento total. O crescimento total de T1-S1 neste momento é de apenas cerca de 1cm / ano, T1-T12 é apenas 0,7 cm / ano. Esse crescimento lento da coluna vertebral contribui para o fato de que nessa idade há poucos problemas com a coluna vertebral infantil e que há apenas um risco ou progressão mínima no caso de deformidades existentes (escoliose, cifose) e ao mesmo tempo um lento crescimento torácico. O volume torácico atinge 30% aos 5 anos e aos 10 anos 50% do volume adulto. (STÜCKER, 2016).

O presente estudo avaliou apenas crianças (entre 5 e 10 anos) eutróficas e sem sintomas dolorosos a fim de fornecer valores de referência da AST que permitam um

diagnóstico precoce de deficiências na ativação desses músculos quando essas medidas se apresentarem abaixo do referencial para a idade na avaliação ultrassonográfica, possibilitando uma prevenção das patologias e disfunções da coluna, e/ou orientando o tratamento imediato, afim de reverter o quadro clínico dessas alterações ou ao menos minimizar.

As curvas de referência são representativas e podem ser utilizadas em avaliação inicial para elaboração de padrão normativo derivado do método LMS (LAURSON et al., 2017). No presente estudo as curvas derivadas do método GAMLSS para área de secção transversa do músculo multífido poderão ser utilizadas na avaliação e acompanhamento do desenvolvimento muscular em crianças de 5 a 10 anos, possibilitando assim intervir quando houver retardo ou atraso no desenvolvimento muscular.

Os valores de referência podem ser uma ferramenta importante para os profissionais de saúde avaliarem o desenvolvimento muscular e monitoramento de doenças relacionadas ao músculo em crianças. Essas medidas permitem identificar crianças com valores de AST de acordo com sua idade e sexo e avaliar os efeitos das intervenções terapêuticas, quando necessário.

A dor nas costas não é tão rara em crianças e tem um padrão diferente em comparação aos adultos, com uma patologia subjacente claramente definida na maioria dos casos. Ao longo dos anos, no entanto, o padrão adulto de dor nas costas relacionada ao estresse e funcional tornou-se mais proeminente em crianças. A dor nas costas funcional é vista principalmente em meninas com mais de 12 anos de idade, em crianças que praticam muito esporte ou que, por outro lado, são muito pequenas e em famílias com histórico de dor nas costas. (FABRY, 2009) A prevalência de lombalgia em crianças e adolescentes é de 70-80%. (CALVO-MUNOZ I SANCHEZ-MECA J., 2013; JONES; MACFARLANE, 2005)

Para tratar essa dor nas costas é necessário primeiro avaliar e diagnosticar, para posteriormente traçar o protocolo de tratamento. Há evidências de que com treinamento de exercícios específicos, a atrofia pode ser revertida (FERREIRA et al., 2006; LAASONEN, 1984). Um estudo mostrou que exercícios específicos de estabilização segmentar vertebral para o músculo multífido aumentou seu volume em pacientes com lombalgia, diminuindo a atrofia. (HIDES; JULL; RICHARDSON, 2001). O tamanho do músculo multífido não se recupera quando a dor cede, a menos que seja submetido a exercícios específicos (JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, 1996).

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando que através da AST pode-se avaliar a função do músculo, é de extrema importância definir valores de referência na faixa etária escolar (5 a 10 anos). As curvas de referência da AST dos músculos multífidos lombares foram derivadas através de métodos estatísticos específicos, e poderão ser usadas para avaliação precoce da condição muscular e estabilidade da coluna nas crianças possibilitando um diagnóstico de deficiências na ativação desses músculos e consequentemente uma prevenção e / ou correção das disfunções na fase adulta. Crianças que apresentarem valores fora da curva de referência deverão ser encaminhadas ao tratamento de fisioterapia a fim de reverter o quadro clínico dessas alterações ou ao menos minimizar.

Perspectivas futuras que sejam realizadas as curvas de referência em crianças de 0 a 4 anos, considerando que na fase de dois anos a coluna já atingiu 50% do seu comprimento, e que após os cinco anos ocorre desaceleração nesse crescimento, voltando a crescer após a puberdade.

## REFERÊNCIAS

- A.DIMEGLIO, M. . Growth of the spine before age 5 years. **Journal of pediatric orthopaedics Part B**, v. 1, p. 102–107, 1993.
- ARAÚJO, F. A. et al. Associations of anthropometry since birth with sagittal posture at age 7 in a prospective birth cohort: The Generation XXI Study. **BMJ Open**, v. 7, n. 7, 2017.
- ASPDEN, R. M. Review of the functional anatomy of the spinal ligaments and the lumbar erector spinae muscles. **Clinical Anatomy**, v. 5, n. 5, p. 372–387, 1992.
- BARR, K. P.; GRIGGS, M.; CADBY, T. Lumbar Stabilization. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 84, n. 6, p. 473–480, 2005.
- BAYRAM, F.; KURTOGLU, S. Cross-sectional reference values for mid-upper arm circumference , triceps skinfold thickness and arm fat area of Turkish children and adolescents. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n. 4, p. 267–281, 2009.
- BEEN, E. et al. Cross-sectional area of lumbar spinal muscles and vertebral endplates: a secondary analysis of 91 computed tomography images of children aged 2–20. **Journal of Anatomy**, v. 233, n. 3, p. 358–369, 2018.
- BEMBEN, M. G. Use of Diagnostic Ultrasound for Assessing Muscle Size. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 16, n. 1, p. 103–108, 2002.
- BERGMARK, A. Stability of the lumbar spine A study in mechanical engineering. **Acta Orthopaedica Scandinavica Supplementum**, v. 60, n. 230, p. 1–54, 1989a.
- BERGMARK, A. Stability of the lumbar spine. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 60, n. sup230, p. 1–54, 1989b.
- BERNARD VALENTIN. **Autobiografia de um bípede**. 1ª ed. Florianópolis: [s.n.].
- BITTENCOURT, H. R.; VIALI, L. **CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL OU CURVA DE GAUSS EM CURSOS DE GRADUAÇÃO** Anais do III Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, 2006.
- BORGHI, E. et al. Construction of the World Health Organization child growth standards: Selection of methods for attained growth curves. **Statistics in Medicine**, v. 25, n. 2, p. 247–265, 2006.
- BOWDITCH, H. P. **The growth of children, studied by Galton’s method of percentile grades**. [s.l: s.n.].
- BRAHIM, F.; ZACCARDELLI, W. Ultrasound measurement of the anterior leg compartment. **American Journal of Sports Medicine**, v. 14, n. 4, p. 300–302, 1986.
- BROWN, S. H. M.; MCGILL, S. M. A comparison of ultrasound and electromyography measures of force and activation to examine the mechanics of abdominal wall contraction. **Clinical Biomechanics**, v. 25, n. 2, p. 115–123, 2010.
- BUNCE, S. M.; HOUGH, A. D.; MOORE, A. P. Measurement of abdominal muscle

thickness using M-mode ultrasound imaging during functional activities. **Manual Therapy**, v. 9, n. 1, p. 41–44, 2004.

CALVO-MUNOZ I SANCHEZ-MECA J., G.-C. A. Prevalence of low back pain in children and adolescents: a meta-analysis. **BMC pediatrics**, v. 13, p. 14, 2013.

CARTHY, H. D. M. et al. Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. **Pediatric Obesity**, v. 9, p. 249–259, 2013.

CHAN, Y. L. et al. MRI evaluation of multifidus muscles in adolescent idiopathic scoliosis. **Pediatric Radiology**, v. 29, n. 5, p. 360–363, 1999.

CHOLEWICKI, J.; MCGILL, S. M. Lumbar posterior ligament involvement during extremely heavy lifts estimated from fluoroscopic measurements. **Journal of Biomechanics**, v. 25, n. 1, p. 17–28, 1992.

CHOLEWICKI, J.; MCGILL, S. M. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: Implications for injury and chronic low back pain. **Clinical Biomechanics**, v. 11, n. 1, p. 1–15, 1996.

COLDRON, Y.; STOKES, M.; COOK, K. Lumbar multifidus muscle size does not differ whether ultrasound imaging is performed in prone or side lying. **Manual Therapy**, v. 8, n. 3, p. 161–165, 2003.

COLE, T.; COLE. Fitting Smoothed Centile Curves to Reference Data. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A** (, v. 151, n. 3, p. 385–418, 1988.

COLE, T. J. The development of growth references and growth charts. **Europe PMC Funders Group**, v. 39, n. October, p. 382–394, 2012.

DANNEELS, L. A. et al. CT imaging of trunk muscles in chronic low back pain patients and healthy control subjects. **European Spine Journal**, v. 9, p. 266–272, 2000.

DAVIES, S. Ultrasound imaging in rehabilitation. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 41, n. 3, p. 187–193, 1995.

DE ONIS, M.; WIJNHOFEN, T. M. A.; ONYANGO, A. W. Worldwide practices in child growth monitoring. **Journal of Pediatrics**, v. 144, n. 4, p. 461–465, 2004.

DE STE CROIX, M. Advances in paediatric strength assessment: Changing our perspective on strength development. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 6, n. 3, p. 292–304, 2007.

DEIGHAN, M. et al. Measurement of maximal muscle cross-sectional area of the elbow extensors and flexors in children, teenagers and adults. **Journal of sports sciences**, v. 24, n. 5, p. 543–546, 2006.

DONISCH, E. W.; BASMAJIAN, J. V. Electromyography of deep back muscles in man. **American Journal of Anatomy**, v. 133, n. 1, p. 25–36, 1972.

EILERS, P. H. C.; MARX, B. D. Flexible smoothing with B -splines and penalties. **Statistical Science**, v. 11, n. 2, p. 89–121, 1996.

EILERS, P. H. C.; MARX, B. D.; DURBÁN, M. Twenty years of P-splines. **Sort**, v. 39, n. 2, p. 149–186, 2015.

- EMAMI, F.; YOOSEFINEJAD, A. K.; RAZEGHI, M. Correlations between core muscle geometry, pain intensity, functional disability and postural balance in patients with nonspecific mechanical low back pain. **Medical Engineering and Physics**, v. 0, p. 1–8, 2018.
- ERGARA, N. et al. NORMATIVE REFERENCE VALUES FOR HANDGRIP STRENGTH IN CHILEAN CHILDREN AT 8–12 YEARS OLD USING THE EMPIRICAL DISTRIBUTION AND THE LAMBDA, MU, AND SIGMA STATISTICAL METHODS. **J Strength Cond Res**, v. 00, n. 00, p. 1–7, 2018.
- FABRY, G. Clinical practice: the spine from birth to adolescence. **European Journal of Pediatrics**, v. 168, n. 12, p. 1415–1420, 2009.
- FERREIRA, M. C. et al. Eficácia dos exercícios de controle motor na dor lombopélvica: uma revisão sistemática. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 16, n. 4, p. 374–379, 2009.
- FERREIRA, P. H. et al. Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain: scientific basis and clinical approach. **The Australian journal of physiotherapy**, v. 52, n. 2, p. 179–181, 2006.
- FLEISS, L. The Design and Analysis of Clinical Experiments. **Journal of the American Statistical Association**, v. 82, n. 432, p. 37–50, 1986.
- FORTIN, M. et al. Paraspinal muscle morphology and composition: A 15-yr longitudinal magnetic resonance imaging study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 46, n. 5, p. 893–901, 2014.
- FRANÇA, F. J. R. et al. Estabilização segmentar da coluna lombar nas lombalgias: uma revisão bibliográfica e um programa de exercícios. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 15, n. 2, p. 200–206, 2008.
- FRANKL, V. E. *Man's Search for Meaning: An Introduction to Logotherapy*. New York: Simon & Schuster, 1984
- GOUVEIA, K. M. C.; GOUVEIA, E. C. O músculo transverso abdominal e sua função de estabilização da coluna lombar. **Fisioterapia em Movimento**, v. 21, n. 3, p. 45–50, 2008.
- GRANACHER, U. et al. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: A systematic review. **Sports Medicine**, v. 43, n. 7, p. 627–641, 2013.
- GREEN, P. J. Smoothing Reference Centile Curves: the Lms Method and Penalized Likelihood. v. 11, n. August 1991, p. 1305–1319, 1992.
- HANSEN, L. et al. Anatomy and biomechanics of the back muscles in the lumbar spine with reference to biomechanical modeling. **Spine**, v. 31, n. 17, p. 1888–1899, 2006.
- HE, X.; NG, P. Cobs: Qualitatively constrained smoothing via linear programming. **Computational Statistics**, v. 14, n. 3, p. 315–337, 1999.
- HIDES, J. WILSON, S AND STANTON, W. An MRI investigation into the function of the transversus abdominus muscle during 'drawing in' of the abdominal wall. **Spine**, v. 31, n. 6, p. 175, 2006.
- HIDES, J. et al. Effect of Stabilization Training On Multifidus Muscle Cross-sectional Area

Among Young Elite Cricketers With Low Back Pain. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 3, p. 101–108, 2008.

HIDES, J. et al. Psoas and quadratus lumborum muscle asymmetry among elite Australian Football League players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 8, p. 563–567, 2010.

HIDES, J. A. C. A. R. G. A. J. magnetic resonance imaging and ultrasonography of the lumbar multifidus muscle.pdf. **Spine**, v. 20, n. 1, p. 54–58, 1995.

HIDES, J. A.; COOPER, D. H.; STOKES, M. J. Diagnostic ultrasound imaging for measurement of the lumbar multifidus muscle in normal young adults. **Physiotherapy Theory and Practice**, v. 8, p. 19–26, 1992.

HIDES, J. A.; JULL, G. A.; RICHARDSON, C. A. Long-Term Effects of Specific Stabilizing Exercises for First-Episode Low Back Pain. **Spine**, v. 26, n. 11, p. e243–e248, 2001.

HIDES, J. A.; RICHARDSON, C. A.; JULL, G. A. Use of real-time ultrasound imaging for feedback in rehabilitation. **Manual Therapy**, v. 3, n. 3, p. 125–131, 1998.

HIMES, J. H. Reference curves for triceps and subscapular skinfold thicknesses for US children and adolescents 1 , 2. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 91, n. C, p. 635–642, 2010.

HODGES, P. et al. Rapid Atrophy of the Lumbar Multifidus Follows Experimental Disc or Nerve Root Injury. **Spine**, n. 25, p. 2926–2933, 2006.

HOSSAIN, A. et al. Centile estimation for a proportion response variable. **Statistics in Medicine**, v. 35, n. 6, p. 895–904, 2016.

HOUSH, D. J. et al. **Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area.** **Medicine and science in sports and exercise**, 1995.

HUANG, Q. et al. The Intervention Effects of Different Treatment for Chronic Low Back Pain as Assessed by the Cross-sectional Area of the Multifidus Muscle. **Journal of physical therapy science**, v. 25, n. 7, p. 811–813, 2013.

HUANG, Q. et al. The Evaluation of Chronic Low Back Pain by Determining the Ratio of the Lumbar Multifidus Muscle Cross-sectional Areas of the Unaffected and Affected Sides. **Journal of physical therapy science**, v. 26, n. 10, p. 1613–1614, 2014.

HYUN, J. K. et al. Asymmetric atrophy of multifidus muscle in patients with unilateral lumbosacral radiculopathy. **Spine**, v. 32, n. 21, p. 598–602, 2007.

IKAI, M.; FUKUNAGA, T. Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. **Internationale Zeitschrift für Angewandte Physiologie Einschließlich Arbeitsphysiologie**, v. 26, n. 1, p. 26–32, 1968.

J.A.HIDES, M.J.STOKES, M.SAIDE, G.A.JULL, D. H. C. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute subacute low back pain.pdf. **Spine**, v. 19, n. 2, p. 165–172, 1994.

JOHN, E. K.; BEITH, I. D. Can activity within the external abdominal oblique be measured using real-time ultrasound imaging? **Clinical Biomechanics**, v. 22, n. 9, p. 972–979, 2007.

JONES, G. T.; MACFARLANE, G. J. Epidemiology of low back pain in children and

adolescents. **Archives of Disease in Childhood**, v. 90, n. 3, p. 312–316, 2005.

JULIE A.HIDES, CAROLYN A. RICHARDSON, G. A. J. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute first episode low back pain.pdf. **Spine**, v. 21, n. 23, p. 2763–2769, 1996.

KADER, D. F.; WARDLAW, D.; SMITH, F. W. Correlation between the MRI changes in the lumbar multifidus muscles and leg pain. **Clinical Radiology**, v. 55, n. 2, p. 145–149, 2000.

KALICHMAN, L.; CARMELI, E.; BEEN, E. The Association between Imaging Parameters of the Paraspinal Muscles, Spinal Degeneration, and Low Back Pain. **BioMed Research International**, v. 2017, p. 1–14, 2017.

KALIMO, H. et al. Lumbar muscles: Structure and function. **Annals of Medicine**, v. 21, n. 5, p. 353–359, 1989.

KHAN, A. A. et al. Principal Component and Factor Analysis to Study Variations in the Aging Lumbar Spine. **Ieee Journal Of Biomedical And Health Informatics**, v. 19, n. 2, p. 745–751, 2015.

KIESEL, K. B. et al. Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging. **Manual Therapy**, v. 12, n. 2, p. 161–166, 2007.

KIM, C. Y. et al. Comparison between muscle activation measured by electromyography and muscle thickness measured using ultrasonography for effective muscle assessment. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 24, n. 5, p. 614–620, 2014.

KIM, K.; HONG, S.; KIM, E. Y. Reference values of skeletal muscle mass for Korean children and adolescents using data from the Korean national health and nutrition examination survey 2009-2011. **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–10, 2016.

KIM, W. H.; LEE, S. H.; LEE, D. Y. Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in unilateral sciatica caused by lumbar disc herniation. **Journal of Korean Neurosurgical Society**, v. 50, n. 3, p. 201–204, 2011.

KOENKER, R.; PIN, N.; STEPHEN PORTNOY. Quantile smoothing splines. **Biometrika**, v. 81, n. 4, p. 673–680, 1994.

KUUKKANEN, T. M.; MÄLKIÄ, E. A. An experimental controlled study on postural sway and therapeutic exercise in subjects with low back pain. **Clinical Rehabilitation**, v. 14, n. 2, p. 192–202, 2000.

LAASONEN, E. M. Atrophy of sacrospinal muscle groups in patients with chronic, diffusely radiating lumbar back pain. **Neuroradiology**, v. 26, n. 1, p. 9–13, 1984.

LANGENBERG, W. Morphologie, physiologischer Querschnitt und Kraft des M. erector spinae im Lumbalbereich des Menschen. **Zeitschrift Anatomie Entwicklungsgesch**, v. 132, n. 2, p. 158–190, 1970.

LARIVIÈRE, C. et al. The Effects of an 8-Week Stabilization Exercise Program on Lumbar Multifidus Muscle Thickness and Activation as Measured With Ultrasound Imaging in Patients With Low Back Pain: An Exploratory Study. **PM and R**, v. 10, n. 5, p. 483–493, 2017.

- LAURSON, K. R. et al. Reference curves for field tests of musculoskeletal fitness in U.S. children and adolescents: The 2012 nhanes national youth fitness survey. **Journal of Strength and Conditioning Research Publish Ahead of Print**, v. 31, n. 8, p. 2075–2082, 2017.
- LEONARD, R. **The use and interpretation of Anthropometry Report of a WHO Expert Committee**. [s.l: s.n.].
- LIU, I.-S. et al. Inter-session reliability of the measurement of the deep and superficial layer of lumbar multifidus in young asymptomatic people and patients with low back pain using ultrasonography. **Manual Therapy**, v. 18, n. 6, p. 481–486, 2013a.
- LIU, I. S. et al. Inter-session reliability of the measurement of the deep and superficial layer of lumbar multifidus in young asymptomatic people and patients with low back pain using ultrasonography. **Manual Therapy**, v. 18, n. 6, p. 481–486, 2013b.
- LIU, J. et al. Skeletal muscle reference for Chinese children and adolescents. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, p. 1–10, 2018.
- LONNEMANN, M. E.; PARIS, S. V.; GORNIK, G. C. A morphological comparison of the human lumbar multifidus by chemical dissection. **Journal of Manual and Manipulative Therapy**, v. 16, n. 4, p. 84–92, 2008.
- LOVEJOY, C. O. The natural history of human gait and posture Part 1. Spine and pelvis. **Gait and Posture**, v. 21, n. 1, p. 95–112, 2005.
- MACINTOSH, Janet; VALENCIA, Fernando; BOGDUK, Nikolai; MUNRO, R. The morphology of the human lumbar multifidus. **Clinical Biomechanics**, v. 1, p. 196–204, 1986.
- MACINTOSH, J. E.; BOGDUK, N. The biomechanics of the lumbar multifidus. **Clinical Biomechanics**, v. 1, n. 4, p. 205–213, 1 nov. 1986.
- MANGIONE, P.; GOMEZ, D.; SENEGAS, J. Study of the course of the incidence angle during growth. **European Spine Journal**, v. 6, n. 3, p. 163–167, 1997.
- MCGILL, S. M. Kinetic potential of the lumbar trunk musculature about three orthogonal orthopaedic axes in extreme postures. **Spine**, v. 16, n. 7, p. 809–815, 1991.
- MCGILL, S. M. Low back stability: From formal description to issues for performance and rehabilitation. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 29, p. 26–31, 2001.
- MENDIS, M. D. et al. Validity of Real-Time Ultrasound Imaging to Measure Anterior Hip Muscle Size: A Comparison With Magnetic Resonance Imaging. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 9, p. 577–581, 2010.
- MOSELEY, G. L.; HODGES, P. W.; GANDEVIA, S. C. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. **Spine**, v. 27, n. 2, p. E29–E36, 2002.
- NG, P.; MAECHLER, M. A fast and efficient implementation of qualitatively constrained quantile smoothing splines. **Statistical Modelling**, v. 7, n. 4, p. 315–328, 2007.
- NIKOLAI BOGDUK, JANET E. MACINTOSH, M. J. P. a universal model of the lumbar back muscles in the upright position.pdf. **Spine**, v. 17, n. 8, p. 897–913, 1991.

- NUCARA, A. et al. Use of percentiles and Z Scores in Anthropometry. **Handbook of Anthropometry**, p. 91–114, 2012.
- ONIS, M. DE et al. The who Multicentre Growth Reference Study: Planning, study design, and methodology. **Food and Nutrition Bulletin**, v. 25, n. supplement 1, p. 15–25, 2004.
- ONIS, M. D. et al. Development of a who growth reference for school-aged children and adolescents. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 85, n. 9, p. 660–667, 2007.
- PANJABI, M. M. et al. **Spinal stability and intersegmental muscle forces A biomechanical model** *Spine*, 1989. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2922640>>
- PANJABI, M. M. Panjabi1 Spinal Stability.Pdf. **Journal of spinal disorders**, v. 5, n. 4, p. 383–389, 1992a.
- PANJABI, M. M. The stabilizing system of the spine. Part II. neutral zone and instability hypothesis. **Journal of Spinal Disorders**, v. 5, n. 4, 1992b.
- PANJABI, M. M. J. J. C. Euler stability of the human ligamentous lumbar spine. Part I: Theory. **Clinical Biomechanics**, v. 7, n. 1, p. 19–26, 1992c.
- PAPAGEORGHIOU, A. T. et al. Ultrasound methodology used to construct the fetal growth standards in the INTERGROWTH-21st Project. **BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology**, v. 120, n. SUPPL. 2, p. 27–32, 2013.
- PRONE, S. A. N. Role of the trunk in stability of the spine. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 43–A, n. 3, p. 327–351, 1961.
- QUANJER, P. H. et al. Reference Values for Spirometry Consequences Interpretation of spirometric data. **European Respiratory Journal**, v. 40, n. 6, p. 1324–1343, 2012.
- QUETELET, L. **Physique sociale**. [s.l.: s.n.].
- RAHMANI, N. et al. Multifidus muscle size in adolescents with and without back pain using ultrasonography. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 22, n. 1, p. 147–151, 2018.
- RANTANEN, J. et al. **The lumbar multifidus muscle five years after surgery for a lumbar intervertebral disc herniation**. *Spine*, 1993. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8484147>>
- REINEHR, F. B.; CARPES, F. P.; MOTA, C. B. Influência do treinamento de central sobre a dor e estabilidade lombar. Influence of core stabilization training on low back pain and stability. **Fisioterapia em Movimento**, v. 21, n. 1, p. 123–129, 2008.
- RIGBY, R. A.; STASINOPOULOS, D. M. Smooth centile curves for skew and kurtotic data modelled using the Box-Cox power exponential distribution. **Statistics in Medicine**, v. 23, n. 19, p. 3053–3076, 2004.
- RIGBY, R. A.; STASINOPOULOS, D. M. Using the Box-Cox t distribution in GAMLSS to model skewness and kurtosis. **Statistical Modelling**, v. 6, n. 3, p. 209–229, 2006.
- ROYSTON, P. Constructing time-specific reference ranges. **Statistics in Medicine**, v. 10, n. 5, p. 675–690, 1991.

- RUSSO, M. et al. Muscle Control and Non-specific Chronic Low Back Pain. **Neuromodulation**, v. 21, n. 1, p. 1–9, 2018.
- SAHRMANN, S.; AZEVEDO, D. C.; DILLEN, L. VAN. Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 21, n. 6, p. 391–399, 2017.
- SANANES, N. et al. Use of Z-scores to select a fetal biometric reference curve. **Ultrasound in Obstetrics and Gynecology**, v. 34, n. 4, p. 404–409, 2009.
- SARRIS, I. et al. Standardisation and quality control of ultrasound measurements taken in the INTERGROWTH-21st Project. **BJOG: An International Journal of Obstetrics and Gynaecology**, v. 120, n. SUPPL. 2, p. 33–37, 2013.
- SIQUEIRA, G. R. DE; ALENCAR, G. G. DE; PURIFICAÇÃO, M. L. B. DA. Reference values of ultrasonographic measurement of cross-sectional area of the multifidus muscle in children aged 6 to 9 years. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 176–181, 2015.
- SMYERS EVANSON, A. et al. Multifidus Muscle Size and Symmetry in Ballroom Dancers with and without Low Back Pain. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 8, p. 630–635, 2018.
- SODERBERG, G. .; BARR, J. . **Muscular function in chronic low back dysfunctionSpine**, 1983.
- STASINOPOULOS, M. D. et al. Flexible regression and smoothing: Using GAMLSS in R. **Flexible Regression and Smoothing: Using GAMLSS in R**, v. 85, n. June, p. 1–549, 2017.
- STASINOPOULOS, M. D.; RIGBY, R. A.; BASTIANI, F. DE. GAMLSS : A distributional regression approach. **Statistical Modelling**, v. 18, n. 3–4, p. 1–26, 2018.
- STOKES, M. et al. Rehabilitative Ultrasound Imaging of the Posterior Paraspinal Muscles. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 37, n. 10, p. 581–595, 2007.
- STOKES, M.; HIDES, J.; NASSIRI, D. K. Musculoskeletal ultrasound imaging : diagnostic and treatment aid in rehabilitation. **Physical Therapy Reviews**, v. 2, p. 73–92, 1997.
- STOKES, M.; RANKIN, G.; NEWHAM, D. J. Ultrasound imaging of lumbar multifidus muscle: Normal reference ranges for measurements and practical guidance on the technique. **Manual Therapy**, v. 10, n. 2, p. 116–126, 2005.
- STOKES, M.; YOUNG, A. Measurement of Quadriceps Cross-sectional Area by Ultrasonography: A Description of the Technique and its Applications in Physiotherapy. **Physiotherapy Theory and Practice**, v. 2, n. 1, p. 31–36, 1986.
- STÜCKER, R. Die wachsende Wirbelsäule: Normale Entwicklung und Entwicklungsstörung. **Orthopäde**, v. 45, n. 6, p. 534–539, 2016.
- SULLIVAN, M. S. Back support mechanisms during manual lifting. **Physical Therapy**, v. 69, n. 1, p. 38–45, 1989.
- SZTAJNBOK, F. R.; RODRIGUES, M. C. F.; MENDOZA, E. Doenças reumáticas na adolescência Rheumatic diseases in adolescence. **Pediatria**, v. 77, p. 234–244, 2001.
- TANNER, J. M. et al. The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden growth

study. **Annals of human biology**, v. 3, n. 2, p. 109–126, 1976.

TANNER, J. M. A history of the study of human growth. **Archives of Disease in childhood**, v. 57, n. 9, p. 163–164, 1982.

TEYHEN, D. S. Rehabilitative Ultrasound Imaging Symposium. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 36, n. 8, p. A-1-A-17, 2006.

TEYHEN, D. S. et al. Abdominal and Lumbar Multifidus Muscle Size and Symmetry at Rest and During Contracted States Normative Reference Ranges. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 31, n. 7, p. 1099–1110, 2012.

TOSCANO, J. J. DE O.; EGYPTO, E. P. DO. A influência do sedentarismo na prevalência de lombalgia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 7, n. 4, p. 132–137, 2001.

Training in diagnostic ultrasound: essentials, principles and standards. Report of a WHO Study Group. **World Health Organization technical report series**, v. 875, 1998.

VALENTIN, B. **Autobiografia de um bipede: as cadeias articulares e musculares - método GDS**. Tradutor: Cristina Fritzen. Florianópolis: Insular, 224. [s.l: s.n.].

VAN BUUREN, S.; FREDRIKS, M. Worm plot: A simple diagnostic device for modelling growth reference curves. **Statistics in Medicine**, v. 20, n. 8, p. 1259–1277, 2001.

VAN, K.; HIDES, J. A.; RICHARDSON, C. A. The Use of Real-Time Ultrasound Imaging for Biofeedback of Lumbar Multifidus Muscle Contraction in Healthy Subjects. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 36, n. 12, p. 920–925, 2006.

VASSELJEN, O. et al. Muscle activity onset in the lumbar multifidus muscle recorded simultaneously by ultrasound imaging and intramuscular electromyography. **Clinical Biomechanics**, v. 21, n. 9, p. 905–913, 2006.

VIVES, M. J. The paraspinal muscles and their role in the maintenance of global spinal alignment. Another wrinkle in an already complex problem. **Spine Journal**, v. 16, n. 4, p. 459–461, 2016.

WALLWORK, T. L. et al. The effect of chronic low back pain on size and contraction of the lumbar multifidus muscle. **Manual Therapy**, v. 14, n. 5, p. 496–500, 2009.

WANG, Y. et al. Limitations of the current world health organization growth references for children and adolescents. **Food Nutrition Bulletin**, v. 27, n. 4, p. 175–88, 2006.

WARNER, M. B.; COTTON, A. M.; STOKES, M. J. Comparison of curvilinear and linear ultrasound imaging probes for measuring cross-sectional area and linear dimensions. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v. 32, n. 6, p. 498–504, 2008.

WATSON, T.; MCPHERSON, S.; STARR, K. The Association of Nutritional Status and Gender with Cross-Sectional Area of the Multifidus Muscle in Establishing Normative Data. **Journal of Manual & Manipulative Therapy**, v. 16, n. 4, p. 93E–98E, 2008a.

WATSON, T.; MCPHERSON, S.; STARR, K. The association of nutritional status and gender with cross-sectional area of the multifidus muscle in establishing normative data. **The Journal of manual & manipulative therapy**, v. 16, n. 4, p. E93–E98, 2008b.

WELLS CL, P. R. Perspectives in exercise science and sports medicine. **Clinical Journal**

**Sport Medicine**, v. 1, n. 4, p. 266–267, 1991.

WHITTAKER, J. L. et al. Rehabilitative Ultrasound Imaging: Understanding the Technology and Its Applications. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 37, n. 8, p. 434–449, 2007.

WHITTAKER, J. L.; STOKES, M. Ultrasound Imaging and Muscle Function. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 41, n. 8, p. 572–580, 2011.

WORD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Child Growth Standards Growth velocity based on weight, length and head circumference Methods and development**. [s.l: s.n.].

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Child Growth Standards: Head circumference-for-age, arm circumference-for-age, triceps circumference-for-age and subscapular skinfold-for-age: Methods and development**. [s.l: s.n.].

WORSLEY, P. R. et al. Ultrasound transducer shape has no effect on measurements of lumbar multifidus muscle size. **Manual Therapy**, v. 17, n. 2, p. 187–191, 2012.

YAGI, M.; AKILAH, K. B.; BOACHIE-ADJEL, O. Incidence, Risk Factors and Classification of Proximal Junctional Kyphosis. **Spine**, v. 36, n. 1, p. E60–E68, 2011.

YOUNG, A. et al. The effect of high-resistance training on the strength and cross-sectional area of the human quadriceps. **European Journal of Clinical Investigation**, v. 13, n. 5, p. 411–417, 1983.

**APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE REGISTRO DE INFORMAÇÕES PESSOAIS E  
COLETA DE DADOS**

**PESQUISA:** Curvas de referência da área de secção transversa dos multífidoss em crianças e adolescentes

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Data de nascimento \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Cor \_\_\_\_\_

Peso \_\_\_\_\_ Altura \_\_\_\_\_ IMC \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

Telefone dos Responsáveis: \_\_\_\_\_

**Data de Mensuração:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Avaliação Ultrassonográfica**

**Decúbito Ventral: Multífidoss**

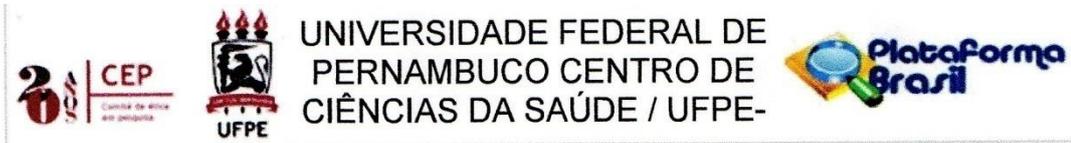
***Repouso***

**Caliper:** Medida ântero-posterior dos Multífidoss (cm): 1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

**Mark:** Medida latero-lateral dos Multífidoss (cm): 1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

**Elipse:** Área de Secção Transversa dos Multífidoss (cm<sup>2</sup>): 1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_

## ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIAL DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Avaliação das medidas ultrassonográficas dos multifídeos e transversos do abdome em crianças e adolescentes com estabilidade lombar

**Pesquisador:** Gisela Rocha de Siqueira

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 79600417.6.0000.5208

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.387.569

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa submetido anteriormente à plataforma Brasil e que recebera o CAAE 0347.0.172.000-10, e fora avaliado e aprovado por este CEP em 24/01/2011.

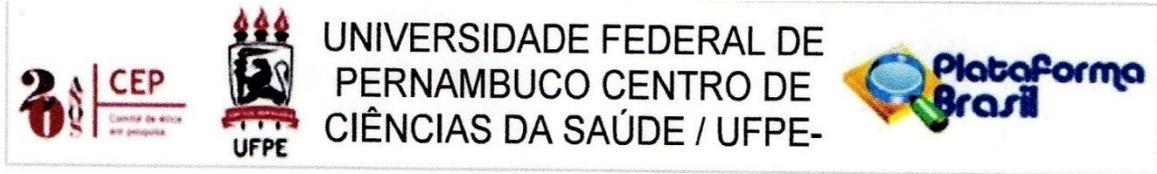
Esse projeto fora submetido a financiamento pela FACEPE

Trata-se de um estudo observacional, transversal, cuja População de Estudo será composta por crianças de 6 a 19 anos, que serão recrutadas do colégio GGE. A amostra será composta inicialmente por 180 indivíduos, sendo 60 de 6 a 9 anos, 60 de 10 a 17 anos e 60 de 18 a 19 anos. Caso, durante a análise dos dados, não seja observado um padrão de distribuição normal, a amostra será ampliada.

A criança ou adolescente recrutado será convidado a participar da pesquisa e será solicitada a anuência dos pais ou responsáveis, quando menores de idade através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para responsável legal pelo menor de 18 anos e do adolescente quando menores de 12 a 18 anos através do Termo de

Assentimento Livre e Esclarecido, ou do próprio adolescente, quando maior de 18 anos ou emancipados através da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para maiores de 18 anos. Após a autorização, a coleta de dados será realizada através de um formulário de registro de informações pessoais, desenvolvido pelos pesquisadores, com perguntas relacionadas à identificação do voluntário (nome, sexo, data de nascimento, endereço residencial e telefone). Neste formulário também serão coletadas

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 2.387.569

informações a respeito de prática de atividade física, posturas adotadas durante a aula (sentada ereta e sentada curvada) e no domicílio (dormir, assistir televisão, estudar), tipo de calçado utilizado com maior frequência (sapato/sandália de salto, sandálias/sapato sem salto ou tênis).

Em seguida, os participantes serão submetidos a um exame ultrassonográfico, para determinação da área de secção transversa dos multífidoss e transverso do abdome; a identificação da instabilidade lombar através de uma Unidade Pressórica de Biofeedback; uma avaliação antropométrica (que incluirá medida do peso, altura, circunferência abdominal); e uma análise postural das curvaturas da coluna (na vista lateral direita). Segundo a pesquisadora todos esses procedimentos serão realizados pelo mesmo pesquisador numa sala oferecida pela escola para a realização dos exames.

Esta pesquisa será desenvolvida por pesquisadores do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e do Programa de Pós-graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Caso, durante a análise dos dados, não seja observado um padrão de distribuição normal, a amostra será ampliada. Inicialmente será solicitada uma lista dos alunos matriculados de cada instituição de onde serão recrutados os sujeitos da pesquisa. Em cada uma das listas, cada aluno receberá um número e será utilizada uma tabela de números aleatórios para a seleção dos estudantes que participarão da pesquisa.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

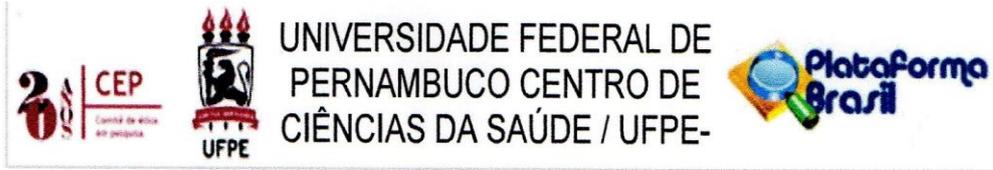
Comparar o tamanho dos multífidoss e transverso do abdome entre crianças e adolescentes em diversas faixas etárias e em ambos os sexos;

Comparar o tamanho dos multífidoss e transverso do abdome entre crianças e adolescentes portadores e não portadores de instabilidade lombar; Analisar a relação entre o tamanho dos multífidoss e transverso do abdome e com o índice de massa corporal e a circunferência abdominal

Identificar a relação entre o tamanho dos multífidoss e transverso do abdome e a presença de alterações e hábitos posturais.

Relacionar as medidas do depósito de gordura abdominal com o tamanho dos multífidoss e transverso do abdome.

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 2.387.569

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

A pesquisadora apresenta como riscos os relativos ao sentimento de invasão de privacidade durante o preenchimento do formulário ou constrangimento durante as avaliações, principalmente pelo fato dos exames necessitarem de uso de sunga ou biquíni.

Assegura a pesquisadora que todos os procedimentos serão realizados numa sala específica cedida pela Instituição, previamente reservada, sem pessoas para interromper e sem possibilidade de escuta ou observação por quem esteja fora dela, com ambiente agradável, de modo a possibilitar algum conforto e toda a segurança aos indivíduos.

Assegura ainda que o voluntário será solicitado a se apresentar de sunga ou biquíni apenas no momento da avaliação da postura e dos parâmetros antropométricos, de maneira que deverá se vestir imediatamente após o término dos procedimentos.

A pesquisadora também garante que vai alertar o voluntário, desde o começo, sobre a sua liberdade para se esquivar de perguntas ou procedimento e se negar a respondê-las ou executá-las, a qualquer momento.

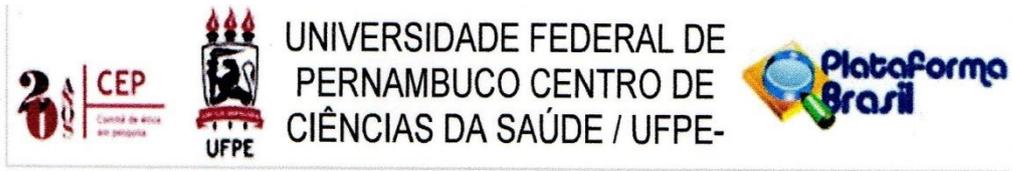
Quanto aos benefícios: a pesquisadora informa que a importância da pesquisa reside no fato que ela permitirá a produção de informações sobre a AST dos multifídios e transversos do abdome em crianças e adolescentes. Será oferecido ao pesquisado a oportunidade de realizar um exame de ultrassom nos músculos coluna e uma avaliação postural permitindo a identificação precoce de distúrbios lombares.

Que a devolução dos resultados será feita de duas formas distintas: mediante a entrega de um Resumo em papel sobre os resultados e conclusões obtidas, a ser dado a cada um; e pela apresentação em data e locais a definir com todos os participantes do estudo.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto aborda uma temática que tem sido alvo de crescente interesse na área da fisioterapia. A utilização dos dados obtidos através do exame de ultrassom dos músculos multifídeo lombar e transversos do abdome tem trazido dados interessantes para a avaliação da estabilidade da coluna lombar em crianças e adultos jovens.

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 2.387.569

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Apresenta a documentação necessária.

**Recomendações:**

Nenhuma.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio da Notificação com o Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

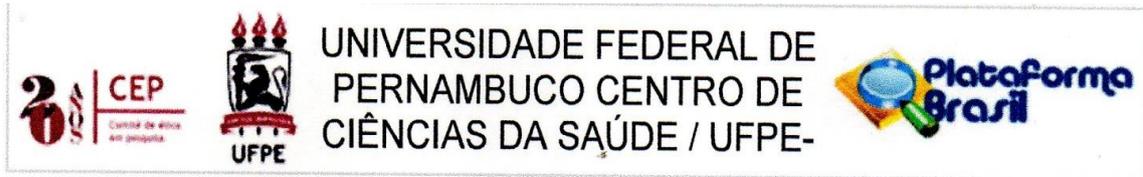
Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética, relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

O CEP/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
----------------	---------	----------	-------	----------

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600  
 UF: PE Município: RECIFE  
 Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 2.387.569

Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1022293.pdf	06/11/2017 10:46:15		Aceito
Outros	LATTESGEISA.pdf	06/11/2017 10:45:53	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
Outros	TermoConfidencialidade2017.jpg	31/10/2017 13:04:45	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
Outros	cartaanuencia.jpg	31/10/2017 13:03:46	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tclemaiores182017.pdf	31/10/2017 13:00:32	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	talemenor12a182017.pdf	31/10/2017 13:00:24	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tclesponsveismenores2017.pdf	31/10/2017 13:00:12	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
Outros	LattesPesquisador.pdf	31/10/2017 12:59:56	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
Outros	LattesJuliana.pdf	31/10/2017 12:59:14	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
Outros	LattesGiselia.pdf	31/10/2017 12:58:58	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
Parecer Anterior	Parecer2010.pdf	31/10/2017 12:58:26	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto2017.pdf	31/10/2017 12:56:34	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito
Folha de Rosto	FR2017.pdf	31/10/2017 12:50:26	Gisela Rocha de Siqueira	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600  
**UF:** PE **Município:** RECIFE  
**Telefone:** (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br