

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

WALLY AUF DER STRASSE

**AVALIAÇÃO DO MÉTODO PILATES NO ALINHAMENTO POSTURAL EM
ADOLESCENTES PORTADORES DE ESCOLIOSE, POR MEIO DA
ELETROMIOGRAFIA E DA SIMETROGRAFIA**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2016

WALLY AUF DER STRASSE

**AVALIAÇÃO DO MÉTODO PILATES NO ALINHAMENTO POSTURAL EM
ADOLESCENTES PORTADORES DE ESCOLIOSE, POR MEIO DA
ELETROMIOGRAFIA E DA SIMETROGRAFIA**

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Engenharia Biomédica”- Área de Concentração: Engenharia Clínica.

Orientadora: Profª Drª Adriana Mª Wan Stadnik.
Coorientador: Prof. Dr. Eddy Krueger.

**CURITIBA
2016**



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA BIOMÉDICA**



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação Nº (Número)/2016)

**AValiação DO MÉTODo PILATES NO ALINHAMENTO POSTURAL EM
ADOLESCENTES PORTADORES DE ESCOLIOSE POR MEIO DA
ELETROMIOGRAFIA E DA SIMETROGRAFIA**

por

WALLY AUF DER STRASSE

Esta dissertação foi apresentada às 14 horas do dia 11 de outubro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA, com área de concentração em Engenharia Clínica, linha de pesquisa em avaliações com apoio de tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **aprovado**.

Prof. Dr. Ariani Cavazzani Szkudlarek (UFPR)

Prof. Dr. João Antônio Palma Setti (UTFPR)

|

Prof. Dr. Eddy Krueger (UTFPR)
Coorientador

Prof^a. Dr^a. Adriana M^a Wan Stadnick
(UTFPR) - *Orientadora*

Prof^a. Dr^a. Leandra Ulbricht (UTFPR)
Coordenadora do PPGEB

A minha querida e saudosa mãe, que sempre foi e permanecerá além da eternidade como alicerce da minha vida! Tudo que sou devo a você!!

AGRADECIMENTOS

Como chegar até aqui após uma longa e difícil jornada através de tantos conhecimentos, dificuldades, sentimentos controversos, etapas infindáveis de escrita e de reescrita, artigos, congressos, reuniões, erros e acertos, que me fizeram subir mais este degrau em relação aos objetivos propostos em minha vida.

Quero da maneira mais simples apenas agradecer a Deus, nosso grande arquiteto do universo pelo dom da vida, aos meus pais Fausto e Margot e aos meus irmãos Werner, Hermes e Loretta.

À minha queridíssima orientadora professora Doutora Adriana Maria Wan Stadnik, por acreditar em mim e por nunca me deixar esmorecer, creiam que muitas vezes padeci deste mal.

À coordenadora do Mestrado Profissional em Engenharia Biomédica, inteligentíssima professora Doutora Leandra Ulbricht.

Ao professor Doutor Eduardo Borba Neves e à professora Doutora Denise da Vinha Ricieri, da UFPR, pelo empréstimo do equipamento de Eletromiografia para minha pesquisa.

Ao querido e nobre coorientador professor Doutor Eddy Krueger, pela disponibilidade e pelo incansável exemplo de dedicação. Sem você nada seria possível.

Ao Colégio Militar de Curitiba por ter me concedido tempo para estudar.

Aos adolescentes voluntários participantes da pesquisa.

A vocês amigos do curso de Engenharia Biomédica que fizeram meus dias cada vez melhores.

A você minha linda amiga Ana Paula Rehme Siqueira, pela parceria nos trabalhos de eletromiografia e pelos ensinamentos de vida.

Finalizo agradecendo aos servidores da Universidade, personagens dos bastidores do grande espetáculo que é manter viva uma Universidade.

Enfim, que Deus me conceda os atributos necessários para dar continuidade aos estudos e prosseguir rumo ao doutorado, é o meu maior desejo!

Wally auf der Strasse

“Somos aquilo que queremos ser!”

(Autor desconhecido)

STRASSE, Wally auf der. **Avaliação do Método Pilates no alinhamento postural em adolescentes portadores de escoliose por meio da eletromiografia e da simetrografia.** 2016. 130f. Dissertação – Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

RESUMO

A escoliose é considerada a quinta patologia mais comum em desenvolvimento na adolescência. Sendo que no Brasil a prevalência desta patologia varia de 2% a 4% em adolescentes na faixa etária de 10 a 16 anos. O método Pilates pode ser considerado como alternativa no tratamento conservador desse desvio postural. O objetivo deste estudo foi avaliar o método Pilates no alinhamento postural de adolescentes portadores de escoliose, por meio da eletromiografia e da simetrografia. Foi realizado um estudo exploratório no período de Fevereiro a Abril de 2015, com 22 adolescentes, com idade de 12 a 18 anos, de ambos os sexos, que apresentaram o desvio postural escoliose, fisicamente ativos, sem experiência em treinamento resistido do Método Pilates e que não tinham realizado cirurgia corretiva ortopédica na coluna vertebral e nem recebido diagnóstico de doença reumática. Os voluntários pesquisados preencheram termo de assentimento informado livre e esclarecido e os responsáveis preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido. Os adolescentes investigados inicialmente foram submetidos à avaliação antropométrica, percentual de gordura, simetria corporal, teste de Adams e avaliação eletromiográfica nos músculos trapézio, eretores espinhais, oblíquos e reto abdominal, na posição sentada equilibrando um livro sobre a cabeça processados no domínio temporal (EMG_{Amp}) e espectral (EMG_{Fmed}). Na sequência foram submetidos a 24 sessões com dois atendimentos semanais de um protocolo de tratamento constituído por exercícios do método Pilates. Após a aplicação deste protocolo, foram novamente submetidos às avaliações iniciais. Os dados foram analisados pela ANOVA e processados utilizando o software estatístico R versão 3.2.0. e teste de McNemar. Os resultados com relação à escoliose mostraram que nove adolescentes melhoraram o alinhamento postural (40,9%) ($p=0,001$) e também no encurtamento do trapézio ($p=0.031$) e nos ombros assimétricos ($p=0.001$). Relativo à EMG_{Amp} na escoliose postural à direita (EP_D) houve diferença entre antes e depois ($p=0.081$) e também entre os músculos ($p=0.031$); na escoliose torácica à direita (ET_D) houve diferença entre antes e depois ($p\approx 0$), o lado direito do esquerdo ($p=0.04$) e também entre os músculos ($p\approx 0$); na escoliose torácica à esquerda (ET_E) e na escoliose tóraco-lombar destro convexa (ETL_{DC}) houve diferença entre antes e depois ($p\approx 0$) e entre os músculos ($p\approx 0$). Referente à EMG_{Fmed} na EP_D houve diferença entre antes e depois ($p\approx 0$) e entre os músculos ($p=0.001$); na ET_D houve diferença entre antes e depois ($p\approx 0$) e entre os músculos ($p=0.007$); na ET_E e ETL_{DC} houve diferença apenas entre antes e depois ($p\approx 0$); na ETL_E houve diferença entre antes e depois ($p=0.007$). Em todos os casos de escoliose estudados, houve aumento da EMG_{Fmed} com destaque para os músculos OBLI e RA. Verificaram-se diferenças estatísticas nas variáveis estatura ($p=0,003$) e aumento na flexibilidade ($p=0,000$). Conclui-se que os resultados apontam para a importância dos exercícios do método Pilates como forma de tratamento conservador da escoliose, ocasionando mudanças no padrão de ativação neuromuscular. Porém em relação ao tempo de aplicação terapêutico relativo ao alinhamento postural, sugere-se desenvolvê-lo em prazos maiores.

Palavras-chave: Pilates. Escoliose. Eletromiografia. Simetrografia.

STRASSE, Wally auf der. **Pilates Method evaluation in the postural alignment in adolescents with scoliosis through electromyography and symmetrography. 2016.** 130f. Dissertation – Graduate Program in Biomedical Engineering of Federal University of Technology – Paraná. Curitiba, 2016.

ABSTRACT

Scoliosis is considered the fifth most common pathology in development during adolescence. And in Brazil the prevalence of this disease ranges from 2% to 4% in adolescents aged 10-16 years old. The Pilates method can be considered as an alternative to conservative treatment of this postural deviation. The aim of this study was to evaluate the Pilates method in the postural alignment of adolescents with scoliosis through electromyography and symmetrography. An exploratory study was conducted from February to April 2015, with 22 12 to 18 year old male and female adolescents who had the scoliosis postural deviation, physically active, without experience in resistance training of Pilates and who had not performed orthopedic corrective surgery on the spine and not been diagnosed with rheumatic disease. Both surveyed volunteers and their parents filled informed consents. The investigated teenagers initially underwent anthropometric measurements, body fat percentage, body symmetry, Adams test and electromyographic assessment in trapezius, erector spinal, obliques and rectus abdominis, in a seated position balancing a book on their heads processed in the time (EMG_{Amp}) and spectral domains (EMG_{Fmed}). After that they were submitted to 24 sessions with two weekly appointments of a treatment protocol consisting of Pilates exercises. After the application of this protocol, they were again subjected to initial assessments. Data were analyzed by ANOVA and processed by using the statistical software R version 3.2.0. and McNemar test. Results regarding scoliosis showed that nine adolescents improved postural alignment (40.9%) ($p = 0.001$) and there was also an improvement in the shortening of the trapezius ($p = 0.031$) and asymmetrical shoulders ($p = 0.001$). Concerning the EMG_{Amp} in right postural scoliosis (EP_D), there was a significant difference between before and after ($p = 0.081$) and also between muscles ($p = 0.031$); in the right thoracic scoliosis (ET_D) there was a difference between before and after ($p \approx 0$), the right side of the left ($p = 0.04$) and between muscles ($p \approx 0$); in the left thoracic scoliosis (ET_E) and convex left thoracolumbar scoliosis (ETL_{DC}) differences between before and after ($p \approx 0$) and between muscles ($p \approx 0$) were found. Concerning the EMG_{Fmed} in the EP_D there was a difference between before and after ($p \approx 0$) and between muscles ($p = 0.001$); in the ET_D there was a difference between before and after ($p \approx 0$) and between muscles ($p = 0.007$); in ET_E and ETL_{DC} there was a difference only between before and after ($p \approx 0$); in ETL_E there was a difference between before and after ($p = 0.007$). In all cases of scoliosis studied here, there was an increase of EMG_{Fmed} notably in the OBLI and RA muscles. There were statistical differences in height variables ($p = 0.003$) and increased flexibility ($p = 0.000$). One can conclude that the results point to the importance of Pilates exercises as a form of conservative treatment of scoliosis, causing changes in the pattern of neuromuscular activation. However, in relation to the therapeutic application time relative to postural alignment, it is suggested to develop it in longer periods.

Keywords: Pilates. Scoliosis. Electromyography. Symmetrography.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Coluna Vertebral.....	20
FIGURA 2: Elementos Básicos das Vértèbras.....	21
FIGURA 3: Classificação de King.....	25
FIGURA 4: Classificação de Lenke.....	26
FIGURA 5: Simetrógrafo.....	29
FIGURA 6: Equipamento Cadillac.....	34
FIGURA 7: Equipamento Reformer.....	34
FIGURA 8: Equipamento Chair.....	34
FIGURA 9: Equipamento Barrel.....	34
FIGURA 10: Eletrodos transcutâneos de Ag/AgCl.....	44
FIGURA 11: Eletrodos de configuração bipolar nos músculos trapézio, erectores espinhais, oblíquos e reto abdominal.....	44
FIGURA 12: Pontos anatômicos para colocação dos eletrodos de referência.....	45
FIGURA 13: Eletromiógrafo acoplado ao computador.....	46

LISTA DE IMAGENS DE EXERCÍCIOS

IMAGEM 1: Exercício <i>Hundred</i>	54
IMAGEM 2: Exercício <i>Front Support Pusch Up</i>	55
IMAGEM 3: Exercício <i>Leg Pull Down</i>	55
IMAGEM 4: Exercício <i>Cissors</i>	56
IMAGEM 5: Exercício <i>Neck Pull</i>	56
IMAGEM 6: Exercício <i>Roll Up</i>	57
IMAGEM 7: Exercício <i>Spine Twist</i>	58
IMAGEM 8: Exercício <i>Roll Over</i>	59
IMAGEM 9: Exercício <i>Swimmimg</i>	59
IMAGEM 10: Exercício <i>Single Leg Stretch</i>	60
IMAGEM 11: Exercício <i>Double Leg Stretch</i>	61
IMAGEM 12: Exercício <i>Criss Cross</i>	61
IMAGEM 13: Exercício <i>Schouder Bridge</i>	62
IMAGEM 14: Exercício <i>Teaser</i>	63

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Análise de resíduos na EP_D	73
GRÁFICO 2: Média de EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} período e musculatura EP_D	74
GRÁFICO 3: Análise de resíduos na ET_D	75
GRÁFICO 4: Média de EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} período e musculatura ET_D	76
GRÁFICO 5: Análise de resíduos ET_E	77
GRÁFICO 6: Média de EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} período e musculatura ET_E	78
GRÁFICO 7: Análise de resíduos ETL_{DC}	79
GRÁFICO 8: Média de EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} período e musculatura ETL_{DC} ...	80

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Classificação de Lenke.....	25
TABELA 2: Critérios estruturais para a escoliose.....	25
TABELA 3: Modificadores para a escoliose.....	26
TABELA 4: Características dos voluntários participantes do estudo.....	69
TABELA 5: Percentual médio das variáveis antes e depois.....	69
TABELA 6: Comparativo antes e depois do Protocolo de Pilates.....	70
TABELA 7: Análise das variáveis posturais.....	71
TABELA 8: ANOVA para EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} nos casos de EP_D	72
TABELA 9: ANOVA para EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} nos casos de ET_D	75
TABELA 10: ANOVA para EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} nos casos de ET_E	77
TABELA 11: ANOVA para EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} nos casos de ETL_{DC}	79

LISTA DE ABREVIATURAS

MP	Método Pilates
TRAP	Trapézio
ERE	Eretores Espinhais
OBLI	Oblíquos
RA	Reto Abdominal
EMG _{Amp}	Amplitude do Sinal Eletromiográfico
EMG _{Fmed}	Frequência do Sinal Eletromiográfico
EP _D	Escoliose Postural à Direita
ET _D	Escoliose Torácica à Direita
ET _E	Escoliose Torácica à Esquerda
ETL _{DC}	Escoliose Tóraco-Lombar Destro Convexa
ETL _E	Escoliose Tóraco-Lombar à Esquerda

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	17
1.2 HIPÓTESE.....	18
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1 Objetivo Geral.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	18
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 COLUNA VERTEBRAL.....	20
2.2 DESVIO POSTURAL - ESCOLIOSE.....	22
2.2.1 Classificação da Escoliose.....	24
2.2.2 Tecnologias de Avaliação da Escoliose.....	27
2.2.3 Métodos Invasivos.....	27
2.2.3.1 Raio X.....	27
2.2.3.2 Eletromiografia de profundidade.....	27
2.2.4 Métodos Não Invasivos.....	28
2.2.4.1 Teste de Adams.....	28
2.2.4.2 Simetrografia ou posturografia.....	28
2.2.4.3 Fotogrametria.....	29
2.2.4.4 Escoliometria.....	30
2.2.4.5 Estereofotografia de Moiré (EFM).....	30
2.3 TRATAMENTO DA ESCOLIOSE.....	31
2.3.1 Vigilância.....	31
2.3.2 Exercícios.....	31
2.3.3 Coletes ou Órteses.....	32
2.3.3.1 Colete cervico-toraco-lombo-sagrada.....	32
2.3.3.2 Colete toraco-lombo-sagrada.....	32
2.3.4 Cirurgia.....	32
2.4 MÉTODO PILATES.....	33
2.4.1 Histórico.....	33
2.4.2 Conceito de <i>Powerhouse</i>	36
2.4.3 Princípios do Método Pilates.....	36
2.4.4 Formas de Tratamento Pelo Método Pilates.....	37
2.4.5 Método Pilates na Reabilitação.....	38
2.5 ELETROMIOGRAFIA.....	40
2.5.1 Coleta de Dados e Avaliação Eletromiográfica.....	42
2.5.2 Aquisição do Sinal Eletromiográfico.....	46
2.5.3 Análise do Sinal Eletromiográfico.....	47
2.6. PESQUISA BASEADA EM EVIDÊNCIA.....	47
3 METODOLOGIA	50
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	50
3.2 COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	50
3.3 AMOSTRA.....	50
3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	50
3.5 CONFIDENCIALIDADE DE DADOS.....	51
3.6 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS.....	51
3.6.1 Avaliação Antropométrica.....	51
3.6.2 Avaliação do Percentual de Gordura.....	52

3.6.3 Avaliação da Simetria Corporal.....	52
3.6.4 Eletromiografia.....	53
3.6.5 Protocolo do Método Pilates.....	54
3.6.6 Processamento do Sinal.....	64
3.7 RISCOS E BENEFÍCIOS.....	64
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	65
4 RESULTADOS	68
4.1 CARACTERÍSTICA DA AMOSTRA.....	68
4.2 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS ALTURA, PERCENTUAL DE GORDURA E FLEXIBILIDADE.....	69
4.3 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO POR MEIO DA SIMETROGRAFIA.....	69
4.4 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO POR MEIO DA ELETROMIOGRAFIA.....	72
4.4.1 Escoliose Postural à Direita (EP _D).....	72
4.4.2 Escoliose Torácica à Direita (ET _D).....	74
4.4.3 Escoliose Torácica à Esquerda (ET _E).....	76
4.4.4 Escoliose Tóraco-Lombar Destro Convexa (ETL _{DC}).....	78
4.4.5 Escoliose Tóraco-Lombar à Esquerda (ETL _E).....	80
5 DISCUSSÃO	81
5.1 AVALIAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA.....	81
5.1.1 Análise Eletromiográfica Isolada dos Músculos Avaliados.....	81
5.1.2 Comparativo da Atividade Eletromiográfica nos Lados Direito e Esquerdo Após a Intervenção Terapêutica Pelo MP.....	81
5.2 AVALIAÇÃO DO ALINHAMENTO POSTURAL POR MEIO DA SIMETROGRAFIA.....	86
5.3 AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE.....	92
6 CONCLUSÃO	97
REFERÊNCIAS	99
APÊNDICE 1	124
APÊNDICE 2	128
APÊNDICE 3	131
APÊNDICE 4	135
APÊNDICE 5	136
APÊNDICE 6	140
APÊNDICE 7	154

1 INTRODUÇÃO

As alterações posturais e dores na coluna vertebral encontram-se entre os maiores problemas socioeconômicos e de saúde pública no mundo (ROSÁRIO, 2014; SILVA FILHO, 2014; TOMANOVA *et al.*, 2015; SEDREZ, 2015); pois limitam a qualidade de vida de seus portadores, bem como suas atividades laborativas, sendo causa de afastamento do trabalho (PRADO *et al.*, 2015) e de aposentadorias precoces (FORNAZARI *et al.*, 2014, SEDREZ, 2015).

Em se tratando de adolescentes, a prevalência de dor lombar em diferentes regiões do mundo varia entre 80 e 85%, porcentagem muito semelhante aos adultos (MACEDO *et al.*, 2015) e sua maior incidência ocorre nas idades entre 12 e 18 anos (DE OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Vários fatores estão correlacionados com o seu surgimento, destacam-se entre eles: idade, sedentarismo (NASCIMENTO *et al.*, 2015), fraqueza muscular, reduzida flexibilidade da musculatura extensora do quadril (LEITE, 2015), “estirão do crescimento” (ADOBOR *et al.*, 2014), hábitos posturais inadequados e genéticos (WAJCHENBERG *et al.*, 2012), sobrepeso e a obesidade (MINGUELLI, 2015), postura adotada ao sentar (SEDREZ, 2015); atividades esportivas que podem causar lateralização da coluna como natação, tênis de campo (MCMASTER *et al.*, 2015), peso da mochila escolar (SILVA, 2015).

Durante este processo de aceleração do crescimento ocorre o surgimento da maior parte das escolioses (DE OLIVEIRA *et al.*, 2015), pelo crescimento desigual das vértebras ou pelo desenvolvimento desequilibrado da musculatura dorsal (MACEDO *et al.*, 2015).

É considerada a quinta patologia mais comum em desenvolvimento na adolescência após a miopia, saúde mental, obesidade e fimose. A avaliação precoce e o tratamento adequado se tornam imprescindíveis para evitar o rápido agravamento da doença (HUI *et al.*, 2015).

Conforme dados da *Scoliosis Research Society* (2015), a taxa de prevalência da escoliose idiopática na população é de 0,5 a 3%; desta forma a prevalência da escoliose idiopática do adolescente no mundo varia de 1 a 13%

em diferentes contextos; sendo que no Brasil a prevalência da escoliose varia de 2% a 4% em adolescentes com idade entre 10 e 16 anos (DE SOUZA *et al.*, 2013).

Este desvio postural acomete tanto o sexo feminino quanto o masculino antes da maturidade sexual (FILHO *et al.*, 2014), afetando a simetria corporal e a qualidade de vida de seus portadores, sendo mais frequente no gênero feminino, apresentando-se como 85% dos casos na faixa etária entre 9 e 13 anos de idade (DE FREITAS *et al.*, 2014).

O tratamento conservador por meio de exercícios de fortalecimento e alongamento e conscientização postural (DE OLIVEIRA *et al.*, 2015) no início da infância e adolescência pode alterar favoravelmente a história natural da escoliose (CHOWANSKA *et al.*, 2012) e a rápida progressão da enfermidade (DE MOURA *et al.*, 2015; PETRINI, 2015; BACARAT *et al.*, 2015; NOGUEIRA, 2015).

Alguns métodos são utilizados como alternativas de tratamento conservador da escoliose, como a reeducação postural global, *IsoStretching* e o método Pilates (MP) (DALBAYRAK, 2014).

O MP é considerado como terapia complementar na reabilitação (WELLS, 2012; PETRINI, 2015; DE MOURA *et al.*, 2015; NOGUEIRA, 2015). A prática do MP propicia benefícios sobre a flexibilidade global (VAZ *et al.*, 2012), o alinhamento postural e a coordenação motora, além do aumento da força muscular, o que demonstra uma relação direta com o processo de reeducação postural (COMUNELLO, 2011; SINZATO, 2013; DE MOURA *et al.*, 2015).

Contudo, existem poucos estudos que avaliaram o MP como forma de tratamento efetivo desse desvio postural bem com detalhamento de protocolos adotados e seus efeitos no alinhamento postural de adolescentes escolióticos (MARÉS *et al.*, 2012; LARA, 2015; DE MOURA, 2015; PETRINI *et al.*, 2015). A eficácia do tratamento por exercícios ainda não aparece comprovada nas pesquisas científicas (BIALEK *et al.*, 2007; CHWALA *et al.*, 2014).

O objetivo do presente estudo, baseado nos pressupostos apresentados, foi analisar o efeito de um protocolo de tratamento pelo MP de solo no alinhamento postural de adolescentes portadores de escoliose por meio da eletromiografia de superfície e da simetrografia.

1.1 JUSTIFICATIVA

Verificou-se alta incidência de desvios posturais em escolares entre 11 e 18 anos de idade (SEDREZ, 2015). A escoliose é uma das doenças mais comuns da coluna vertebral e seu diagnóstico e tratamento tardio pode levar a complicações na postura corporal (KARIMIAN *et al.*, 2015).

A análise postural de indivíduos em idade escolar preconiza a detecção das escolioses idiopáticas, comuns nessa faixa etária, o crescimento ósseo acelerado nessa fase da vida promove o rápido aumento da angulação da curva escoliótica e pode gerar complicações irreversíveis caso não haja intervenção e tratamento precoce (SILVA, 2014), gerando assim agravos da doença na fase adulta (BADARÓ *et al.*, 2015).

Diante dos grandes prejuízos que podem ser ocasionados pela escoliose, é importante a escolha de um método terapêutico que abranja a realização de alongamentos, somados a fortalecimento muscular e conscientização corporal (DE MOURA *et al.*, 2015), como é o caso do MP.

Considerando que a escoliose promove desequilíbrios de força e comprimento musculares no tronco, onde a musculatura do lado côncavo se apresenta de maneira retraída e músculos mais alongados no lado convexo da curvatura, o que caracteriza um problema de assimetria muscular, é necessário que a intervenção fisioterapêutica por meio de exercícios inclua a simetria muscular como foco de tratamento (YANG *et al.*, 2013).

O método Pilates tem sido utilizado como forma de tratamento conservador da escoliose (SINZATO, 2013). A prática desse método acarreta benefícios sobre a flexibilidade global, o alinhamento postural e a coordenação motora, além do aumento da força muscular, o que demonstra uma relação direta com o processo de reeducação postural (KLOUBEC, 2011; DE MOURA *et al.*, 2015).

Neste sentido, diante do elevado índice de progressão desta doença, observa-se uma lacuna, relativo a métodos que avaliem e promovam diagnóstico precoce da escoliose nos programas de saúde escolar (VIEIRA, 2015), onde a simetrografia apresenta-se como um método de fácil aplicação, acessível, não invasivo e de baixo custo para rastreamento e prevenção, reduzindo o

encaminhamento para exames radiológicos, uso de coletes ortopédicos e cirurgias corretivas posteriores (FORNAZARI *et al.*, 2014). E a eletromiografia um importante exame no acompanhamento e evolução da doença escoliose e na prescrição de formas adequadas de tratamento (BASSANI *et al.*, 2008).

1.2 HIPÓTESE

A avaliação do método Pilates (MP), por meio da simetrografia e da eletromiografia em adolescentes com escoliose, possibilitará identificar o MP como forma de tratamento conservador eficaz no alinhamento postural em programas de reabilitação de doenças da coluna vertebral.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é investigar, por meio da eletromiografia e da simetrografia, o alinhamento postural, antes e após programa de fortalecimento pelo MP de solo, em adolescentes com escoliose.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar a atividade eletromiográfica dos músculos trapézio (TRAP), eretores espinhais (ERE), oblíquos (OBLI) e reto abdominal (RA), envolvidos na patologia da escoliose;
- b) Comparar a atividade eletromiográfica da musculatura estabilizadora do tronco, antes e após protocolo de treinamento pelo MP de solo;
- c) Avaliar a eficácia do protocolo de exercícios do MP de solo, como tratamento conservador, no alinhamento postural de adolescentes escolióticos por meio da simetrografia;
- d) Comparar a flexibilidade muscular posterior do tronco, antes e depois de aplicação do protocolo de tratamento por meio do MP de solo.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em seis capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se a introdução, justificativa, hipótese e objetivos.

No capítulo dois, apresenta-se a fundamentação teórica sobre a coluna vertebral, MP e eletromiografia para esclarecer e justificar a relevância do estudo.

Com relação à coluna vertebral, apresenta-se a definição do desvio postural da escoliose, tecnologias de classificação e formas de tratamento dessa patologia. Sobre o MP, foi apresentado o histórico, uso na reabilitação e pesquisas baseadas em evidências. Quanto à eletromiografia seguem definições e o seu mecanismo de funcionamento seguido pelos tipos de eletrodos utilizados para realizar a aquisição do sinal eletromiográfico e por fim, a análise e processamento.

O capítulo três descreve a metodologia empregada nesta pesquisa incluindo a população estudada, procedimentos e instrumentos, protocolo de tratamento proposto para este estudo com o MP, riscos e benefícios presentes. Apresenta-se ainda os parâmetros eletromiográficos, posicionamento dos voluntários a para coleta, posicionamento dos eletrodos, processamento do sinal e análise dos dados coletados, e por fim, os cuidados com os adolescentes voluntários.

No capítulo quatro, apresentam-se os resultados obtidos com a aplicação do protocolo do MP no alinhamento postural em adolescentes com de escoliose através da simetrografia e pela ativação neuromuscular evidenciado pela EMG.

O capítulo cinco mostra uma discussão dos resultados obtidos neste estudo, assim como a comparação com resultados de outros estudos.

E, finalmente, no capítulo seis, explicitam-se as conclusões baseadas na hipótese e nos objetivos apresentados inicialmente e algumas sugestões para futuras investigações e limitações do estudo. Seguem no sétimo capítulo as referências utilizadas para fundamentar esta pesquisa, seguidos pelos apêndices e os anexos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 COLUNA VERTEBRAL

A coluna vertebral é o eixo central do corpo humano, responsável pela sustentação do tronco e proteção de parte do sistema nervoso central. Para seu funcionamento adequado é necessário que exista um equilíbrio em sua composição (CORRÊA, 2015). É composta por 33 vértebras, sendo sete cervicais, doze torácicas, cinco lombares, cinco vértebras são fundidas no sacro e quatro no cóccix (Figura 1). Apresenta curvas fisiológicas normais como a lordose cervical, cifose dorsal, lordose lombar e cifose sacro-coccígea, e é responsável pela sustentação, equilíbrio e manutenção da posição ereta (NOGUEIRA, 2015).

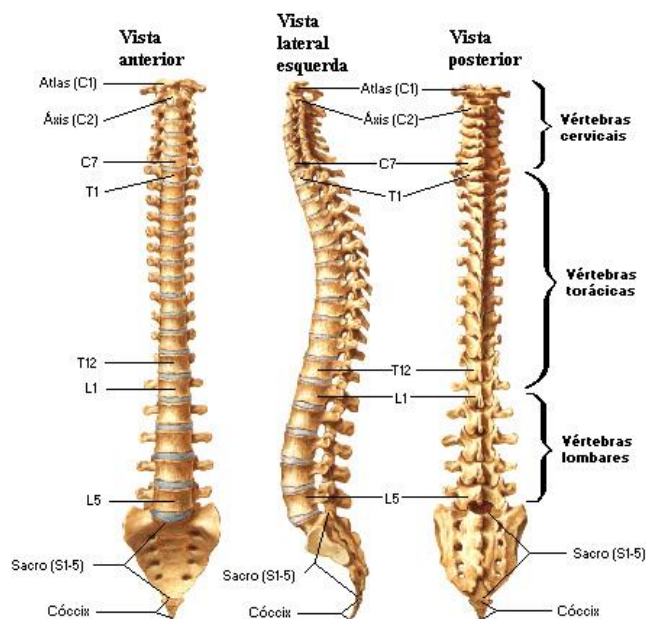


Figura 1: Coluna Vertebral
Fonte: Netter (2015).

A coluna cervical superior é composta pelas vértebras C1 (Atlas), que possui a forma de um anel e é desprovida do corpo vertebral e pela vértebra C2 (Axis) que possui uma protuberância chamada de processo odontóide, que permite a rotação da cabeça para ambos os lados (NETTER, 2015).

A Coluna cervical inferior é composta pelas vértebras C3, C4, C5, C6 e C7, sendo que estas são menores do que as vértebras torácicas e lombares (SOBOTTA, 2013; NETTER, 2015).

A região dorsal ou torácica, com as vértebras que vão de T1 a T12, aumentam de tamanho à medida que eles descem e são articulados com as costelas (SOBOTTA, 2013; NETTER, 2015).

A região lombar contém as vértebras L1 até L5, apresentando um corpo mais volumoso. A região do sacro contém as vértebras que vão de S1 a S5 e estas se apresentam fundidas em conjunto para formar o sacro. A região do cóccix, que contém as vértebras que vão desde a Co1 a Co4, também se encontra fundidas (SOBOTTA, 2013; MARQUES, 2015; NETTER, 2015).

Todas as vértebras apresentam sete elementos básicos (SOBOTTA, 2013; MARQUES, 2015; NETTER, 2015), conforme mostra a figura 2.

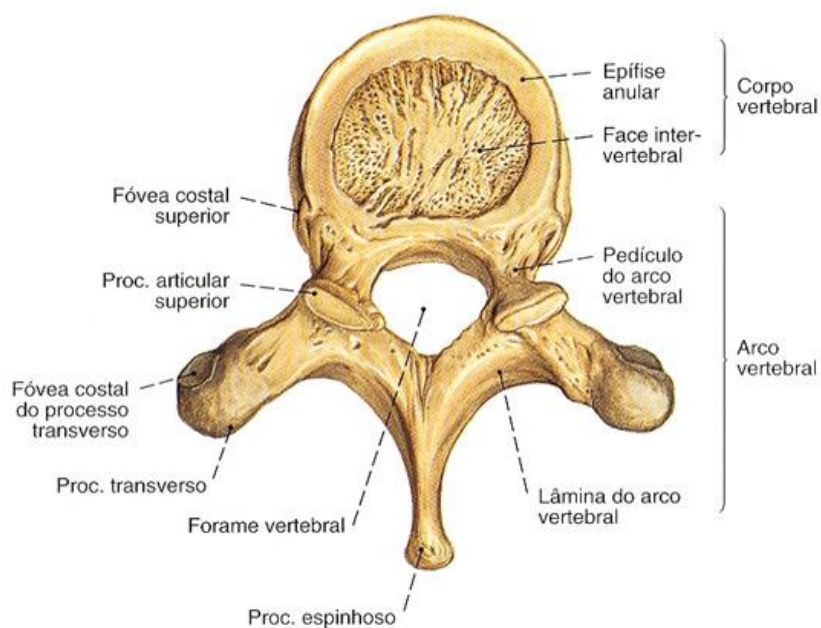


Figura 2: Elementos Básicos das Vértebras
Fonte: Sobotta, 2013.

- a) corpo: É a maior parte da vértebra. É único e mediano e está voltado para frente é representado por um segmento cilindro, apresentando uma face superior e outra inferior, possui a função de sustentação;
- b) processo espinhoso: É a parte do arco ósseo que se situa medialmente e posteriormente, possui a função de movimentação;
- c) processo transversos: São dois prolongamentos laterais, direito e esquerdo, que se projetam transversalmente de cada lado do ponto de união do pedículo com a lâmina, possui posição na movimentação;
- d) processos articulares: São em número de quatro, dois superiores e dois inferiores. São saliências que se destinam à articulação das vértebras entre si, possui a função de obstrução;
- e) lâminas: São duas lâminas, uma direita e outra esquerda, que ligam o processo espinhoso ao processo transversos, possui a função de proteção;
- f) pedículos: São partes mais estreitadas, que ligam o processo transversos ao corpo vertebral, possui a função de proteção;
- g) forame vertebral: Situado posteriormente ao corpo e limitado lateral e posteriormente pelo arco ósseo, possui a função de proteção.

2.2 DESVIO POSTURAL - ESCOLIOSE

Acredita-se que o nome escoliose tenha sido introduzido por Hipócrates, onde “*scolios*”, significa curvo ou curvado (DE MOURA *et al.*, 2015; MARKATOS *et al.*, 2015). Trata-se de uma deformidade tridimensional da coluna vertebral (SAKAI *et al.*, 2014), com desvios das curvaturas fisiológicas no plano sagital e frontal (ROSANOVA *et al.*, 2013) caracterizada por um desvio lateral (SOUZA *et al.*, 2013).

Pode ser classificada como estrutural onde envolve lateralização da coluna e a rotação das vértebras e a não estrutural, denominada escoliose funcional ou postural (ALVES *et al.*, 2012).

Esta alteração produz desequilíbrios de força e comprimento musculares do tronco favorecendo a rotação do processo espinhoso para o lado da

concauidade da curvatura e o corpo vertebral para o lado da convexidade e a retificação das curvaturas fisiológicas como mecanismo compensatório, favorecendo o encurtamento da musculatura do lado côncavo e o alongamento da musculatura do lado convexo (SEGURA *et al.*, 2013; SCHMID, 2010).

A manutenção da postura corporal está relacionada á aspectos de força, equilíbrio, flexibilidade e coordenação neuromuscular, importantes para a manutenção do alinhamento da coluna vertebral. Porém, qualquer alteração em um desses mecanismos pode provocar desvios posturais (SILVA FILHO *et al.*, 2014).

Esse desvio postural acomete tanto o sexo feminino quanto o masculino (cerca de 3% dos adolescentes), antes da maturidade sexual (RIVETT *et al.*, 2009); sendo mais frequente no sexo feminino (HORNE *et al.*, 2014), (SPERANDIO *et al.*, 2014, 2015), numa proporção de 4/1 (DAYER *et al.*, 2013), afetando a anatomia, a função pulmonar e repercussões estéticas e psicossociais graves (SEGURA *et al.*, 2013), bem como a simetria corporal e a qualidade de vida de seus portadores (ROSANOVA *et al.*, 2013).

A maioria dos casos é idiopática, sem causa aparente (DE FREITAS *et al.*, 2014). A etiologia ainda não é totalmente conhecida e é considerada multifatorial (NEGRINI *et al.*, 2012, 2015; MCMASTER, 2015; LEE *et al.*, 2015) como nutricionais, hormonais, genéticos, má postura, crescimento assimétrico de membros e tronco, desordens neuromusculares, (SOUZA *et al.*, 2013), exposição continuada a pequenas cargas (CAVALCANTE FILHO *et al.*, 2014).

Entretanto o padrão de herança genética ainda é desconhecido (ACAROGLU *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2013). Em se tratando de adolescentes, estes possuem propensão a desenvolverem problemas posturais, em particular a escoliose, pelo fato de se encontrarem em fase de crescimento, momento em que as deformidades presentes podem ser acentuadas por meio de desequilíbrios musculares (SOUZA *et al.*, 2013). Devido, por exemplo, ao uso incorreto das mochilas escolares, pelo sedentarismo ou pelo somatório de ambos (DA COSTA *et al.*, 2012).

O tratamento por meio de exercícios é benéfico para portadores de escoliose e os que promovem deslocamentos laterais são os mais indicados (LABELLE *et al.*, 2013). Podem aumentar a qualidade de vida dos pacientes,

com protocolos de tratamento específicos (FUSCO *et al.*, 2014; MORDECAI, 2012; ZAINA *et al.*, 2015) de acordo com a classificação da escoliose, proporcionando alterações biomecânicas dos tecidos moles, favorecendo a redução da progressão da curvatura escoliótica e promovendo o equilíbrio sagital da coluna vertebral (MAC-THIONG *et al.*, 2010; NEGRINI, 2015).

2.2.1 Classificação da Escoliose

Segundo Wajchenberg *et al.* (2012) a escoliose idiopática pode ser classificada em três tipos:

- a) infantil – antes dos três anos;
- b) juvenil – entre três e dez anos;
- c) adolescente – após os dez anos ou durante a puberdade.

Em 1905, Wilhelm Schulthess definiu a primeira classificação da escoliose de acordo com a forma e localização da curva, esta classificação consistia de cinco tipos: Cervicotorácica, Torácica, Toracolombar, Lombar; com curvas primárias e duplas na coluna torácica e lombar (OVADIA, 2013).

Em 1983 surgiu uma nova classificação, denominada classificação de King (OVADIA, 2013). Esta também apresenta cinco tipos determinados: King do tipo I que mostra uma curva em S, cruzando a linha média das curvas torácica e lombar; King tipo II com uma curva em forma de S, onde a curva torácica é maior e lombar é menor e as duas cruzam a linha média; King tipo III, que mostra uma curva torácica apenas e a curva lombar não cruza a linha média; King tipo IV, que mostra longa curva torácica, sendo a quinta vértebra lombar posicionada sobre o sacro e a quarta vértebra lombar está em ângulo com a curva torácica; King tipo V, mostra curva torácica dupla onde a primeira vértebra torácica a T1 forma ângulo para o lado da convexidade da curva superior, conforme a figura 3:

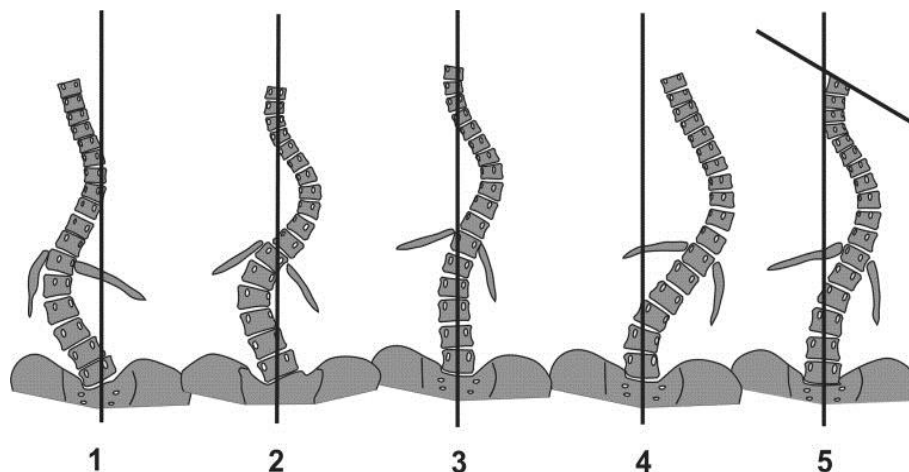


Figura 3: Classificação de King
Fonte: King (1983).

Em 2001 surgiu uma nova classificação, denominada classificação de Lenke, trata-se da classificação mais utilizada em departamentos clínicos de todo o mundo (OVADIA, 2013), conforme as tabelas 1, 2 e 3 e figura 4.

Tabela 1: Classificação de Lenke

	Tóraca proximal	Torácica principal	Toracolombar/lombar	Tipo de curva
1	Não estruturada	Estruturada (principal)	Não estruturada	Torácica principal
2	Estruturada	Estruturada (principal)	Não estruturada	Torácica dupla
3	Não estruturada	Estruturada (principal)	Estruturada	Principal dupla
4	Estruturada	Estruturada (principal)	Estruturada	Principal tripla
5	Não estruturada	Não estruturada	Estruturada (principal)	Toracolombar/lombar
6	Não estruturada	Estruturada	Estruturada (principal)	Toracolombar/lombar

Fonte: Arliani et al., 2011; Ovadia, 2013.

Tabela 2: Critérios estruturais para a escoliose

Torácica proximal	Inclinação lateral ≥ 25 graus
CIFOSE T2 a T5	≥ 20 graus
Torácica principal	Inclinação lateral ≥ 25 graus
CIFOSE T10 a L2	≥ 25 graus
Toracolombar/lombar	Inclinação lateral ≥ 25 graus
CIFOSE T2 a T5	≥ 20 graus

Fonte: Arliani et al., 2011.

Tabela 3: Modificadores para a escoliose

Perfil sagital torácico T5/T12	
Negativo	< 10 graus
Normal	Entre 10 e 40 graus
Positivo	> 40 graus

Fonte: Arliani *et al.*, 2011.

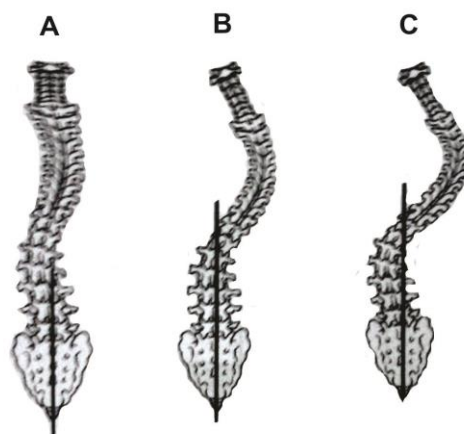


Figura 4: Classificação de Lenke
Fonte: (Lenke, 2001; Arliani *et al.*, 2011).

Segundo (LENKE, 2001; MIZUSAKI, 2015) O tipo de curva é determinado pela localização e flexibilidade da curva:

- a) torácica superior - ápice da curva em T2 e T6;
- b) torácica - ápice da curva em T6 e disco intervertebral T11/T12;
- c) toracolombar - ápice da curva em T12 e L1;
- d) lombar - ápice da curva entre disco intervertebral L1, L2 e L4.

Relativo á classificação da escoliose, 80% das assimetrias na escoliose torácica são à direita; na escoliose lombar, 80% são à esquerda e na escoliose tóraco-lombar 50% são tóraco-lombares à direita e 50% são tóraco-lombares à esquerda (NOBUKINI, 2014).

2.2.2 Tecnologias de Avaliação da Escoliose

Pertinente a exames e acompanhamento da patologia escoliose, identificou-se métodos invasivos e não invasivos de avaliação e diagnóstico deste desvio postural e de outras alterações da coluna vertebral associadas.

2.2.3 Métodos Invasivos

2.2.3.1 Raio X

O raio X é considerado o padrão ouro dos métodos de avaliação dos desvios posturais (MALFAIR *et al.*, 2010), por oferecer uma visão precisa e fidedigna das curvaturas da coluna vertebral e sua lateralização, bem como pelo cálculo do ângulo de Cobb (TOLEDO *et al.*, 2011), que é referência para a angulação frontal da escoliose, possibilitando a vértebra superior e inferior da curva com a máxima inclinação para a concavidade - o ângulo de Cobb é formado pela intersecção dessas linhas, é muito importante para quantificar o grau da escoliose, porém é um método invasivo e oferece riscos à saúde pela exposição à radiação (CARUNCHO, 2011; KNOTT *et al.*, 2014).

2.2.3.2 Eletromiografia de profundidade

A análise da ativação mioelétrica muscular é realizada por meio de eletrodos intramusculares compostos por finos fios metálicos ou agulhas (SCHEEREN *et al.*, 2015).

A captação do sinal eletromiográfico é bastante preciso e em regiões bem definidas, evitando a interferência de sinais de outros grupos musculares, porém pode apresentar desconforto para o avaliado (ALBRECHT, 2010).

2.2.4 Métodos Não Invasivos

2.2.4.1 Teste de Adams

O teste de Adams caracteriza-se pela realização da flexão anterior da coluna, para observar e medir a gibosidade, posição-padrão para detectar escoliose e parece produzir uma acentuação da deformidade na superfície do tronco. É a base para avaliação de escoliose em escolares e é empregado extensivamente por todo o mundo. O teste é realizado na posição ortostática, descalço, com os pés unidos, joelhos estendidos, inclinação para frente permanecendo o dorso na posição horizontal, mantendo os braços pendentes, as palmas das mãos unidas, com os dedos em oposição (ESPÍRITO SANTO *et al.*, 2011). A gibosidade torácica aparece devido rotação da caixa torácica (subjacente à rotação vertebral) e a gibosidade lombar ou a tóraco-lombar ocorre por aumento do volume e proeminência da musculatura (FERREIRA, 2010). O Teste de Adams é considerado positivo quando apresenta desvio rotacional do tronco (PRADO *et al.*, 2015; VIEIRA, 2015).

2.2.4.2 Simetrografia ou posturografia

A simetrografia possibilita análise qualitativa por meio de pontos anatômicos das assimetrias posturais nos planos frontal, sagital e transversal na vista anterior, lateral e posterior (GUADAGNIN *et al.*, 2012; FARINA *et al.*, 2011; ALVES, 2013).

Para Yamada *et al.* (2014) e Moura (2015), pode-se usar as estruturas anatômicas como referencial a serem observadas na avaliação do ideal postural. São elas:

- a) vista anterior: começa na linha central do simetrógrafo na distância média dos calcanhares do avaliado, passando pelos membros inferiores, dividindo-os em partes iguais, linha média e central da pelve, linha Alba, esterno e crânio;
- b) vista lateral: anteriormente ao maléolo lateral, centro articular do quadril, ombro e no meato auditivo externo;

- c) vista posterior: entre os calcanhares do avaliado, entre os membros inferiores, linha média e central da pelve, sobre os processos espinhosos da coluna vertebral, desde a região lombar passando pela torácica e culminando na região cervical e crânio.

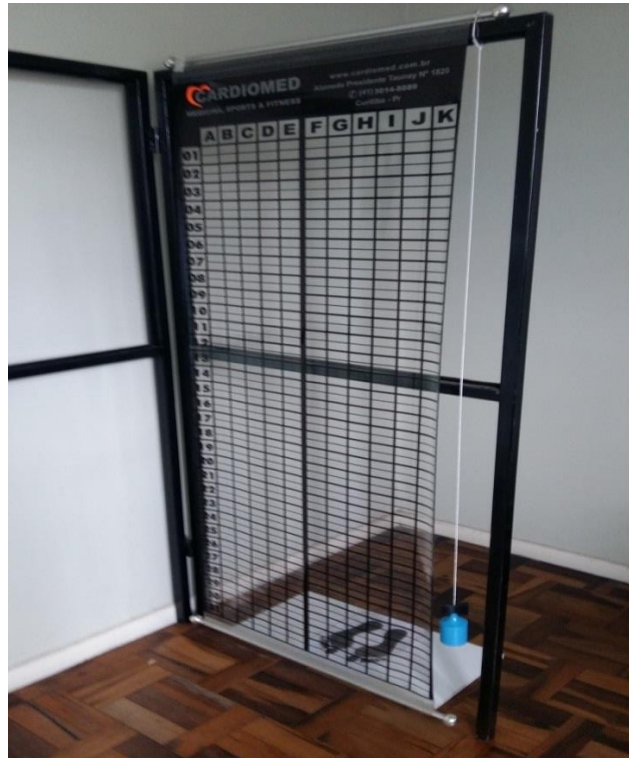


Figura 5: Simetrógrafo
Fonte: A autora.

2.2.4.3 Fotogrametria

A fotogrametria consiste na aplicação da fotografia para a obtenção de informações confiáveis sobre objetos físicos e o meio ambiente, por meio de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas (QUIRINO *et al.*, 2015). Aplicada na avaliação postural, a fotogrametria em um método de medida das assimetrias do corpo, a partir de imagens fotográficas, para obter ângulos e distâncias corporais (GUARIGLIA, 2011). As assimetrias lineares e angulares na postura corporal possibilitam medir ângulos e/ou distâncias horizontais e verticais entre os segmentos do corpo (SILVA FILHO *et al.*, 2014). As imagens registradas são direcionadas para interface específica para o devido processamento digital (QUIRINO *et al.*, 2015).

As avaliações são utilizadas para acompanhar o desenvolvimento de tratamentos osteopáticos e monitorar as variações de maneira quantificada, resultando em uma confiabilidade maior para a técnica (VACARI *et al.*, 2013; SILVA FILHO *et al.*, 2015).

2.2.4.4 Escoliometria

O escoliômetro é um equipamento tipo régua, no qual há uma esfera de metal em seu interior embebida em água que indica o ângulo de rotação axial do tronco (BONAGAMBA *et al.*, 2010; ALMERO *et al.*, 2014). O escoliômetro é capaz de analisar, em graus, assimetrias e a rotação axial do tronco no plano frontal, com o paciente posicionado em flexão anterior do tronco (BUNNEL, 1984; SEDREZ *et al.*, 2013).

A avaliação é em posição de ortostatismo, com o tronco desnudo, flexionado anteriormente e praticamente paralelo ao solo, com os braços relaxados, pendentes de forma perpendicular ao tronco e as mãos unidas. O valor indicado pela esfera de metal após o posicionamento do escoliômetro sobre o processo espinhoso e sua parada completa é utilizado para indicar o valor de rotação axial do tronco (BONAGAMBA, 2010).

2.2.4.5 Estereofotografia de Moiré (EFM)

Desde 1970, o fenômeno de Moiré vem sendo empregado como método de diagnóstico clínico em análises topográficas do corpo humano. Como método de avaliação postural, a topografia de Moiré (TM) auxilia na análise dos desvios posturais nos planos frontal, sagital e transversal, através de uma única fotografia (topograma) obtida do dorso do indivíduo (PORTO *et al.*, 2011).

O exame consiste de projeção de sombras que passam por uma placa e são direcionadas ao dorso do avaliado, formam-se linhas ou franjas delineando topograficamente a superfície a ser estudada, a caracterização de assimetria das linhas no dorso detectam a escoliose (PORTO *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2014).

2.3 TRATAMENTO DA ESCOLIOSE

O tratamento da escoliose idiopática do adolescente visa a correção e prevenção da progressão da curva escoliótica. Existem várias opções de tratamento tais como vigilância da postura, exercícios posturais, coletes e cirurgia (SHILLER *et al.*, 2010; DA COSTA, 2012).

2.3.1 Vigilância

Curvas menores que 20 graus, determinados pelo ângulo de Cobb, devem ser observadas quanto à sua progressão com o de acompanhamento periodizado de um ortopedista e realização exames radiológicos no período de seis a oito meses. Alterações na progressão da curvatura indicam mudanças de estratégia no tratamento (DA COSTA, 2012).

2.3.2 Exercícios

A realização de exercícios específicos para a escoliose promove maior estabilidade da coluna vertebral, manutenção das curvas fisiológicas no plano sagital, aumento da tonicidade muscular, aumento da coordenação, melhora da postura a progressão e diminuição da progressão da doença (ROMANO *et al.*, 2008; RESENDE, 2010; DA COSTA, 2012; DE OLIVEIRA, 2015). A prevenção evita que as alterações tornem-se permanentes e causem outras deformidades (KOMATSU, 2015).

Entre as técnicas de exercícios destacam-se: a Reeducação Postural Global (RPG), Isostreching, Osteopatia, Cadeias Musculares, Pilates e o método Klap (IUNES, 2015).

Existe recomendação de exercícios para curvas escolióticas menores que 25 graus de acordo com o ângulo de Cobb mensurado a partir da utilização de radiografias. Porém, a grande maioria dos cirurgiões não faz este encaminhamento, entretanto reconhecem que os pacientes podem se beneficiar muito com o tratamento terapêutico por meio de exercícios (MARTI *et al.*, 2015).

2.3.3 Coletes Corretivos ou Órteses

O uso de coletes corretivos ou órteses é uma das opções no tratamento da escoliose idiopática do adolescente e sua ação se faz pela força externa exercida no tronco do adolescente, favorecendo o alinhamento postural, com o objetivo de prevenção da evolução da progressão da curvatura (SHILLER, 2010).

2.3.3.1 Colete cervico-tóraco-lombo-sagrada

Está indicada no tratamento de curvas torácicas, com duplas curvas. É recomendado seu uso por tempo prolongado e tem pouca aceitação entre os adolescentes por ser muito visível (SHILLER, 2010; DE MOURA, 2015).

2.3.3.2 Colete tóraco-lombo-sagrada

É uma ortótese um pouco menos visível, mais leve e de maior aceitação entre os adolescentes. Deve ser usada no mínimo 23 horas diária e está indicada no tratamento de todo o tipo de curvas (SHILLER, 2010; DE MOURA, 2015).

2.3.4 Cirurgia

O tratamento cirúrgico da escoliose idiopática do adolescente impede a progressão da curva, visa realizar uma correção permanente da deformidade, mantendo uma coluna estável e equilibrada nos planos sagital e coronal (WESTRICK *et al.*, 2011; FISCHER *et al.*, 2011). Com a cirurgia é realizada a fusão dos segmentos da coluna restringindo seus movimentos, buscando a correção da curva escolótica e a estabilidade da coluna vertebral, indicada em curvas cujo ângulo de Cobb seja superior a 45 graus e 50 graus, curvas acima dessa angulação podem prejudicar a função pulmonar e qualidade de vida do paciente (DE MOURA, 2015).

2.4 MÉTODO PILATES

2.4.1 Histórico

Na Alemanha, nos arredores de Dusseldorf, em uma pequena vila chamada Mönchengladbach, nasceu Joseph Humbertus Pilates, que era uma criança com várias complicações de saúde, entre elas: asma, raquitismo e febre reumática (QUEIROZ *et al.*, 2010; FERREIRA, 2015). Pilates buscou vencer suas limitações por meio da prática de atividades físicas. Dessa forma conquistou um corpo forte e aos 14 anos posava como modelo para painéis e posters de anatomia (REYNEKE, 2009).

O Método Pilates (MP) foi criado no início do século XX com a denominação de Contrologia, tendo por base suas observações e estudos sobre ginástica natural, ginástica olímpica, boxe, artes circenses e algumas práticas orientais como o Yoga (PONT; ROMERO, 2014; YAMATO *et al.*, 2015).

Em 1912, quando tinha 32 anos, também se tornou boxeador e artista de circo; com o advento da I Guerra Mundial acabou sendo exilado e colocado em um campo de concentração (DA COSTA *et al.*, 2012), local em que aprimorou o método e mais ainda seus conhecimentos sobre os exercícios e colocou em prática com os companheiros que estavam envolvidos na mesma situação (MARÉS *et al.*, 2012); ao ser transferido para a ilha de Man, aplicou todo seu conhecimento nos feridos de guerra acamados (SEKENDIZ, 2007; FERREIRA, 2015) e adaptou as molas e roldanas (CELLARIUS, 2009) para dar suporte aos pacientes, criando dessa forma os equipamentos hoje mundialmente conhecidos como o *cadillac*, *reformer*, *chair* e *barrel*, mostradas nas figuras 6, 7, 8 e 9.



Figura 6: Cadillac
Fonte: Voll Pilates.



Figura 7: Reformer
Fonte: Voll Pilates.



Figura 8: Chair
Fonte: Voll Pilates.



Figura 9: Barrel
Fonte: Voll Pilates.

O MP foi reconhecido inicialmente pela constatação de que os praticantes não sucumbiram à epidemia de gripe que na época dizimou milhares de pessoas em 1918 (CRAIG, 2003; LATEY, 2001; TAO PILATES, 2009; ZEN, 2015).

Após a guerra, Pilates estabeleceu diálogos com alguns protagonistas da dança alemã e norte-americana, como Rudolf Von Laban, Ruth St. Denis, Ted Shawn, Martha Graham e George Balanchine. Joseph imigrou para os Estados Unidos em 1926 e atuou com a preparação de bailarinos que tinham sofrido alguma lesão e por distúrbios posturais. Com esse contato o MP ficou conhecido entre os bailarinos da época, que procuraram Joseph primeiramente para curar lesões e depois continuaram a praticar os exercícios (PONT; ROMERO, 2014).

Com o desenvolvimento da sua técnica, desenvolvida que a princípio foi denominada de Contrologia (YAMATO *et al.*, 2015), integrando corpo, mente e espírito, publicou dois livros. O primeiro, em 1934, com o título “A Sua Saúde” e o outro em 1945, intitulado “Retorno à Vida Através da Contrologia” (PIRES, 2005; MACEDO *et al.*, 2015).

Joseph veio a falecer aos 87 anos de idade. Embora gozasse de ótima forma física e fosse muito saudável ainda, um incêndio ocorrido em seu estúdio de Pilates e no desespero de salvar seus equipamentos, inalou muita fumaça e devido aos gases tóxicos, veio a falecer por complicações pulmonares em 1967 (ALTAN, 2009; SILVA *et al.*, 2009; MAYER *et al.*, 2012). Sua esposa Clara, que era enfermeira continuou a difundir método e somente após a sua morte o método foi então intitulado Pilates.

Atualmente o MP conquistou muitos adeptos e se expandiu pelo mundo sendo um meio de promoção da saúde, condicionamento físico e reabilitação (EMERY, 2010; EYIGOR *et al.*, 2004, 2010; KUO, 2010; QUEIROZ, 2010; DE OLIVEIRA, 2015) por desenvolver postura, maior mobilidade, equilíbrio e agilidade obtidos a partir meio de seus exercícios específicos.

No Brasil, a prática do método iniciou-se nos anos 1990 (MACEDO *et al.*, 2015) e permanece muito procurada e popularizada nos dias atuais.

Segundo Wells *et al.* (2012) o MP se baseia no treinamento resistido e no alongamento dinâmico e respeitando seis princípios fundamentais, que são: concentração, controle, centralização, fluidez, precisão e respiração. A ativação da musculatura do centro do corpo denominada *powerhouse*, composta pelos músculos paravertebrais, abdominais, glúteos e assoalho pélvico (SEKENDIZ *et al.*, 2007; MACHADO, 2013; MACEDO *et al.*, 2015).

Sua aplicação tem como objetivo a recuperação dos movimentos funcionais, o suporte de reabilitação de lesões, reeducação postural - por organizar as cadeias musculares (SEKENDIZ *et al.*, 2007; CURI, 2009; SINZATO, 2013; PAZ *et al.*, 2014).

Para Adams *et al.* (2012) as evidências sugerem que o MP aumenta a força do centro do corpo, a consciência corporal, e a flexibilidade natural da coluna e amplitude dos movimentos dos membros.

Romana (1923-2013) foi uma das instrutoras formadas diretamente por Joseph Pilates nos Estados Unidos. Ela, juntamente com Clara Pilates, continuou o trabalho no Estúdio de Nova York após a morte do criador do método. Romana foi bailarina e após uma lesão iniciou o trabalho com Joseph Pilates, se curou e continuou praticando, sendo uma das grandes expositoras

do método por diversos países, inclusive no Brasil (PONT; ROMERO, 2014; MACEDO, 2015).

2.4.2 Conceito do *Powerhouse*

Joseph Pilates referiu-se ao tronco como a "casa de força" do corpo. Atualmente se conhece por *core strengthening*, *core stability*, *core control*, *lumbar stabilization*, centro, entre outras designações. Para a definição do *core* é necessário compreender que se trata de uma região corporal, formada por grupos musculares e com função específica. Isto incluiu os músculos dos glúteos, assoalho pélvico, todos os músculos abdominais e músculos paravertebrais. Joseph enfatizava a respiração como o fator primordial em seus exercícios, proporcionando a organização do tronco pelo recrutamento dos músculos profundos da coluna vertebral com a principal função estabilizadora do tronco, seja em atividades estáticas ou dinâmicas (MACHADO, 2013).

Nesse sentido, Panjabi em 1992, propôs igualmente um modelo teórico da estabilidade *core* ou núcleo do corpo, percebendo a importância do centro do corpo forte no desempenho da coluna vertebral, baseado na interdependência de três subsistemas: os tecidos não contráteis (ossos da coluna vertebral e ligamentar), o contrátil (muscular) e o sistema neural (JUNG, 2015).

2.4.3 Princípios do Método Pilates

Para Roble (2015), existem seis princípios essenciais para o MP, são eles:

- a) a concentração - onde os exercícios devem ser realizados com intenção mental correta, mantendo o foco no processo de aprofundamento e na cadência de execução de forma correta, mantendo a consciência do movimento;
- b) a respiração - que deve ser bem definida desde o início do exercício, compreendendo a importância da expiração de forma adequada; estimulando dessa forma o desempenho de sua execução;

- c) a precisão - segundo Joseph, é de fundamental importância para a qualidade e coordenação do movimento e, sobretudo e no alinhamento postural. Consiste no refinamento do controle e do equilíbrio dos diferentes músculos envolvidos em um movimento;
- d) o controle - do movimento é a atividade motora dos músculos agonistas primários numa ação específica. Faz-se importante o controle de todos os movimentos a fim de aprimorar a coordenação motora, evitando contrações musculares inadequadas ou indesejáveis;
- e) a fluidez - refere-se ao movimento, que deve ser de forma controlada e contínua. Além disso, deve exibir leveza, de maneira que os impactos do corpo com o ambiente sejam amenizados. Joseph destacava que movimentos truncados, pesados, que se chocam com as superfícies de contato, levam ao desperdício de energia;
- f) o *powerhouse* - consiste no acionamento dos músculos profundos do tronco, responsáveis pela força do tronco e o alinhamento postural.

2.4.4 Formas de Utilização do Método Pilates

Existem duas abordagens utilizadas no Pilates: o *Matwork* e o *Apparatus*.

O *Matwork* ou *MatPilates* tem o solo como base para a realização dos exercícios, com a possibilidade de adição de alguns acessórios como bolas, arcos e faixas elásticas, é composto por 34 exercícios originais, sendo hoje conhecido mais de 500 exercícios com a utilização de acessórios (ROBLE, 2015).

O *Apparatus* ou *Pilates de Studio* caracteriza-se pelo uso de aparelhos desenvolvidos pelo próprio Joseph para dar continuidade ao trabalho iniciado no *Matwork*, oferecendo diferentes perspectivas de controle do movimento. *Cadillac*, a *Wunda Chair*, o *Ladder Barrel* e o *Reformer* são os principais aparelhos (MCNEILL, 2010; JESUS, 2015).

2.4.5 Método Pilates na Reabilitação

O *Powerhouse* também conhecido como centro ou casa de força no MP (PILATES,1934) é composto pelos músculos abdominais, extensores da coluna, flexores da coluna, extensores do quadril e musculatura profunda da pelve. Em programas de reabilitação pelo MP, busca-se o fortalecimento do *powerhouse* como forma de fortalecimento dos músculos enfraquecidos proporcionando a estabilização da coluna vertebral (QUEIROZ, 2010; LOSS *et al.*, 2010).

Os exercícios do MP são, na sua maioria, executados na posição deitada, havendo diminuição dos impactos nas articulações de sustentação do corpo na posição ortostática (DE AMORIM *et al.*, 2014).

O MP fortalece o corpo de maneira uniforme, corrige a postura, permitindo o domínio da mente e total controle corporal (TAO PILATES, 2009; BOLSANELLO, 2015). Consiste em contrações isométricas da musculatura abdominal oblíqua interna, musculatura abdominal transversa e aumento da coativação da musculatura agonista dos eretores espinhais (MARQUES *et al.*, 2013). Os músculos abdominais são responsáveis pela manutenção correta da postura (DIAS *et al.*, 2014).

O MP enfatiza o controle corporal principalmente da musculatura do tronco e de acordo com sua realização seja no solo "*Mat Pilates*" ou em *Studio* promovem alterações na demanda biomecânica e no padrão de ativação muscular (MENACHO *et al.*, 2013; DIAS *et al.*, 2014).

Entre os estudos disponíveis na literatura, que associaram o MP a diversos benefícios para a saúde, destacamos as pesquisas sobre a coluna lombar (KLOUBEC, 2010; LIM *et al.*, 2011; PHROMPAETE *et al.*, 2011; LUZ *et al.*, 2013), sobre capacidade funcional e melhora da qualidade de vida (EYIGOR *et al.*, 2010; ALADRO-GONZALVO *et al.*, 2012), pesquisas com indivíduos sedentários, populações especiais (KLOUBEC, 2010; ERKAL *et al.*, 2011) e atletas (EL-SAYED *et al.*, 2010; AMORIM *et al.*, 2011; PERTILLE *et al.*, 2011; HIDES *et al.*, 2012; CRUZ FERREIRA *et al.*, 2013) e alinhamento postural (SINZATO, 2013; PAZ *et al.*, 2014).

De acordo com Pereira Santos (2015), o MP oferece reforço para os componentes musculares básicos, produzindo estímulos proprioceptivos que resultam na melhora do equilíbrio estático da coluna vertebral. Sessões de tratamento do Método Pilates podem variar de 30 a 60 minutos com poucas séries e repetições, observando o controle das variáveis como volume, intensidade dos exercícios, frequência semanal e tipo de contração muscular (PHROMPAET, 2011; REEVES *et al.*, 2009; CHATZINIKOLAOU *et al.*, 2010).

Segundo Silva *et al.*, (2009) o método pode ser utilizado em tratamentos ortopédicos, correção postural da escoliose, ganho de força, diminuição de flexibilidade onde os exercícios são adaptados de acordo com a patologia de cada indivíduo, entretanto algumas variáveis ainda não foram definidas, tais como o tempo necessário de aplicação do protocolo de tratamento e a frequência nas atividades.

Na pesquisa de Araújo *et al.* (2010) com 31 universitárias com 22 ± 2 anos de idade, e diagnóstico de escoliose não estrutural, submetidas ao tratamento pela metodologia do Pilates em exercícios de estúdio, foram realizadas 24 sessões de tratamento, com atendimentos duas vezes por semana com duração de 60 minutos por sessão. Os resultados mostraram que o método é eficaz como uma das formas de tratamento fisioterapêutico em jovens que referiam dor na coluna vertebral em decorrência da escoliose não estrutural, dessa forma destacando-se o Pilates como relevante no tratamento conservador da escoliose.

Os exercícios propostos pelo MP podem ser considerados funcionais, pois exigem maior recrutamento da musculatura antagonista e controle sensoriomotor dos músculos do tronco durante a execução dos movimentos, com ênfase para o lado da musculatura mais encurtada (MENACHO *et al.*, 2010; ROSSI *et al.*, 2014).

A ativação muscular da musculatura agonista e antagonista do tronco com o aumento da ação da musculatura abdominal oblíqua e transversa e o alongamento axial, proporcionam diminuição das dores no tratamento das lombalgias crônicas na comparação do MP como forma de tratamento em relação a outras terapias conservadoras (CONCEIÇÃO *et al.*, 2012; VASCONCELOS *et al.*, 2014).

2.5 ELETROMIOGRAFIA

O estudo do sinal eletromiográfico (EMG) vem sendo desenvolvido desde 1912 quando o alemão Hans Pipers delineou a modulação dos disparos de unidades motoras através de um galvanômetro de corda para registrar potenciais musculares (SCHEEREN *et al.*, 2015). Essas foram as primeiras investigações que se firmaram na hipótese do potencial elétrico corporal. Entretanto, somente a partir dos anos 90 é que começaram a ocorrer investigações maciças envolvendo sincronismo neuromuscular por meio da EMG (MERLETTI; PARKER, 2004; CORREA *et al.*, 2012).

Nas últimas décadas, instrumentos de avaliação em medicina e saúde vêm sendo aprimorados e com o grande avanço do desenvolvimento tecnológico, o uso de equipamentos de medição e avaliação de grande precisão são largamente empregados na prática clínica. A EMG é um método disponível no mercado há mais de 40 anos, nesta perspectiva a eletromiografia de superfície (EMGs) tem sido frequentemente utilizada como ferramenta de diagnóstico capaz de mensurar o potencial elétrico gerado pelo músculo quando o mesmo é recrutado para a execução de um determinado movimento ou esforço, ou seja, a eletromiografia é a representação gráfica da atividade elétrica do músculo e detectado sobre a superfície da pele (RIGLER; PODNAR, 2007; DE LUCCA, 1997; SUZUKI, 2015; SCHEEREN *et al.*, 2015).

O sinal eletromiográfico produz informações importantes para detectar intervalos da ativação muscular, assim como estudar estratégias do controle neural e propriedades do sistema neuromuscular. Todas estas informações são de grande importância em muitas áreas, tais como Medicina de Reabilitação, Ergonomia, Medicina Desportiva, Fisioterapia, Neurofisiologia e Cinesiologia (MERLETTI *et al.*, 2010; REZENDE *et al.*, 2010; SCHEEREN *et al.*, 2015).

Nos últimos dez anos, pesquisas buscam o registro da EMGs com sistemas de séries bi-dimensionais, denominada EMGs de alta densidade. Eletrodos superficiais colocados na pele, assim como múltiplos eletrodos, pouco espaçados, com tamanho pequeno, cobrindo uma área restrita da pele, oferecem, não somente a informação temporal, mas também, a distribuição

espacial da atividade elétrica sobre o músculo (MERLETTI *et al.*, 2010; REZENDE *et al.*, 2010).

Além disso, em estudos com a EMG, a normalização dos sinais eletromiográficos fornece relação entre a produção de força e a atividade elétrica da musculatura para melhor entendimento da resposta dos músculos em relação à fadiga (KONRAD, 2005; MOURA *et al.*, 2011; SCHEEREN *et al.*, 2015).

A EMG compreende o exame dos potenciais elétricos dos músculos voluntários e destaca-se entre os métodos não invasivos para mensuração da atividade muscular (SCHEEREN *et al.*, 2015). É uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis, representando a medida de potenciais de ação do sarcolema, como efeito de voltagem em função do tempo (MARCHETTI; DUARTE, 2006).

O sinal eletromiográfico é a somatória algébrica de todos os sinais detectados em certa área, podendo ser afetado por propriedades musculares, anatômicas e fisiológicas, assim como pelo controle do sistema nervoso periférico e a instrumentação utilizada para a aquisição dos sinais (FREITAS FILHO *et al.*, 2004; GOMES *et al.*, 2012).

A EMG destina-se ao estudo dos fenômenos bioelétricos que ocorrem nas fibras musculares esqueléticas durante o repouso, o esforço e a contração máxima, por meio dos eletrodos utilizados, os quais captam a soma da atividade elétrica de todas as fibras musculares ativas e ocorre antes da sua contração, portanto não é uma medida da força muscular (BOTELHO *et al.*, 2010; CORREA *et al.*, 2012). Permite avaliar o grau e a duração da atividade muscular, bem como fadiga e recrutamento de unidades motoras (DE SÁ *et al.*, 2010).

É uma técnica segura, sensível e não invasiva que tem como objetivo avaliar a atividade muscular durante determinado movimento, a sincronização dos músculos ativados, a intensidade e duração da contração muscular e a atividade de sinergistas e/ou antagonistas (MERLETTI; PARKER, 2004; OCARINO *et al.*, 2005; ROBINSON *et al.*, 2001; GOMES *et al.*, 2012; MONTEIRO, 2015).

A coleta do sinal bruto de EMG não apresenta utilidade em estudos eletrofisiológicos, sendo necessárias técnicas de processamento desses sinais para interpretar os resultados obtidos por meio de equações matemáticas para extrair informações dos sinais capturados e associá-las aos processos fisiológicos (FERREIRA *et al.*, 2010; MERLETTI; PARKER, 2004).

Com o uso da EMG é possível analisar um grupo muscular ou um determinado feixe muscular, captando de quais fibras musculares provem os sinais, assim como o tempo de duração e a intensidade (BIASSOTO *et al.*, 2005; NODA *et al.*, 2014).

2.5.1 Eletrodos

O eletrodo da EMGs pode ser definido quer como um sensor da atividade elétrica de um músculo ou como um transdutor da corrente iônica, no tecido, para a corrente elétrica, nos fios elétricos metálicos. Um eletrodo de superfície é caracterizado pela dimensão física, forma, tecnologia, e materiais constituintes (MERLETTI *et al.*, 2010).

Diversos tipos de eletrodos podem ser usados na monitoração do sinal mioelétrico. Destaca-se o rigor metodológico necessário para a coleta de sinal EMG como fator fundamental para promover coletas com fidedignidade. Variados fatores podem influenciar na coleta do sinal EMG. Estudos metodológicos apontam para melhores estratégias para coletar um sinal com menor interferência (SILVA, 2010; SCHEEREN *et al.*, 2015).

Entre os fatores que podem influenciar no sinal EMG, podemos classificar em intrínsecos, que podem ser modificados; e extrínsecos, que não podem ser modificados (SILVA, 2010).

Nos fatores extrínsecos verificam-se questões metodológicas importantes: tais com o modelo dos eletrodos utilizados, o posicionamento dos mesmos na superfície corporal, a orientação dos mesmos, o ponto motor, a pele (SILVA, 2010).

Como influência intrínseca, destaca-se que a EMG que capta o somatório dos potenciais de ação muscular (e muitas vezes de seus sinergistas também), as características das Unidades Motoras (percentual de Unidades Motoras do

tipo I, IIa, e IIx), bem como dos tecidos dos sujeitos avaliados (gordura corporal, temperatura corporal, fluxo sanguíneo muscular), tais fatores podem influenciar de maneira importante na coleta do sinal eletromiográfico (HUG, 2011; CORREA *et al.*, 2012; SCHEEREN *et al.*, 2015).

Os eletrodos utilizados para coletas eletromiográficas são classificados em eletrodos invasivos (de profundidade) e eletrodos de superfície (eletrodos transcutâneos de prata-cloreto de prata (Ag/AgCl)). Os eletrodos invasivos ou de profundidade objetivam a fixação em uma única unidade motora para posterior análise do seu comportamento (CORREA *et al.*, 2012). Por meio dos eletrodos de profundidade pode-se verificar a frequência de disparos dessa unidade motora; ficam em contato direto com o fluido corpóreo e possibilitam a coleta de sinais em regiões bem estabelecidas, diminuindo a possibilidade de interferência de sinais provenientes de outros músculos, entretanto, a utilização deste tipo de eletrodo não é confortável para o avaliado, limitando sua mobilidade e aumenta a possibilidade de ocorrência de infecções (MASSÓ GONZÁLEZ *et al.*, 2010; RICCIOTTI, 2006; CORREA *et al.*, 2012).

Já os eletrodos de superfície são mais largamente utilizados devido à sua praticidade e por ser um método não invasivo (Figura 10). Os eletrodos de superfície captam o somatório dos potenciais de ação das unidades motoras encontradas próximas aos eletrodos utilizados para o teste da velocidade da condução nervosa e nas investigações cinesiológicas (KALMAR *et al.*, 2006; CORREA *et al.*, 2012).

Considerados mais adequados para a monitoração de grandes músculos ou grupos de músculos superficiais. São pequenos discos metálicos, mais comumente feitos de (Ag/AgCl), aplicados na pele sobre o músculo apropriado. Antes da colocação do eletrodo a pele deve receber devido tratamento para evitar valores de ruído e de impedância. Portanto, deve-se realizar a tricotomia seguida de limpeza com álcool na região a ser investigada (MERLETTI *et al.*, 2010; SCHEEREN *et al.*, 2015).

Marchetti e Duarte (2006) explicam que o eletrodo de Ag/AgCl é altamente estável e a junção com o gel exibe um nível mais baixo de ruído com relação a outros eletrodos metálicos.

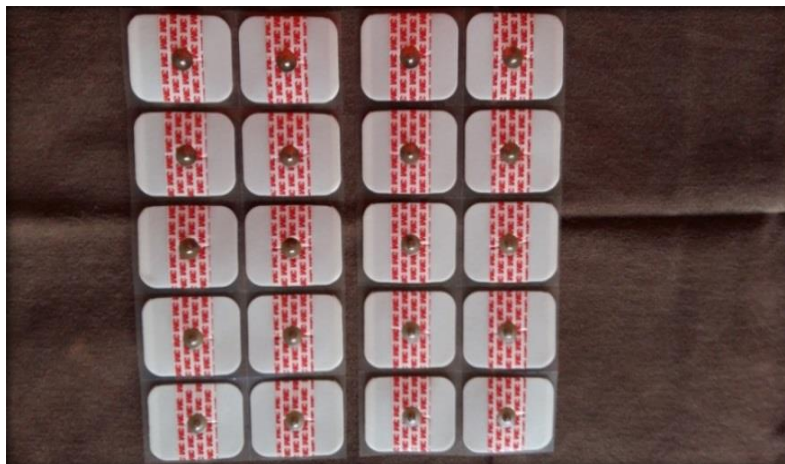


Figura 10: Eletrodos transcutâneos de Ag/AgCl utilizados nesta pesquisa
Fonte: A autora.

O sinal EMG pode ser monopolar, bipolar e sistema multipolar (MARCHETTI; DUARTE, 2006). A configuração bipolar é utilizada para estimar a velocidade de condução, limitar o volume de detecção, reduzir o *crosstalk*¹, e aumentar a seletividade dos sinais (MERLETTI, 2004). Esses eletrodos com configuração bipolar (Figura 11), são os mais utilizados em estudos sobre exercícios de contração voluntária máxima ou sob condições de estimulação elétrica (MERLETTI; PARKER, 2004; BORGES *et al.*, 2013).



Figura 11: Colocação dos eletrodos de configuração bipolar nos músculos trapézio, eretores espinhais, oblíquos e reto abdominal
Fonte: A autora.

¹ Ruídos de músculos adjacentes

Os eletrodos podem ser posicionados segundo a descrição do SENIAM (*Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles - eletromiografia de superfície para avaliação não invasiva dos músculos*) (SCHEEREN *et al.*, 2015).

Como os valores eletromiográficos obtidos nas coletas são de pequena magnitude, é necessário amplificá-los e para isso utiliza-se da amplificação diferencial. Nas coletas são utilizados dois eletrodos para captação do sinal e um eletrodo posicionado em um local neutro (eletrodo de referência) – sistema denominado amplificação diferencial. Ou seja, os potenciais de ação que atingem o par de eletrodos posicionados sobre a musculatura são comparados ao eletrodo de referência (MERLETTI *et al.*, 2004; CORREA *et al.*, 2012).

Para o posicionamento do eletrodo de referência (Figura 12), dependendo dos músculos analisados, são recomendadas as regiões do punho, tornozelo ou processo espinhal da C7 (HERMENS *et al.*, 2000; MERLETTI *et al.*, 2004; CORREA *et al.*, 2012). Para o presente estudo a região utilizada foi o processo espinhal da vértebra C7.

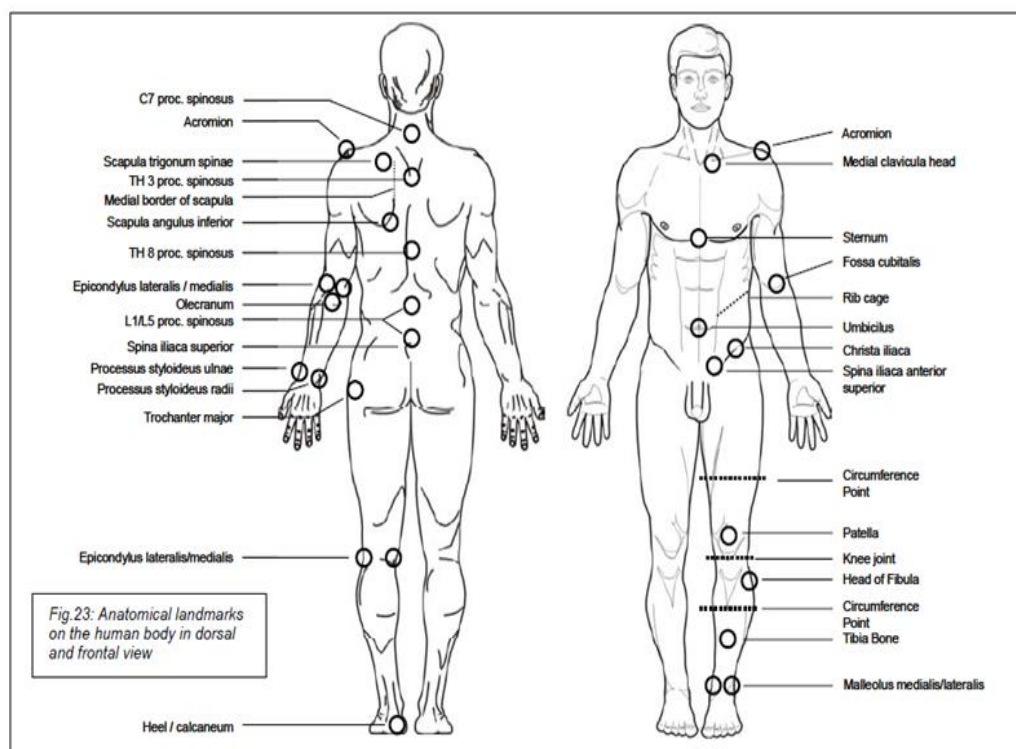


Figura 12: Pontos anatômicos para colocação do eletrodo de referência
 Fonte: Konrad (2005).

2.5.2 Aquisição do Sinal Eletromiográfico

O sinal EMG captado no corpo humano é um sinal analógico que deve ser convertido para sinal digital para poder ser registrado pelo computador. Os parâmetros para a aquisição do sinal EMG dependem da tarefa e objetivos para posterior análise. Os principais parâmetros são: frequência de amostragem, componentes como eletrodo, amplificadores, filtro, conversor analógico/digital, além do computador que funciona como equipamento de armazenagem dos dados (Figura 13) (MARCHETTI; DUARTE, 2006; SCHEEREN *et al.*, 2015).

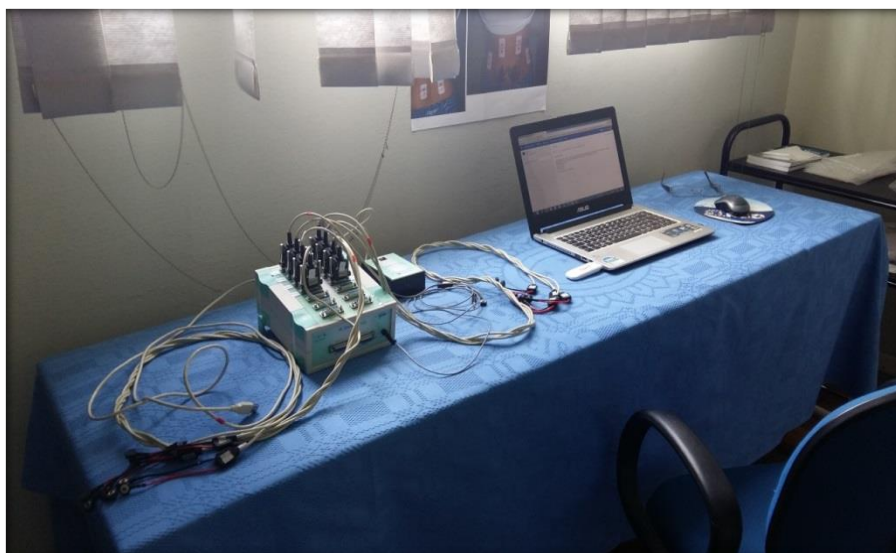


Figura 13: Eletromiógrafo acoplado ao computador – ambos utilizados nesta pesquisa
Fonte: A autora.

O sinal coletado, ou sinal bruto, deverá ser submetido a um processo de filtragem, pois minimiza a probabilidade de ruídos no sinal tratado. O primeiro filtro chama-se *notch² filter*, em que os sinais coletados nas frequências próximas de 60Hz (frequência em média da luz elétrica) são descartadas; outro filtro utilizado é o filtro delimitador de banda chamado “filtro passa-banda” que delimita o espectro de frequência a uma amplitude de 20-500Hz - existe variações desse valor na literatura (KAWANO *et al.*, 2007; CORREA *et al.*, 2012; SCHEEREN *et al.*, 2015). Para este estudo foi utilizada a filtragem banda

² Rejeita faixa

passante 30-450 Hz de terceira ordem do tipo *Butterworth*, além de filtros tipo rejeita faixa sobre as harmônicas da rede elétrica (60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 Hz).

2.5.3 Análise do Sinal Eletromiográfico

Após o sinal ser tratado, deverá passar pelo processo de quantificação da densidade do espectro do sinal coletado. A partir da aquisição do sinal de eletromiografia em função do domínio do tempo existem diversas formas de processamento a serem utilizadas como: envoltório linear, retificação, integração e *root mean square* (RMS) ou valor eficaz (DE LUCA, 1997; SHEEREN *et al.*, 2015; SIQUEIRA, 2015). Sendo a RMS a mais adequada para “polir” o sinal eletromiográfico (DIMITROVA *et al.*, 2009).

Outro tratamento utilizado é o algoritmo da transformada rápida de Fourier (FFT), que gera o valor de frequência mediana e frequência média e possui grande precisão nas análises de sinais que envolvem fadiga muscular (KAVANO, 2007). Características importantes do sinal de EMG que são: sua amplitude e sua frequência. Existem duas maneiras para representar essas características: análise no domínio do tempo (ou temporal), que descreve quando um evento ocorre e qual é a sua amplitude e análise de frequência (ou espectral) (MERLETTI; PARKER, 2004; SCHEEREN *et al.*, 2015). Neste estudo foram utilizadas as análises de domínio amplitude do sinal eletromiográfico (EMG_{Amp}) e frequência mediana do sinal (EMG_{Fmed}).

Existem diversas aplicações da EMG na cinesiologia, tais como: identificação de atividade e repouso muscular; eletromiograma cinesiológico; geração de força; resistência à fadiga; velocidade de condução; determinação do tipo de fibra muscular e em estudos da dor (FERREIRA *et al.*, 2010).

2.6 PESQUISA BASEADA EM EVIDÊNCIA

Embora o exercício seja um dos poucos tratamentos conservadores baseados em evidências para problemas posturais e lombalgias, a melhor

forma de aplicação desses tratamentos disponíveis ainda não é completamente estabelecida na prática clínica (CORRÊA, 2015).

Evidências norteiam hoje as pesquisas científicas e permitem a tomada de decisões para influenciar as rotinas em saúde, promovendo inovação em serviços. O desenvolvimento de protocolos no tratamento destas patologias segue a tendência na saúde de se determinar diretrizes em tratamentos específicos, tornando-os mais efetivos, orientando os profissionais que possam se utilizar do conhecimento específico para uso clínico e reduzir erros de conduta (GEMELLI, 2014).

A avaliação participa do processo de conhecimento influenciando na melhor prática profissional (SANTOS *et al.*, 2012), e a ideia de propor tratamento para escoliose por meio de exercícios do Método Pilates prende-se na possibilidade de preencher as lacunas onde os protocolos aplicados ainda não estão bem definidos.

Segundo Dalbayrak *et al.* (2014) e Corrêa (2015) uma das alternativas para o tratamento conservador da escoliose é a intervenção fisioterapêutica, baseada em um programa de exercícios específicos para essa condição. Alguns dos métodos utilizados são os exercícios de estabilização lombopélvica, reeducação postural global, *IsoStretching* e Pilates.

A intervenção fisioterapêutica proposta no estudo de caso em paciente do sexo feminino com 11 anos de idade e diagnóstico de escoliose realizado por De Moura *et al.* (2015) indicou que o método Pilates, em curto prazo, trouxe melhoras à participante nos aspectos relacionados às alterações posturais, flexibilidade da cadeia muscular posterior e força dos músculos flexores e extensores do tronco. Com relação às alterações posturais, evidenciaram-se melhoras em relação a alguns aspectos, tais como a protrusão do ombro e cabeça, a anteversão pélvica e a protusão abdominal.

Destaca-se outro estudo de caso realizado por De Oliveira *et al.* (2013) onde o método Pilates foi eficaz na correção postural, no aumento da força muscular, da flexibilidade e na redução do grau de escoliose comparando a angulação pré e pós tratamento em 20 sessões aplicadas em uma paciente do sexo feminino com idade de 25 anos que apresentava osteocondrose e escoliose. Obtendo um resultado significativo de 17 graus pré e 15 graus de

angulação da escoliose após tratamento, obtendo diferença de dois centímetros na redução do grau da escoliose, na sintomatologia dolorosa e na qualidade de vida.

Evidências demonstradas considerando estudos citados encaminham para a reflexão de que o MP pode ser considerado alternativa conservadora de tratamento para desvios posturais, entretanto necessitam-se mais estudos a fim de demonstrar todas as possibilidades da sua aplicação terapêutica.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa é definida como exploratória, visa proporcionar maior familiaridade com o problema com intuito de torna-lo explícito ou de construir hipóteses (GIL, 2010; MATIAS-PEREIRA, 2012; THOMAS *et al.*, 2012).

A aplicação da pesquisa ocorreu no período de três meses, de Fevereiro a Abril de 2015, em que foram incluídos indivíduos diagnosticados como portadores de escoliose.

3.2 COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

O projeto desenvolvido para este estudo atendeu as recomendações éticas da Resolução 466/12 e foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR sob o número CAEE: 36614014.0.0000.5547, em 09 de Outubro de 2014.

3.3 AMOSTRA

A amostra deste estudo foi intencional, composta por 22 alunos do ensino fundamental e médio de um estabelecimento escolar no Paraná.

3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Para serem incluídos nesta pesquisa, os indivíduos deveriam ser adolescentes entre 12 e 18 anos, com diagnóstico médico de escoliose idiopática, estudantes do ensino fundamental e médio, de ambos os sexos, fisicamente ativos, sem experiência em treinamento resistido do MP e que não tivessem realizado cirurgia corretiva ortopédica na coluna vertebral e que não apresentassem diagnóstico de doença reumática.

Como critério de exclusão para este estudo, indivíduos que estivessem praticando musculação e indivíduos que faltassem duas sessões seguidas durante o programa de treinamento do MP.

3.5 CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS

Foi mantido sigilo sobre os dados da pesquisa e nenhum menor pesquisado foi identificado em qualquer publicação.

3.6 PROCEDIMENTOS E INSTRUMENTOS

As coletas de dados foram realizadas no mês de Fevereiro a Abril de 2015, no Laboratório de Avaliação Física de um estabelecimento escolar no Paraná e o protocolo de tratamento aplicado na sala de Pilates de solo deste estabelecimento de ensino.

3.6.1 Avaliação Antropométrica

Foi utilizada uma balança eletrônica digital calibrada em quilogramas e divisão de 100 gramas da marca Filizola[®], para a mensuração da massa corporal.

Os voluntários ficaram em posição ortostática, com os braços estendidos ao longo do corpo, usando roupas leves (meninos apenas de bermuda e meninas com short e top de lycra), sem calçados. A mesma vestimenta foi utilizada nas demais avaliações.

Para a avaliação da estatura foi utilizado um estadiômetro calibrado em centímetros, com resolução de milímetros da marca Sanny[®]. Os sujeitos da pesquisa foram posicionados de costas para o equipamento, peso distribuído em ambos os pés, braços relaxados ao lado do corpo e palmas das mãos voltadas para os membros inferiores; calcanhares encostados na parede, panturrilhas, nádegas, escápulas e parte posterior da região occipital, mantendo a cabeça no plano de Frankfurt e alinhando horizontalmente a borda

inferior da abertura do orbital com a margem superior do conduto auditivo externo.

3.6.2 Avaliação do Percentual de Gordura

Os sujeitos foram avaliados pelo protocolo de Deuremberg (1999), com quatro dobras cutâneas, para crianças e adolescentes de sete a 17 anos e pelo protocolo de Pollok 7 dobras para adolescentes acima de 17 anos (1984), com passagem de três mensurações não consecutivas das seguintes dobras: bicipital, subescapular, supra-ílica e tricipital; adotando-se como valor a média das três aferições. O equipamento utilizado foi um plicômetro da marca Cescorf[®], resolução/sensibilidade de 0,1mm e pressão constante de 10 gramas por milímetro cúbico (g/mm³). As aferições foram realizadas no hemitórax direito do avaliado, e este permaneceu em posição anatômica, com os respectivos músculos relaxados.

3.6.3 Avaliação Simetria Corporal

Foram analisadas por observação direta as assimetrias posturais nos planos frontal, sagital e transversal na vista anterior, lateral e posterior dos indivíduos avaliados. O equipamento utilizado foi um simetrógrafo da marca Cardiomed[®] WCS, feito em cristal flexível do tipo banner, medindo 180x70cm², quadrados divididos de 5cm em 5cm; e uma plataforma base com desenhos de impressões plantares, medindo 40x40cm. Utilizou-se o simetrógrafo alinhado verticalmente ao fio de prumo para a análise postural estática.

Os sujeitos foram instruídos individualmente e colocados atrás do simetrógrafo sobre a plataforma base (elevação do avaliado até o nível das linhas traçadas do aparelho) em posição ortostática com os braços ao longo do corpo, calcanhares levemente afastados e pés abduzidos cerca de 15 graus, com a cabeça em plano Frankfurt. Para a análise postural foram consideradas as bases do protocolo de Kendall, Maccreary & Provance (1995), e os referenciais utilizados foram citados detalhadamente no item 2.2.4.2 deste estudo.

Em seguida os alunos pesquisados realizaram o teste de inclinação anterior ou Teste de Adams (1998). A aplicação deste teste foi explicada no item 2.2.4.1.

3.6.4 Eletromiografia

Foi utilizado um equipamento da marca EMG System do Brasil[®] modelo 1600-U12, de 16 canais, e eletrodos de superfície de Ag/AgCl da marca 3M[®], em configuração bipolar, posicionados no sentido de orientação das fibras dos músculos analisados. O eletrodo de referência ficou localizado no processo espinhoso de C7. A frequência de amostragem foi de 1000Hz por canal.

Foram investigados sinais de ativação elétrica dos músculos trapézio, eretores espinhais, oblíquos e reto abdominal. A colocação dos pares de eletrodos de superfície foi realizada de acordo com o protocolo SENIAM (*Surface Electromyography for The Non-Invasive Assessment of Muscles*). Para a tricotomia das regiões avaliadas foram utilizadas luvas de procedimentos, lâmina de barbear individual e descartável e limpeza de pele com álcool 70% para melhor aderência e fixação dos eletrodos, mantida a distância intereletrodos de 2,5cm.

Os sujeitos da pesquisa foram avaliados sentados sobre uma mesa clínica, tronco ereto, mãos relaxadas sobre a coxa, equilibrando um livro sobre a cabeça durante contração submáxima, cabeça no plano de Frankfurt. Foram realizadas três aferições de 15 segundos com intervalo de 30 segundos cada, na verificação da função estabilizadora da coluna vertebral.

Os testes foram refeitos após 24 sessões (doze semanas) de aplicação de um protocolo de tratamento composto por 14 exercícios do método Pilates de solo (*MatPilates*), com aulas duas vezes na semana com duração de 45 minutos cada.

3.6.5. Protocolo do Método Pilates

Para a consecução do estudo foram selecionados os seguintes exercícios do Método Pilates para compor o protocolo de tratamento: *Hundred, Roll Up, Front Support Puch Up, Leg Pull Down, Neck Pull, Teaser, Scissors, Roll Over, Swimmimg, Single Leg Stretch, Double Leg Stretch, Cris/Cross, Shoulder Bridge, Spine Twist.*

Para melhor compreensão dos exercícios, segue o protocolo de treinamento do MP utilizado neste estudo, com ilustrações para facilitar o entendimento.

1) *Hundred*



Imagem 1: *Hundred*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Aumentar a circulação sanguínea e capacidade pulmonar;
- b) Promover aquecimento muscular;
- c) Fortalecer a musculatura abdominal.

Posição inicial: Em decúbito dorsal, braços ao lono do corpo com as palmas das mãos voltadas para baixo, pernas flexionadas em 90°, na altura do peito com os pés relaxados.

Execução: Estender as pernas em direção ao teto num ângulo de 45°, em primeira posição de Pilates, elevar a cabeça (olhar para o umbigo), elevar os braços à altura do quadril, as escápulas devem permanecer em contato com o solo. Realizar movimentos oscilatórios dos braços para cima e para baixo na linha do quadril, inspirando em cinco movimentos e expirando em cinco movimentos dos braços.

2) *Front Support Puch Up*



Imagem 2: *Front Support Puch Up*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Fortalecer musculatura abdominal e paravertebral.

Posição inicial: Em decúbito ventral, braços estendidos, joelhos apoiados no chão, cabeça em linha o tronco, manter o olhar direcionado ao solo.

Execução: Elevar o quadril mantendo o corpo na forma de uma prancha, o quadril deverá estar na linha dos ombros, segurar o movimento por 10 a 15 segundos, acionar o *powerhouse*. Na sequência flexionar braços, mantendo os cotovelos na linha do dorso e voltar à posição inicial com expiração forçada.

3) *Leg Pull Down*



Imagem 3: *Leg Pull Down*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Fortalecer musculatura paravertebral e dorsais;
- b) Fortalecer musculatura abdominal;
- c) Fortalecer musculatura de glúteos e assoalho pélvico.

Posição inicial: Em decúbito ventral, braços estendidos, joelhos apoiados no chão, cabeça em linha o tronco, manter o olhar direcionado ao solo.

Execução: Elevar o quadril mantendo o corpo na forma de uma prancha, na sequência subir perna direita e permanecer elevada por 10 a 15 segundos, alternado com perna esquerda, até completar 10 repetições.

4) *Scissors*

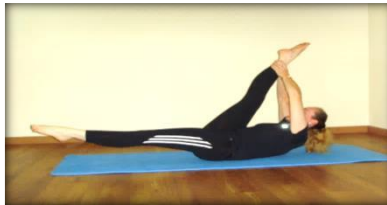


Imagem 5: *Scissors*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- Trabalhar alinhamento e controle postural;
- Promover alongamento da cadeia muscular posterior;
- Fortalecer e estabilizar a coluna vertebral por meio da musculatura abdominal.

Posição inicial: Em decúbito dorsal, coluna lombar apoiada no solo, braços esticados e segurando uma perna esticada em ângulo de 140° em relação ao tronco, pés em extensão.

Execução: Realizar movimentos oscilatórios de membros inferiores para cima e para baixo, sem encostá-los no solo, realizando a movimentação de pernas em conformidade aos momentos expiratórios e inspiratórios; as escápulas não devem permanecer em contato com o solo

5) *Neck Pull*

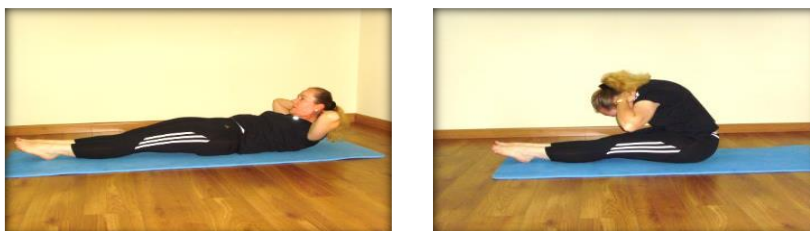


Imagem 5: *Neck Pull*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Promover flexibilização a coluna vertebral;
- b) Aumentar espaços intervertebrais;
- c) Fortalecimento da musculatura abdominal, paravertebral e dorsal.

Posição inicial: Deitado em decúbito dorsal, mãos posicionadas atrás da cabeça, pernas estendidas e unidas.

Execução:

- a) Realizar a flexão da coluna pela contração do abdômem, rolando para cima na fase expiratória, subindo vértebra por vértebra em direção as coxas.
- b) Inspirar e iniciar a volta do movimento expirando e desenrolando a coluna igualmente vértebra por vértebra fazendo a curva “C” no final do movimento.

6) *Roll Up*



Imagem 6: *Roll Up*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Promover flexibilização da coluna e da cadeia muscular posterior;
- b) Proporcionar aumento de espaços intervertebrais;
- c) Fortalecimento da musculatura abdominal.

Posição inicial: Deitado em decúbito dorsal, pernas semi flexionadas e unidas, elevar braços estendidos ao lado do corpo, palmas das mãos voltadas para baixo.

Execução:

- a) Iniciar a flexão do tronco, realizando inspiração e elevar os braços até a linha dos ombros em ângulo de 45° em relação ao tronco.

- b) Realizar a flexão da coluna rolando para cima na fase expiratória, subindo vértebra por vértebra.
- c) Inspirar na posição anterior e iniciar a volta do movimento expirando e desenrolando a coluna igualmente vértebra por vértebra, os braços permanecem estendidos à frente na altura dos ombros.

7) *Spine Twist*



Imagem 7: *Spine Twist*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Flexibilizar a coluna vertebral e musculatura de cadeia posterior;
- b) Auxiliar no alongamento axial da coluna vertebral;
- c) Fortalecer musculatura abdominal, paravertebral e dorsal;
- d) Trabalhar a sustentação da caixa torácica e cintura escapular.

Posição inicial: Sentado, pernas estendidas, coluna ereta, braços abertos e estendidos na altura dos ombros.

Execução:

- a) Realizar a rotação e flexão do tronco em direção aos membros inferiores direito e esquerdo começando pela cabeça, coluna cervical, dorsal e lombar, forçando a expiração no movimento de flexão, esvaziando completamente os pulmões.
- b) Voltar à posição inicial pela inspiração, iniciando a subida do movimento pelo aprofundamento da musculatura abdominal, desenrolando a coluna vertebral desde a lombar, dorsal até coluna cervical.

8) *Roll Over*



Imagem 8: *Roll Over*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Flexibilizar e massagear a coluna lombar;
- b) Aumentar espaços intervertebrais;
- c) Fortalecer musculatura abdominal, paravertebral e dorsal.

Posição inicial: Sentado, coluna ereta, braços estendidos ao longo do corpo, olhar dirigido à frente.

Execução:

- a) Inspirar e rolar as pernas e tronco para trás até tocar a ponta dos pés no solo.
- b) Expirar e voltar à posição inicial, forçando o alongamento axial da coluna vertebral.

9) *Swimming*



Imagem 9: *Swimming*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Promover o fortalecimento da musculatura lombar e paravertebral.

Posição inicial: Deitado em decúbito ventral, braços e pernas estendidos, cabeça em 30° em relação ao tronco, olhar dirigido a frente.

Execução: Realizar movimentos oscilatórios de braços e pernas assemelhando ao ato de nadar, cinco movimentos oscilatórios para inspiração e cinco movimentos oscilatórios para expiração.

10) Single Leg Stretch



Imagem 10: Single Leg Stretch
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Promover o fortalecimento dos músculos abdominais;
- b) Alongar cadeia muscular posterior;
- c) Trabalhar estabilização da pélvis;
- d) Trabalhar o ancoramento da coluna lombar;
- e) Trabalhar coordenação e alinhamento postural.

Posição Inicial: Em decúbito dorsal, perna direita flexionada, coluna lombar apoiada no solo, mãos em cima dos joelhos, cotovelos abertos, cabeça elevada com o olhar voltado para o abdômen.

Execução: Realizar o movimento oscilatório de pernas, mantendo a cabeça elevada, nariz em direção ao joelho e contração da musculatura abdominal. A inspiração seguirá o movimento de inversão de pernas, devendo inspirar na direita e expirar na esquerda.

11) *Double Leg Stretch*



Imagem 11: *Double Leg Stretch*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Promover fortalecimento dos músculos abdominais;
- b) Trabalhar coordenação;
- c) Trabalhar respiração correta.

Posição inicial: Decúbito dorsal, pernas flexionadas e unidas, mãos apoiadas sobre os joelhos, cotovelos abertos, cabeça elevada e escápulas não devem permanecer apoiadas no solo, olhar dirigido à frente.

Execução:

- a) Na fase inspiratória elevar os braços e pernas estidos para frente e para o alto num ângulo de 45° em relação ao solo;
- b) Na fase expiratória retornar a posição inicial (grupada), os braços realizam um círculo na lateral do tronco e voltam a abraçar os joelhos.

12) *Criss Cross*



Imagem 12: *Criss Cross*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Promover fortalecimento da musculatura abdominal ênfase em oblíquos e transversos;
- b) Trabalhar a coordenação e o alinhamento postural;
- c) Trabalhar o ancoramento da coluna lombar.

Posição inicial: Em decúbito dorsal, mãos apoiadas na cabeça, cotovelos abertos, olhar dirigido à frente, pés em extensão.

Execução: Inspirar e inverter a posição de pernas fazendo a contração do abdômen. Neste movimento o cotovelo direito irá de encontro ao joelho esquerdo fazendo nesta fase a expiração forçada, elevar as escápulas do solo. Realizar a mesmo movimento para a perna contralateral.

13) *Shoulder Bridge*



Imagem 13: *Shoulder Bridge*
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Promover o fortalecimento dos músculos abdominais, paravertebrais e dorsais;
- b) Trabalhar coordenação e alinhamento postural.

Posição inicial: Em decúbito dorsal, pernas flexionadas e braços esticados ao longo do corpo, palmas das mãos apoiadas no solo.

Execução:

- a) Inspirar e elevar o quadril buscando alinhamento com os ombros e joelhos, realizar o movimento com acionamento da musculatura do abdômen e na sequência elevar perna direita em ângulo de 75° e 90° em relação ao solo.
- b) Expirar fortemente e retornar lentamente à posição inicial;
- c) Inverter pernas.

14) Teaser



Imagem 14: Teaser
Fonte: A autora.

Objetivos:

- a) Trabalhar controle e alinhamento postural;
- b) Trabalhar força da musculatura abdominal;
- c) Trabalhar alongamento (crescimento) axial.

Posição inicial: Em decúbito dorsal, coluna lombar apoiada no solo, braços estendidos para trás, acima da cabeça, pernas flexionadas ou estendidas de acordo com a dificuldade apresentada pelo voluntário na realização do exercício.

Execução:

- a) O movimento deve iniciar pela força da musculatura do abdômen, inspirando e elevando o tronco e os braços para o alto em ângulo de 45° formando a letra “V” em relação ao solo. Alunos avançados sobem braços e pernas ao mesmo tempo;
- b) Retornar a posição inicial, expirando e levando os braços para trás até tocar o solo com o dorso das mãos.

3.6.6 Processamento do Sinal

Os sinais foram processados no programa MatLab[®] R2008a (*MathWorks, Inc*) com filtragem banda passante 30-450Hz do tipo *Butterworth* de terceira ordem , além de filtros tipo rejeita faixa sobre as harmônicas da rede elétrica (60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420Hz). Realizou-se a análise temporal EMG_{Amp} (mediana da energia) e espectral EMG_{Fmed} (mediana da frequência). A mediana da frequência foi processada pela Transformada Rápida de Fourier, conforme a equação (1).

$$MF = \int_0^{MF} P(f)df = \frac{1}{2} \int_0^{f^s/2} P(f)df \quad (1)$$

Onde “MF” é a mediana da frequência, $P(f)$ é o espectro da potência e f^s é frequência de amostragem (*sample frequency*).

O processamento do sinal da EMG no domínio do tempo foi realizado usando a equação da mediana da amplitude absoluta (ou retificada), a mediana da amplitude absoluta será demonstrada como mediana da energia, conforme apresentada na equação (2).

$$ME_{eixo} = \frac{1}{2} \left(|EMG_{eixo}|_{\frac{n}{2}} + |EMG_{eixo}|_{\frac{n}{2}+1} \right) \quad (2)$$

Onde “ME” é a mediana da energia (mediana da amplitude absoluta), EMG é o sinal da EMG e n é a janela de tempo de análise dos dados [variável de 3 a 5 s, (com frequência de aquisição a 1kHz, 3.000 a 5.000 pontos)].

3.7 RISCOS E BENEFÍCIOS

Os possíveis riscos aos participantes do projeto foram em relação ao desconforto da tricotomia, podendo ocorrer pequenos ferimentos com a lâmina de barbear, e da colocação dos eletrodos para a avaliação eletromiográfica dos

músculos estabilizadores do tronco. A sensação pode ser desconfortável, porém, oferece mínimo risco. Os possíveis ferimentos foram imediatamente tratados com assepsia e curativos realizados pelo Departamento de Saúde/Enfermaria da instituição escolar. Com o objetivo de evitar qualquer tipo de contaminação, a pesquisadora realizou a coleta dos dados trajando jaleco branco de mangas longas e utilizou luvas de procedimento individual e descartável. Ressaltando que durante a coleta de dados e a aplicação das sessões de treinamento os alunos foram acompanhados por uma educadora física qualificada, com supervisão técnica adequada, oferecendo eficaz segurança.

O principal benefício foi redução da dor associada à escoliose, bem como o aumento da qualidade de vida dos adolescentes.

No final da pesquisa cada aluno recebeu o laudo de sua avaliação inicial e final, bem como os dados comparativos de sua evolução com o protocolo de tratamento proposto.

A análise neuromuscular dos músculos estabilizadores do tronco em indivíduos escolióticos permitiu elevada possibilidade de gerar conhecimento técnico-científico para a prescrição de exercícios do método Pilates em programas de reabilitação postural em adolescentes.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram processados no *software R versão 3.2.0*. Em todas as análises foi considerado o maior tamanho amostral que é seis, o nível de significância estatística adotado foi de 10%.

Para a comparação das medidas de EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} , foi aplicado a análise de variância ANOVA nos seguintes fatores:

- a) Período: antes ou depois do método pilates;
- b) Músculo: musculaturas (Trapézio, Eretores espinhais, Oblíquo e Reto abdominal);
- c) Lado: lado do corpo (direito ou esquerdo) e aplicado um teste F para verificar se a variação explicada pelos fatores é significativa comparada a variação dos resíduos.

O modelo que foi testado pode ser escrito pela equação (3):

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijkl} \quad (3)$$

onde $l=1, \dots, n$, $i=1,2$, $j=1, \dots, 4$, $k=1,2$ e: y_{ijkl} = l -ésima observação do nível i do Período, nível j do Músculo e nível k do Lado; μ = média geral dos dados; α_i = efeito do nível i do Período; β_j = efeito do nível j do Músculo; γ_k = efeito do nível k do Lado; ϵ_{ijkl} = componente aleatório do erro.

Para possibilitar tal análise, foi considerado que os erros experimentais são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas, com distribuição normal com média zero e variância constante, ou seja $\epsilon_{ijkl} \stackrel{IID}{\sim} N(0, \sigma^2)$. A verificação destes pressupostos foi feita de maneira gráfica, buscando ausência de padrões no gráfico *Residuals vs Fitted*. Possíveis *outliers*, com resíduos acima de três no gráfico *Normal Q-Q* foram retirados da análise. A aderência dos pontos à reta da distribuição normal teórica também foram observadas nos gráficos *Normal Q-Q*. Nos casos em que a adequação dos resíduos não foi alcançada, aplicou-se a transformação log nas medidas observadas, em todos os casos em que houve necessidade de transformação, esta medida foi suficiente para que os pressupostos fossem validados. É importante ressaltar que com uso da transformação não foi possível referir as medidas de EMG_{Amp} ou EMG_{Fmed} em sua escala original, mas sim com a aplicação de logaritmo neperiano nessas medidas.

As hipóteses testadas na ANOVA foram:

$$\begin{cases} H_0: \alpha_1 = \alpha_2 \\ H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 \\ H_1: \beta_j \neq \beta_{j'}, \text{ para pelo menos um par com } i \neq i' \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} H_0: \gamma_1 = \gamma_2 \\ H_1: \gamma_1 \neq \gamma_2 \end{cases} \quad (6)$$

Considerando que o maior tamanho amostral foi seis, o nível de significância estatística adotado foi de 10%.

Como houve apenas uma observação para análise no caso de escoliose tóraco lombar à esquerda, foi aplicado o teste t pareado. Num estudo pareado, temos duas amostras mas cada observação da primeira amostra é pareada com uma observação da segunda amostra, neste caso as observações foram pareadas considerando o antes e o depois e também o lado direito com o lado esquerdo. A estatística do teste foi calculada considerando a média das diferenças entre os pares e o desvio padrão das diferenças, e segue uma distribuição *T de student* com n-1 graus de liberdade.

As hipóteses testadas foram:

$\begin{cases} H_0: \mu_{D1} = 0 \\ H_1: \mu_{D1} \neq 0 \end{cases} \text{ e } \begin{cases} H_0: \mu_{D2} = 0 \\ H_1: \mu_{D2} \neq 0 \end{cases}$	(7)
--	-----

Onde que μ_{D1} é a média das diferenças entre antes e depois e μ_{D2} é a média das diferenças entre lado direito e esquerdo (BUSSAB *et al.*, 2013; MARTINS *et al.*, 2014).

Para a análise por meio da simetrografia foi utilizado o teste de McNemar no comparativo antes e depois, avaliando o mesmo indivíduo nesses dois períodos, onde foi observada a significância estatística das mudanças de classes ocorridas. Foram verificadas as situações de triângulo de tales assimétrico, protração escapular, encurtamento do trapézio, ombros assimétricos, protrusão abdominal e assimetria de quadril, assim como a presença ou não de escoliose. O *p-valor* foi obtido através do teste binomial, visto o pequeno tamanho amostral das mudanças de classe: $P(X = x)$, sendo que $X \sim Bin(n, p_0)$ em que $p_0=0.5$, $x=0$ para todos os casos e n é o número de indivíduos que apresentaram evolução (diferença entre sim antes e sim depois).

4 RESULTADOS

Neste capítulo, apresentam-se características da amostra, análise das variáveis, altura, percentual de gordura e flexibilidade, seguida pela análise da aplicação do protocolo por meio da simetrografia e a análise da aplicação do protocolo por meio da eletromiografia.

4.1 CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA

A amostra foi constituída por 22 adolescentes voluntários de ambos os sexos, 16 indivíduos (72,7%) eram do sexo feminino e seis do sexo masculino, a idade média de $14,68 \pm 1,67$ anos; compreendidas entre 12 e 18 anos. Dos 22 adolescentes pesquisados, um (4,54%) apresentou limite inferior de idade igual á 12 anos, oito pesquisados (36,36%) apresentaram idade na faixa de 13-14 anos, dez (45,45%) apresentaram idade entre 15 e 16 anos, dois (9,09%) apresentaram idade de 17 anos e um (4,54%) com idade limite superior de 18 anos, relacionando-se dessa forma a uma amostra com idades bem distribuídas por toda a sua amplitude.

Em relação à massa corporal total da amostra a média foi de $55,73 \pm 7,88$ kg, com o valor mínimo encontrado entre os jovens voluntários de 39,2kg e o maior máximo encontrado de 70,2kg.

Quanto aos valores de estatura, a média foi de $1,60 \pm 0,08$ m, a estatura do grupo variou de 1,50m para o menor valor encontrado a 1,87m para a maior estatura entre os voluntários.

Referente ao percentual de gordura, a média $20,52 \pm 0,08$, foi considerada adequada conforme a Sociedade Brasileira de Pediatria (SAPATÉRA *et al.*, 2005; GORDIA *et al.*, 2011). Relativo à patologia da escoliose, cinco voluntários (22,72%) apresentaram escoliose postural à direita (EP_D), seis voluntários (27,27%) com escoliose torácica à direita (ET_D), cinco (22,72%) com escoliose torácica à esquerda (ETE), cinco (22,72%) com tóraco-lombar destro convexa (ETL_{DC}) e um voluntário (4,54%) com escoliose tóraco-lombar à esquerda (ETL_E). Os dados correspondentes à caracterização da amostra foram descritos na tabela 4.

Tabela 4: Características dos voluntários participantes do estudo.

	Mínimo	Máximo	Média
Idade (anos)	12	18	14,68±1,67
Estatuta (cm)	150	187	160±8
Massa (kg)	39,2	70,2	57,7±7,9
IMC (kg/m ²)	16,4	26,8	21,2±2,6
% de Gordura	10,94	27,30	20,52±0,08

4.2 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS ALTURA, PERCENTUAL DE GORDURA, PESO E FLEXIBILIDADE

Os resultados apresentados na tabela 5 demonstram os valores comparativos entre o antes e depois, realizado por meio do teste t pareado, para as variáveis referentes ao percentual de gordura, peso e flexibilidade. Nela observou-se o aumento significativo na flexibilidade ($p=0$) e o percentual de gordura que não apresentou diferença estatística ($p=0.9562$). Para a variável altura, devido à falta de normalidade das diferenças, foi realizado o teste de Wilcoxon para amostras pareadas.

Tabela 5: Percentual médio das variáveis antes e depois

	Antes	Depois	Diferença	p
Altura (m)	1,62	1,63	-0.01	0,0036
Percentual de gordura (%)	20.53	20.50	0.03	0,9562
Peso (kg)	55.74	56.68	-0,94	0.0253
Flexibilidade (cm)	25.23	30.20	-4.98	0,0000

4.3 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO POR MEIO DA SIMETROGRAFIA

No que tange a avaliação realizada por meio da simetrografia após a aplicação do protocolo de tratamento pelo MP em relação às variáveis posturais analisadas: escoliose, triângulo de Tales assimétrico, protração escapular, encurtamento do trapézio, ombros assimétricos, assimetria de quadril e protrusão abdominal, os valores apresentados na tabela 6 revelam

que houve diferença significativa nos casos de escoliose ($p=0.001$), na qual nove pesquisados (40,9%), obtiveram alinhamento postural, ganho de comprimento muscular do músculo trapézio ($p=0.031$) e melhora da assimetria dos ombros ($p=0.001$).

Tabela 6: Comparativo antes e depois do Protocolo de Pilates

	ANTES		DEPOIS		p*
	Sim	Não	Sim	Não	
Escoliose	22 (100%)	0 (0%)	13 (59.09%)	9 (40.91%)	0.001
Triângulo de Tales Assimétrico	8 (36.36%)	14 (63.64%)	7 (31.82%)	15 (68.18%)	0.5
Protração Escapular	5 (22.73%)	17 (77.27%)	3 (13.64%)	19 (86.36%)	0.25
Encurtamento do Trapézio	19 (86.36%)	3 (13.64%)	14 (63.64%)	8 (36.36%)	0.031
Ombros Assimétricos	22 (100%)	0 (0%)	13 (59.09%)	9 (40.91%)	0.001
Protrusão Abdominal	3 (13.64%)	19 (86.36%)	3 (13.64%)	19 (86.36%)	1
Assimetria de Quadril	5 (22.73%)	17 (77.27%)	3 (13.64%)	19 (86.36%)	0.25

*teste de McNemar

Referente à variável escoliose na avaliação por meio da simetrografia e de acordo com classificação desta doença, os resultados mostraram que nos cinco casos de escoliose postural à direita (EP_D) houve melhora em três (60%) dos investigados; nos seis casos de escoliose torácica à direita (ET_D) houve melhora em três (50%) dos investigados, nos cinco casos de escoliose torácica à esquerda (ET_E) houve melhora em dois (40%) dos investigados; nos cinco casos de escoliose tóraco-lombar destro-convexa (ETL_{DC}) houve melhora em um (20%) dos investigados, no único caso de escoliose tóraco-lombar à esquerda ($ETLE$) não houve melhora postural de acordo com os dados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Análise das variáveis posturais

		Antes		Depois	
		Sim	Não	Sim	Não
Postural à Direita	Escoliose	5 (100,0%)	0 (0,0%)	2 (40,0%)	3 (60,0%)
	Triângulo de Tales Assimétrico	0 (0,0%)	5 (100,0%)	0 (0,0%)	5 (100,0%)
	Protração Escapular	0 (0,0%)	5 (100,0%)	0 (0,0%)	5 (100,0%)
	Encurtamento do Trapézio	3 (60,0%)	2 (40,0%)	2 (40,0%)	3 (60,0%)
	Ombros Assimétricos	5 (100,0%)	0 (0,0%)	2 (40,0%)	3 (60,0%)
	Assimetria de Quadril	2 (40,0%)	3 (60,0%)	1 (20,0%)	4 (80,0%)
	Protrusão Abdominal	1 (20,0%)	4 (80,0%)	1 (20,0%)	4 (80,0%)
	Torácica à Direita	Escoliose	6 (100,0%)	0 (0,0%)	3 (50,0%)
Triângulo de Tales Assimétrico		4 (66,7%)	2 (33,3%)	3 (50,0%)	3 (50,0%)
Protração Escapular		3 (50,0%)	3 (50,0%)	2 (33,3%)	4 (66,7%)
Encurtamento do Trapézio		6 (100,0%)	0 (0,0%)	3 (50,0%)	3 (50,0%)
Ombros Assimétricos		6 (100,0%)	0 (0,0%)	3 (50,0%)	3 (50,0%)
Assimetria de Quadril		6 (100,0%)	0 (0,0%)	6 (100,0%)	0 (0,0%)
Protrusão Abdominal		5 (83,3%)	1 (16,7%)	5 (83,3%)	1 (16,7%)
Torácica à Esquerda		Escoliose	5 (100,0%)	0 (0,0%)	3 (60,0%)
	Triângulo de Tales Assimétrico	1 (20,0%)	4 (80,0%)	1 (20,0%)	4 (80,0%)
	Protração Escapular	1 (20,0%)	4 (80,0%)	1 (20,0%)	4 (80,0%)
	Encurtamento do Trapézio	4 (80,0%)	1 (20,0%)	3 (60,0%)	2 (40,0%)
	Ombros Assimétricos	5 (100,0%)	0 (0,0%)	2 (40,0%)	3 (60,0%)
	Assimetria de Quadril	1 (20,0%)	4 (80,0%)	0 (0,0%)	5 (100,0%)
	Protrusão Abdominal	0 (0,0%)	5 (100,0%)	0 (0,0%)	5 (100,0%)
	Tóraco-lombar Destro Convexa	Escoliose	5 (100,0%)	0 (0,0%)	4 (80,0%)
Triângulo de Tales Assimétrico		3 (60,0%)	2 (40,0%)	3 (60,0%)	2 (50,0%)
Protração Escapular		1 (20,0%)	4 (80,0%)	1 (20,0%)	4 (80,0%)
Encurtamento do Trapézio		5 (100,0%)	0 (0,0%)	5 (100,0%)	0 (0,0%)
Ombros Assimétricos		5 (100,0%)	0 (0,0%)	4 (80,0%)	1 (20,0%)
Assimetria de Quadril		3 (60,0%)	2 (40,0%)	1 (20,0%)	3 (60,0%)
Protrusão Abdominal		1 (20,0%)	3 (80,0%)	1 (20,0%)	3 (60,0%)
Tóraco-lombar à esquerda		Escoliose	1 (100,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)
	Triângulo de Tales Assimétrico	0 (0,0%)	1 (100,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)
	Protração Escapular	1 (100,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)
	Encurtamento do Trapézio	1 (100,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)	0 (0,0%)
	Ombros Assimétricos	1 (100,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)	0 (0,0%)
	Assimetria de Quadril	0 (0,0%)	1 (100,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)
	Protrusão Abdominal	0 (0,0%)	1 (100,0%)	0 (0,0%)	1 (100,0%)

4.4 ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO PROTOCOLO POR MEIO DA ELETROMIOGRAFIA

4.4.1 Escoliose Postural à Direita (EP_D)

Na EP_D a medida em EMG_{Amp} apresentou significativa diferença entre antes e depois ($p=0.081$) e também entre os músculos analisados ($p=0.031$) assim como a medida em EMG_{Fmed}, onde também verificou-se diferença significativa ($p\approx 0$) e entre os músculos analisados ($p=0.001$) conforme dados dispostos na tabela 8.

Tabela 8: ANOVA para EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} nos casos de EP_D

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	P(>F)
EMG_{Amp} – Escoliose Postural à direita (EP_D) (μV)					
Período	1	3769.62	3769.62	3.13	0.0812
Lado	1	3144.99	3144.99	2.61	0.1106
Músculo	3	11252.74	3750.91	3.11	0.0314
Resíduos	74	89252.44	1206.11		
EMG_{Fmed} – Escoliose Postural à direita (EP_D) (Hz)					
Período	1	47628.80	47628.80	24.58	0.0000
Lado	1	1513.80	1513.80	0.78	0.3796
Músculo	3	33716.80	11238.93	5.80	0.0013
Resíduos	74	143384.40	1937.63		

As análises de resíduos mostraram a adequação dos modelos e a validade das análises conforme gráficos dispostos no gráfico 1.

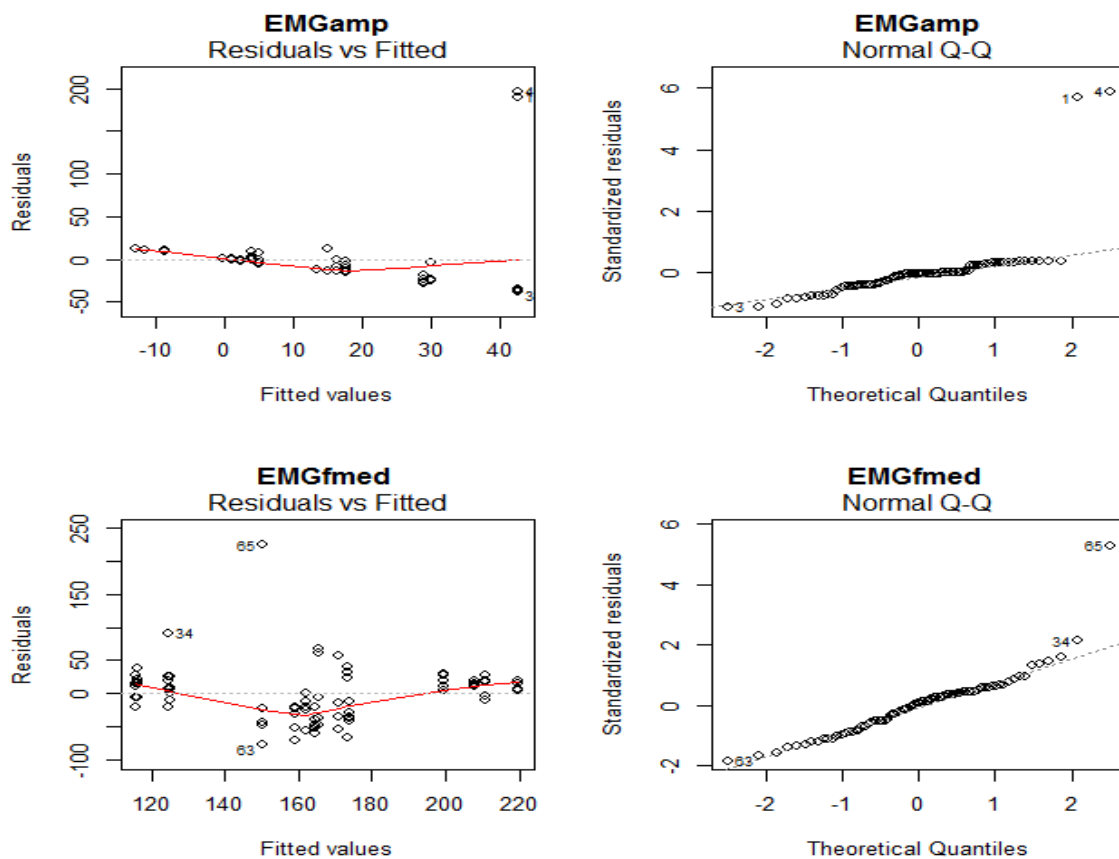


Gráfico 1: Análise de resíduos (EMG_{Amp} e EMG_{Fmed}) nos casos de EP_D

Por meio do gráfico 2 foi possível verificar os comportamentos opostos das medidas EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} com a aplicação do MP: enquanto as medidas de EMG_{Amp} diminuíram, os valores de EMG_{Fmed} aumentaram. Para EMG_{Amp} a maior diferença foi observada nos músculos TRAP e ERE, enquanto que para as medidas em EMG_{Fmed} houve uma grande evolução dos músculos OBLI e RA.

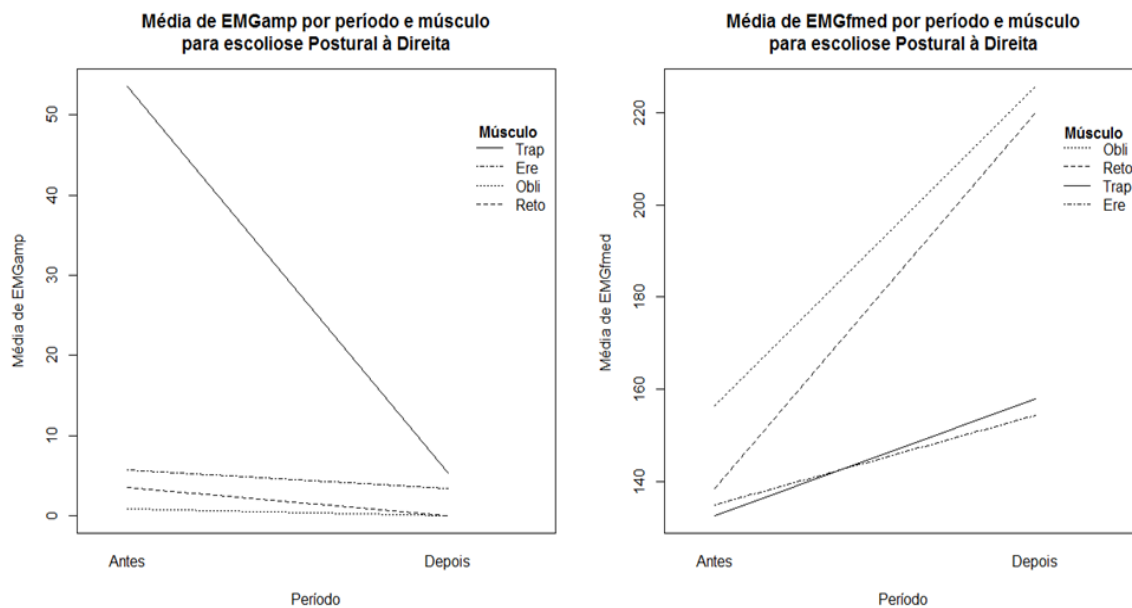


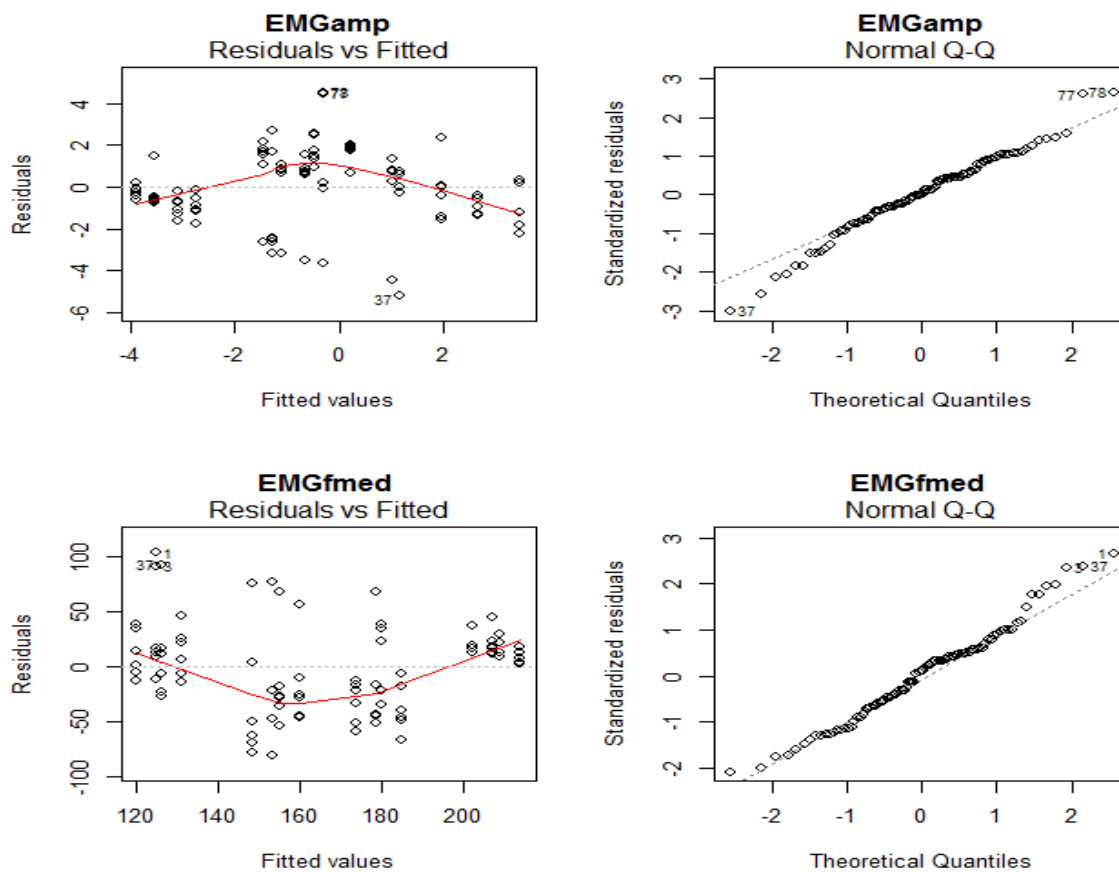
Gráfico 2: Média de EMG_{Amp} (esquerda) e EMG_{Fmed} (direita) por período e musculatura nos casos de EP_D

4.4.2 Escoliose Torácica à Direita (ET_D)

Na ET_D , medida em EMG_{Amp} , houve a necessidade de aplicação da transformação log e um *outlier* foi removido da análise. Foi significativa a diferença entre antes e depois ($p \approx 0$), o lado direito do esquerdo ($p = 0.04$) e também entre os músculos analisados ($p \approx 0$). Para a medida em EMG_{Fmed} não houve a necessidade de transformação, porém dois *outliers* foram removidos da análise, dados exibidos na tabela 9. Verificou-se que foi significativa a diferença entre antes e depois ($p \approx 0$) e entre os músculos analisados ($p = 0.007$).

Tabela 9: ANOVA para EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} nos casos de ET_D

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	P(>F)
EMG_{Amp} – Escoliose Torácica à direita (ET_D) (μV)					
Período	1	134.92	134.92	43.09	0.000
Lado	1	13.31	13.31	4.25	0.0422
Músculo	3	264.81	88.27	28.19	0.0000
Resíduos	89	278.64	3.13		
EMG_{Fmed} – Escoliose Torácica à direita (ET_D) (Hz)					
Período	1	70013.00	70013.00	43.86	0.000
Lado	1	467.06	467.06	0.29	0.5899
Músculo	3	20637.40	6879.13	4.31	0.0070
Resíduos	88	140478.68	1596.35		

Gráfico 3: Análise de resíduos (EMG_{Amp} e EMG_{Fmed}) nos casos de ET_D

Novamente foi possível verificar os comportamentos opostos das medidas EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} com a aplicação do MP. Nos casos de escoliose torácica à direita, para EMG_{Amp} a maior diferença foi observada nos músculos TRAP, ERE e RA enquanto que para as medidas em EMG_{Fmed} houve uma grande evolução dos músculos OBLI e RA, conforme dados dispostos no gráfico 4.

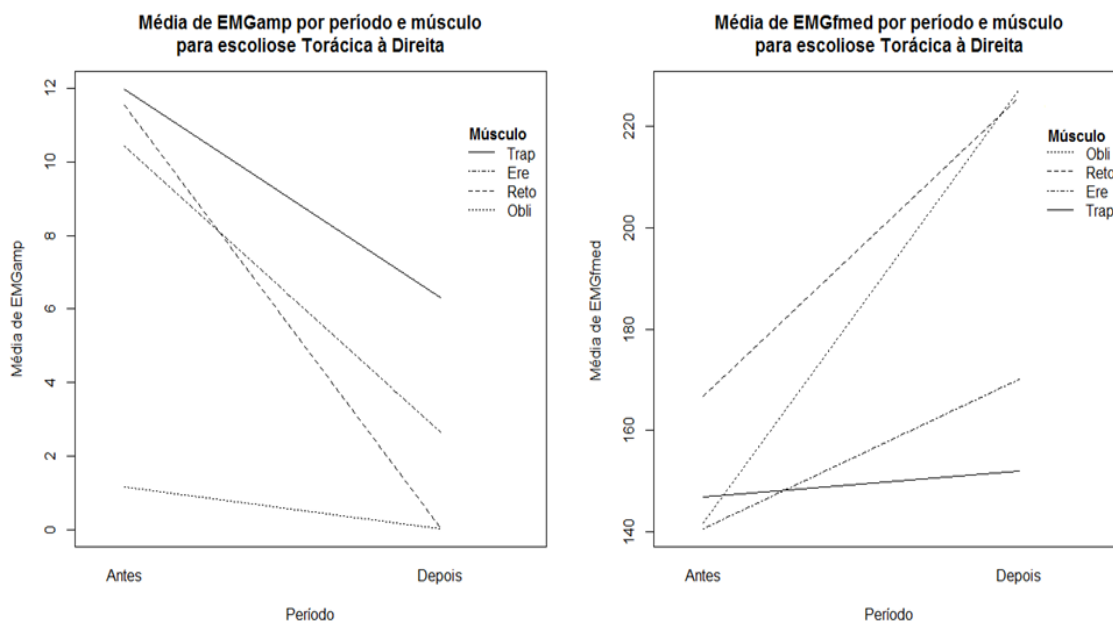


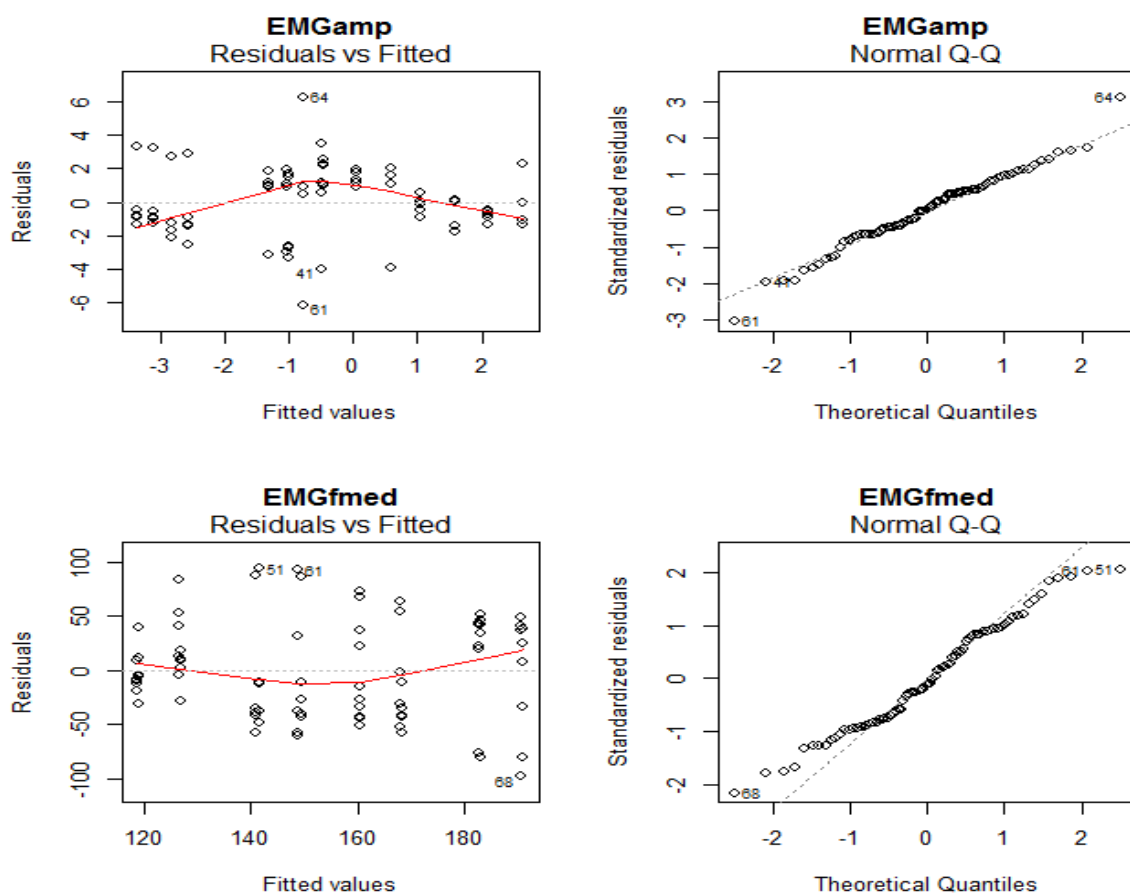
Gráfico 4: Média de EMG_{Amp} (esquerda) e EMG_{Fmed} (direita) por período e musculatura nos casos de ET_D

4.4.3 Escoliose Torácica à Esquerda (ET_E)

Na escoliose torácica à esquerda, houve a necessidade da transformação log. Neste caso houve a detecção de um possível *outlier*, porém verificou-se que sua presença não apresentava efeitos na análise. Dessa forma, medido em log (EMG_{Amp}) foi significativa a diferença entre antes e depois ($p \approx 0$), e entre os músculos analisados ($p \approx 0$). As medidas em EMG_{Fmed} mostraram que houve diferença apenas entre antes e depois ($p \approx 0$), conforme dados dispostos na tabela 10. No gráfico 5 as análises de resíduos mostraram a adequação dos modelos e a validade das análises.

Tabela 10: ANOVA para EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} nos casos de ET_E

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	P(>F)
EMG_{Amp} – Escoliose Torácica à esquerda (ET_E) (μV)					
Período	1	84.57	84.57	19.53	0.000
Lado	1	5.84	5.84	1.35	0.2494
Músculo	3	163.33	54.44	12.57	0.0000
Resíduos	74	320.41	4.33		
EMG_{Fmed} – Escoliose Torácica à esquerda (ET_E) (Hz)					
Período	1	34652.81	34652.81	15.69	0.0002
Lado	1	1224.61	1224.61	0.55	0.4588
Músculo	3	10150.24	3383.41	1.53	0.2133
Resíduos	74	163413.72	2208.29		

Gráfico 5: Análise de resíduos (EMG_{Amp} e EMG_{Fmed}) nos casos de ET_E

Nos casos de escoliose torácica à esquerda, conforme o gráfico 6, observou-se que as maiores diferenças entre antes e depois para EMG_{Amp} foram nos músculos TRAP e ERE, enquanto que para as medidas em EMG_{Fmed} houve uma grande evolução dos músculos OBLI e RA.

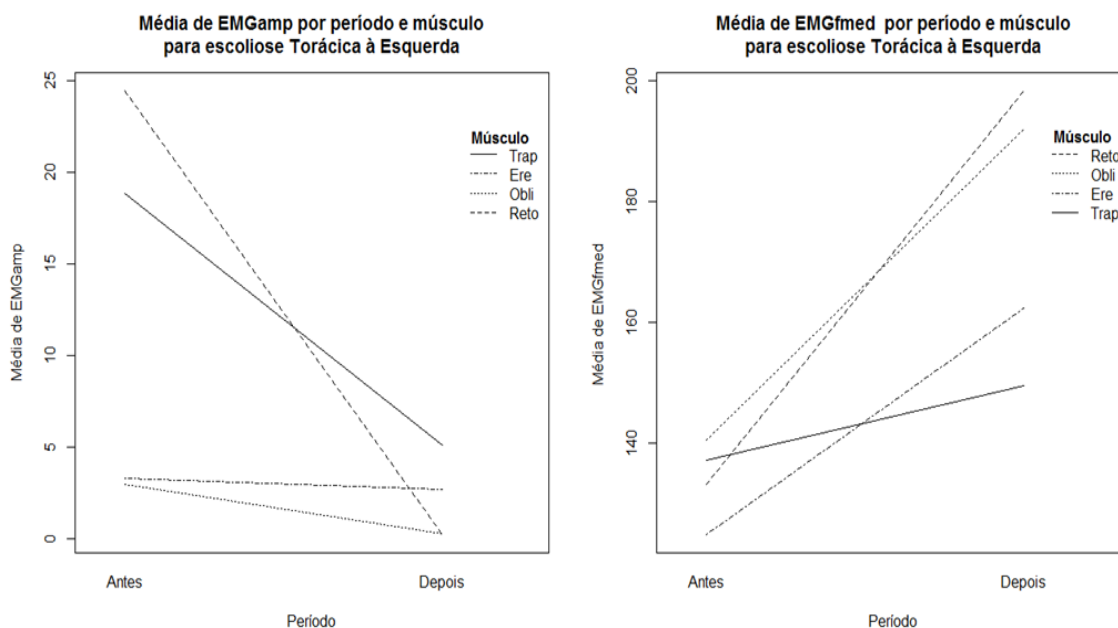


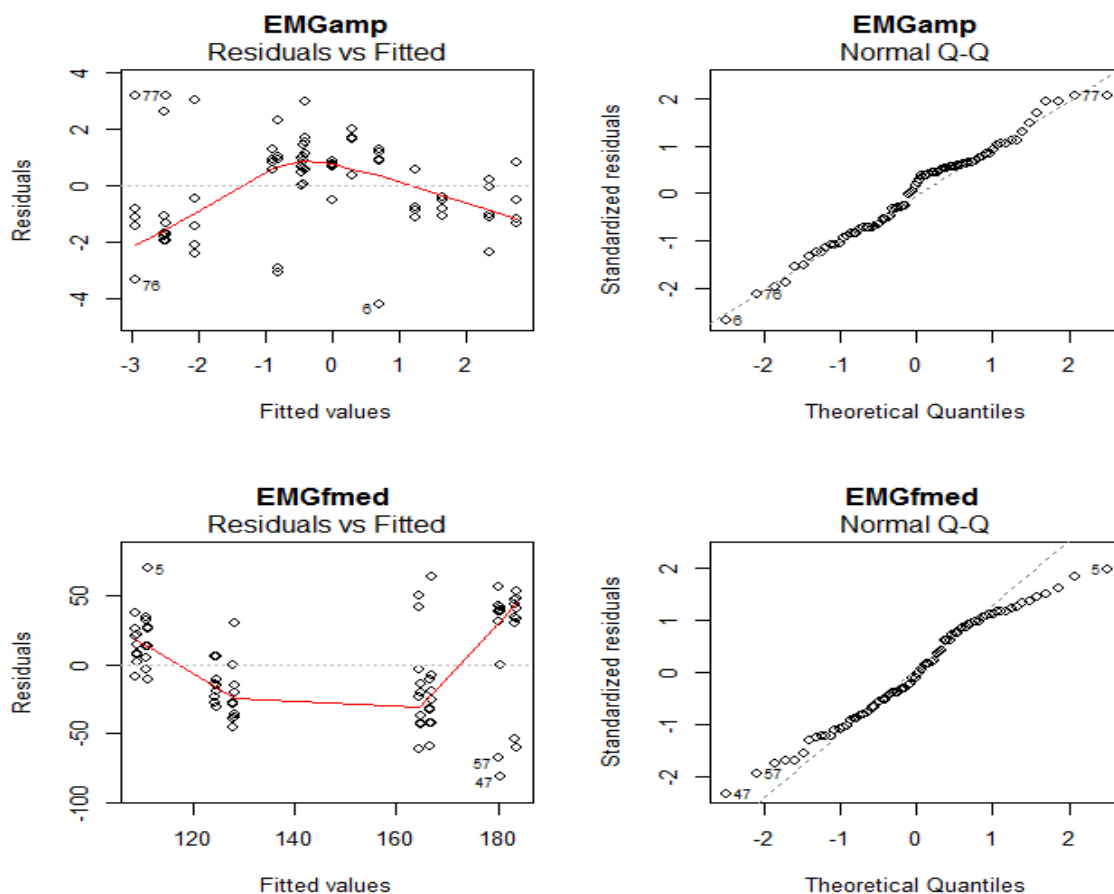
Gráfico 6: Média de EMG_{Amp} (esquerda) e EMG_{Fmed} (direita) por período e musculatura nos casos de escoliose torácica à esquerda (ET_E)

4.4.4 Escoliose Tóraco-Lombar Destro Convexa (ETL_{DC})

Na escoliose tóraco-lombar destro convexa, a medida em EMG_{Amp} precisou de transformação log e houve diferença significativa entre o antes e depois ($p \approx 0$) e entre os músculos ($p \approx 0$). As medidas em EMG_{Fmed} mostraram que houve diferença apenas entre antes e depois ($p \approx 0$), conforme dados dispostos na tabela 11. As análises de resíduos, no gráfico 7, mostraram a adequação dos modelos e a validade das análises, mesmo com um leve desvio da normalidade para os resíduos das medidas de f.

Tabela 11: ANOVA para EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} nos casos de ETL_{DC}

	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	P(>F)
EMG_{Amp} – Escoliose Toráco Lombar destro-convexa (ETL_{DC}) (μV)					
Período	1	84.00	84.00	31.85	0.000
Lado	1	3.48	3.48	1.32	0.2544
Músculo	3	134.27	44.76	16.97	0.0000
Resíduos	74	195.18	2.64		
EMG_{Fmed} – Escoliose Toráco Lombar destro-convexa (ETL_{DC}) (Hz)					
Período	1	62105.51	62105.51	46.41	0.000
Lado	1	2.11	2.11	0.00	0.9684
Músculo	3	5486.44	1828.81	1.37	0.2596
Resíduos	74	99017.42	1338.07		

Gráfico 7: Análise de resíduos (EMG_{Amp} e EMG_{Fmed}) nos casos de escoliose tóraco-lombar destro convexa (ETL_{DC})

Por meio do gráfico 8 foi possível verificar que os músculos de maior destaque para EMG_{Amp} foram TRAP e ERE, ressaltando que houve um aumento na média de EMG_{Amp} para ERE nos casos de escoliose tóraco-lombar destro convexa.

Entretanto, relativo ao comportamento da musculatura para as medidas em EMG_{Fmed} as mesmas seguem o mesmo padrão das demais classificações de escolioses investigadas, ocorrendo um aumento médio superior para os músculos RA e OBLI.

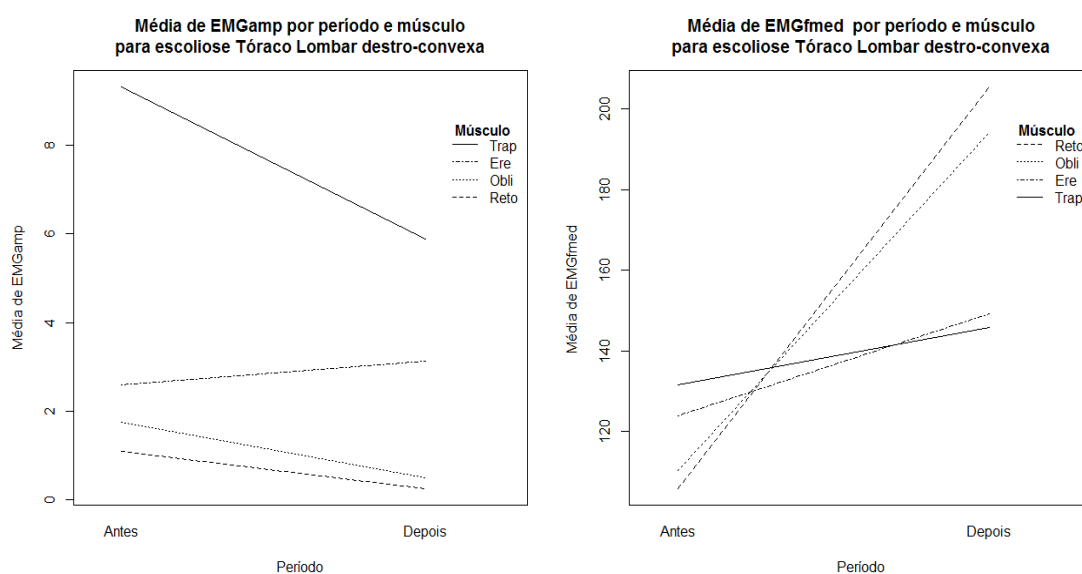


Gráfico 8: Média de EMG_{Amp} (esquerda) e EMG_{Fmed} (direita) por período e musculatura nos casos de escoliose tóraco lombar destro-convexa

4.5 Escoliose Tóraco-Lombar à Esquerda (ETL_E)

No caso da escoliose tóraco lombar à esquerda, considerou-se que houve quatro musculaturas envolvidas e dois lados, dessa forma houve oito observações em pares, proporcionando sete graus de liberdade. Houve diferença significativa quanto aos valores de EMG_{Fmed} , antes e depois ($p=0.007$). A medida de EMG_{Amp} comparando antes/depois e lado não foram significativa, assim como a comparação de lados para a medida em EMG_{Fmed} .

5 DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA

5.1.1 Análise Eletromiográfica Isolada dos Músculos Avaliados

A pesquisa realizada demonstrou que os adolescentes com diagnóstico de escoliose apresentaram assimetria de ativação neuromuscular, com aumento da atividade mioelétrica no lado da convexidade da curvatura escoliótica e menor ativação do lado côncavo. Estes achados se fortalecem com as afirmações dos autores Zuk (1962) e Farahpour *et al.* (2015) que afirmam que o lado convexo tem maior atividade eletromiográfica e que a caracterização desse aumento do sinal bioelétrico é interpretado como fraqueza muscular. A atividade eletromiográfica assimétrica da escoliose ocorre pela adaptação do sistema neuromuscular devido à alterações biomecânicas provocadas pelas curvas escolióticas na coluna vertebral (KUO *et al.*, 2011; CHAWALA *et al.*, 2014; FARAHPOUR *et al.*, 2015).

Em outro estudo também realizado por Farahpour *et al.* (2014) estes autores descobriram que a assimetria muscular (AM) na doença da escoliose depende do sentido da perturbação muscular e não está limitada apenas ao lado da curvatura.

A assimetria muscular verificada já foi encontrada por outros pesquisadores. Tosato *et al.* (2009) realizaram uma investigação sobre a atividade muscular na escoliose em uma voluntária de nove anos de idade com escoliose em dupla curva tóraco-lombar que foi submetida à avaliação eletromiográfica para os músculos multifídios, longuíssimo do dorso e iliocostal bilateralmente em repouso e ortostatismo, em que se observou a assimetria da ativação muscular no lado côncavo e convexo da curvatura escoliótica, sendo maior ativação no lado da convexidade, conforme resultados apresentados na pesquisa por ora aqui explanada. Os resultados deste estudo mostraram que de acordo com a classificação da escoliose, não houve diminuição da EMG_{Amp} em todos os músculos investigados após o tratamento na convexidade da curvatura, mas na maior parte deles ocorreu significativa redução do sinal.

Para clarificar os achados do estudo que ora se apresenta, verificou-se diferença na EMG_{Amp} na ativação muscular, na EP_D a maior diferença na diminuição do sinal foi observada nos músculos TRAP e ERE; na ET_D a maior diferença na diminuição do sinal foi observada nos músculos TRAP, ERE e RA; na ET_E verificou-se diferenças nos músculos TRAP e ERE; na ETL_{DC} observou-se maior diferença no TRAP; na ETL_E não apresentou diferença significativa.

Os achados supracitados vão de encontro com o estudo de Júnior *et al.* (2008) sobre os efeitos da reeducação postural global pelo método RPG na correção postural e no reequilíbrio muscular que também encontraram diminuição da EMG_{Amp} nos músculos trapézio e grande dorsal em 48 sujeitos portadores de escoliose com idade média de 23 anos.

Esta diminuição da EMG_{Amp} é ocasionada pelo tratamento terapêutico que propicia menor atividade muscular de acordo com Gomes *et al.* (2012), que avaliou eletromiograficamente o músculo trapézio bilateralmente em 10 indivíduos portadores de estresse psicológico após tratamento por meio da acupuntura. Neste estudo foi possível observar que os valores de EMG_{Amp} foram menores depois do tratamento, dessa forma corroborando com os achados encontrados no presente estudo que também evidenciou diminuição após a intervenção terapêutica.

Na ETL_{DC} sucedeu aumento na média do sinal para EMG_{Amp} no músculo ERE. Nesta direção, a elevação da EMG_{Amp} é devido ao maior recrutamento de unidades motoras ocasionado pelo fortalecimento muscular e pelo alongamento da musculatura encurtada pela curva escoliótica. Esta sincronização de unidades motoras ocorre devido ao aumento na quantidade de disparos de potenciais de ação advindos de unidades motoras de múltiplos grupamentos musculares sinergistas em uma mesma unidade de tempo (FOLLAND; WILLIAMS, 2007; IDE *et al.*, 2014; BISPO *et al.*, 2015; NODA *et al.*, 2014; SIQUEIRA, 2016) e pela restauração da força do músculo pela facilitação neuromuscular que promove consequente aumento na ação muscular (BOHORQUEZ *et al.*, 2013).

Em todos os casos de escoliose estudados houve aumento da EMG_{Fmed} após a realização do protocolo de tratamento, ocorrendo em particular um aumento considerável de ativação da musculatura oblíqua e reto abdominal,

responsável pela estabilização segmentar e mobilidade da coluna vertebral em decorrência do incremento na velocidade de condução dos potenciais de ação das unidades motoras ativas de maior diâmetro (IDE *et al.*, 2014; NODA *et al.*, 2014; SIQUEIRA, 2015), gerados pela intervenção terapêutica pelo MP, que propiciou maior estímulo neuromuscular nos lados côncavo e convexo da curva escoliótica.

Silva *et al.* (2009) reafirma estas informações ao avaliar a atividade elétrica dos exercícios de Pilates, fornecendo informações quanto à sua ativação neuromuscular e, portanto, possibilitando a utilização de maior critério na escolha dos exercícios para programas de reabilitação.

Dados estes que são primordiais na seleção e montagem dos protocolos de tratamento específicos para classificações diferentes da escoliose, onde a assimetria muscular do paciente passa a ser prevalescente na composição terapêutica por meios de exercícios. Destaca-se que mesmo a carga assimétrica sendo pequena, ela pode ser fator desencadeante da curva escoliótica bem como sua progressão (NOGUEIRA, 2015).

Verificou-se dessa forma que a eletromiografia pode ser um importante exame complementar no tratamento dessa patologia como fator de controle na progressão da curva escoliótica.

5.1.2 Comparativo da Atividade Eletromiográfica nos Lados Direito e Esquerdo Após a Intervenção Terapêutica Pelo MP

Na comparação entre os lados direito e esquerdo, observou-se na variável EMG_{Amp} maior acionamento da musculatura no lado convexo da curva escoliótica na avaliação inicial nas classificações da escoliose investigadas. De acordo com Chwala *et al.* (2012) a predominância dos sinais bioelétricos é maior na convexidade da curva escoliótica, entretanto o lado côncavo tem diminuição de sua capacidade funcional de sustentação da coluna vertebral, devido ao menor recrutamento de unidades motoras em decorrência de sua inatividade. Esse processo ocasiona redução da flexibilidade dessa musculatura.

Os resultados dos trabalhos de Gaudreault *et al.* (2005) e Chagas *et al.* (1998) que realizaram estudos por meio da análise eletromiográfica da escoliose comparando indivíduos saudáveis e escolióticos, que mostraram que os adolescentes pesquisados apresentaram menores índices de eficiência neuromuscular e, dessa forma apresentaram maior ativação neuromuscular do lado côncavo e convexo.

Estes achados corroboram em parte com a presente pesquisa onde também foram observados os mesmos aspectos identificados por esses autores. Na escoliose, a ativação elétrica foi maior no lado convexo da curva. Após a intervenção terapêutica em relação à EMG_{Amp} houve diminuição da escoliose na EP_D , ET_D , ET_E , ETL_{DC} , com exceção da ETL_E .

No que tange a EMG_{Fmed} , ocorreu aumento no lado côncavo e convexo em todas as classificações de escoliose investigadas. Neste sentido, também o estudo de Marques (2007) relata que ocorre no desvio postural da escoliose uma ação predominante de um hemisfério corporal, sendo que uma ação muscular predomina sobre a outra, o lado convexo se apresentará mais alongado e o lado côncavo mais encurtado. Para corrigir esta ação muscular desigual, protocolos de exercícios de fortalecimento e alongamento dos grupos musculares eretores espinhais foram importantes no alinhamento postural, promovendo o fortalecimento da musculatura do lado convexo e alongamento da musculatura no lado côncavo, conforme os dados observados neste estudo.

Acredita-se que o fortalecimento do lado convexo e o alongamento do lado côncavo tenham promovido um reequilíbrio na ação de forças musculares suscitando alinhamento postural após a aplicação do protocolo terapêutico em três (60%) dos avaliados na EP_D , em três (50%) dos avaliados na ET_D , e em dois (40%) dos avaliados na ET_E e em um (20%) nos avaliados na ETL_{DC} .

Referente ao único caso de ETL_E , acredita-se que a diminuição na EMG_{AMP} em ação uníssona com o aumento da EMG_{Fmed} em ambos os lados tenham promovido um ajuste na ação de forças musculares. Sem, no entanto, promover melhora postural neste caso pesquisado. Destaca-se dificuldades encontradas pelo avaliado em relação à execução correta dos exercícios de acordo com os princípios preconizados por Joseph Pilates.

As respostas neuromusculares e posturais constatadas podem estar relacionadas à interrupção constante da movimentação em decorrência da sintomatologia dolorosa apresentada durante a aplicação do protocolo de exercícios selecionados para o tratamento, onde o voluntário por diversas vezes teve que cessar a execução dos movimentos não completando o número de repetições necessárias em cada exercício elegido para estruturar o protocolo de tratamento conservador do MP.

Os resultados encontrados sugerem maior ativação neural em todos os casos estudados, porém, o protocolo de tratamento proposto por meio do MP, foi mais efetivo nas classificações das escolioses EP_D, ET_D e ET_E. Nas classificações da escoliose ETL_E e ETL_{DC}, com um caso apresentando indicação cirúrgica, as respostas neuromuscular foram menores relativas ao alinhamento postural. Estes dados devem ser observados com cautela pois o número de investigados com escoliose tóraco-lombar foi composto por apenas seis adolescentes voluntários e necessitam de outras análises em novas investigações com amostras maiores desta classificação.

Menacho *et al.* (2010) relatam que as primeiras semanas são consideradas responsáveis pelas adaptações neurais aos exercícios e somente após a oitava e décima semanas são onde ocorrem as adaptações fisiológicas de força e resistência. Em consonância com protocolo proposto neste estudo, que foi de 12 semanas, o mesmo também não foi suficientemente efetivo para proporcionar as adaptações neuromusculares esperadas e necessárias no alinhamento postural de todos os pesquisados com escoliose, aspectos que podem ser influenciados pelo tempo insuficiente do protocolo, formas de execução individual de cada participante, diferentes classificações de escoliose apresentadas.

Os músculos encurtados criam compensações em outros músculos próximos ou distantes, gerando modificações na consciência corporal, pois as alterações biomecânicas atuam no sistema músculoesquelético e no sistema nervoso central (TOLED, 2011). Os exercícios promovem ativação nos músculos estáticos que perderam sua flexibilidade e se apresentam muito encurtados, sendo mais recrutados na realização de alongamentos (BERTOLLA, 2007).

Neste sentido, Chwala *et al.* (2014) investigou na Polônia o impacto de exercícios simétricos e assimétricos realizados na decúbito ventral, na atividade biolétrica dos músculos paravertebrais em comparação ao padrão elétrico em repouso em 44 meninas com escoliose, idade média entre $12,2 \pm 2,47$ anos. Entre as voluntárias, 38 meninas apresentaram dupla curva escoliótica e seis com apenas uma curva escoliótica. O exame eletromiográfico revelou que em cada classificação da escoliose, dependendo do exercício realizado (simétrico ou assimétrico) ele pode ativar mais ou lado côncavo ou o convexo. Dessa forma a eletromiografia como exame complementar na doença da escoliose avalia a escolha adequada dos exercícios pelas características individuais da atividade neuromuscular do paciente, fator importante, pois a prescrição de exercícios de forma inadequada pode ser prejudicial ao tipo de curvatura e levar ao aposto dos resultados previstos. Na observação das seis voluntárias que apresentavam uma só curva escoliótica, os valores eletromiográficos em repouso indicaram fator de correção positivo.

Os resultados dos estudos acima descritos reforçam em parte os achados desta pesquisa, onde a análise eletromiográfica da atividade neuromuscular foi realizada na posição estática, sentados em mesa clínica, em isometria equilibrando um livro sobre a cabeça e após a aplicação de um protocolo de tratamento. Diferente deste estudo no qual a avaliação ocorreu na posição deitada durante a realização de movimentos simétricos e assimétricos, porém relativo às classificações da escoliose. Foi verificado igualmente no estudo que ora se apresenta, melhora na postura em um voluntário na classificação tóraco lombar destro convexa.

5.2 AVALIAÇÃO DO ALINHAMENTO POSTURAL POR MEIO DA SIMETROGRAFIA

Na comparação das variáveis posturais avaliadas por meio da simetrografia, os resultados mostraram diferença estatisticamente significativa para o alinhamento de ombros ($p=0,001$) onde nove pesquisados obtiveram esta melhora no alinhamento postural após a aplicação do protocolo de tratamento pelo MP.

Em conformidade com os achados do presente estudo, Ferreira *et al.* (2013) realizou um estudo experimental, onde antes da intervenção, os participantes (n=40) encontravam-se com o ombro direito mais baixo do que o ombro esquerdo, mas após uma intervenção do MP por seis meses (48 sessões), duas vezes por semana, com sessões de 60 minutos, os participantes obtiveram resultados significativos no qual os ombros encontravam-se praticamente alinhados. No presente estudo, nove pesquisados obtiveram o alinhamento de ombros e pode-se inferir que alguns fatores poderão explicar a diferença observada entres os resultados e a investigação de Ferreira *et al.*, tais como: a amostra maior e o tempo de intervenção superior do tratamento.

Os exercícios do MP agem principalmente na musculatura do abdômen e músculos paravertebrais, como verificado nos resultados desta pesquisa, que alguns voluntários alcançaram alinhamento postural. Porém, acredita-se que o protocolo proposto poderia ter sido aplicado por mais tempo, com o objetivo de obter resultados benéficos no alinhamento postural para todos os voluntários, visto que cada indivíduo responde de forma diferenciada e única ao tratamento.

Pertinente à simetria de ombros, o estudo de caso realizado por De Moura *et al.* (2015) sobre os efeitos do MP em uma adolescente de 11 anos, portadora de escoliose idiopática lombar à direita, o protocolo proposto foi de 10 sessões, três vezes na semana, durante um mês. Foram utilizados exercícios de solo e acessórios e analisados aspectos no alinhamento postural, banco de Wells para avaliação de flexibilidade e força muscular de tronco. Na avaliação postural também foi utilizado o simetrógrafo em associação com o recurso da avaliação postural digital do software SAPO[®]. Sendo interessante ressaltar, que também neste estudo a avaliada apresentou melhora expressiva na simetria de ombros, cabeça e ângulo de Tales, como observado nos resultados aqui apresentados, onde nove voluntários avaliados (40,9%) obtiveram o alinhamento de ombros.

Estes resultados vem de encontro com o estudo de Lima *et al.* (2013) já citado anteriormente, no tratamento fisioterapêutico de um paciente do sexo masculino, de 20 anos portador de escoliose idiopática, com protocolo de 10 sessões com alongamentos passivos e exercícios de fortalecimento muscular

abdominal. O alongamento do lado côncavo e fortalecimento do lado convexo mostraram diferenças no alinhamento corporal avaliados pela simetrografia, exatamente conforme verificado no presente estudo também avaliados posturalmente pelo simetrógrafo alinhado verticalmente ao fio de prumo.

Outro estudo importante realizado por Blum (2002) reforçando resultados encontrados nessa pesquisa, onde um protocolo de exercícios do MP foi aplicado em uma paciente de 39 anos de idade com escoliose severa, concomitantemente com o tratamento quiroprático. Com o tratamento combinado, a paciente apresentou melhora na função postural e diminuição da dor e o autor concluiu que a aplicação do MP em pacientes com escoliose idiopática é uma ferramenta eficaz no combate à progressão da escoliose e pode até melhorar as condições dessa patologia.

Para corroborar com os resultados de alinhamento postural, Segura *et al.* (2014) realizou uma pesquisa com 16 pacientes do sexo feminino, idade entre 10 e 16 anos, com diagnóstico de escoliose tóraco-lombar, divididos em dois grupos. O primeiro grupo foi submetido à técnica de RPG e o segundo grupo foi submetido à técnica do MP. Foram realizadas as posturas sentadas e rã no ar no grupo RPG e os exercícios do MP utilizados no protocolo de tratamento foram o *spine stretch forward*, *swimmiming*, *leg pull front* e sua variação, *leg pull back*, *on leg up-dow* e *rolling back*, aulas com duração de 40min, duas vezes na semana, totalizando 20 sessões. Os resultados demonstraram melhora significativa da curva escoliótica, alinhamento postural em ambas as técnicas de tratamento aplicadas. Com este resultado, conclui-se que ambas as técnicas utilizadas podem ser consideradas técnicas terapêuticas indicadas no tratamento conservador da escoliose.

Em conformidade com os resultados da presente pesquisa, destaca-se outro estudo de caso sobre o efeito da intervenção do MP na escoliose tóraco-lombar de Ribeiro *et al.* (2012), que realizou uma investigação com uma voluntária de 12 anos de idade, com um protocolo de tratamento de seis meses em estúdio de Pilates. Para esta, houve melhora significativa com relação à flexibilidade muscular, à hipertrofia relativa dos músculos paravertebrais lombares e um alinhamento postural considerável. Estes dados também foram similares ao presente estudo.

Na investigação de um estudo de caso de Fiorelli *et al.* (2014) realizado na cidade de Bauru, São Paulo, uma adolescente de 11 anos com escoliose tóraco lombar destro convexa à esquerda com 16 graus comprovado por radiografia, foi submetida a um protocolo de tratamento por nove meses, composto por exercícios cinesioterapêuticos conjugados entre as técnicas de *Iso Stretching*, Pilates, Série de Willians e exercícios utilizando a bola suíça. Verificou-se redução no ângulo de Cobb para quatro graus e melhora postural evidente. Estes resultados podem ser comparados aos resultados aqui apresentados.

O estudo de De Oliveira *et al.* (2015) como tratamento fisioterapêutico para a doença escoliose, avalia um estudo de caso de um adolescente do sexo masculino de 14 anos de idade com escoliose tóraco-lombar destro convexa. O tratamento foi composto por exercícios cinesioterapêuticos isométricos, simétricos e assimétricos no lado côncavo e convexo e alongamentos favorecendo o crescimento axial realizados na posição sentada e deitada. Os resultados após 22 meses de tratamento com sessões entre duas e três vezes na semana e intervenções de uma hora mostraram redução da curvatura escoliótica por meio de exames radiográficos. Esta notabilização da redução significativa da curva escoliótica evidencia a necessidade de tratamentos realizados por meio de exercícios em período extenso de intervenção terapêutica como fator de benefícios posturais e observa-se que exercícios isométricos para os músculos dorsais, lombares e abdominais semelhantes aos preconizados no MP, podem ser fundamentais na composição de protocolos de tratamento na estabilização da coluna vertebral em adolescentes com escoliose, afirmando os resultados encontrados no presente estudo.

Sobre a temática envolvendo adultos e idosos em investigação da melhora postural com a utilização do MP destaca-se o estudo de Balmaceda (2015) que analisou 20 pacientes com escoliose (16 do sexo feminino), idades entre $40,5 \pm 15,7$ anos, em 12 sessões do MP em estúdio, intervenções de uma hora durante seis semanas; os resultados observados mostraram melhora postural. Ressalta-se o caso de um paciente com 70 anos de idade, com 30 graus de ângulo de Cobb, após a intervenção terapêutica obteve redução de 2,4 graus; houve correção no alinhamento de cabeça em um investigado, oito

melhoraram a postura cifótica e quatro a postura lordótica bem como o alinhamento de ombros que não foi especificado o lado e nem a porcentagem de pacientes que obtiveram alinhamento. Entretanto os achados evidenciados no estudo citado acima são favoráveis aos adolescentes, pois os benefícios podem ser ainda melhores nesta fase da vida relativo á maturidade óssea e melhores respostas musculares aos exercícios.

Considerando outro trabalho interessante, que fortalece alguns achados do presente estudo, foi a verificação científica realizada por De Alvarenga *et al.* (2014) com quatro pacientes idosas com idades entre 66 e 70 anos com exercícios do MP em estúdio nos equipamentos *cadillac* e *chair* (cadeira combo), o período de tratamento constitui-se de protocolo de 20 sessões frequência de três vezes na semana no período de dois meses, demonstrando que o MP é realmente uma ferramenta efetiva no tratamento da escoliose e na promoção do realinhamento postural e simetria corporal, evitando-se assim a progressão das curvas escolióticas.

Outra investigação científica extremamente relevante e que corrobora com os achados desta pesquisa foi a pesquisa de cunho qualitativo realizada por Junior *et al.* (2008) que utilizou o MP no alinhamento postural, os pesquisados eram cinco idosos com faixa etária de 50 a 66 anos de ambos os sexos. A avaliação postural feita por meio do equipamento simetrógrafo e registro fotográfico. O protocolo de tratamento composto por exercícios de solo (Mat Pilates) e também com a utilização dos equipamentos *Reformer*, *Cadillac* e Cadeira, aplicado durante três meses com 36 sessões, aulas três vezes na semana com duração de uma hora cada.

Os resultados deste trabalho demonstram que houve efeito corretivo no alinhamento postural de idosos, mas que nenhum deles obteve melhora em todos os segmentos corporais avaliados, esse fato é devido segundo os autores ao curto período de aplicação do protocolo e da frequência das aulas, dados que reforçam perfeitamente com alguns comentários já explicitados, onde se observa o período de aplicação do protocolo terapêutico e sugere-se desenvolvê-lo em prazos maiores.

Dessa forma esta conclusão de sua pesquisa se torna um parâmetro comparativo com o presente estudo onde também se percebeu que o tempo de

seis meses a um ano de tratamento poderia resultar em efeitos positivos mais significativos com a intervenção dos exercícios em um melhor alinhamento postural e redução de curvaturas escolióticas nos adolescentes integrantes desta pesquisa.

Na reabilitação das patologias da coluna vertebral, primeiramente se dá ênfase as estruturas musculares mantenedoras da boa postura, visando sempre o reforço dos músculos abdominais superficiais e profundos e paravertebrais visando a manutenção da função estabilizadora da coluna vertebral. O emprego do MP tem resultados satisfatórios na melhora dessa função (DE SOUZA *et al.*, 2013).

No estudo de caso realizado por Sinzato *et al.* (2013) sobre o alinhamento postural e flexibilidade articular de 33 indivíduos sadios jovens do sexo feminino com idades entre 18 e 30 anos, demonstrou-se que um programa do MP aplicado no solo, duas vezes por semana, beneficiou a flexibilidade articular. Entretanto, as 20 sessões do método aplicadas no estudo não foram suficientes para gerar adaptações posturais. Mais uma vez, este estudo ratifica os achados do estudo aqui proposto, no qual 24 sessões do método Pilates também não foram efetivas no alinhamento postural de todos os adolescentes com escoliose, porém houve maior ativação elétrica da musculatura afetada pela curvatura escoliótica.

Ainda no que se refere ao alinhamento postural por meio do MP, foi encontrado no estudo de De Araújo *et al.* (2012) uma investigação sobre a redução da dor crônica associada à escoliose tóraco lombar destro convexa e tóraco lombar à esquerda comprovada por exames radiológicos, em 31 universitárias submetidas ao MP. Após 24 sessões, duas vezes por semana, com 12 exercícios, em aulas com duração de uma hora em estúdio Pilates, a intervenção foi aplicada num período de três meses. As quatro primeiras aulas foram destinadas aos conceitos respiratórios e princípios do MP. O método mostrou-se eficaz como uma das formas de tratamento fisioterapêutico em jovens com dor na coluna vertebral em decorrência da escoliose, sendo possível afirmar que os exercícios propostos agiram sobre o controle postural e estimularam os músculos estabilizadores da coluna vertebral. Os resultados mostraram 38% de melhora nos ângulos da escoliose, 80% aumentou

flexibilidade em cadeias musculares posteriores e 60% apresentou diminuição de sintomatologia dolorosa. Dessa forma, estes resultados encontrados por De Araújo *et al.* se assemelham aos apresentados por este estudo, relativos ao melhora postural e reforçam a importância do MP como forma de tratamento terapêutico.

Rivett *et al.* (2014) realizou um estudo com 50 meninas portadoras da patologia escoliose, com idades entre 12 e 16 anos, onde metade do grupo realizou tratamento com colete por 20 horas diárias e exercícios mais de três vezes por semana e outro grupo usou colete por menos de 20 horas diárias e realização de exercícios menos que três vezes na semana. Concluiu-se que realizar os exercícios foi importante para evitar a progressão da curva escoliótica, mas também dependeu do nível de maturidade de cada participante em realizá-los corretamente, conforme observado no estudo aqui proposto, evidenciando que em determinados movimentos em consonância com a respiração adequada pertinente ao MP eram de difícil execução para um número reduzido de adolescentes portadores de escoliose por ora investigados, fato esse que interferiu provavelmente no resultado do estudo e manifestação no alinhamento postural.

O MP proporciona estabilidade à coluna vertebral por meio do fortalecimento do músculo transverso do abdômen, além de promover uma melhora na qualidade de vida e aumento da flexibilidade, importantes para manutenção do alinhamento da coluna vertebral e redução de quadros álgicos (SANTOS, 2015; GALDINO, 2015).

Concordando com os resultados do presente estudo, Menacho *et al.* (2010) e Rossi *et al.* (2014) afirmam que os exercícios propostos pelo MP podem ser considerados funcionais, pois exigem maior recrutamento da musculatura antagonista e controle sensoriomotor dos músculos do tronco durante a execução dos movimentos, com ênfase para o lado da musculatura mais encurtada.

O MP mostra-se eficiente em promover um equilíbrio de forças entre os músculos flexores e extensores do tronco e esse ajuste muscular pode explicar o alinhamento postural.

Portanto os dados obtidos no presente estudo sugerem relação entre exercícios físicos específicos para as curvaturas escolióticas, pois retardam a evolução bem como a progressão da patologia, melhoram o controle neuromotor, confirmando a hipótese inicial deste estudo que o MP possa ser um importante tratamento conservador da escoliose.

5.3 AVALIAÇÃO DA FLEXIBILIDADE

Os principais resultados demonstraram que os avaliados obtiveram melhora estatisticamente significativa quanto à flexibilidade ($p=0,001$), com diferença média de 4,5cm no teste de sentar e alcançar no banco de Wells, devido ao alongamento axial exigido nas posturas do método Pilates de solo, que promove ajustes na verticalidade da coluna vertebral.

Os dados acima expostos corroboram com o estudo de Moura *et al.* (2015) que consiste de um estudo de caso de uma paciente de 11 anos portadora de escoliose tóraco-lombar destro convexa que foi submetida ao MP para avaliar os efeitos em curto prazo sobre a escoliose idiopática. O protocolo de tratamento foi composto de quatro exercícios apenas do MP com acessórios Bozu e bola suíça. Os atendimentos fisioterapêuticos foram aplicados ao longo de quatro semanas, constando de três sessões semanais com duração de uma hora cada, totalizando 10 sessões. No teste do sentar e alcançar no banco de Wells, a flexibilidade melhorou 4,5cm, assim como no presente estudo, indicando que o protocolo de tratamento proposto trouxe melhoras à participante nos aspectos relacionados à flexibilidade da cadeia muscular posterior.

Os achados acima discutidos concordam com os resultados do estudo piloto de Sinzato *et al.* (2013) que referencia que existe evidência que o MP como forma de tratamento conservador pode promover alterações significativas na flexibilidade de pacientes portadores de problemas posturais. Os resultados deste estudo evidenciaram que, depois da implementação de um programa de 20 sessões do MP no alinhamento postural e flexibilidade de mulheres jovens com idades entre 18 e 30 anos, realizado duas vezes por semana durante 10

semanas, os participantes (n=33) apresentaram uma melhoria significativa na flexibilidade (19,1%), onde $p=0,036$.

Não obstante, o estudo supracitado corrobora com os resultados do presente estudo no quais também foram bastante significativos em relação à flexibilidade muscular ($p=0,001$), onde todos os voluntários obtiveram benefícios com o protocolo proposto em relação a esta valência física, com a média de $25,22\text{cm}\pm 14,29$ apresentada antes do tratamento e $30,20\text{cm}\pm 12,61$ após o tratamento.

Destaca-se também o estudo de Junges *et al.* (2012) com o objetivo de avaliar a eficácia do MP na melhora da postura e flexibilidade em mulheres com hipercifose, conduziu um ensaio clínico, controlado e randomizado com 41 mulheres (média de idade de 59 ± 9 anos), divididas aleatoriamente em dois grupos: 22 no grupo de intervenção e 19 no grupo controle. Os exercícios foram realizados duas vezes por semana, aula de uma hora, durante 30 semanas. Foram detectadas diferenças significativas com relação à flexibilidade de todos os movimentos da região cervical e do tronco ($p < 0,001$). Portanto, novamente constatou-se que o MP foi eficaz em melhorar a postura e flexibilidade.

Na investigação realizada por Rogers *et al.* (2009) que realizou um programa de exercícios do MP com nove adultos no grupo experimental, efetuado três vezes por semana, durante oito semanas, em comparação à 13 integrantes do grupo controle com com 60 minutos por sessão verificou que existiram diferenças significativas ($p < 0,05$) no teste de força e da flexibilidade do tronco e na flexibilidade dos músculos posteriores da coxa no final da intervenção com 7,5cm de diferença no teste de sentar e alcançar. Dessa forma infere-se a importância dos alongamentos axiais do MP no desenvolvimento da flexibilidade.

Em outro estudo, realizado por Kloubec (2010) em uma amostra de 50 indivíduos adultos de ambos os sexos de meia idade, saudáveis com um protocolo de intervenção do MP de 24 sessões, realizado em 12 semanas, com duração de 60 minutos, obteve melhorias para os participantes (n=25 do grupo experimental), no teste de flexibilidade dos músculos posteriores da coxa com $p \leq 0,05$. O programa de intervenção consistiu em 25 exercícios do MP para

iniciantes, realizados no solo. Diante do exposto, sugere-se que tanto em patologias da coluna vertebral ou em indivíduos saudáveis o MP foi eficaz na promoção de melhoras na variável flexibilidade.

Os autores De Oliveira *et al.* (2013) investigaram uma paciente de 25 anos do sexo feminino com 17 graus de escoliose e osteocondrose. Foi utilizado um protocolo de exercícios do MP com bola, sendo de 22 sessões, duas vezes na semana, aulas com duração de 45 minutos, onde se verificou na avaliação final, aumento de flexibilidade, amplitude do movimento e força muscular, melhora no alinhamento postural e redução do grau da escoliose. Estes resultados fortalecem os resultados apresentados nesse estudo em relação ao ganho de flexibilidade com a aplicação de exercícios de MP de solo.

Schossler *et al.* (2009) relatou em seus resultados de pesquisa que programas de exercícios de Pilates, podem influenciar na flexibilidade e na capacidade funcional de portadores de lombalgias crônicas, estes elementos pesquisados reforçam os resultados de nossos achados. O estudo desenvolvido por estes pesquisadores contou com uma amostra composta por cinco voluntárias com média de 51,6 anos de idade; o protocolo foi composto de oito exercícios de MP de solo sendo realizadas dez sessões com duração de 45 minutos, os exercícios selecionados visaram alongamento, fortalecimento de músculos abdominais, cadeias musculares anteriores e posteriores. Os resultados demonstraram que o programa de exercícios proporcionou aumento de flexibilidade e redução de dor bem como melhora na capacidade funcional após a intervenção.

Nessa linha de pesquisa, sobre os efeitos do MP na flexibilidade e estabilidade lombo pélvica, o estudo de Phrompaet *et al.* (2011) em 40 voluntários (20 homens) saudáveis com idades de $33,2 \pm 6,15$ anos, mostra resultados na avaliação após quatro e oito semanas de aplicação do protocolo apresentando diferenças na flexibilidade pelo teste sentar e alcançar. Na avaliação inicial a média era de 27,69cm, em quatro semanas melhorou para 31,77cm e na avaliação final o resultado apresentado foi de 34,89cm com ($p < 0,001$). Estes valores reafirmam que o MP se mostra favorável na melhora na flexibilidade em cadeias musculares posteriores de acordo com os resultados significativos encontrados no estudo que ora se apresenta.

Nesta linha, Oliveira *et al.* (2014) verificou os efeitos do MP em oito sessões em quatro semanas na avaliação da resistência muscular do tronco, flexibilidade e equilíbrio em 10 mulheres jovens saudáveis com média de idade $22,5 \pm 1,80$ anos. Foram mensuradas comparações pré e pós-intervenção na resistência muscular dos flexores e extensores do tronco; flexibilidade do quadril em flexão e do tronco em flexão e extensão; e equilíbrio postural estático por meio de uma plataforma de força. Foi possível identificar nos resultados melhora significativa ($p \leq 0,05$) em todos os testes relacionados à resistência muscular e flexibilidade.

Estes resultados apresentados podem ser correlacionados aos achados aqui apresentados, pois se tornam relevantes na validação da acentuada melhora de resistência muscular de tronco e aumento significativo na flexibilidade, promovidas igualmente pelo MP, fundamentais para correção postural e fortalecimento muscular.

Referente as técnicas osteopáticas estruturais na postura e flexibilidade de adolescentes com escoliose destaca-se o estudo de Pelai (2014). A amostra foi composta por 30 indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 18-25 anos, todos os participantes apresentaram ângulo de Cobb superior a dez graus comprovados por radiografias, 15 voluntários fizeram parte do grupo experimental e 15 do grupo controle. A intervenção terapêutica foi composta por técnicas de mobilização articular, *stretching* do músculo iliopsoas, *stretching* de quadrado lombar e técnica articular para íliaco anterior e posterior. Os procedimentos foram aplicados uma única vez e reavaliados na sequência pelo escoliómetro e banco de Wells por meio do teste de sentar e alcançar. Os resultados apresentaram melhoras significativas nas variáveis gibosidade ($p=0,0081$) e flexibilidade posterior ($p=0,0062$). Os dados trazem referências importantes ao estudo ora apresentado referente aos exercícios físicos na mobilização articular e aumento de flexibilidade em adolescentes com escoliose.

Os resultados sobre a melhora na variável flexibilidade mostrou coerência com os dados investigados na literatura.

6 CONCLUSÃO

Os resultados apontam para a importância dos exercícios específicos como forma de tratamento da escoliose, confirmando a hipótese inicial deste estudo que o MP possa ser um método adequado para se aplicar no tratamento conservador desta doença.

Relativo à EMG_{Amp} , na escoliose postural à direita (EP_D) houve diferença entre antes e depois ($p=0.081$) e também entre os músculos ($p=0.031$); na escoliose torácica à direita (ET_D) houve diferença entre antes e depois ($p\approx 0$), o lado direito do esquerdo ($p=0.04$) e também entre os músculos ($p\approx 0$); na escoliose torácica à esquerda (ET_E) e na escoliose tóraco-lombar destro convexa (ETL_{DC}) houve diferença entre antes e depois ($p\approx 0$) e entre os músculos ($p\approx 0$). Os dados apresentados evidenciaram que não houve diminuição em todos os músculos investigados, mas na maior parte deles ocorreu significativa redução do sinal, pelo ajuste no recrutamento de unidades motoras referente ao desenvolvimento de força muscular nos lados côncavos e convexos da curvatura escoliótica.

Referente à EMG_{Fmed} , na EP_D houve diferença entre antes e depois ($p\approx 0$) e entre os músculos ($p=0.001$), na ET_D houve diferença entre antes e depois ($p\approx 0$) e entre os músculos ($p=0.007$), na ET_E e ETL_{DC} houve diferença apenas entre antes e depois ($p\approx 0$), na ETL_E houve diferença entre antes e depois ($p=0.007$). Em todos os casos de escoliose estudados, houve aumento da EMG_{Fmed} após a realização do protocolo de tratamento; sendo em particular um aumento nos músculos OBLI e RA, responsáveis pela estabilização segmentar e mobilidade da coluna vertebral; em decorrência do incremento na velocidade de condução dos potenciais de ação das unidades motoras, gerados pela intervenção terapêutica pelo MP, que propiciou maior estímulo neuromuscular e alinhamento postural em nove voluntários pesquisados.

Verificaram-se diferenças estatísticas nas variáveis estatura ($p=0,003$) decorrente do crescimento axial e aumento na flexibilidade ($p=0,000$) no teste sentar e alcançar e não houve diferenças no percentual de gordura. E na análise das variáveis posturais avaliadas por meio da simetrografia, os resultados mostraram diferenças estatisticamente significativas nos casos de

escoliose ($p=0.001$), na qual nove pesquisados (40,9%), obtiveram alinhamento postural, e também no encurtamento do trapézio ($p=0.031$) e nos ombros assimétricos ($p=0.001$).

Os achados sugerem que o protocolo constituído para tratamento da escoliose, necessitará um tempo maior de aplicação, pois os princípios do MP exigem movimentos associados à inspiração e expiração forçada, execução correta dos exercícios com o acionamento do *powerhouse*, posicionamento da coluna neutra e sincronismo respiratório. Todos estes aspectos necessitaram de tempo adequado para familiarização dos conceitos fundamentais, para promover benefícios posturais.

Conclui-se que em 24 sessões, a intensidade de recrutamento muscular e o período de aplicação da intervenção terapêutica podem não ter sido suficientes para proporcionar o alinhamento postural e redução da curva escoliótica.

O presente estudo também apresentou limitações, pelo pequeno tamanho amostral correspondente as classificações da escoliose, o que dificultou a análise estatística separadamente por grupos musculares.

A continuação de trabalhos na mesma linha é necessária para utilização dos presentes resultados, na reabilitação de problemas posturais. Portanto, sugere-se a realização de outras análises em grupos homogêneos de classificação da escoliose, que avaliem a influência da idade, do gênero, do número de sessões e de frequência semanal, bem como comparações com outros protocolos de intervenção constituídos com diferentes exercícios no solo e em equipamentos de estúdio Pilates.

REFERÊNCIAS

ACAROGLU, E. et al. The metabolic basis of adolescent idiopathic scoliosis, report of the “metabolic” workgroup of the Fondation Yves Cotrel. **Eur Spine Journal**, v. 21, n. 6, p. 1033-1042, mar. 2012.

ADAMS, M. et al. Pilates and Mindfulness: a qualitative study. **Journal of Dance Education**, v. 12, n.4, p. 123-130, nov. 2012.

ADOBOR, R. D. et al. A health economic evaluation of screening and treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis. **Scoliosis**, v. 9, n. 1, p. 21, dec. 2014.

ALBRECHT, B. L. **Controle de uma cadeira de rodas motorizada através de eletromiografia em uma plataforma embarcada**. 2010. 137 p. Trabalho de conclusão de curso - Instituto de Informática, DELET/UFRGS. Porto Alegre, 2010.

ALADRO-GONZALVO, A. R. et al. The effect of Pilates exercises on body composition: A systematic review. **J Body Mov Ther**, v.16, p.109-114, jan. 2012.

ALMERO, L. P. et al. Revisión y actualización de la eficacia del screening o cribado en la escoliosis idiopática del adolescente. **Revista Española de Cirugía Osteoarticular**, v. 49, n. 260, p. 181-186, oct-dec. 2014.

ALTAN, L., KORKMAZ, N., BINGOL, Ü., & GUNAYY, B. Effect os Pilates Training on people witch Fibromialgia Syndrome: a pilot study. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 90, n. 12, p. 1983-1988, 2009.

ALVES, S. T. **Educação física escolar e sua relação com a prevenção de problemas posturais em adolescentes**. 2013. 11 p. Monografia - Faculdade de Ciências da Educação e Saúde. Licenciatura Em Educação Física, 2013.

ALVES, A. L. et al. Tratamento Fisioterápico na Escoliose. **Pós em Revista**, v. 6, n. 6, p. 1-5, 2012.

DE ARAÚJO, M. E. A., et al. The effectiveness of the Pilates method: reducing the degree of non-structural scoliosis, and improving flexibility and pain in female college students. **J Body Mov Ther**, v. 16, n. 2, p. 191-8, apr. 2012.

AMORIM, T. P.; SOUSA, F. M.; SANTOS, J. A. R. Influence of Pilates training on muscular strength and flexibility in dancers. **Motriz: Revista de Educação Física**, Rio Claro, v.17, n.14, p.660-666, oct-dec. 2011.

ARAÚJO, M. E. A. D. et al. Reduction of the chronic pain associated to the scoliosis non structural, in university students submitted to the Pilates method. **Motriz: Revista de Educação Física**, Rio Claro, v. 16, n. 4, p. 958-966, oct-dec. 2010.

GONÇALVES, A. G.; ASTUR, D. da C.; COHEN, M. **Classificações em Ortopedia e Traumatologia**. 5ed. São Paulo: Manole, 2011.

BADARÓ, A. F. V.; NICHELE, L. F. I.; TURRA, P. Student body posture in Brazilian studies. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 197-204, apr-jun. 2015.

BARACAT, P. J. F. Efeito agudo da reeducação postural global sobre a escoliose congênita. **Biológicas & Saúde**, Campo dos Goytacazes, v. 5, n. 18, p. 53-54, set. 2015.

BASSANI, E. et al. Avaliação da ativação neuromuscular em indivíduos com escoliose através da eletromiografia de superfície. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 12, n. 1, p. 13-9, jan-fev. 2008.

BALMACEDA, M. **Benefícios del tratamiento de la escoliosis idiopática con el método Pilates**. 2015. 92 p. Monografía – Facultad de Ciencias Médicas. Licenciatura en Kinesiología, 2015.

BERTOLLA, F. et al. Efeito de um programa de treinamento utilizando o método Pilates® na flexibilidade de atletas juvenis de futsal. **Revista Brasileira Medicina no Esporte**, v. 13, n. 4, p. 222-6, jul-ago. 2007.

BIASOTTO D. C.; BIASOTTO-GONZALEZ, D. A.; PANHOCA, I. Correlation between the clinical phonoaudiological assessment and electromyographic activity of the masseter muscle. **J. Appl. Oral. Sci**, Bauru, v. 13, n. 4, p. 424-430, oct-dec. 2005.

BIALEK, M. et al. Decrease of electromyographic activity of concave paraspinal muscles in scoliotic girls after specific soft tissue therapy. **Scoliosis Supplement**, v. 1, n. 2, p. 1, oct. 2007.

BISPO, V. A.; OLIVEIRA, M. D. P. Avaliação da resposta sensório-motora e funcionalidade após a participação no programa de prevenção de lesões FIFA "THE 11+". **Ciências da Saúde**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 63-69, jul-dec. 2015.

BLUM, C. L. Chiropractic and pilates therapy for the treatment of adult scoliosis. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 25, n. 4, p. E1-E8, may. 2002.

BOHORQUEZ, I. J. R.; SOUZA, M. N.; PINO, A. V. Influência de parâmetros da estimulação elétrica funcional na contração concêntrica do quadríceps. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 29, n. 2, p.153-165, jun. 2013.

BONAGAMBA, G. H.; COELHO, D. M.; OLIVEIRA, A. S. D. Confiabilidade interavaliadores e intra-avaliador do escoliômetro. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 14, n. 5, p. 432-7, mar. 2010.

BORGES, L. P. N. C. et al. Measurement of motor nerve conduction velocity in three different sports. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 19, n. 5, p. 328-331, sept-oct. 2013.

BOTELHO, A. L. et al. Avaliação eletromiográfica de assimetria dos músculos mastigatórios em sujeitos com oclusão normal. **Revista da Faculdade de Odontologia – UPF**, v. 13, n.3, p. 7-10, set-dez. 2010.

BOLSANELLO, D. P. Pilates é um Método de Educação Somática? **Revista Brasileira de Estudos da Presença**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 101-126, jan-abr. 2015.

BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. 8ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

BUNNELL, W. P. An objective criterion for scoliosis screening. **J Bone Joint Surg Am**, v. 66, n. 9, p. 1381-712, dec. 1984.

CARUNCHO, M. V. Os efeitos da radiação diagnóstica. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, Florianópolis, v. 6, n. 19, p. 116-7, abr-jun. 2011.

CAVALCANTE FILHO, D. E. A. et al. Dor lombar em adolescentes: um rastreamento escolar. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 347-352, nov. 2014.

CELLARIUS, P. F. et al. O nível de estresse das praticantes do método Pilates. **Revista do Centro de Pesquisas em Qualidade de Vida – CPAQV**, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2009.

CHAGAS, J. C. M. et al. Estudo histoquímico dos músculos rotadores do dorso em pacientes com escoliose idiopática do adolescente. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 33, n. 2, p. 111-8, fev. 1998.

CHWAŁA, W. et al. Variations in bioelectric activity during symmetric loading and asymmetric stretching of paraspinal extensors in young adult women with mild single curve scoliosis. **Studies in Health Technology and Informatics**, v. 176, p. 129–132, 2012.

CHWAŁA, W. et al. Electromyographic assessment of functional symmetry of paraspinal muscles during static exercises in adolescents with idiopathic scoliosis. **BioMed research international**, v. 2014, p. 1-7, sept. 2014.

CHOWANSKA, J. et al. School screening for scoliosis: can surface topography replace examination with scoliometer. **Scoliosis**, v. 7, n. 1, p. 9, apr. 2012.

CHATZINIKPLAOU, A. et al. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 5, p. 1389-1398, may. 2010.

COMUNELLO, J. F. Benefícios do Método Pilates e sua aplicação na reabilitação. **Instituto Salus**, p. 1-11, mai-jun. 2011.

CONCEIÇÃO, J. S.; MERGENER, C. R. Eficácia do método Pilates no solo em pacientes com lombalgia crônica: relato de casos. **Revista Dor**, v. 13, n. 4, p. 385-388, out-dez. 2012.

CORREA, C. S.; COSTA, R.; PINTO, R. S. Utilização de diferentes técnicas para o controle do posicionamento dos eletrodos de superfície na coleta do sinal eletromiográfico. **Revista Acta Brasileira do Movimento Humano**, v. 2, n. 2, p. 5-13, abr-jun. 2012.

CORRÊA, C. P. S. Análise comparativa de dois protocolos de tratamento para lombalgias. **HU Revista**, Juiz de Fora, v. 41, n. 1 e 2, p. 1-7, jan-jun. 2015.

CURI, V. S. **A influência do método pilates nas atividades de vida diária de idosas**. 2009. 68 p. Dissertação - Programa de Pós-graduação do Instituto de Geriatria e Gerontologia – PUC-RS. Porto Alegre, 2009.

CRAIG, C. **Pilates com a bola**. 1 ed. São Paulo: Phorte, 2003.

CRUZ-FERREIRA, A., et al. Does Pilates Exercise Improve Postural Alignment in Adult Women? **Women & Health**, v. 53, n. 6, p. 597-611, jun. 2013.

DA COSTA, M. A. S. **Tratamento da escoliose idiopática do adolescente**. 2012. 98 f. Dissertação - Ortopedia e Traumatologia. Faculdade de Medicina Faculdade do Porto. Porto, 2012.

DA COSTA, T. B. et al. Análise postural em escolares do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 16, n. 2, p. 219-222, 2012.

DALBAYRAK, S. et al. Surgical treatment in sacral fractures and traumatic spinopelvic instabilities. **Turk Neurosurg**, v. 24, n. 4, p. 498-505, mar. 2014.

DE ARAÚJO, M. E. A. et al. The effectiveness of the Pilates method: reducing the degree of non-structural scoliosis, and improving flexibility and pain in female college students. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 16, n. 2, p. 191-198, apr. 2012.

DE ALVARENGA, G. M., et al. A postura e o apoio plantar em idosas com escoliose no uso do método pilates stúdio: resultados preliminares. **XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB**, 2014.

DE AMORIM, J. B. M. et al. O método pilates no tratamento da lombalgia crônica não específica. **Connection line**, n. 7, p. 101-109, 2014.

DE FREITAS, M. M.; PAZ, G. A.; LIMA, V. P. Índices antropométricos e incapacidade funcional lombar entre universitários fisicamente inativos. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 8, n. 48, p. 2, 2014.

DE LUCA, C. J. The use of electromyography in biomechanics. **J Appl Biomech**, v. 13, n. 2, p. 135-63, 1997.

DE MOURA, F. I. R. et al. Órtese para reabilitação de jovens com escoliose idiopática. **Human Factors in Design**, v. 4, n. 8, p. 112-130, nov. 2015.

DE MOURA, P. M. et al. Efeito do método Pilates sobre a escoliose idiopática: estudo de caso. **Sci. med**, v. 24, n. 4, p. 391-398, out-dez. 2015.

DE OLIVEIRA, L. C. et al. Effects of Pilates on muscular endurance, flexibility and balance in young women. **ConScientiae Saúde**, v. 13, n. 4, p. 533, out. 2014.

DE OLIVEIRA, J. G. et al. Lombalgia e Estilo de Vida. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 16, n. 4, p. 341-4, mar. 2015.

DE OLIVEIRA, C. M.; TEIXEIRA, G. M. R.; CUBO, R. C. P. Tratamento fisioterapêutico por meio da cinesioterapia na escoliose idiopática do adolescente: relato de caso. **Revista funec científica-multidisciplinar**, Santa Fé do Sul, v. 3, n. 5, p. 122-130, jan-dez. 2015.

DE OLIVEIRA, L. J.; HORODÉSKI, J. S. Efeito do método Pilates na redução do grau de escoliose em paciente com Osteocondrose-Estudo de Caso. **Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar**, v. 2, n. 1, p. 44-58, jan-jun. 2013.

DE OLIVEIRA, L. M. N. et al. Análise do efeito do método pilates no grau de força e flexibilidade de idosas da comunidade do bairro são pedro em teresina–PI. **11º Congresso Internacional da Rede Unida**, 2014.

DAYER, R. et al. Idiopathic scoliosis: etiological concepts and hypotheses. **Journal of children's orthopaedics**, v. 7, n. 1, p. 11-16, feb. 2013.

DE SÁ, A. F.; GUIMARÃES, F. S.; SILVA, J. G. Aspectos metodológicos da eletromiografia de superfície: Considerações sobre os sinais e processamentos para estudo da função neuromuscular. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 11-30, jan. 2010.

DE SOUZA, F. I. D. et al. Epidemiologia da Escoliose Idiopática do Adolescente em escolares do ensino fundamental da rede pública de Goiânia-Go. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 223-225, jul-ago. 2013.

DE SOUZA, M. B.; MEJIA, D. P. M. **Aplicação do método pilates e da estabilização segmentar na coluna lombar**. 2013. 14 p. Monografia - Pós-graduação em Fisioterapia em Reabilitação na Ortopedia e Traumatologia com ênfase em Terapia Manual- Faculdade Ávila, 2013.

DIAS, J. M. et al. Comparison of the electromyographic activity of the anterior trunk during the execution of two Pilates exercises—teaser and longspine—for healthy people. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 24, n. 5, p. 689-697, oct. 2014.

DIMITROVA, N. A. et al. Fatigue analysis of interference EMG signals obtained from biceps brachii during isometric voluntary contraction at various force levels. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n. 2, p. 252-258, apr. 2009.

EL-SAYED, S. L.; MOHAMMED, M. S.; ABDULLAH, H. F. Impact of Pilates Exercises on the muscular ability and components of jumping to volleyball players. **Sport Sci**, v.3, n. 5, p.712-718, 2010.

EMERY, K. et al. The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. **Clin Biomech**, v. 25, n. 2, p. 124-130, feb. 2010.

ERKAL, A. A. et al. Effects of eight weeks pilates exercises on body composition of middle aged sedentary women. **Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport**, v.11, n.1, p. 86-89, 2011.

ESPÍRITO SANTO, A. D.; GUIMARÃES, L. V.; GALERA, M. F. Prevalência de escoliose idiopática e variáveis associadas em escolares do ensino fundamental de escolas municipais de Cuiabá, MT em 2002. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 14, n. 2, p. 347-356, 2011.

EYIGOR, S. et al. Effects of pilates exercises on functional capacity, flexibility, fatigue, depression and quality of life in female breast cancer patients: a randomized controlled study. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v.46, n.4, p.481-487, 2010.

EYIGOR, S. et al. Effects os Pilates exercises. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 5, p. 357, 2004.

FARINA, E. C. R.; et al. Alterações posturais em atletas de marcha atlética de alto rendimento. **Revista da UNIFEDE**, v. 1, n. 9, p. 1-14, out. 2011.

FARAPOUR, N.; YOUNESION, H.; Bahrpeyma, F. Electromyographic activity of erector spinae and external oblique muscles during trunk lateral bending and axial rotation in patients with adolescent idiopathic scoliosis and healthy subjects. **Clinical Biomechanics**, v. 30, n. 5, p. 411-417, jun. 2015.

FERREIRA, A. C. et al. Does pilates exercise improve postural alignment in adult women? **Women & Health**, v. 53, n.6, p. 597-611, jun. 2013.

FERREIRA, G. Q. Eficácia do método pilates para dor da região lombar. **Revista Visão Universitária**, v. 3, n. 1, p. 146-161, 2015.

FERREIRA, D. M. A. et al. Avaliação da coluna vertebral: relação entre gibosidade e curvas sagitais por método não-invasivo. **Revista Brasileira Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 12, n. 4, p. 282-289, 2010.

FIORELLI, A. et al. Redução da escoliose idiopática juvenil pós-intervenção cinesioterapêutica: relato de caso. **Revista Salusvita**, v. 33, n. 3, p. 355-363, 2014.

FILHO, D. E. A. C. et al. Low back pain in adolescents: a school screening. **Development**, v. 24, n. 3, p. 347-353, 2014.

FISCHER, C. R.; KIM, Y. Selective fusion for adolescent idiopathic scoliosis: a review of current operative strategy. **Eur Spine J**, v. 20, n. 7, p. 1048-1057, 2011.

FOLLAND, J. P.; WILLIAMS, A. G. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. **Sports Med**, v. 37, n. 2, p. 145-68, 2007.

FORNAZARI, L. P.; PEREIRA, V. C. G. Prevalência de postura escoliótica em escolares do ensino fundamental. **Fisioterapia e Pesquisa**, v.18, n.4, p. 329-34, 2014.

FREITAS FILHO, C. H. B.; SILVA, J. R. T.; SILVA, M. L. Princípios etiológicos e de diagnose em fibromialgia e seu tratamento através da acupuntura. **Sobrafisa**, v. 1, n. 5, p. 11-8, 2004.

FUSCO, C. et al. Low rate of surgery in juvenile idiopathic scoliosis treated with a complete and tailored conservative approach: end-growth results from a retrospective cohort. **Scoliosis**, v. 9, n. 1, p. 1, 2014.

GALDINO, L. I. et al. Efeitos do método pilates em pacientes com lombalgia crônica inespecífica: revisão sistemática. **Revista Interdisciplinar Ciência e Saúde**, v. 2, n. 3, p. 122-129, 2015.

GAUDREAU, N. et al. Assessment of the paraspinal muscles of subjects presenting an idiopathic scoliosis: an EMG pilot study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 6, n. 1, p. 14, 2005.

GEMELLI, M. **Desenvolvimento e aplicação de um protocolo osteopático de tratamento para bebês com refluxo**. 2014. 76f. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, A. V. et al. A. Tratamento do estresse psicológico pela acupuntura, avaliada pela eletromiografia do músculo trapézio. **Revista Dor**, v. 13, n. 3, p. 220-4, 2012.

GORDIA, A. P.; DE QUADROS, T. M. B.; DE CAMPOS, W. Avaliação do excesso de gordura corporal em adolescentes: utilização de diferentes indicadores antropométricos. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, Maringá, 33(1), 51-57, 2011.

GUADAGNIN, E. C.; MATHEUS, S. C. Prevalência de desvios posturais de coluna vertebral em escolares. **Revista Brasileira Ciência e Saúde/Revista de Atenção à Saúde**, v. 10, n. 31, p. 31-37, jan-mar. 2012.

GUARIGLIA, D. A. et al. Avaliação da confiabilidade e usabilidade de três diferentes programas computacionais para análise fotogramétrica do ângulo de flexão do quadril. **Braz J Phys**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 247-51, jul-set. 2011.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 10, n. 5, p. 361-374, oct. 2000.

HIDES, J. A. et al. Effect of motor control training on muscle size and football games missed from injury. **Medicine Science in Sports Exercise**, v.44, n. 6, p.1141-1149, 2012.

HORNE, J. P.; FLANNERY, R., USMAN, S. Adolescent idiopathic scoliosis: diagnosis and management. **Am Fam Physician**, v. 89, n. 6, p. 193-198, feb. 2014.

HUG F. Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography? **J Electromyogr Kinesiol**, v. 21, n. 1, p. 1-12, feb. 2011.

HUI, W. et al. Effect of a traditional Chinese Medicine Combined Therapy on Adolescent Idiopathic Scoliosis: a randomized Controlled Trial. **Journal of Traditional Chinese Medicine**, v. 35, n. 5, p. 514-519, oct. 2015.

IDE, B. N. et al. Adaptações Neurais ao Treinamento de Força. **Acta Brasileira do Movimento Humano**, v. 4, n. 5, p. 1-16, out-dez. 2014.

IUNES, D. H. et al. Confiabilidade intra e interexaminadores e repetibilidade da avaliação postural pela fotogrametria. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 9, n. 3, p. 327-34, abr. 2005.

IUNES, D. H. et al. Evaluation of musculoskeletal symptoms and of work ability in a higher education institution. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 28, n. 2, p. 297-306, apr-jun. 2015.

JESUS, L. T. et al. Efeitos do método Pilates sobre a função pulmonar, a mobilidade toracoabdominal e a força muscular respiratória: ensaio clínico não randomizado, placebo-controlado. **Fisioterapia e Pesquisa**, Piracicaba, v. 22, n. 3, p. 213-222, nov. 2015.

JUNG, H. S. et al. EMG activity and force during prone hip extension in individuals with lumbar segmental instability. **Manual therapy**, v. 20, n. 3, p. 440-444, jun. 2015.

JUNGES, S. et al. Eficácia do método pilates para a postura e flexibilidade em mulheres com hipercifose; **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 20, n. 1, p. 21-33, 2012.

JUNIOR, P. C. N. et al. Os efeitos do método pilates no alinhamento postural: estudo piloto. **Fisioterapia Ser**, v. 3, n. 4, p. 210-215, dez. 2008.

KALMAR J. M.; CAFARELLI, E. Central excitability does not limit postfatigue voluntary activation of quadriceps femoris. **J Appl Physiol**, v. 100, n. 6, p. 1757-1764, jun. 2006.

KARIMIAN, A. et al. A. Prevalence of Scoliosis and Associated Risk Factors in Children and Adolescents: A Systematic Review. **Journal of Mazandaran University of Medical Sciences**, v. 25, n. 130, p. 191-199, sept. 2015.

KAWANO, F.; MATSUOKA, Y.; OKE, Y. Role(s) of nucleoli and phosphorylation of ribosomal protein S6 and/or HSP27 in the regulation of muscle mass. **Am J Physiol Cell Physiol**, v. 293, n. 1, p. C35-C44, jul. 2007.

KENDALL, F. P.; MCCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. Músculos, provas e funções; com Postura e dor. S/L: Editora Manole, 1995.

KING, H. A. et al. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. **J Bone Joint Surg Am**, v. 6, n. 5, p. 1302–1313, dec. 1983.

KLOUBEC, J. Pilates: how does it work and who needs it? **Muscles Ligaments Tendons J**, v. 1, n. 2, p. 61-6, 2011.

KLOUBEC, J. A. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance and posture. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 3, p. 661-667, mar. 2010.

KNOTT, P. et al. SOSORT 2012 consensus paper: educing x-ray exposure in pediatric patients with scoliosis. **Scoliosis**, v. 9, n. 1, p. 1, apr. 2014.

KOMATSU, M. O. et al. A Prevalência de Escoliose em Pacientes com Diagnóstico de Tumor de Wilms fora de Tratamento Oncológico. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 61, n. 2, p. 105-113, jul. 2015.

KONRAD, P. **The ABC of EMG: A practical introduction to kinesiological electromyography**. Boston: Noraxon Inc, 2005.

KUO, Y. L.; TULLY, E. A.; GALEA, M. P. Sagittal spinal posture after Pilates-based exercise in healthy older adults. **Spine**, v. 14, n. 10, p. 1046-1051, may. 2010.

KUO, F. C. et al. Postural control strategies related to anticipatory perturbation and quick perturbation in adolescent idiopathic scoliosis. **Spine**, v. 36, n. 10, p. 810–816, may. 2011.

LABELLE, H. et al. Screening for adolescent idiopathic scoliosis: an information statement by the scoliosis research society international task force. **Scoliosis**, v. 8, n. 1, p. 17, oct. 2013.

LARA, S. Efeito do método Pilates sobre a escoliose idiopática: estudo de caso. **Scientia Medica**, v. 24, n. 4, p. 1-16, jan. 2015.

LATEY, P. The Pilates method: history and philosophy. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 5, n. 4, p. 275-282, o2001.

LEITE, P. C. P. **Análise da flexibilidade em escolares do ensino fundamental**. 2015. 36 f. Monografia. Faculdade de Educação Física - UniCEUB. Brasília, 2015.

LEE, S.; SHIM, J. The effects of backpack loads and spinal stabilization exercises on the dynamic foot pressure of elementary school children with idiopathic scoliosis. **Journal of physical therapy science**, v. 27, n. 7, p. 2257, jul. 2015.

LENKE, L. G.; BETZ, R. R.; HAHER, T. R. et al. Multisurgeon assessment of surgical decision-making in adolescent idiopathic scoliosis: Curve classification, operative approach, and fusion levels. **Spine**, v. 26, n. 21, p. 2347–2353, nov. 2001.

LIMA, E. U. et al. Intervenção fisioterapêutica através da reeducação tridimensional na escoliose idiopática debutante: Estudo de Caso. **Revista Inspirar Movimento & Saude**, v. 6, n. 4, p. 7-10, jul-ago. 2013.

LIM, E. C. W. et al. Effects of Pilates-based exercises on pain and disability in individuals with persistent nonspecific low back pain: a systematic review with meta-analysis. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 41, n. 2, p. 70-80, feb. 2011.

LOSS, J. F.. Atividade elétrica dos músculos oblíquos externos e multífidos durante o exercício de flexoextensão do quadril realizado no Cadillac com diferentes regulagens de mola e posições do indivíduo. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 14, n. 6, p. 510-7, nov-dez. 2010.

LUZ, M. A. et al. Effectiveness of mat Pilates or equipment-based Pilates in patients with chronic non-specific low back pain: a protocol of a randomized controlled trial. **Musculoskeletal Disorders**, v.14, n.16, p. 1, jan. 2013.

MACEDO, R. B. et al. A. Quality of life, school backpack weight, and nonspecific low back pain in children and adolescents. **Jornal de Pediatria**, v. 91, n. 3, p. 263-269, may-jun. 2015.

MACEDO, C. G.; HAAS, A. N.; GOELLNER, S. V. O método pilates no brasil segundo a narrativa de algumas de suas instrutoras pioneiras. **Pensar a Prática**, Goiânia, v. 18, n. 3, jul-set. 2015.

MACHADO, C. N. **Caracterização da força de membros inferiores durante a execução do exercício foot work do método pilates**. 2013. Dissertação. Programa De Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano. UFSC, 2013.

MARTINS, G. de A.; Domingues, O. **Estatística geral e aplicada**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2014.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. São Paulo: Atlas, 2012.

MAYER, A. P.; WENDELL, A. A influência do método pilates na aptidão física de idosas do município de Guarapuava - Pr. **Voos Revista Polidisciplinar Eletrônica da Faculdade Guairacá**, v. 3, n. 2, p. 82-92, dez. 2012.

MCNEILL, W. Core stability is a subset of motor control. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 14, n. 1, p. 80-83, jan. 2010.

MALFAIR, D. et al. Radiographic evaluation of scoliosis: review. **American Journal of Roentgenology**, v. 194, n. 3, p. S8-S22, mar. 2010.

MARKATOS, K. et al. Ambroise Paré (1510-1590) and His Contribution to the Treatment of Scoliosis. **Journal of Research on History of Medicine**, v. 4, n. 4, p. 191-198, nov. 2015.

MASSÓ GONZÁLEZ, E. L. et al. Variability among nonsteroidal antiinflammatory drugs in risk of upper gastrointestinal bleeding. **Arthritis & Rheumatism**, v. 62, n. 6, p. 1592-1601, feb. 2010.

MARCHETTI, P. H.; DUARTE, M. **Instrumentação em eletromiografia**. Laboratório de biofísica, escola de educação física e esporte. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

MARÉS, G. et al. A importância da estabilização central no método PILATES: uma revisão sistemática. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 25, n. 2, p. 445-451, abr-jun. 2012.

MARQUES, A. P. Escoliose tratada com Reeducação Postural Global. **Revista Fisioterapia Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 65-68, dez-jan. 2007.

MARQUES, E. C. M. **Anatomia e Fisiologia Humana**. 2ed. Curitiba: Martinari, 2015.

MARQUES, N. R. et al. EMG activity of trunk stabilizer muscles during Centering Principle of Pilates Method. **Journal of Bodywork and Movements Therapies**, v. 17, n. 2, p. 185-191, apr. 2013.

MARTI, C. L. et al. Scoliosis Research Society members attitudes towards physical therapy and physiotherapeutic scoliosis specific exercises for adolescent idiopathic scoliosis. **Scoliosis**, v. 10, n. 1, p. 16, may. 2015.

MCMASTER, M. E.; LEE, A. J. ; BURWELL, R. G. Physical activities of Patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS): preliminary longitudinal case-control study historical evaluation of possible risk factors. **Scoliosis**, v. 10, n. 1, p. 6, feb. 2015.

MAC-THIONG, J. M. et al. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. **Spine**, v. 35, n. 22, p. E1193-E1198, oct. 2010.

MENACHO, M. O. et al. Electromyographic effect of mat Pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. **Journal manipulative and physiological therapeutics**, v. 33, n. 9, p. 672-678, nov-dec. 2010.

MERLETTI, R., R. et al. Advances in surface EMG: recent progress in clinical research applications. **Critical Reviews in Biomedical Engineering**, v. 38, n. 4, p. 347-379, 2010.

MERLETTI, R.; PARKER, P. A. **Electromyography: physiology, engineering and noninvasive applications**. 11 ed. John Wiley & Sons, 2004.

MINGHELLI, B.; OLIVEIRA, R.; NUNES, C. Association of obesity with chronic disease and musculoskeletal factors. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 61, n. 4, p. 347-354, jul-ago. 2015.

MIZUSAKI, D.; GOTFRYD, A. O. Avaliação da correção espontânea da curva lombar após a fusão da torácica principal na escoliose idiopática do adolescente Lenke 1. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 51, n. 1, 83-89, jan-fev. 2015.

MONTEIRO, D. et al. Electromyographic assessment of swallowing different types of clinical disease, Parkinson's on and off phases. **Revista CEFAC**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 409-417, mar-apr. 2015.

MORDECAI, S. C.; DABKE, H. V. Efficacy of exercise therapy for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: a review of the literature. **European Spine Journal**, v. 21, n. 3, p. 382-389, mar. 2012.

MOURA, M. L.; TESSUTTI, L. S.; MORAES, A. C. Análise do exercício abdominal crunch realizado com cargas máximas e submáximas: Respostas eletromiográficas da musculatura abdominal. **Motricidade**, v. 7, n. 1, p. 85-93, jul. 2011.

NASCIMENTO, P. R. C. do; COSTA, L. O. P. Low back pain prevalence in Brazil: a systematic review. **Cadernos de saúde pública**, v. 31, n. 6, p. 1141-1156, mar. 2015.

National Center for Complementary and Alternative Medicine. CAM definition; 2010. Acesso em 12/08/2015: <http://nccam.nih.gov/health/whatiscam/>.

NEGRINI, S. et al. 2011 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. **Scoliosis**, v. 7, n. 1, p. 1, jan. 2012.

NEGRINI, A. et al. Scoliosis-Specific exercises can reduce the progression of severe curves in adult idiopathic scoliosis: a long-term cohort study. **Scoliosis**, v. 10, n. 1, p. 1-7, jul. 2015.

NETTER, F. H. **Atlas de Anatomia Humana**. 6ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NOBUKINI, M. I. **Aplicativo Android para aquisição de dados de um baropodômetro via Bluetooth para apoio na análise de escoliose**. 2014. 66 f. Dissertação. Faculdade de Engenharia - UNESP - Ilha Solteira, 2014.

NODA, D. D. K. G.; MARCHETTI, P. H.; JUNIOR, G. D. B. V. A eletromiografia de superfície em estudos relativos à produção de força. **Revista CPAQV- Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 6, n. 3, p. 2, 2014.

NOGUEIRA, I. S. **Abordagem fisioterapêutica nas escolioses: revisão bibliográfica**. 2015. Monografia. 47 f. Curso de Fisioterapia – Faculdade de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba, 2015.

OCARINO, J. M.; SILVA, P. L. P.; VAZ, D. V. et al. Eletromiografia: interpretação e aplicações na ciência da reabilitação. **Fisioterapia Brasileira**, v. 6, n. 4, p. 305-310, jul-ago. 2005.

OLIVEIRA, A. T. et al. Análise cinesiológica de exercícios de pilates. **SB**, p. 1-25, 2013.

OLIVEIRA, M. M. D. et al. Problema crônico de coluna e diagnóstico de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) autorreferidos no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 287-29, jun. 2015.

OVADIA, D. Classification of adolescent idiopathic scoliosis (AIS). **Journal of children's orthopaedics**, v. 7, n. 1, p. 25-28, feb. 2013.

PAZ, G. A. et al. Actividad electromiográfica de los músculos extensores del tronco durante la estabilización física del método Pilates. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 7, n. 2, p. 72-77, 2014.

PANJABI, M. M. The stabilising system of the spine part 1: function, dysfunction, adaptation and enhancement. **Journal of Spinal Disorders**, v. 5, n. 4, p. 383–389, dec. 1992.

PELAI, E. B. **Efeito de Técnicas Osteopáticas Estruturais na Postura e Flexibilidade de Indivíduos com Escoliose Idiopática do Adolescente**. 2014. 67 f. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Fisioterapia - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2014.

PERTILLE, L. V. T. C. et al. Comparative study of the method Pilates and therapeutic exercises on muscle strength and flexibility in trunk of soccer players. **ConScientia e Saúde**, v. 10, p. 102, p. 111, mar. 2011.

PETRINI, A. C. et al. Fisioterapia como método de tratamento conservador na escoliose: uma revisão. **Revista Científica FAEMA**, v. 6, n. 2, p. 17-35, jul-dez. 2015.

PEREIRA SANTOS, F. D. R. Análise da efetividade do método Pilates na dor lombar: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 23, n. 1, p. 157-163, jan-mar. 2015.

PHROMPAET, S. et al. Effects of pilates training on lumbo-pelvic stability and flexibility. **Asian J Sports Med**, v. 2, n. 1, p. 16-22, mar. 2011

PIRES, D. C.; Sá, C. R. C. Pilates: notas sobre aspectos históricos, princípios, técnicas e aplicações. **Revista Digital**, Buenos Aires, v. 10, n. 91, p. 126-129, dez. 2005.

PILATES, J. H. Sua Saúde. 1934. In: PILATES, Joseph Hubertus. **A obra completa de Joseph Pilates**. São Paulo: Phorte, 2010.

PORTO, F.; GURGEL, J. L.; FARINATTI, P. D. T. V. Topografia de Moiré como Método de Avaliação Postural: Revisão do Estado da Arte. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 567-577, mar. 2011.

PONT, J. P.; ROMERO, E. A. **Hubertus Joseph Pilates: La Biografía**. Haka Books, 2014.

PRADO, D. B. D. A. L. et al. Sinais precoces de escoliose em crianças pré-escolares. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 22, n. 1, p. 69-75, jan. 2015.

QUEIROZ, B. C. et al. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 91, n. 1, p. 86-92, jan. 2010.

QUIRINO, C. M. et al. Reprodutibilidade intra avaliador e interavaliadores na identificação digital da posição dos marcadores de referência na avaliação postural de fotogrametria. **Revista Brasileira Ciência e Movimento**, v. 23, n. 3, p. 143-150, jul. 2015.

REEVES, N. D. et al. Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. **Exp Physiol**, v.94, n. 7, p. 825–833, jun. 2009.

RESENDE, F. D. L. **Efeito da reeducação postural global (RPG) sobre a distribuição do peso corporal e atividade eletromiográfica na postura sentada**. 2010. 162 f. Tese. Engenharia Mecânica na área de Projetos - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá. Guaratinguetá, 2010.

REZENDE, R. et al. Avaliação da densidade mineral óssea em pacientes portadores de escoliose neuromuscular secundária a paralisia cerebral. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 50, n. 1, p. 68-71, jan-fev. 2015.

REYNEKE, D. **Pilates Moderno: a perfeita forma física ao seu alcance**. Barueri: Manole, 2009.

RIBEIRO, D. B.; MARTINS N. C.; BORGES, A. P. O. Efeito da intervenção do método pilates® na escoliose tóraco-lombar – estudo de caso. **Revista NovaFisio**. Revista eletrônica, 2012.

RIGLER, I.; PODNAR, S. Impact of electromyographic findings on choice of treatment and out come. **European Journal of Neurology**, v. 14, n. 7, p. 783-787, jun. 2007.

RIVETT, L. et al. The Relationship between quality of life and compliance to a brace protocol in adolescents with idiopathic scoliosis: a comparative study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 10, n. 1, p. 5, jan. 2009.

RIVETT, L.; STEWART, A.; POTTERTON, J. The effect of compliance to a Rigo System Cheneau brace and a specific exercise programme on idiopathic scoliosis curvature: a comparative study: SOSORT 2014 award winner. **Scoliosis**, v. 9, n. 1, p. 5, may. 2014.

RICCIOTTI, A. C. **Utilização de Wavelets no processamento de sinais de EMG**. 2006. 116f. Dissertação (Mestre em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

ROBLE, O. J. Uma Interpretação Estética do Método Pilates: seus princípios e convergências com a Educação Somática. **Revista Brasileira de Estudos da Presença**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 169-190, jan-abr. 2015.

ROBISON, A.; SNYDER-MACKLER, L. **Eletrofisiologia clínica: eletroterapia e teste eletrofisiológico**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

RODRIGUEZ J. **Pilates**, São Paulo: Marco Zero; 2006.

ROGERS, K.; GIBSON, A. Eight-week Traditional Mat Pilates Training-Program Effects on Adult Fitness Characteristics. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. **Physical Education, Recreation and Dance**, v. 80, n. 3, p. 569-574, jan. 2009.

ROMANO, M. et al. Scientific Exercises Approach to Scoliosis (SEAS): Efficacy, Efficiency and Innovation. **Stud Health Technol Inform**, v. 135, p. 191-207, 2008.

ROSANOVA, G. L. C.; CAMARINI, P. M. F.; DE OLIVEIRA, G. B. S. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 26, n.1, p. 63-70, jan-mar. 2013.

ROSARIO, J. L. Relief from Back Pain Through Postural Adjustment: a Controlled Clinical Trial of the Immediate Effects of Muscular Chains Therapy (MCT). **International journal of therapeutic massage & bodywork**, v. 7, n. 3, p. 2, sept. 2014.

ROSSI, D. M. et al. Antagonist coactivation of trunk stabilizer muscles during Pilates exercises. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 18, n. 1, p. 34-41, jan. 2014.

SAKAI, D. S. et al. Comparison of the radiographic outcomes using hybrid constructs, pedicle screws or hook instrumentation for the treatment of. **Columna**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 328-333, jul-sept. 2014.

SANTOS, F. de O. F. dos.; MONTEZELI, J. H.; PERES, A. M. Autonomia profissional e sistematização da assistência de enfermagem: percepção de enfermeiros. **Revista Mineira de Enfermagem**, v. 16, n. 2, p. 251-257, abr-jun. 2012.

SANTOS, F. D. R. P.; MOSER, A. D. L.; BERNARDELLI, R. S. Análise da efetividade do método Pilates na dor lombar: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 23, n. 1, p. 157- 163, jan-mar. 2015.

SAPATÉRA, M. L. R.; PANDINI, E. V. Obesidade na adolescência. *Lecturas: Educación física y deportes*, Buenos Aires, n. 85, p. 35, jun. 2005.

SCHILLER, J. R.; THAKUR, N. A.; EBERSONM, C. P. Brace Management in Adolescent Idiopathic Scoliosis. **Clin Orthop Relat Res**, v. 468, n. 1, p. 670-678, 2010.

SCHMID, A. B. et al. Muscle Activity During Symmetrical and Asymmetrical Weight Training in Idiopathic Scoliosis. **J. Sport Rehabil**, v. 19, n. 1, p. 315-27, ago. 2010.

SCHEEREN, E. M.; KRUGER, E.; FREITAS, C. de la R. F. **Eletromiografia: o que é e para que serve**. Coleção Eletromiografia de superfície: da teoria à prática. Curitiba: PUCPRes, 2015.

SCHOSSLER, A. et al. Efeitos dos exercícios do método pilates em pacientes com dor lombar crônica. **Revista Contexto & Saúde**, Ijuí, v. 9, n. 16, p. 37-41, jan-jun. 2013.

SEDREZ, J. A. et al. Fatores de risco associados a alterações posturais estruturais da coluna vertebral em crianças e adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 33, n. 1, p. 72-81, jan. 2015.

SEDREZ, J. A.; CANDOTTI, C. T Métodos não invasivos de avaliação postural da escoliose: Uma revisão sistemática. **Motricidade**, v. 9, n. 4, p. 100-111, abr. 2013.

SEGURA, D. de C. A. et al. Efeitos da reeducação postural global aplicada em adolescentes com escoliose idiopática não estrutural. **Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR**, v. 17, n. 3, p. 153-157, set-dez. 2013.

SEGURA-JIMÉNEZ, V. et al. Effectiveness of Tai-Chi for decreasing acute pain in fibromyalgia patients. **International journal of sports medicine**, v. 35, n. 5, p. 418-423, may. 2014.

SENIAM: Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles. Disponível em: <<http://www.seniam.org/>> Acesso em 14 agosto 2015.

SEKENDIZ, B. et al. Effects of Pilates exercise on Trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 11, n. 4, p. 318-326, oct. 2007.

SILVA FILHO, J. N. Methods of evaluating postural deviations of the spine used in national studies: a systematic review. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, Suplemento do III Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia, p. 51-193, mar. 2014.

SILVA FILHO, J. N. D. et al. Softwares mais utilizados na fotogrametria para avaliação da postura corporal nos estudos e nos periódicos brasileiros. In: **Colloquium Vitae**, v. 6, n. 1, p. 34-42, 2015.

SILVA, A. C. L. G.; MAMMIRICH, G. Pilates on Rehabilitation: a systematic review. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 22, n. 3, p. 449-455, jul-set. 2009.

SILVA, C. B. et al. Influências do peso da mochila escolar em estudantes do ensino fundamental: uma revisão bibliográfica. **Revista Médica de Minas Gerais**, v. 25, n. 2, p. 1-4, jan. 2015.

SILVA, J. G. et al. Moiré topography: an alternative to scoliosis evaluation in student's health. **Journal of Human Growth and Development**, v. 24, n. 1, p. 62-66, jan. 2014.

SILVA, R. C. D. **Eletromiografia de superfície: função neuromuscular e reprodutibilidade do método - uma revisão**. 2010. 36 f. Monografia. Escola de Educação Física – UFRS. Porto Alegre, 2010.

SILVA, Y. O. et al. Analysis of the external resistance and electromyographic activity of hip extension performed according to the Pilates method. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 82-88, jan-fev. 2009.

SINZATO, C. R. et al. Effects of 20 sessions of Pilates method on postural alignment and flexibility of young women: pilot study. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 143-150, abr-jun. 2013.

SIQUEIRA JUNIOR, A. L. D.; SOARES, A. B. A novel method for EMG decomposition based on matched filters. **Research on Biomedical Engineering**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 44-55, jan-mar. 2015.

SIQUEIRA, A. P. R. **Eletromiografia e teste de força máxima para avaliação de protocolo de acupuntura para dor de joelho de corredores**. 2015. 88f. Dissertação – Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

SOBOTTA, J. **Atlas de Anatomia Humana**. 21ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

SOUZA, F. I. D. et al. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis in students of the public schools in Goiânia-Go. **Acta Ortopédica Brasileira**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 223-225, jul-ago. 2013.

SOUZA, T. P. et al. Correlação entre ângulo de Cobb e a flexibilidade da cadeia posterior em pacientes com escoliose idiopática do adolescente. **Ter Man**, v. 11, n. 51, p. 13-19, 2013.

SPERANDIO, E. F. et al. Functional aerobic exercise capacity limitation in adolescent idiopathic scoliosis. **Spine J**, v. 14, n. 10, p. 2366-2372, jan-fev. 2014.

SPERANDIO, E. F. et al. Functional exercise capacity, lung function and chest wall deformity in patients with adolescent idiopathic scoliosis. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 28, n. 3, p. 563-572, jul-set. 2015.

SUZUKI, F. S. et al. Análise dos parâmetros eletromiográficos do músculo deltoide posterior nos exercícios crucifixo invertido e remada baixa no pulley da articulação glenoumeral. **Fisioterapia Brasil**, v. 16, n. 2, p. 118, jan. 2015.

TAO PILATES. **Apostila de Reabilitação e treinamento através do Método Pilates**. Florianópolis, 2009.

TOLEDO, P. C. V. et al. Efeitos da Reeducação Postural Global em escolares com Escoliose. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v.18, n. 4, p.329-34, out-dez. 2011.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TOMANOVA, M.; LIPPERT-GRÜNER, M.; LHOTSKA, L. Specific rehabilitation exercise for the treatment of patients with chronic low back pain. **Journal of physical therapy science**, v. 27, n. 8, p. 2413, aug. 2015.

TOSATO, J. de P.; CARIA, P. H. F. Avaliação da atividade muscular na escoliose. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**, v. 19, n. 1, p. 98-102, 2009.

VACARI, D. A. et al. Principais métodos de diagnóstico postural da coluna lombar. **Revista da Educação Física/UEM**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 305-15, abr. 2013.

VASCONCELLOS, M. H. O. et al. The Pilates Method in the treatment of lower back pain. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 27, n. 3, p. 459-467, jul-sept. 2014.

VAZ, R. A. et al. The Pilates Method on improvement of flexibility--systematic review/O Método Pilates na melhora da flexibilidade--revisão sistemática. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 6, n. 31, p. 25-32, 2012.

VAZ, R. A. et al. O Método Pilates na melhora da flexibilidade: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)**, São Paulo, v. 6, n. 31, p. 4, jan-fev. 2012.

VIEIRA, D. B. D. A. L. et al. Early signs of scoliosis in preschool children. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 69-75, jan-mar. 2015.

Vollpilates. Disponível em: www.vollpilates.com.br. Acesso em 23/04/2015.

ZEN, J. M. **Qualidade de vida de praticantes de pilates e sedentários**. 2015. 97 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário Univates. Lajeado, 2015.

WAJCHENBERG, M.; MARTINS, D. E.; PUERTAS, E. B. Aspectos genéticos da escoliose idiopática do adolescente. **Coluna**, v. 11, n. 3, p. 234-236, jul. 2012.

WESTRICK, E.; WARD, W. Adolescent Idiopathic Scoliosis: 5-Year to 20-Year Evidence based Surgical Results. **J Pediatr Orthop**, v. 31, n. 1, p. S61-S68, jan-feb. 2011.

WELLS, C.; KOLT, G. S.; BIALOCERKOWSKI, A. Defining Pilates exercise: a systematic review. **Complementary therapies in medicine**, v. 20, n. 4, p. 253-262, aug. 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Obesity: preventing and managing the global epidemic**. World Health Organization, 2000.

YAMADA, E. F. et al. Alterações Posturais em Crianças e Adolescentes Institucionalizados. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 22, n. 3, p. 43-52, 2014.

YAMATO, T. P. et al. Pilates for low back pain. **status and date: New, published in**, n. 7, jul. 2015.

YANG, J. H. et al. Asymmetrical gait in adolescents with idiopathic scoliosis. **European Spine Journal**, v. 22, n. 11, p. 2407-2413, nov. 2013.

ZAINA, F. et al. Research quality in scoliosis conservative treatment: state of the art. **Scoliosis**, v. 10, n. 1, p. 21, jul. 2015.

ZUK, T. The role of spinal and abdominal muscles in the pathogenesis of scoliosis. **J. Bone Joint Surg**, v. 44, n. 1, p. 102-105, feb. 1962.

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**AVALIAÇÃO DO MÉTODO PILATES NA ESTABILIZAÇÃO DA COLUNA VERTEBRAL EM ADOLESCENTES PORTADORES DE ESCOLIOSE, POR MEIO DA ELETROMIOGRAFIA E DA SIMETROGRAFIA.**

Investigadora: Wally auf der Strasse – Mestranda no Programa de Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.
Contato – wallystrasse@hotmail.com / 41 9974-6692

Orientadora: Prof. Dra Adriana Maria Wan Stadnik – Docente no Programa de Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.
Contato – adri.stadnik@gmail.com/ 41 9974-9573

Endereço : Avenida Sete de setembro, 3165 – Rebouças – CEP 80.230-901 Curitiba/Paraná. Telefone : 3310-4613

Local da Pesquisa: Colégio Militar de Curitiba (CMC)

Endereço: Praça Conselheiro Thomaz Coelho, 01 – Tarumã - CEP 82.800-030 Curitiba/Paraná. Telefone : 3366-2001 R-209

a) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE**1. Apresentação da pesquisa**

A escoliose é uma alteração tridimensional da coluna vertebral. Suas causas são bastante discutidas; sabe-se que sua incidência ocorre no início da puberdade, com a progressão associada ao estirão do crescimento, alterações repentinas e desordenadas do corpo. Facilitando o aparecimento ou acentuação de desvios posturais, gerando quadros de dores na coluna vertebral, diminuição da percepção corporal, dificuldade em participar de atividades físicas, bem como baixa autoestima. Sendo, portanto, este período o mais favorável para intervenções terapêuticas, pois o processo de crescimento não está ainda totalmente concluído.

Avaliar o potencial da eletromiografia (EMG) de superfície na eficiência neuromuscular na redução da dor associada a escoliose através de exercícios do método Pilates permitir-nos-á obter resultados significativos em relação à estabilização da coluna vertebral e ao alinhamento corporal.

Avaliar as assimetrias corporais através do simetrógrafo, estabelecerá dados fundamentais para comparativos do protocolo do treinamento proposto pela pesquisa.

O trabalho com o Método Pilates torna-se importante, haja vista que trabalha com movimentos instáveis para a coluna vertebral, exigindo dos alunos maior força e flexibilidade da musculatura paravertebral, objeto de nossa pesquisa. O Método propõe com suas possibilidades e variações de

exercícios, manter a postura autonômica independente da posição corporal adotada.

Os resultados deste estudo serão relevantes na contribuição da EMG e como efetivo instrumento de avaliação funcional da escoliose, bem como para avaliar a ativação neuromuscular dos exercícios, fornecendo informações complementares para prescrição e elaboração de protocolos de reabilitação de algias da coluna vertebral em adolescentes pelo método Pilates.

2. Objetivos da pesquisa

O objetivo de investigar por meio da eletromiografia e da simetrografia, o comportamento dos músculos paravertebrais e lombares envolvidos na biomecânica da escoliose, bem como sua ativação elétrica antes e após programa de fortalecimento pelo Método Pilates de solo, no alinhamento postural de adolescentes.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é avaliar a eficácia do alinhamento postural e estabilização, central promovidos pelos exercícios do método Pilates, através da simetrografia; bem como comparar a ativação elétrica da musculatura estabilizadora do tronco, antes e após o protocolo de treinamento.

3. Participação na pesquisa

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: A coleta de dados será realizada no primeiro dia de atividade (02 de fevereiro de 2015), no laboratório de avaliação física do Colégio Militar de Curitiba, com a realização das medidas de massa corporal (peso e altura), simetria corporal, e percentual de gordura. Em seguida os alunos pesquisados realizarão o teste de inclinação anterior ou Teste de Adams. Este teste tem por objetivo buscar um sinal físico de rotação da coluna vertebral e verificação da presença ou não de gibosidade. Realizarão também um exame de eletromiografia de repouso (análise do recrutamento muscular), para verificação da atividade elétrica da musculatura paravertebral e lombar. Todos esses exames terão a duração aproximada de 45 minutos. Para a realização das avaliações, os meninos realizarão a coleta apenas com o calção do uniforme escolar e as meninas com top e shorts de lycra, sem calçados.

Após esses primeiros exames, o menor sob sua responsabilidade será submetido(a) a um programa de treinamento com duração de 03 meses, com duas sessões semanais de 45 minutos, realizados no período da tarde, na sala de Pilates do Colégio Militar de Curitiba, no período compreendido entre fevereiro e abril de 2015. Para a realização deste estudo foram selecionados 14 exercícios inerentes ao método Pilates. A rotina de treinamento será constituída de 03 (três) séries de 10 (dez) repetições de cada exercício com intervalo de um minuto entre elas; o tempo de realização isométrica será de 05 (cinco) segundos em cada exercício.

Ao final das 12 (doze) semanas, o menor passará mais uma vez por uma nova avaliação completa, a mesma realizada no início do estudo, também com duração aproximada de 45 minutos, para comparativos de resultados.

4. Confidencialidade

O pesquisador que irá tratar a identidade do menor com padrões profissionais de sigilo. O aluno não será identificado em nenhuma publicação.

5. Desconfortos, Riscos e Benefícios

5a) Desconfortos e ou Riscos: Os possíveis riscos aos participantes do projeto, serão em relação ao desconforto da tricotomia (retirada dos pelos das costas), onde podem ocorrer pequenos ferimentos com a lâmina de barbear para a colocação dos eletrodos na avaliação eletromiográfica dos músculos estabilizadores do tronco. A sensação pode ser desconfortável, mas é classificada como risco mínimo. Os possíveis ferimentos serão imediatamente tratados com assepsia adequada e curativos realizados pelo departamento de Saúde/Enfermaria do Colégio Militar de Curitiba. Lembramos que o tempo todo, a pesquisadora realizará a coleta dos dados trajando jaleco branco de mangas longas, limpo, com a utilização de luvas de procedimento e lâmina de barbear individuais e descartáveis, algodão esterilizado e álcool para melhor aderência e fixação dos eletrodos.

5b) Benefícios: Os Benefícios desta pesquisa estão relacionados a redução da dor associada à escoliose, bem como o aumento da qualidade de vida dos adolescentes.

No final da pesquisa cada aluno receberá o laudo de sua avaliação física inicial e final bem como os dados comparativos de sua evolução com o protocolo de tratamento proposto.

A análise neuromuscular dos músculos estabilizadores do tronco em indivíduos escolióticos permitir-nos-á elevada possibilidade de gerar conhecimento técnico-científico adequado para a prescrição de exercícios do Método Pilates em programas de reabilitação postural em adolescentes.

6. Critérios de inclusão e exclusão

6a) Inclusão: Os sujeitos selecionados para a pesquisa serão adolescentes entre 11 e 15 anos, portadores de escoliose idiopática, estudantes do Ensino Fundamental do Colégio Militar de Curitiba, de ambos os sexos, todos fisicamente ativos, sem experiência em treinamento resistido do Método Pilates que não tenham realizado cirurgia corretiva ortopédica na coluna vertebral e nem diagnóstico de doença reumática.

6b) Exclusão: Alunos que estejam praticando musculação. Alunos que faltarem duas sessões durante o programa de treinamento do Método Pilates.

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo

Para participar desta pesquisa, o menor sob sua responsabilidade não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Ele será esclarecido (a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Você como responsável pelo menor, poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação dele a qualquer momento.

A participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o menor é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. O mesmo não será identificado em nenhuma publicação.

8. Ressarcimento ou indenização

O menor tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa, bem como continuar o tratamento através da modalidade de Pilates de Solo no Colégio Militar de Curitiba.

B) CONSENTIMENTO (do sujeito de pesquisa ou do responsável legal – neste caso anexar documento que comprove parentesco/tutela/curatela)

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da participação do menor sob minha responsabilidade na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo. Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, permitir a participação do aluno neste estudo. Estou consciente que posso retirá-lo do projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo: _____
 RG: _____ Data de Nascimento: ___/___/_____
 Telefone: _____
 Endereço: _____
 CEP: _____ Cidade _____ Estado: _____

Assinatura: _____ Data: ___/___/_____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Assinatura do pesquisador: _____ Data: ___/___/_____

 (ou seu representante)

Nome completo: _____

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com _____, via e-mail: _____ ou telefone: _____.

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)
 REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone:
 3310-4943, e-mail: coep@utfpr.edu.br

APÊNDICE 2

TERMO DE ASSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO

(Adolescentes com 12 anos completos, maiores de 12 anos e menores de 18 anos)

AVALIAÇÃO DO MÉTODO PILATES NA ESTABILIZAÇÃO DA COLUNA VERTEBRAL EM ADOLESCENTES PORTADORES DE ESCOLIOSE, POR MEIO DA ELETROMIOGRAFIA E DA SIMETROGRAFIA

Investigador : Wally auf der Strasse – Mestranda no Programa de Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Contato – wallystrasse@hotmail.com / 41 9974-6692

Orientadora: Prof. Dra Adriana Maria Wan Stadnik – Docente no Programa de Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR.

Contato – adri.stadnik@gmail.com/ 41 9974-9573

Endereço: Avenida Sete de setembro, 3165 – Rebouças – CEP 80.230-901 Curitiba/Paraná. Telefone: 3310-4613

Local da Pesquisa: Colégio Militar de Curitiba (CMC)

Endereço: Praça Conselheiro Thomaz Coelho, 01 - Tarumã - CEP 82.800-030. Curitiba/Paraná. Telefone: 3366-2001 R-209

O que significa assentimento?

O assentimento significa que você concorda em fazer parte de um grupo de adolescentes, da sua faixa de idade, para participar de uma pesquisa. Serão respeitados seus direitos e você receberá todas as informações por mais simples que possam parecer.

Pode ser que este documento denominado TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO contenha palavras que você não entenda. Por favor, peça ao responsável pela pesquisa ou à equipe do estudo para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda claramente.

Informação ao sujeito da pesquisa:

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa, com o objetivo de investigar por meio da eletromiografia e da simetrografia, o comportamento dos músculos paravertebrais e lombares envolvidos na biomecânica da escoliose, bem como sua ativação elétrica antes e após programa de fortalecimento pelo Método Pilates de solo, no alinhamento postural de adolescentes.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é avaliar a eficácia do alinhamento postural e estabilização, central promovidos pelos exercícios do método Pilates, através da simetrografia; bem como comparar a ativação elétrica da musculatura estabilizadora do tronco, antes e após o protocolo de treinamento, por meio da eletromiografia.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: A coleta de dados será realizada no primeiro dia de atividade (02 de fevereiro de 2015), no

laboratório de avaliação física do Colégio Militar de Curitiba, com a realização das medidas de massa corporal (peso e altura), simetria corporal, e percentual de gordura. Você fará também um exame de eletromiografia de repouso (análise do recrutamento muscular), para verificação da atividade elétrica da musculatura paravertebral e lombar. Todos esses exames terão a duração aproximada de 45 minutos. Para a realização das avaliações, os meninos realizarão a coleta apenas com o calção do uniforme escolar e as meninas com top e shorts de lycra, sem calçados.

Após esses primeiros exames, você será submetido(a) a um programa de treinamento com duração de 03 meses, com duas sessões semanais de 45 minutos, realizados no período da tarde, na sala de Pilates do Colégio Militar de Curitiba, no período compreendido entre fevereiro e abril de 2015. Para a realização deste estudo foram selecionados 13 exercícios inerentes ao método Pilates. A rotina de treinamento será constituída de 03 (três) séries de 10 (dez) repetições de cada exercício com intervalo de um minuto entre elas; o tempo de realização isométrica será de 05 (cinco) segundos em cada exercício.

Ao final das 12 (doze) semanas, você passará mais uma vez por uma nova avaliação completa, a mesma realizada no início do estudo, também com duração aproximada de 45 minutos, para comparativos de resultados.

Os Benefícios desta pesquisa estão relacionados à redução da dor associada à escoliose, bem como o aumento da qualidade de vida dos adolescentes.

No final da pesquisa cada aluno receberá o laudo de sua avaliação inicial e final bem como os dados comparativos de sua evolução com o protocolo de tratamento proposto.

Os possíveis riscos aos participantes do projeto, serão em relação ao desconforto da tricotomia (retirada dos pelos das costas), onde podem ocorrer pequenos ferimentos com a lâmina de barbear para a colocação dos eletrodos na avaliação eletromiográfica dos músculos estabilizadores do tronco. A sensação pode ser desconfortável, mas é classificada como risco mínimo. Os possíveis ferimentos serão imediatamente tratados com assepsia adequada e curativos realizados pelo departamento de Saúde/Enfermaria do Colégio Militar de Curitiba. Lembramos que o tempo todo, a pesquisadora realizará a coleta dos dados trajando jaleco branco de mangas longas, limpo, com a utilização de luvas de procedimento descartáveis e individuais.

Para participar desta pesquisa, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira.

Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento.

A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação.

Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa bem como continuar o tratamento através da modalidade de Pilates de Solo no Colégio Militar de Curitiba.

Os resultados estarão a sua disposição quando finalizada, bem como a entrega de suas avaliações físicas. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 05 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos.

Contato para dúvidas:

Se você ou os responsáveis por você tiver(em) dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo, você deve contatar o(a) Investigador(a) do estudo ou membro de sua equipe: **Wally auf der Strasse**, telefone fixo número: 41 3569-6829 e celular 41 9974-6692; **Adriana Maria Wan Stadnik**, telefone fixo número: 41 3222-0063 e celular 41 9974-9573. Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como um paciente de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O CEP é constituído por um grupo de profissionais de diversas áreas, com conhecimentos científicos e não científicos que realizam a revisão ética inicial e continuada da pesquisa para mantê-lo seguro e proteger seus direitos.

DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO SUJEITO DA PESQUISA:

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma cópia assinada e datada deste Documento DE ASSENTIMENTO INFORMADO.

NOME DO ADOLESCENTE	ASSINATURA	DATA
---------------------	------------	------

NOME DO INVESTIGADOR	ASSINATURA	DATA
----------------------	------------	------

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)
REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone:
3310-4943, e-mail: coep@utfpr.edu.br

APÊNDICE 3

UNIVERSIDADE
TECNOLÓGICA FEDERAL DO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DO MÉTODO PILATES NA ESTABILIZAÇÃO DA COLUNA VERTEBRAL EM ADOLESCENTES PORTADORES DE ESCOLIOSE, POR MEIO DA ELETROMIOGRAFIA E DA SIMETROGRAFIA.

Pesquisador: Wally auf der Strasse

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 36614014.0.0000.5547

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 829.308

Data da Relatoria: 09/10/2014

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa intitulado "AVALIAÇÃO DO MÉTODO PILATES NA ESTABILIZAÇÃO DA COLUNA VERTEBRAL EM ADOLESCENTES PORTADORES DE ESCOLIOSE, POR MEIO DA ELETROMIOGRAFIA E DA SIMETROGRAFIA", da Investigadora Wally auf der Strasse – Mestranda no Programa de Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, que se encontra sob a orientação da Prof. Dra Adriana Maria Wan Stadnik. Área de Estudo Grandes Áreas do Conhecimento (CNPq), Grande Área 4. Ciências da Saúde Propósito Principal do Estudo (OMS), Saúde Coletiva / Saúde Pública. O objetivo deste trabalho será investigar por meio da eletromiografia e da simetromiografia, o comportamento dos músculos paravertebrais e lombares envolvidos na biomecânica da escoliose, bem como sua ativação elétrica antes e após programa de fortalecimento pelo Método Pilates de solo, no alinhamento postural de adolescentes. O motivo que nos leva a estudar esse assunto é avaliar a eficácia do alinhamento postural e estabilização, central promovidos pelos exercícios do método Pilates, através da simetromiografia; bem como comparar a ativação elétrica da musculatura estabilizadora do tronco, antes e após o protocolo de treinamento, por meio da eletromiografia. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: A coleta de dados será realizada no primeiro dia de atividade (02 de fevereiro de 2015), no laboratório de avaliação física do Colégio Militar de Curitiba, com a realização das

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 829.308

medidas de massa corporal (peso e altura), simetria corporal, e percentual de gordura e também um exame de eletromiografia de repouso (análise do recrutamento muscular) , para verificação da atividade elétrica da musculatura paravertebral e lombar.

Todos esses exames terão a duração aproximada de 45 minutos. Para a realização das avaliações, os meninos realizarão a coleta apenas com o calção do uniforme escolar e as meninas com top e shorts de lycra, sem calçados. Após esses primeiros exames, os alunos serão submetidos a um programa de treinamento com duração de 03 meses, com duas sessões semanais de 45 minutos, realizados no período da tarde, na sala de Pilates do Colégio Militar de Curitiba, no período compreendido entre fevereiro e abril de 2015. Para a realização deste estudo foram selecionados 13 exercícios inerentes ao método Pilates. A rotina de treinamento será constituída de 03 (três) séries de 10 (dez) repetições de cada exercício com intervalo de um minuto entre elas; o tempo de realização isométrica será de 05 (cinco) segundos em cada exercício. Ao final das 12 (doze) semanas, os sujeitos da pesquisa realizarão mais uma nova avaliação completa, a mesma realizada no início do estudo, também com duração aproximada de 45 minutos, para comparativos de resultados.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo de investigar por meio da eletromiografia e da simetria, o comportamento dos músculos paravertebrais e lombares envolvidos na biomecânica da escoliose, bem como sua ativação elétrica antes e após programa de fortalecimento pelo Método Pilates de solo, no alinhamento postural de adolescentes.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é avaliar a eficácia do alinhamento postural e estabilização, central promovidos pelos exercícios do método Pilates, através da simetria; bem como comparar a ativação elétrica da musculatura estabilizadora do tronco, antes e após o protocolo de treinamento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Desconfortos e ou Riscos:

Os possíveis riscos aos participantes do projeto, serão em relação ao desconforto da tricotomia (retirada dos pelos das costas), onde podem ocorrer pequenos ferimentos com a lâmina de barbear para a colocação dos eletrodos na avaliação eletromiográfica dos músculos estabilizadores do tronco. A sensação pode ser desconfortável, mas é classificada como risco mínimo. Os possíveis ferimentos serão imediatamente tratados com assepsia adequada e curativos

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 829.308

realizados pelo departamento de Saúde/Enfermaria do Colégio Militar de Curitiba. Lembramos que o tempo todo, a pesquisadora realizará a coleta dos dados trajando jaleco branco de mangas longas, limpo, com a utilização de luvas de procedimento e lâmina de barbear individuais e descartáveis, algodão esterilizado e álcool para melhor aderência e fixação dos eletrodos.

Benefícios: Os Benefícios desta pesquisa estão relacionados a redução da dor associada à escoliose, bem como o aumento da qualidade de vida dos adolescentes.

No final da pesquisa cada aluno receberá o laudo de sua avaliação física inicial e final bem como os dados comparativos de sua evolução com o protocolo de tratamento proposto.

A análise neuromuscular dos músculos estabilizadores do tronco em indivíduos escolióticos permitir-nos-á elevada possibilidade de gerar conhecimento técnico-científico adequado para a prescrição de exercícios do Método Pilates em programas de reabilitação postural em adolescentes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente estudo se mostra relevante para área da saúde publica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O projeto de pesquisa atende aos requisitos da resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde para pesquisas com seres humanos.

Recomendações:

Esclarecer no projeto da plataforma brasil sobre os eletrodos utilizados no equipamento de eletromiografia, indicar se esses não serão descartáveis- formas para esterilização; e sobre o método não ser evasivo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não se aplica.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 466/12, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

CEP: 80.230-901

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3310-4943

E-mail: coep@utfpr.edu.br

UNIVERSIDADE
TECNOLÓGICA FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 829.308

a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-UTFPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

CURITIBA, 13 de Outubro de 2014

Assinado por:
Frieda Saicla Barros
(Coordenador)

Endereço: SETE DE SETEMBRO 3165

Bairro: CENTRO

UF: PR

Telefone: (41)3310-4943

Município: CURITIBA

CEP: 80.230-901

E-mail: coep@utfpr.edu.br

APÊNDICE 4

AVALIAÇÃO DO MÉTODO PILATES NA ESTABILIZAÇÃO DA COLUNA VERTEBRAL EM ADOLESCENTES PORTADORES DE ESCOLIOSE, POR MEIO DA ELETROMIOGRAFIA E DA SIMETROGRAFIA: ESTUDO PILOTO

Wally auf der Strasse, Adriana Maria Wan Stadnik, Eddy Krueger

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Pr, Brasil

E-mail: wallystrasse@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O método Pilates de treinamento é composto por uma combinação de movimentos de força, resistência e flexibilidade visando à estabilização da coluna vertebral e qualidade de vida [1]. O método também é difundido como uma forma de tratamento para alterações posturais [2]. A aplicação do Pilates em pacientes com escoliose idiopática é uma ferramenta eficaz no combate a progressão da escoliose e pode até mesmo melhorar as condições da mesma [3]. Estudos prévios identificaram níveis elevados de atividade muscular dos extensores do tronco em exercícios de estabilização [4, 5]. Portanto, considerando o exposto, o propósito do presente estudo é investigar aspectos relacionados à eficácia da estabilização central pelo método Pilates em adolescentes portadores de escoliose idiopática através da simetrografia e da eletromiografia de superfície.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo atendeu as recomendações éticas da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, e foi aprovada no voluntária do sexo feminino com escoliose tóraco-lombar à direita, de origem idiopática. Foram analisadas por observação direta as assimetrias posturais por meio do simetrografo da marca Cardiomed WCS®, sendo consideradas as bases do protocolo de Kendall, Maccrery & Provance (1995). Os dados foram coletados com a avaliada, sentada numa mesa clínica, na postura ereta e equilibrando um livro por sobre a cabeça. Os sinais eletromiográficos de superfície foram captados utilizando um eletromiógrafo de 16 canais (EMGSystem do Brasil®), com frequência de aquisição de 1 kHz. Foram investigados os sinais de ativação elétrica por 20 s dos músculos trapézio e eretores da espinha com o eletrodo de referência posicionado sobre a região da proeminente da sétima vértebra cervical. O protocolo foi caracterizado por dez sessões de Pilates de solo, com duração de 45 minutos, composto pelos seguintes exercícios: *Hundred, Front Support Push Up, Leg Pull Down, Neck Pull, Scissors, Roll Over, Swimming, Single Leg Stretch, Double Leg Stretch, Cris/Cross, Shoulder Bridge, Spine Twist e Teaser*. Após as dez sessões, as avaliações foram refeitas. Os sinais foram processados no programa MatLab® R2008a, com filtragem banda passante 30-450 Hz de Terceira ordem do tipo Butterworth, além de filtros tipo notch sobre

as harmônicas da rede elétrica (60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420 Hz) [6]; no entanto as energias para harmônicas da rede elétrica não foram eliminadas, e sim, atenuadas para o mesmo nível das frequências adjacentes. Para o domínio espectral, foi extraído o descritor de frequência mediana (MDF) por meio da transformada rápida de Fourier.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como se verifica na Figura 1, os resultados mostraram que houve maior ativação das unidades motoras do lado esquerdo antes da realização do protocolo de Pilates, apresentando frequência mediana dos eretores espinhais direito em 135 Hz, eretores espinhais esquerdo em 143 Hz, trapézio direito em 65 Hz e trapézio esquerdo 98 Hz. Após as dez sessões de Pilates, houve maior recrutamento das unidades motoras do lado direito, onde a frequência mediana dos eretores espinhais direito se elevou a 150 Hz, eretores espinhais esquerdo em 133 Hz, trapézio direito e esquerdo em 107 Hz. De acordo G.A.Paz et al. [1], em um estudo avaliando a influência do método Pilates na musculatura flexora e extensora de tronco, observou-se o protocolo de tratamento com o Método Pilates.

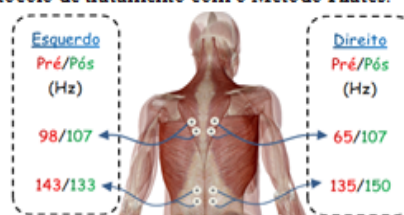


Figura 1. Representação dos eletrodos e dos resultados da frequência mediana da eletromiografia. Modificado do programa Human Anatomy Atlas da Visible Body®.

CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que o programa de Pilates de solo aplicado gerou ganhos significantes de ativação muscular, entretanto, não gerou adaptações posturais em adolescente com escoliose tóraco-lombar.

REFERÊNCIAS

1. G.A.Paz. *Rev Andal Med Deporte*. 2014;7(2):72-7
2. Silva ACLG, Mannrich. *Fisioter Mov*. 2009 jul;set;22(3):449-455.
3. Blum CL. *J Manipulative Physiol Ther*. 2002;25(4):E3.
4. Garcia-Vaquero et al. *Journal Electromyography and Kinesiology*. 2012;22(3):398-406
5. Queiroz BC et al. *Medicine and Rehabilitation*. 2010;91(1):497-504.
6. Marletti, Roberto, and Philip A. Parker, eds. *Electromyography: physiology, engineering, and non-invasive applications*. Vol. 11. John Wiley & Sons, 2004.

APÊNDICE 5

XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB 2016

ANÁLISE DE SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS NA ESCOLIOSE TORÁCICA À DIREITA APÓS INTERVENÇÃO POR MEIO DO MÉTODO PILATES

W. A. D. Strasse*, A. M. W. Stadnik*, E. Krueger** and L. M. Beraldo*

*PPGEB/Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil

**PPGEB/Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil e

Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil

e-mail: wallystrasse@hotmail.com

Resumo: As alterações posturais e dores na coluna vertebral encontram-se entre os maiores problemas socioeconômicos e de saúde pública no mundo. O Método Pilates (MP) pode ser considerado como alternativa no tratamento conservador dessa doença. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do MP no tratamento de escoliose torácica à direita (ETD) em adolescentes por meio da eletromiografia de superfície (EMG). Foi realizado um estudo exploratório, com seis adolescentes, com idade entre 13 a 18 anos, de ambos os sexos, que apresentaram o desvio postural escoliose, fisicamente ativos, sem experiência com o MP e que não tinham realizado cirurgia corretiva ortopédica na coluna vertebral, nem recebido diagnóstico de doença reumática. Os adolescentes investigados inicialmente foram nem recebido diagnóstico de doença reumática. Os adolescentes investigados inicialmente foram submetidos à avaliação EMG nos músculos trapézio (TRAP), eretores espinais (ERE), oblíquos (OBLI) e reto abdominal (RA), na posição sentada durante a tarefa de manter equilibrado um livro sobre a cabeça. O sinal de EMG foi processado no domínio temporal (EMG_{Amp}) e espectral (EMG_{Fmed}). Na sequência foram submetidos a 24 sessões com dois atendimentos semanais de um protocolo de tratamento constituído por exercícios do MP. Houve diminuição da EMG_{Amp} em ambos os lados da coluna vertebral, com decréscimo mais acentuado para o lado esquerdo (convexo), $p=0,022$. Relativo ao EMG_{Fmed} , os resultados evidenciaram aumento em ambos os lados da coluna vertebral com destaque para o lado direito (côncavo), $p<0,001$. Conclui-se que o protocolo de tratamento por meio do MP ocasionou modulação no padrão de ativação neuromuscular na ETD, acompanhada pela melhora postural avaliada pela simetria. **Palavras-chave:** Pilates, Escoliose, Eletromiografia.

Abstract: Postural alteration and pain in the spine are among major socio-economic and public health problems in the world. The Pilates Method (PM) can be considered as a conservative alternative in the treatment of this disease. The aim of this study was to evaluate the effects of PM used to treat the thoracic right scoliosis (TRE) in adolescents, measured by surface electromyography (EMG). An exploratory

study was conducted with six teenagers, 13 to 18 years old, male and female, who had postural deviation scoliosis, physically active, with no experience with PM, who had not performed orthopedic corrective surgery on the spine and who had not been diagnosed with rheumatic disease. The investigated teenagers were initially submitted to EMG assessment in trapezius (TRAP), spinal erectors (ERE), obliques (OBLI) and recto-abdominal (RA) muscles, sitting during the task of balancing a book on the head. The EMG signal was processed in the time (EMG_{Amp}) and spectral (EMG_{Fmed}) domain. Following, they were submitted to 24 sessions with two weekly visits into a treatment protocol consisting of PM exercises. There was a reduction in the EMG_{Amp} on both sides of the spine, with more decrease to the left (convex), $p = 0.022$. On EMG_{Fmed} , the results showed an increase on both sides of the spine with emphasis on the right side (concave), $p < 0.001$. We conclude that the treatment protocol by the PM occasioned positive changes in the pattern on neuromuscular activation in TRE evaluated by symmetromyography.

Keywords: Pilates, Scoliosis, Electromyography.

Introdução

A escoliose é considerada a quinta doença mais comum em desenvolvimento na adolescência após miopia, doenças relacionadas a saúde mental, obesidade e fimose [1, 2].

Vários fatores estão correlacionados com o seu surgimento, destacam-se entre eles: idade, sedentarismo [3], fraqueza muscular, reduzida flexibilidade da musculatura extensora do quadril [4], estirão do crescimento [5], hábitos posturais inadequados e fatores genéticos [6], sobrepeso e obesidade [7], postura adotada ao sentar [8], atividades esportivas que podem causar lateralização da coluna como natação e tênis de campo [9], peso da mochila escolar [10].

O tratamento conservador por meio de exercícios de fortalecimento e alongamento e conscientização postural [11] no início da infância e da adolescência podem alterar favoravelmente a história natural da escoliose [12] e a rápida progressão da enfermidade [13, 14, 15, 16].

O objetivo do presente estudo foi analisar os

efeitos de um protocolo do Método Pilates (MP) na atividade neuromuscular de adolescentes com diagnóstico de escoliose torácica à direita (ETD) por meio da eletromiografia de superfície.

Materiais e métodos

Esta pesquisa atendeu às recomendações éticas da Resolução 466/12 e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR sob o número CAEE: 36614014.0.0000.5547, em 09 de outubro de 2014. Todos os voluntários pesquisados preencheram termo de assentimento informado livre e esclarecido e os responsáveis preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

A presente investigação foi realizada no período de três meses, de fevereiro a abril de 2015. A amostra deste estudo foi intencional, constituída por seis adolescentes voluntários, em que quatro (66,67%) eram do sexo feminino e dois (33,33%) do sexo masculino, com a idade média de 15,33 anos, compreendida entre 13 e 18 anos. Eram todos fisicamente ativos, sem experiência em treinamento resistido do MP, não realizaram cirurgia corretiva ortopédica na coluna vertebral, nem apresentaram diagnóstico de doença reumática.

Para a avaliação da eletromiografia de superfície, foi utilizado um equipamento da marca EMG System do Brasil® modelo 1600-U12, de 16 canais, e eletrodos de superfície de Ag/AgCl da marca 3M, em configuração bipolar, posicionados no sentido de orientação das fibras dos músculos analisados. No processo espinhoso C7 ficou posicionado o eletrodo de referência. A frequência de amostragem foi de 1000Hz por canal. Foram investigados sinais de ativação elétrica dos músculos trapézio (TRAP), eretores espinhais (ERE), oblíquos (OBLI) e reto abdominal (RA). O posicionamento dos pares de eletrodos de superfície foi realizado de acordo com o protocolo SENIAM (*Surface Electromyography for The Non-Invasive Assessment of Muscles*). Para limpeza e tricotomia da pele foram utilizados luvas de procedimentos, lâmina de barbear individual e descartável, algodão esterilizado e álcool para melhor aderência e fixação dos eletrodos, mantida a distância intereletrodos de 2,5cm.

A coleta de dados eletromiográficos dos adolescentes voluntários foi na posição sentada sobre uma mesa clínica, sem apoio dos pés, tronco ereto, mãos relaxadas sobre a coxa, durante a tarefa de manter equilibrado um livro sobre a cabeça, no plano de Frankfurt com três aferições de 15 segundos com intervalo de 30 segundos entre as avaliações. O quadril foi posicionado em ângulo de 180 graus em relação aos joelhos e estes a 90 graus em relação aos pés.

Os adolescentes investigados foram reavaliados após 24 sessões de aplicação de um protocolo de tratamento composto por 14 exercícios do Método Pilates de solo, com aulas duas vezes na semana com

duração de 45 minutos. Para o estudo foram selecionados os seguintes exercícios simétricos e assimétricos para compor o protocolo: *Hundred, Roll Up, Front Support Push Up, Leg Pull Down, Neck Pull, Teaser, Scissors, Roll Over, Swimming, Single Leg Stretch, Double Leg Stretch, Cris/Cross, Shoulder Bridge, Spine Twist*.

Os sinais foram processados no programa MatLab® R2008a (*MathWorks, Inc*) com filtragem banda passante 30-450Hz do tipo *Butterworth* de terceira ordem, além de filtros tipo rejeita faixa sobre as harmônicas da rede elétrica (60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420Hz). Realizou-se análise temporal (EMG_{Amp}) (mediana da energia) e espectral (EMG_{Fmed}) (mediana da frequência). A mediana da frequência foi processada pela Transformada Rápida de Fourier, conforme a equação (1).

$$MF = \int_0^{MF} P(f)df = \frac{1}{2} \int_0^{f_s/2} P(f)df \quad (1)$$

Onde: “MF” é a mediana da frequência, P(f) é o espectro da potência e f_s é frequência de amostragem (*sample frequency*).

O processamento do sinal da EMG no domínio do tempo foi realizado usando a equação da mediana da amplitude absoluta (ou retificada), conforme apresentado na equação (2).

$$ME_{eixo} = \frac{1}{2} \left(|EMG_{eixo}|_n + |EMG_{eixo}|_{n+1} \right) \quad (2)$$

Onde: “ME” é a mediana da energia (mediana da amplitude absoluta), EMG_{eixo} é o sinal da EMG (que é proveniente do eixo de registro do acelerômetro) e n é a janela de tempo de análise dos dados (variável de 3 a 5s).

As análises da EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} foram realizadas considerando-se o agrupamento de todas as musculaturas em cada lado.

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e de Levene. Devido ao caráter não-normal das distribuições e à heterogeneidade das variâncias, foram aplicados testes não paramétricos. A descrição da amostra foi realizada através de medidas de mediana e de amplitude interquartil. A comparação dos valores iniciais e finais de EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} , bem como as comparações entre o lado direito e o esquerdo, ocorreram por meio do teste dos postos de sinais de Wilcoxon. As análises estatísticas foram realizadas por meio dos *softwares* SPSS v21.0 e Microsoft Office Excel 2010, considerando como nível de significância $p < 0,05$.

Resultados

A tabela 1 traz os descritivos das musculaturas agrupadas dos lados esquerdo e direito nos dois momentos de análise. Na comparação dos valores iniciais entre ambos os lados da coluna vertebral na ET_D , observou-se maior EMG_{Amp} no lado esquerdo

($p < 0,001$). Não foi verificada diferença de EMG_{Fmed} entre os lados.

Os achados revelam que ocorreu diminuição EMG_{Amp} em ambos os lados da coluna vertebral, com decréscimo mais acentuado para o lado direito ($p < 0,001$). Referente à EMG_{Fmed} , os resultados evidenciaram aumento em ambos os lados da coluna vertebral com destaque para o lado direito ($p < 0,001$), no qual ocorreu maior ativação neuromuscular, conforme dados dispostos na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1: EMG_{Amp} (μV) e EMG_{Fmed} (Hz) da (ET_D) no lado direito (LD) e esquerdo (LE) pelo teste de Wilcoxon

		Antes	Depois	p
EMG_{Amp}	LD	1,23 (4,97)	0,02 (3,04)	<0,001*
	LE	2,97 (7,35)	0,80 (7,35)	0,022*
	p	<0,001*	0,046*	---
EMG_{Fmed}	LD	134,5 (46,8)	218,0 (59,0)	<0,001*
	LE	133,0 (40,0)	198,5 (87,5)	0,033*
	p	0,225	0,587	---

* $p < 0,05$

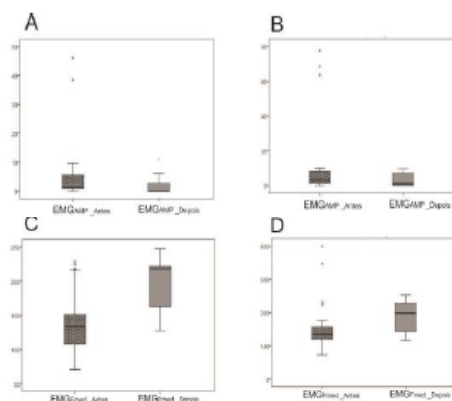


Figura 1- A: EMG_{Amp} lado direito antes e depois; B: EMG_{Amp} lado esquerdo antes e depois; C: EMG_{Fmed} lado direito antes e depois; D: EMG_{Fmed} lado esquerdo antes e depois dos músculos TRAP, ERE, OBLI e RA.

Ao comparar as variáveis eletromiográficas após a intervenção, foi constatado que a diferença significativa da EMG_{Amp} entre os lados foi mantida ($p = 0,046$). Porém o aumento do valor de p indica que, embora a significância persista, a diferença foi atenuada. A EMG_{Fmed} não apresentou diferença estatística ($p = 0,587$).

Discussão

A pesquisa realizada demonstrou que os adolescentes com diagnóstico de ET_D apresentaram assimetria de ativação neuromuscular, com aumento da atividade mioelétrica no lado da convexidade da curvatura escoliótica e menor ativação do lado côncavo.

Relativo à diminuição da EMG_{Amp} após a intervenção terapêutica pelo MP, este decréscimo é ocasionado pela menor atividade muscular de acordo

com Gomes *et al.* [19], que avaliaram a atividade mioelétrica do músculo trapézio bilateralmente em 10 indivíduos portadores de estresse psicológico após tratamento por meio da acupuntura. Os achados supracitados vão ao encontro do estudo de Júnior *et al.* [20] sobre os efeitos da reeducação postural global pelo método RPG na correção postural e no reequilíbrio muscular, que também encontraram diminuição da EMG_{Amp} nos músculos trapézio e grande dorsal em 48 sujeitos portadores de escoliose com idade média de 23 anos. Pertinente à elevação da EMG_{Fmed} , uma hipótese é a de o aumento ter sido em virtude do incremento na velocidade de condução dos potenciais de ação das unidades motoras ativas de maior diâmetro [21, 22, 23], gerados pelo protocolo de tratamento [24].

Menacho *et al.* [25] relatam que as primeiras semanas seriam responsáveis pelas adaptações neurais aos exercícios e somente após a oitava e a décima semanas é quando ocorrem as adaptações fisiológicas de força e resistência. Em consonância com o protocolo de tratamento de 24 sessões proposto neste estudo, aquele também foi efetivo para proporcionar as adaptações neuromusculares esperadas.

Os músculos encurtados criam compensações em outros músculos próximos ou distantes, gerando assimetria muscular e modificações na consciência corporal, pois as alterações biomecânicas atuam no sistema musculoesquelético e no sistema nervoso central [26]. Os exercícios promovem ativação nos músculos estáticos que perderam sua flexibilidade e se apresentam muito encurtados, sendo mais recrutados na realização de alongamentos [27].

Considerando que a doença escoliose apresenta os músculos do lado côncavo mais retraídos e no lado convexo mais alongados [28], caracterizando assimetria muscular, é necessário que tratamento inclua exercícios simétricos no protocolo de intervenção, de acordo com Tosato *et al.* [28] e Lara [29], o que também foi observado no presente estudo.

Neste sentido, Chwala *et al.* [30] investigaram o impacto de exercícios simétricos e assimétricos realizados em decúbito ventral, na atividade bioelétrica dos músculos paravertebrais em comparação com o padrão elétrico em repouso em 44 meninas com escoliose, idade média de $12,2 \pm 2,47$ anos. Entre as voluntárias, 38 meninas apresentaram dupla curva escoliótica. O exame eletromiográfico revelou que em cada classificação da escoliose, dependendo do exercício realizado (simétrico ou assimétrico), ele pode ativar mais ou lado côncavo ou o convexo. Esses achados corroboram com nossos, pois os exercícios constituintes do protocolo de tratamento proposto no presente estudo foram simétricos e assimétricos, com ênfase para o lado da concavidade da curva escoliótica. Isso proporcionou maior ativação neuromuscular tanto no lado côncavo quanto no convexo da curva escoliótica, gerando dessa forma estabilidade postural.

Dados esses que são primordiais na seleção e na montagem dos protocolos de tratamento específicos para classificações diferentes da escoliose, em que a

assimetria muscular do paciente passa a ser prevalente na composição terapêutica por meios de exercícios. Destaca-se que, mesmo a carga assimétrica sendo pequena, ela pode ser fator desencadeante da curva escoliótica, bem como sua progressão [16].

Dessa forma, a eletromiografia como exame complementar na doença da escoliose pode auxiliar a avaliar a escolha adequada dos exercícios pelas características individuais da atividade neuromuscular do paciente. Esse é um fator importante, pois a prescrição de exercícios de forma inadequada pode ser prejudicial ao tipo de curvatura e levar ao oposto dos resultados previstos.

Conclusão

Apesar da restrição da pequena amostra estudada, os achados do presente estudo sugerem que 24 sessões de aplicação do protocolo de tratamento podem ser efetivas para investigar os efeitos neuromusculares na ET_D.

Acredita-se que o fortalecimento muscular do lado convexo (direito) e o alongamento do lado côncavo (esquerdo) tenham propiciado, por meio do protocolo de tratamento, um equilíbrio na ação de forças musculares, gerando maior estabilidade postural.

Referências

- [1] Ly T. Student health service. *Public Health Epidemiol Bull.* 2005; 6(2):9-11.
- [2] Hui, W *et al.* Effect of a traditional Chinese Medicine Combined Therapy on Adolescent Idiopathic Scoliosis: a randomized Controlled Trial. *Journal of Traditional Chinese Medicine.* 2015; 35(5):514-519.
- [3] Nascimento PRC, Costa LOP. Low back pain prevalence in Brazil: a systematic review. *Cadernos de saúde pública.* 2015; 31(6):1141-1156.
- [4] Leite PCP. Análise da flexibilidade em escolares do ensino fundamental. 2015.
- [5] Adobor RD *et al.* A health economic evaluation of screening and treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis.* 2014; 9(1):21.
- [6] Wajchenberg M, Martins DE, Puertas EB. Aspectos genéticos da escoliose idiopática do adolescente. *Coluna.* 2012; 11(3):234-236.
- [7] Minghelli B, Oliveira R, Nunes C. Association of obesity with chronic disease and musculoskeletal factors. *Revista da Associação Médica Brasileira.* 2015; 61(4):347-354.
- [8] Sedrez JA, Candotti CT. Métodos não invasivos de avaliação postural da escoliose: Uma revisão sistemática. *Motricidade. Fundação Técnica e Científica do Desporto, Porto, Portugal.* 2013; 9(4):100-111.
- [9] McMaster ME, Lee AJ, Burwell RG. Physical activities of Patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS): preliminary longitudinal case-control study historical evaluation of possible risk factors. *Scoliosis.* 2015; 10(1):6.
- [10] Silva CB *et al.* Influências do peso da mochila escolar em estudantes do ensino fundamental: uma revisão bibliográfica. *Revista Médica de Minas Gerais.* 2015; 25(2):
- [11] De Oliveira CM, Teixeira GMR, Cubo RCP. Tratamento fisioterapêutico por meio da cinesioterapia na escoliose idiopática do adolescente: relato de caso. *Revista funec*

científica-multidisciplinar. 2015; 3(5):122-130.

- [12] Chowanska J *et al.* School screening for scoliosis: can surface topography replace examination with scoliometer. *Scoliosis.* 2012; 7(1):9.
- [13] De Moura FIR, de Almeida HP, Pereira KCDS, Martins M, da Silva RFL, Régis SDN. Órtese para reabilitação de jovens com escoliose idiopática. *Human Factors in Design.* 2015;4(8):112-130.
- [14] Petrini AC, Venceslau AC, de Oliveira LG, Colombo SDJM. Fisioterapia como método de tratamento conservador na escoliose: uma revisão. *Revista Científica FAEMA.* 2015; 6(2):17-35.
- [15] Baracat PJF *et al.* Efeito agudo da reeducação postural global sobre a escoliose congênita. *Biológicas & Saúde.* 2015; 5(18):
- [16] Nogueira IS. Abordagem fisioterapêutica nas escolioses: revisão bibliográfica. 2015.
- [17] Thomas JR, Nelson JK, Silverman SJ. Métodos de pesquisa em atividade física. *Artmed,* 2012.
- [18] Cohen J. A power primer. *Psychological Bulletin.* 1992; 112(1):155.
- [19] Gomes AV *et al.* Tratamento do estresse psicológico pela acupuntura, avaliada pela eletromiografia do músculo trapézio. *Revista Dor.* 2012; 13(3):220-4.
- [20] Junior PCN *et al.* Os efeitos do método Pilates no alinhamento postural: estudo piloto. *Fisioterapia Ser.* 2008; 3(4):210-215.
- [21] Ide BN *et al.* Adaptações Neurais ao Treinamento de Força. *Acta Brasileira do Movimento Humano.* 2014; 4(5):1-16.
- [22] Noda D *et al.* A eletromiografia de superfície em estudos relativos à produção de força. *Revista CPAQV-Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida.* 2014; 6(3):2.
- [23] Siqueira APR. Eletromiografia e teste de força máxima para avaliação de protocolo de acupuntura para dor de joelho de corredores [dissertação]. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2015.
- [24] Silva MAC *et al.* Análise comparativa da atividade elétrica do músculo multifido durante exercícios do Pilates, série de Williams e Spine Stabilization. *Fisioter Mov.* 2013; 26(1):87-94.
- [25] Menacho MO *et al.* Electromyographic effect of mat Pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. *Journal Manipulative Physiol. Ther.* 2010: in press.
- [26] Toledo PCV. *et al.* Efeitos da Reeducação Postural Global em escolares com Escoliose. *Fisioterapia e Pesquisa.* 2011; 18(4):329-34.
- [27] Bertolla F, Baroni BM, Leal Junior EC, Oltramari JD. Efeito de um programa de treinamento utilizando o método Pilates® na flexibilidade de atletas juvenis de futsal. *Rev Bras Med Esporte.* 2007; 13(4):222-6.
- [28] Tosato JP, Caria PHF. Assessment of the muscle activity on scoliosis. *Rev Bras Cresc Desenv Hum* 2009;19(1):98-102.
- [29] Lara S. Efeito do método Pilates sobre a escoliose idiopática: estudo de caso. *Scientia Medica.* 2014; 24(4):
- [30] Chwala W *et al.* Electromyographic assessment of functional symmetry of paraspinal muscles during static exercises in adolescents with idiopathic scoliosis. *BioMed research international.* 2014.

APÊNDICE 6

ARTIGO ORIGINAL

ANÁLISE SIMETRO-ELETROMIOGRÁFICA NA AVALIAÇÃO DE
TRATAMENTO DA ESCOLIOSE
SYMMETRIC-ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS IN THE EVALUATION OF
SCOLIOSIS TREATMENT
ANÁLISIS SIMETRO-ELECTROMIOGRÁFICA EN LA EVALUACIÓN DE LA
ESCOLIOSIS

Wally auf der Strasse

Grupo de Estudos em Engenharia Clínica e Gestão em Saúde
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba - PR - Brasil

Karen Regina Galvão de Oliveira

Graduanda em Estatística
Universidade Federal do Paraná - Campus Curitiba - PR - Brasil

Lucas Menghin Beraldo

Grupo de Estudos em Engenharia Clínica e Gestão em Saúde
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba- PR - Brasil

Adriana Maria Wan Stadnik

Grupo de Estudos em Engenharia Clínica e Gestão em Saúde
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba – Curitiba -
PR – Brasil
Endereço de postagem
Rua Omílio Monteiro Soares, 1360 – CEP 81030-001 – Curitiba - PR - Brasil
Te. 55(41) 9974-6692
Endereço de email
e-mail – wallystrasse@hotmail.com

RESUMO - A escoliose é uma deformidade tridimensional da coluna vertebral, caracterizada por um desvio lateral que afeta a postura corporal. O método Pilates (MP) promove alterações na biomecânica e no padrão de ativação neuromuscular. O objetivo deste estudo foi analisar as tecnologias da eletromiografia (EMG) e da simetrografia (SMTG) aplicadas na avaliação dos efeitos neuromusculares e posturais sobre a escoliose tóraco-lombar destro-convexa (ETLDC) após aplicação de um protocolo terapêutico do MP. Trata-se

de um estudo exploratório com cinco adolescentes de ambos os sexos com idade média de 14,4 anos. Os pesquisados foram submetidos a avaliações de assimetrias posturais por meio da SMTG e a avaliação neuromuscular por meio da EMG de superfície dos músculos trapézio (TRAP), eretores espinhais (ERE), oblíquos (OBLI) e reto abdominal (RA). Os sinais eletromiográficos foram processados nos domínios temporal (EMG_{Amp}) e espectral (EMG_{Fmed}). O protocolo terapêutico foi constituído por 24 sessões do MP de solo aplicado duas vezes na semana com duração de 45 minutos. Houve melhora na escoliose e nos ombros assimétricos em um pesquisado (representando 20%) e em três pesquisados com assimetria de quadril, houve melhora em um voluntário, representando (33,33%), como demonstrado pela SMTG. As medidas em EMG_{Amp} demonstraram diferença significativa entre o antes e depois ($p \approx 0$) e entre os músculos ($p \approx 0$). As medidas em EMG_{Fmed} demonstraram que houve diferença apenas entre antes e depois ($p \approx 0$). Verificou-se que os músculos de maior destaque para EMG_{Amp} foram TRAP e ERE, ressaltando que houve um aumento na média de EMG_{Amp} para ERE. O comportamento da musculatura para as medidas em EMG_{Fmed} , demonstraram um aumento médio superior para os músculos RA e OBLI. Conclui-se que as tecnologias da EMG e a SMTG são importantes exames no acompanhamento do quadro evolutivo da doença escoliose e nas decisões de tratamento.

Palavras-chave: Pilates, Escoliose, Eletromiografia, Simetrografia.

ABSTRACT - Scoliosis is a three-dimensional deformity of the spine, characterized by a lateral shift that affects body posture. The Pilates Method (PM) promotes alterations in the biomechanics and neuromuscular activation pattern. The aim of this study was to analyze electromyography (EMG) and symmetrography (SMTG) technologies applied in the evaluation of neuromuscular and postural effects on convex right thoracolumbar scoliosis (ETLDC) after applying a PM therapeutic protocol. It is an exploratory study made with 5 adolescents both male and female, aging an average of 14.4 years old. The subjects underwent postural asymmetry assessments through SMTG and neuromuscular assessment through surface EMG of the trapezius (TRAP), erector spinae (ERE), obliques (OBLI) and rectus abdominis (RA). The electromyographic signals were processed in the temporal (EMG_{Amp}) and spectral domains (EMG_{Fmed}). The therapeutic protocol consisted of 24 sessions of soil MP implemented twice a week with duration of 45 minutes. There was an improvement in the scoliosis and asymmetric shoulders in one subject (20%) and from three subjects with hip asymmetry, there was improvement in one volunteer, representing (33.33%), as demonstrated by SMTG. Measurements in EMG_{Amp} demonstrated a significant difference between before and after ($p \approx 0$) and among the muscles ($p \approx 0$). Measurements in EMG_{Fmed} demonstrated that there was difference only between before and after ($p \approx 0$). It emerged that the most outstanding muscles to EMG_{Amp} were TRAP and ERE, pointing out that

there was an increase in average of EMG_{Amp} to ERE. The muscle behavior for measurements in EMG_{Fmed} demonstrated a higher average increase for RA and OBLI muscles. The conclusion is that the technologies of EMG and SMTG are important tests for monitoring the evolutionary outline of scoliosis and treatment decisions.

Keywords: Pilates, Scoliosis, Electromyography, Symmetrography

RESUMEN - La escoliosis es una deformidad tridimensional de la columna vertebral, caracterizada por un desvío lateral que afecta la postura corporal. El método Pilates (MP) promueve alteraciones en la biomecánica y en el patrón de activación neuromuscular. El objetivo de este estudio fue analizar las tecnologías de la electromiografía (EMG) y de la simetrografía (SMTG) aplicadas en la evaluación de los efectos neuromusculares y posturales sobre la escoliosis tóraco-lombar diestro-convexa (ETLDC) tras aplicación de un protocolo terapéutico do MP. Se trata de un estudio exploratorio con cinco adolescentes de ambos los sexos con edad media de 14,4 años. Los encuestados fueron sometidos a la evaluaciones de asimetrías posturales por medio de la SMTG y la evaluación neuromuscular por medio de la EMG de superficie de los músculos trapecio (TRAP), erectores espinales (ERE), oblicuos (OBLI) y recto abdominal (RA). Las señales electromiográficos fueron procesados en los dominios temporal (EMG_{Amp}) y espectral (EMG_{Fmed}). El protocolo terapéutico fue constituido por 24 sesiones del MP de suelo aplicado dos veces en la semana con duración de 45 minutos. Hubo mejora en la escoliosis y en los hombros asimétricos en un encuestado (representando 20%) y en tres encuestados con asimetría de cuádril, hubo mejora en un voluntario, representando (33,33%), como demostrado por la SMTG. Las medidas en EMG_{Amp} demostraron diferencia significativa entre el antes y después ($p \approx 0$) y entre los músculos ($p \approx 0$). Las medidas en EMG_{Fmed} demostraron que hubo diferencia solamente entre antes y después ($p \approx 0$). Se verificó que los músculos de mayor destaque para EMG_{Amp} fueron TRAP y ERE, resaltando que hubo un aumento en la media de EMG_{Amp} para ERE. El comportamiento de la musculatura para las medidas em EMG_{Fmed} , demostraron un aumento medio superior para los músculos RA y OBLI. Se concluye que las tecnologías de la EMG y la SMTG son importantes exámenes en el acompañamiento del cuadro evolutivo de la enfermedad escoliosis y en las decisiones de tratamiento.

Palabras-clave: Pilates, Escoliosis, Electromiografía, Simetrografía

Introdução

A escoliose é uma das doenças mais comuns da coluna vertebral e seu diagnóstico e tratamento tardio pode levar a complicações na postura corporal¹. No Brasil a prevalência da escoliose varia de 2% a 4% em adolescentes com idade entre 10 e 16 anos².

Durante o processo de aceleração do crescimento ocorre o surgimento da maior parte das escolioses³, pelo crescimento desigual das vértebras ou pelo desenvolvimento desequilibrado da musculatura dorsal⁴. A sobrecarga de cápsulas, ligamentos e discos intervertebrais responsáveis pela estabilidade da coluna vertebral promovem danos a estruturas musculares e produzem dor⁵.

Protocolos de tratamento^{6,7,8} de acordo com a classificação da escoliose proporcionam alterações biomecânicas dos tecidos moles, favorecem a redução da progressão da curvatura escoliótica e promovem o equilíbrio sagital da coluna vertebral^{9,10}.

O MP baseia-se em seis princípios: a respiração, o controle, a concentração, a organização articular, o fluxo de movimento e a precisão. Os exercícios musculares do MP são caracterizados de baixo impacto contracional, com ênfase no fortalecimento da musculatura abdominal e paravertebral¹¹. Entretanto, mesmo com os efeitos benéficos proporcionados pela técnica, existe escassez de estudos acerca dessa modalidade como alternativa terapêutica¹².

Logo, a presente pesquisa teve como objetivo analisar as tecnologias da simetria (SMTG) e da eletromiografia (EMG) de superfície utilizadas na avaliação dos efeitos neuromusculares e posturais da aplicação de protocolo terapêutico constituído por exercícios do Método Pilates (MP) de solo em adolescentes com diagnóstico médico de escoliose tóraco-lombar destroconvexa (ETLDC), com um caso de ETLDC apresentando ângulo de Cobb superior a 40° e com indicação de cirurgia corretiva.

Materiais e Métodos

Foram selecionados cinco adolescentes de ambos os sexos, com idade média de 14,4 anos e diagnóstico médico de ETLDC.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR sob o número CAEE: 36614014.0.0000.5547. A pesquisa se desenvolveu no período de 12 semanas, de fevereiro a abril de 2015.

Para a avaliação dos sinais eletromiográficos, foi utilizado um equipamento da marca EMG System do Brasil® modelo 1600-U12, de 16 canais, e eletrodos de superfície de Ag/AgCl da marca 3M.

Para a análise das assimetrias posturais o equipamento utilizado foi um simetrógrafo da marca Cardiomed® WCS, feito em cristal flexível do tipo *banner*, medindo 180x70cm², com divisões de 5cm em 5cm, alinhado verticalmente ao fio de prumo, e uma plataforma base com desenhos de impressões plantares, medindo 40x40cm.

Os sinais eletromiográficos foram processados no programa MatLab® R2008a (*MathWorks, Inc*) com filtragem de banda passante 30-450Hz do tipo *Butterworth* de terceira ordem, além de filtros tipo rejeita faixa sobre as

harmônicas da rede elétrica (60, 120, 180, 240, 300, 360 e 420Hz). Realizou-se análise temporal EMG_{Amp} (mediana da energia) e espectral EMG_{Fmed} (mediana da frequência). A mediana da frequência foi processada pela Transformada Rápida de Fourier, conforme a equação (1):

$$MF = \int_0^{MF} P(f)df = \frac{1}{2} \int_0^{fs/2} P(f)df \quad (2)$$

Onde: “MF” é a mediana da frequência, $P(f)$ é o espectro da potência e fs é frequência de amostragem (*sample frequency*).

O processamento do sinal da EMG no domínio do tempo foi realizado usando a equação da mediana da amplitude absoluta (ou retificada), conforme apresentado na equação (2):

$$ME_{eixo} = \frac{1}{2} \left(|EMG_{eixo}|_{\frac{n}{2}} + |EMG_{eixo}|_{\frac{n}{2}+1} \right) \quad (2)$$

Onde: “ME” é a mediana da energia (mediana da amplitude absoluta), EMG_{eixo} é o sinal da EMG (que é proveniente do eixo de registro do acelerômetro) e n é a janela de tempo de análise dos dados [variável de 3 a 5 s, (com frequência de aquisição a 1kHz, 3.000 a 5.000 pontos)].

Os eletrodos de superfície foram posicionados com configuração bipolar e distância inter-eletrodos de 2,5cm, de acordo com o protocolo SENIAM (*Surface Electromyography for The Non-Invasive Assessment of Muscles*), no sentido de orientação das fibras dos músculos analisados (trapézio, eretores espinhais, oblíquos externos e reto abdominal, todos de ambos os lados). O eletrodo de referência foi posicionado no processo espinhoso C7 e a frequência de amostragem foi de 1000Hz por canal. Para melhor aderência foi realizada limpeza da pele com álcool 70%, tricotomia com utilização de luvas de procedimentos, todos os materiais de uso individual e descartável. A coleta de dados foi realizada com o voluntário na posição sentada sobre uma mesa clínica, tronco ereto, mãos relaxadas sobre a coxa, equilibrando um livro sobre a cabeça durante contração submáxima, com três aferições de 15s e intervalo de 30s entre as avaliações.

Para a avaliação postural, os adolescentes avaliados foram posicionados atrás do simétrógrafo, sobre a plataforma base (elevação do avaliado até o nível das linhas traçadas do aparelho) em posição ortostática com os braços ao longo do corpo, calcanhares levemente afastados e pés abduzidos cerca de 15°, com a cabeça em plano Frankfurt. Nessa análise

foram consideradas as bases do protocolo de Kendall¹³. Como referencial, as estruturas anatômicas observadas na avaliação do ideal postural foram: na vista anterior começando da linha central do simétrgrafo entre a distância média dos calcanhares, subindo e passando pelos membros inferiores, dividindo-os em partes iguais, linha média e central da pelve, linha Alba, esterno e crânio; na vista lateral, anteriormente ao maléolo lateral, centro articular do quadril, ombro e no meato auditivo externo; e por último, na vista posterior, entre a distância média dos calcanhares subindo e passando pelos membros inferiores, dividindo-os em partes iguais, linha média e central da pelve, sobre os processos espinhosos da coluna vertebral, desde a região lombar passando pela torácica e culminando na região cervical e crânio.

Os adolescentes investigados foram submetidos a 24 sessões de um protocolo de tratamento composto por 14 exercícios do MP de solo: *Hundred, Roll Up, Front Support Puch Up, Leg Pull Down, Neck Pull, Teaser, Scissors, Roll Over, Swimmimg, Single Leg Stretch, Double Leg Stretch, Cris/Cross, Shoulder Bridge, Spine Twist*¹⁴, com aulas duas vezes na semana com duração de 45 min. As análises estatísticas foram realizadas no *Software estatístico R 3.2.0*. Para a comparação das medidas de EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} , foi aplicado a análise de variância. Este método, conhecido como ANOVA¹⁵, é empregado para avaliar a influência dos fatores na característica de interesse. No presente estudo os fatores que estão associados às medidas de EMG_{Amp} e EMG_{Fmed} : *Período*: Antes ou Depois do Método Pilates; *Músculo*: Musculatura (*Trapézio, Eretores espinhais, Oblíquo e Reto*); *Lado*: Lado do corpo (*Direito ou Esquerdo*). Na ANOVA são aplicados métodos estatísticos que particionam a variabilidade total dos dados entre os fatores analisados e os resíduos, então é aplicado um teste F para verificar se a variação explicada pelos fatores é significativa comparada a variação dos resíduos. O modelo que foi testado pode ser escrito pela equação (3):

$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijkl}$	(3)
--	-----

Em que $l=1, \dots, n$, $i=1,2$, $j=1, \dots, 4$, $k=1,2$ e: y_{ijkl} = l-ésima observação do nível i do Período, nível j do Músculo e nível k do Lado; μ = média geral dos dados; α_i = efeito do nível i do Período; β_j = efeito do nível j do Músculo; γ_k = efeito do nível k do Lado; ϵ_{ijkl} = componente aleatório do erro.

Para possibilitar tal análise, foi assumido que os erros experimentais são variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas, com distribuição normal com média zero e variância constante, ou seja $\epsilon_{ijkl} \stackrel{IID}{\sim} N(0, \sigma^2)$. A verificação destes pressupostos foram feitas de maneira gráfica, buscando ausência de padrões no gráfico *Residuals vs Fitted*. Possíveis *outliers*, com resíduos acima de três no gráfico *Normal Q-Q* foram retirados da análise. A aderência dos pontos à reta da distribuição normal

teórica também foi observada nos gráficos *Normal Q-Q*. Nos casos em que a adequação dos resíduos não foi alcançada, aplicou-se a transformação log nas medidas observadas, em todos os casos em que houve necessidade de transformação, esta medida foi suficiente para que os pressupostos fossem validados. É importante ressaltar que com uso da transformação não podemos nos referir as medidas de EMG_{Amp} ou EMG_{Fmed} em sua escala original, mas sim aplicando o logaritmo neperiano nessas medidas. Considerando o pequeno tamanho amostral, o nível de significância estatístico adotado foi de 10%.

As hipóteses testadas por meio da ANOVA foram:

$\begin{cases} H_0: \alpha_1 = \alpha_2 \\ H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2 \end{cases}$	(4)
---	-----

$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 \\ H_1: \beta_j \neq \beta_{j'}, \text{ para pelo menos um par com } i \neq i' \end{cases}$	(5)
---	-----

$\begin{cases} H_0: \gamma_1 = \gamma_2 \\ H_1: \gamma_1 \neq \gamma_2 \end{cases}$	(6)
---	-----

Para a análise por meio da simetrografia foi utilizado o teste de McNemar. Este teste não paramétrico foi aplicado em situação de comparativos antes e depois, avaliando o mesmo indivíduo nesses dois períodos, sendo observada a significância estatística das mudanças de classes ocorridas. Foram verificadas as situações de triângulo de tales assimétrico, protração escapular, encurtamento do trapézio, ombros assimétricos, protrusão abdominal e assimetria de quadril, assim como a presença ou não de escoliose. O *p-valor* foi obtido através do teste binomial, visto que o tamanho amostral das mudanças de classe é pequeno: $P(X = x)$, sendo que $X \sim Bin(n, p_0)$ em que $p_0=0.5$, $x=0$ para todos os casos e n é o número de indivíduos que apresentaram evolução (diferença entre Sim antes e Sim depois).

Resultados

Na ETLDC, a medida em EMG_{Amp} foi transformada e houve diferença significativa entre o antes e depois ($p \approx 0$) e entre os músculos ($p \approx 0$). As medidas em EMG_{Fmed} mostram que houve diferença apenas entre antes e depois ($p \approx 0$). As análises de resíduos, na Figura 1, mostram a adequação dos modelos e a validade das análises, mesmo com um leve desvio da normalidade para os resíduos das medidas de f. A figura 2 demonstra a média de EMG_{Amp} (esquerda) e EMG_{Fmed} (direita) por período e musculatura.

Tabela 1: ANOVA EMGamp – Toráco Lombar destro-convexa (ETLDC)

Tabela 2: ANOVA EMG_{fmed} - Toráco Lombor destro-convexa (ETLDC)

Figura 1: Análise de resíduos (EMG_{amp} e EMG_{fmed}) nos casos de escoliose tóraco lombar destro-convexa

Figura 2: Média de EMG_{amp} (esquerda) e EMG_{fmed} (direita) por período e musculatura nos casos de escoliose tóraco lombar destro-convexa

Foi possível verificar que os músculos de maior destaque para EMG_{Amp} foram TRAP e ERE, ressaltando que houve um aumento na média de EMG_{Amp} para ERE nos casos de ETLDC. Já o comportamento da musculatura para as medidas em EMG_{Fmed}, houve um aumento médio superior para os músculos RA e OBLI.

Discussão

Na classificação da ETLDC, a diminuição da EMG_{Amp} nos músculos TRAP, OBLI e RA, bem como o aumento da EMG_{Fmed} em ambos os lados da coluna vertebral promoveram ajustes neuromusculares e dessa forma apresentando melhora na avaliação postural constatada pela SMTG em um dos adolescentes investigados.

Esses achados estão em conformidade com um estudo¹⁶ que relata que as primeiras semanas são consideradas responsáveis pelas adaptações neurais aos exercícios e somente após a oitava a décima semana é que ocorrem as adaptações fisiológicas de força e resistência. Dessa forma, as algumas afirmações¹⁶ são importantes, pois suscitam evidências de que o curto período de aplicação do protocolo terapêutico proposto no presente estudo foi insuficiente para promover alterações de força muscular satisfatórias para gerar pequenas modificações nas assimetrias apresentadas em todos os cinco adolescentes com a classificação da ETLDC, onde só um adolescente investigado obteve melhora na escoliose e em ombros assimétricos, porém propiciaram ativação neuromuscular relevante.

O exame eletromiográfico mostrou um importante efeito no padrão de ativação neuromuscular devido à restauração da força do músculo por meio da facilitação neuromuscular e do aumento da velocidade de propagação dos potenciais de ação das unidades motoras¹⁷ que promovem consequente aumento na ação muscular¹⁸ e melhora a coordenação intra e inter muscular de agonistas e antagonistas^{19,20}. A avaliação do controle postural representa uma tarefa desafiadora, porém apresenta implicações de grande valia para profissionais de diversas áreas, como a neurologia, fisioterapia e ortopedia²⁰. E, por ser a escoliose uma doença potencialmente progressiva, o exame por meio

da tecnologia da EMG de superfície mostrou-se importante no controle da evolução dessa deformidade e nas decisões de tratamento.

O MP oferece reforço para os componentes musculares básicos, produzindo estímulos proprioceptivos que resultam na melhora do equilíbrio estático da coluna vertebral²². À vista disso, estas afirmações são fundamentais na validação do tratamento conservador do MP em doenças da coluna vertebral, entretanto, na patologia da escoliose ETLDC, sugere-se observar que a variável ângulo de Cobb acima de 40° torna-se fator limitante nos benefícios relativos à ação terapêutica, promovendo apenas estabilização na progressão da doença.

As respostas posturais podem também estar relacionadas à interrupção constante da movimentação em decorrência da sintomatologia dolorosa, em que o voluntário com indicação cirúrgica por diversas vezes teve que cessar a execução dos movimentos não completando o número de repetições necessárias em cada exercício elegido para estruturar o protocolo de tratamento conservador do MP.

Nesse sentido, a investigação de um estudo de caso²³ realizado na cidade de Bauru, São Paulo, teve como sujeito uma adolescente de 11 anos com escoliose ETLDC com 16° comprovada por radiografia, submetida a um protocolo de tratamento por nove meses, composto por exercícios cinesioterapêuticos conjugados entre as técnicas de *Iso Stretching*, Pilates, Série de Willians e exercícios utilizando a bola suíça. Verificou-se redução no ângulo de Cobb para quatro graus e melhora postural evidente. Esses resultados favorecem em parte os resultados aqui apresentados nos quais se pode observar a importância de protocolos de tratamento aplicados em períodos maiores de intervenção terapêutica relativos aos benefícios posturais.

Também nesta direção, uma paciente com 19 anos de idade foi avaliada²⁴ e foi observado diminuição das retrações musculares pelo método de *Iso Stretching* e bola suíça, a jovem pesquisada obteve melhora do padrão postural e da sensação de dor, porém sem redução da curvatura escoliótica. Esses resultados corroboram também em partes com os que se apresenta nesse estudo, em que foi verificado que o protocolo de tratamento com 24 sessões do MP igualmente não foi eficaz em reduzir todas as assimetrias musculares avaliadas no plano frontal e sagital pela SMTG, apresentando apenas melhora em um adolescente investigado relativo à redução da curva escoliótica.

Outro estudo²⁵ corrobora aos tratamentos fisioterapêuticos para a doença escoliose, na avaliação de um estudo de caso de um adolescente do sexo masculino de 14 anos de idade com ETLDC. O tratamento foi composto por exercícios cinesioterapêuticos isométricos, simétricos e assimétricos no lado côncavo e convexo e alongamentos favorecendo o crescimento axial realizados na posição sentada e deitada. Os resultados após 22 meses de tratamento com sessões entre duas e três vezes na semana e intervenções de

uma hora mostraram redução da curvatura escoliótica por meio de exames radiográficos.

Esta notável redução da curva escoliótica evidencia a necessidade de tratamentos realizados por meio de exercícios em período extenso de intervenção terapêutica como fator de benefícios posturais e observa-se que exercícios isométricos para os músculos dorsais, lombares e abdominais semelhantes aos preconizados no MP, podem ser fundamentais na composição de protocolos de tratamento na estabilização da coluna vertebral em adolescentes com escoliose, afirmando os resultados encontrados no presente estudo. Verificou-se que a avaliação postural por meio da SMTG mostrou-se eficiente como tecnologia para a verificação das alterações da estrutura corporal.

Esses dados devem ser observados com cautela, pois estão baseados em uma pequena amostra de ETLDC e necessitam de outras análises com amostras maiores dessa classificação específica da doença e com protocolos constituídos com diferentes exercícios do MP.

Conclusão

O tempo de aplicação do protocolo de intervenção terapêutica pelo MP não se mostrou eficiente na redução de todas as assimetrias corporais investigadas, apenas um dos cinco adolescentes voluntários estudados apresentou melhora na escoliose e nos ombros assimétricos (representando 20%) e em três pesquisados com assimetria de quadril, houve melhora em um voluntário, representando (33,33%), como demonstrado pela SMTG.

Na ETLDC, as medidas em EMG_{Amp} demonstraram diferença significativa entre o antes e depois ($p \approx 0$) e entre os músculos ($p \approx 0$). As medidas em EMG_{Fmed} demonstraram que houve diferença apenas entre antes e depois ($p \approx 0$).

Verificou-se que os músculos de maior destaque para EMG_{Amp} foram TRAP e ERE, ressaltando que houve um aumento na média de EMG_{Amp} para ERE nos casos de ETLDC. Já o comportamento da musculatura para as medidas em EMG_{Fmed} , houve um aumento médio superior para os músculos RA e OBLI.

Dessa forma, sugere-se a EMG como um importante exame no estudo e no acompanhamento da atividade neuromuscular relativos à evolução da doença escoliose e a SMTG uma tecnologia eficiente, de baixo custo e de aplicação acessível na avaliação postural.

REFERÊNCIAS

1. Karimian A, Rahmani N, Mohseni-Bandpei MA, Bassampour SA, Kiani A. Prevalence of Scoliosis and Associated Risk Factors in Children and Adolescents: A Systematic Review. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences (JMUMS)*. 2015; 25(130):191-199.
2. Souza FID, Ferreira RBD, Labres D, Elias R, Sousa APMD, Pereira RE. Epidemiologia da escoliose idiopática do adolescente em alunos da rede pública de Goiânia-GO. *Acta Ortop. Bras*. 2013; 21(4): 223-225.
3. De Oliveira JG, De Oliveira MMHA, Alfieri FM. Lombalgia e Estilo de Vida. *Journal of Health Sciences*. 2015; 16(4):341-4.
4. Macedo RB, Coelho MJ, Sousa NF, Valente-dos-Santos J, Machado-Rodrigues AM, Cumming SP, et al. Quality of life, school backpack weight, and nonspecific low back pain in children and adolescents. *Jornal de Pediatria*. 2015; 91(3):263-269.
5. Gonçalves M, Barbosa FSS. Análise de parâmetros de força e resistência dos músculos eretores da espinha lombar durante a realização de exercício isométrico em diferentes níveis de esforço. *Rev Bras Med Esporte*. 2005; 11(2): 109-14.
6. Fusco C, Donzelli S, Lusini M, Salvatore M, Zaina F, Negrini, S. Low rate of surgery in juvenile idiopathic scoliosis treated with a complete and tailored conservative approach: end-growth results from a retrospective cohort. *Scoliosis*. 2014; 9(12):1-6.
7. Mordecai SC, Dabke HV. Efficacy of exercise therapy for the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: a review of the literature. *European Spine Journal*. 2012; 21(3):382-389.
8. Zaina F, Romano M, Knott P, de Mauroy JC, Grivas TB, Kotwicki T, et al. Research quality in scoliosis conservative treatment: state of the art. *Scoliosis*. 2015; 10(21):1-4.
9. Mac-Thiong JM, Roussouly P, Berthonnaud É, Guigui P. Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults. *Spine*. 2010; 35(22): E1193-E1198.
10. Negrini A, Negrini MG, Donzelli S, Romano M, Zaina F, Negrini S. Scoliosis-Specific exercises can reduce the progression of severe curves in adult

idiopathic scoliosis: a long-term cohort study. *Scoliosis*. 2015; 10(20):1-7.

11. Jago R, Jonker ML, Missaghian M, Baranowski T. Effect of 4 weeks of Pilates on the body composition of young girls. *Prev Med*. 2006; 42(3):177-80.

12. Bertolla F, Baroni BM, Leal Junior EC, Oltramari JD (2007). Efeito de um programa de treinamento utilizando o Método Pilates® na flexibilidade de atletas juvenis de futsal. *Rev Bras Med Esporte*. 2007; 13(4):222-6

13. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Abeloff D, Andrews PJ, Krause CC. *Músculos, provas e funções: com postura e dor*. 5ed. São Paulo: Manole; 2007.

14. Rodriguez J. *Pilates*. 1st ed. São Paulo: Marco Zero; 2006.

15. Bussab WO, Morettin PA. **Estatística básica**. 8ed. São Paulo: Saraiva; 2013.

16. Menacho MO, Obara K, Conceição JS, Chitolina ML, Krantz DR, da Silva RA, et al. Electromyographic effect of mat Pilates exercise on the back muscle activity of healthy adult females. *Journal manipulative and physiological therapeutics*. 2010; 33(9):672-678.

17. Noda DKG, Marchetti PH, Junior GDBV. A Eletromiografia de superfície em estudos relativos à produção de força. *Rev CPAQV-centro de pesquisas avançadas em qualidade de vida*. 2014; 6(1):1-25.

18. Bohorquez IJR, Souza MN, Pino AV. Influência de parâmetros da estimulação elétrica funcional na contração concêntrica do quadríceps. *Rev Bras de Engenharia Biomédica*. 2013; 29(2):153-165.

19. Folland JP, Williams AG. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. *Sports Medicine*. 2007; 37(2):145-68.

20. Paz GA, Lima VP, Miranda H, de Oliveira CG, Dantas EHM. Actividad electromiográfica de los músculos extensores del tronco durante la estabilización física del método Pilates. *Rev Andaluza de Medicina del Deporte*. 2014; 7(2):72-77.

21. Loth EA, Albuquerque CE, Ciena AP, Rossi AG. Avaliação do controle postural em adultos jovens através da posturografia dinâmica Foam-laser e plataforma de força. *Rev Bras Med Esporte*. 2011; 17(3):171-174.

22. Pereira Santos FDR, de Lima Moser ADD, Bernardelli RS. Análise da efetividade do método Pilates na dor lombar: revisão sistemática. Rev Bras Ciência e Moviment. 2015; 23(1):157-163.

23. Fiorelli A, Arca EA, Fiorelli CM, Vitta AD, Weckwerth PH, Strandman MTM, et al. Redução da escoliose idiopática juvenil pós-intervenção cinesioterapêutica: relato de caso. Rev Salusvita. 2014; 33(3):355-363.

24. Bonorino KC, Da Silva Borin G, Da Silva AH. Tratamento para escoliose através do método iso-stretching e uso de bola suíça. Cinergis. 2007; 8(2):1-5.

25. De Oliveira CM, Teixeira GMR, Cubo RCP. Tratamento fisioterapêutico por meio da cinesioterapia na escoliose idiopática do adolescente: relato de caso. Rev funec científica-multidisciplinar. 2015; 3(5):122-130.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

Contribuições dos autores: WADS (0000-0003-1845-066X)*, contribuiu nas coletas e redação do manuscrito; AMWS (0000-0003-3388-3017)*, orientou a construção do estudo e revisão; LMB (0000-0001-7812-1011)*, auxiliou na análise estatística e revisão; KRGO, auxiliou na análise estatística. Todos os autores contribuíram de forma intelectual para o estudo. *Número ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

Tabela 1: ANOVA EMGamp - Toráco Lombar destro-convexa (μV) (ETLDC)

	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F Calculado	P(>F)
Período	1	84.00	84.00	31.85	0.000
Lado	1	3.48	3.48	1.32	0.2544
Músculo	3	134.27	44.76	16.97	0.0000
Resíduos	74	195.18	2.64		

Tabela 2: ANOVA EMGfmed - Toráco Lombar destro-convexa (μV) (ETLDC)

	GL	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F Calculado	P(>F)
Período	1	62105.51	62105.51	46.41	0.000
Lado	1	2.11	2.11	0.00	0.9684
Músculo	3	5486.44	1828.81	1.37	0.2596
Resíduos	74	99017.42	1338.07		

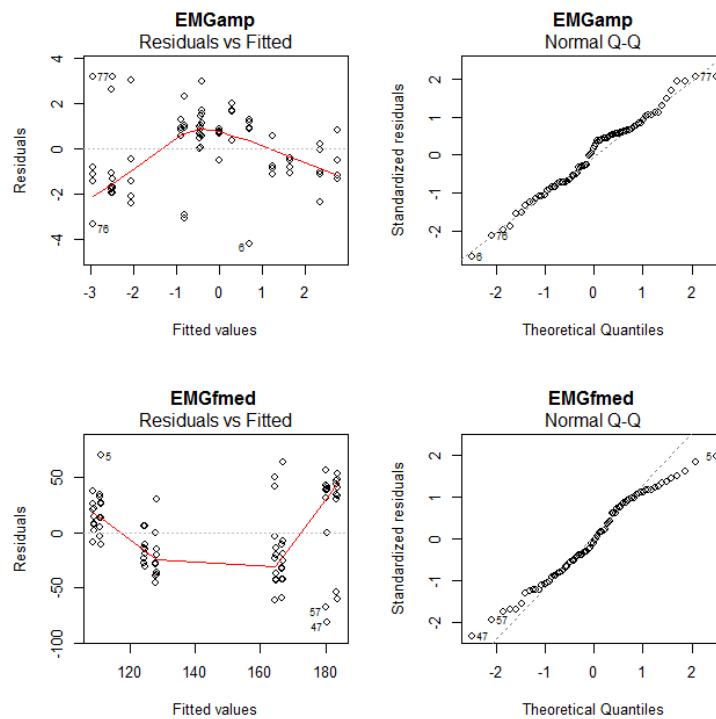


Figura 1: Análise de resíduos (EMGamp e EMGfmed) nos casos de escoliose tóraco lombar destro-convexa

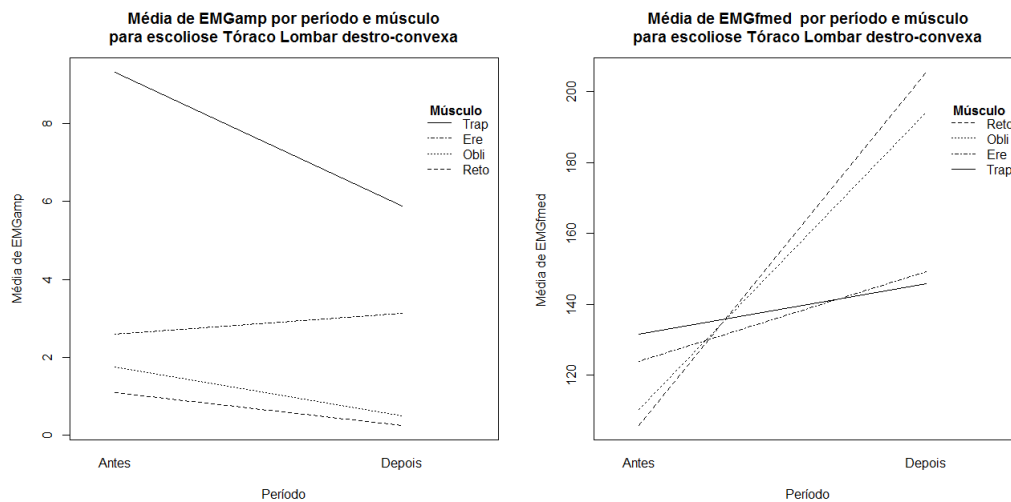


Figura 2: Média de EMGamp (esquerda) e EMGfmed (direita) por período e musculatura nos casos de escoliose tóraco lombar destro-convexa

APÊNDICE 7

**TITLE: ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF TRUNK'S
MUSCULATURE SIGN AND POSTURAL EVALUATION AFTER
THERAPEUTIC INTERVENTION**

Short Title: EMG and postural analysis in scoliosis disease

Wally auf der Strasse (Corresponding author)
Study Group in Clinical Engineering and Health Management
Graduate Program in Biomedical Engineering
Federal University of Technology – Curitiba – Paraná – Brazil

Eddy Krueger
Graduate Program in Biomedical Engineering
Federal University of Technology – Curitiba – Paraná – Brazil
Anatomy Department
State University of Londrina – Londrina – Paraná – Brazil

Karen Regina Galvão de Oliveira
Undergraduate student in Statistics
Federal University of Paraná – Curitiba – Paraná - Brazil

Lucas Menghim Beraldo
Study Group in Clinical Engineering and Health Management
Graduate Program in Biomedical Engineering
Federal University of Technology – Curitiba – Paraná – Brazil

Adriana Maria Wan Stadnik
Study Group in Clinical Engineering and Health Management
Graduate Program in Biomedical Engineering
Federal University of Technology – Curitiba – Paraná – Brazil

Corresponding Author's address: Omílio Monteiro Soares Street, 1360 – CEP 81030-001 – Curitiba - PR – Brazil. Mobile Phone Number +55 41 9974-6692
Corresponding Author's e-mail address - e-mail - wallystrasse@hotmail.com

Abstract

Introduction: This study evaluated how Pilates Method (PM) impacts the postural alignment of 22 teenagers with scoliosis, using surface electromyography and simetrography. **Methods:** The subjects were submitted to postural evaluation and electromyographical evaluation, focused on muscles trapezoid (TRAP), spinal erectors (ERE), obliques (OBLI) and rectus abdominis (RA), processed in temporal (EMG_{Amp}) and spectral (EMG_{Fmed}) dominium. After the evaluation, subjects realized 24 sessions of protocol with 14 PM exercises, and then they were submitted again to the initial tests. Electromyographical data were analyzed by ANOVA and processed using statistical software R, version 3.2.0. Regarding simetrographical analysis, we used McNemar test. **Results:** Results showed significant differences in postural alignment (40,9%). In electromyographical evaluation, except for thoracolumbar scoliosis to the left (TLSL), the main effect was decrease in EMG_{Amp} of TRAP and ERE muscles, and an increase in EMG_{Fmed} of RA and OBLI muscles. **Conclusion:** Results point to the importance of PM as a conservative form of treating scoliosis, generating a better neuromuscular and postural activation; there are more significant differences in the scoliosis' types with only one curvature.

Keywords: Pilates. Scoliosis. Electromyography. Simetrography.

Introduction

Scoliosis is a three-dimensional deformity of the spine (Sakai et al., 2014), with physiological curvatures' deviations in sagittal and frontal planes (Rosanova et al., 2013), characterized by a lateral diversion (Souza et al., 2013). This alteration produces power and torso's muscles length imbalances, favoring muscles' shortening of the concave side and muscles' stretching of the convex side (Segura et al., 2013; Schmid, 2010).

This postural deviation affects both male and female (about 3% of adolescents), before sexual maturity (Rivett *et al.*, 2009), being more frequent in females (Horne et al., 2014; Sperandio et al., 2014), in a ratio of 4:1 (Dayer et al., 2013). It affects anatomy, lung function and cause severe aesthetic and psychosocial effects (Segura et al., 2013), as well as affects body symmetry and patients' quality of life (Rosanova et al., 2013).

Pilates Method (PM) is considered a complementary therapy in rehabilitation (Wells, 2012; Petrini, 2015; De Moura et al., 2015.). PM practice provides benefits on overall flexibility, postural alignment and coordination, as well as muscle strength's increase, which demonstrate a direct relationship with postural re-education process (Comunello, 2011; Sinzato, 2013; De Moura et al., 2015).

The aim of this study was to evaluate neuromuscular and postural responses from PM application in adolescents with scoliosis, through electromyography and simetrography.

Methods

Procedures for this study met ethical recommendations of 466/12 Resolution and were approved by Ethics in Research Committee involving human beings of Paraná Federal Technological University - UTFPR under CAEE number: 36614014.0.0000.5547, on October, 9th 2014. All surveyed volunteers filled the Free and Clarified Assent Term and parents/guardians filled the Free and Clarified Consent Term (FCCT).

The research's application took place in three-month period, from February to April 2015. This study sample was intentional: were included individuals with medical scoliosis' diagnosis, aged between 12 and 18 years old, of both genders, physically active, with no experience in PM resistance training and that had not underwent spine's orthopedic corrective surgery nor presented rheumatic disease diagnosis.

Body's symmetry assessment was performed by direct observation in frontal, sagittal and transverse planes in front, side and rear individuals' views. The equipment used was a Cardiomed® WCS symmetrograph, made in flexible crystal banner type, measuring 180x70cm² with squares divided into 5cm to 5cm; and a base platform with

footprints' drawings, measuring 40x40cm. We used the symmetrograph aligned vertically to the plumb line for static postural analysis.

Individuals were instructed individually and placed behind the symmetrograph on the base platform (assessed participants' elevation at drawing lines' level of the device), in orthostatic position, with arms along the body, slightly apart heels and feet abducted about 15 degrees, with head in Frankfurt plan. To carry out the assessments, boys accomplished the collection using only school uniform's shorts and girls with top and lycra shorts.

For postural analysis, were considered Kendall, Maccreary & Provance protocol basis (1995). The observed anatomical structures corresponded to the following: in the previous view, starting from symmetrograph's central line between average heels' distance rated, going up and passing through lower limbs, dividing them equally, middle and pelvis' central lines, Alba line, sternum and skull. In the side view, prior to lateral malleolus, hip's articular center, shoulder and external auditory meatus. In addition to, finally, in the rear view, between individual heels' average distance, going up and passing through lower limbs, dividing them equally, middle and pelvis' central lines, over spine's spinous processes, from lower back through thoracic region, and culminating in cranial cervical region.

It was used a System EMG Brasil® brand equipment, 1600-U12 model of 16 channels, and surface electrodes Ag/AgCl from 3M® brand, in bipolar configuration, positioned in fibers' orientation direction of the analyzed muscles. The reference electrode was located on C7 spinous process. The sampling frequency was 1 kHz. Electrical activation signals were investigated from trapezius, spinal erectors and oblique rectus abdominis' muscles. Surface electrodes pairs' placement was performed according to SENIAM (Surface Electromyography for Non-Invasive Assessment of

Muscles) protocol. For evaluated areas' trichotomy, were used procedures' gloves, individual and disposable razor and skin cleansing with sterile cotton and alcohol for better grip and electrodes' attachment, maintained inter-electrodes distance of 2.5 cm.

Signals were processed in MatLab® R2008 program (MathWorks, Inc) with 30-450Hz third-order Butterworth low-pass filter, and band-reject filters on power grid's harmonics (60, 120, 180, 240, 300, 360 and 420Hz). Temporal EMG_{Amp} (energy's median) and spectral EMG_{Fmed} (frequency's median) reviews were held. Fast Fourier Transform processed frequency's median, according to equation (1). Where "FM" is frequency's median, $P(f)$ is power's spectrum and f_s is sample's frequency.

$$FM = \int_0^{MF} P(f)df = \frac{1}{2} \int_0^{f_s/2} P(f)df \quad (1)$$

EMG signal processing in time domain was carried out using absolute amplitude's median equation (or rectified), as disclosed in equation (2). Where "EM" is energy's median (absolute amplitude's median), EMG_{axis} is EMG sign (originating from the accelerometer's log axis) and n is data analysis' time window (3 to 5 seconds' variables).

$$EM_{axis} = \frac{1}{2} \left(|EMG_{axis}|_{\frac{n}{2}} + |EMG_{axis}|_{\frac{n}{2}+1} \right) \quad (2)$$

The research's participants were evaluated seated on a medical table, torso upright, hands relaxed on thighs, balancing a book on the head during submaximal contraction. Three 15s measurements were performed, with 30s range between them, in checking spine stabilizing function.

Tests were redone after 24 application sessions (twelve weeks) of a treatment protocol consisting of 14 PM soil exercises (MatPilates), with classes twice a week with 45 min duration. To study achievement, the following exercises were selected to

compose the treatment protocol: Hundred, Roll Up, Front Support Push Up, Leg Pull Down, Neck Pull, Teaser, Scissors, Roll Over, Swimming, Single Leg Stretch, Double Leg Stretch, Criss/Cross, Shoulder Bridge, and Spine Twist.

Electromyographical data of EMG_{Amp} and EMG_{Fmed} were evaluated by statistical method of variance analysis ANOVA, using statistical software R, version 3.2.0, comparing the following: Period: before or after PM; Muscle: TRAP, ERE, OBLI, RA; Side: right or left side of the body. We also applied a F test to verify if variation explained by the factors was significant compared to variation of residues, in which $l=1, \dots, n$, $i=1, 2$, $j=1, \dots, 4$, $k=1, 2$.

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijkl} \quad (3)$$

Where y_{ijkl} = l-esimal observation of level of Period i , level of Muscle j and level of Side l ; where μ = general data average; α_i = effect of level of Period i ; β_j = effect of level of Muscle j ; γ_k = effect of level of side l ; ϵ_{ijkl} = random component of error.

We considered in this analysis that experimental errors are independent and identically distributed random variables, with normal distribution with average zero and constant variance, so $\epsilon_{ijkl} \stackrel{IID}{\sim} N(0, \sigma^2)$. The verification of these propositions was made graphically, aiming absence of patterns in the graphic *Residuals vs Fitted*. Possible outliers, with more than 3 as value of residues in the graphic *Normal Q-Q* were dismissed from the analysis. Points adherence to the theoretical line of normal distribution can also be observed in graphics *Normal Q-Q*. Cases in which there is no adequacy of residues, we applied a log transformation in observed measures. In all the cases in which we had to do the transformation, this measure was enough to validate our propositions. It is important to stress that we couldn't use the transformation as a way to

refer to EMG_{Amp} and EMG_{Fmed} in their original scale, but with an application of neperian logarithm in these measures. Hypothesis tested by ANOVA are:

$$\begin{cases} H_0: \alpha_1 = \alpha_2 \\ H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 \\ H_1: \beta_j \neq \beta_{j'}, \text{ for at least a pair with } i \neq i' \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} H_0: \gamma_1 = \gamma_2 \\ H_1: \gamma_1 \neq \gamma_2 \end{cases} \quad (6)$$

Considering the largest sample size as six, the statistical significance level was 10%. As we had only one observation of thoracolumbar scoliosis to the left (TSL) for analysis, we applied paired test t, considering before and after, and also right side with left side. We calculated the statistical elements considering the average between pairs and standard deviation of differences, following a T of Student distribution with n-1 degrees of freedom. Hypothesis are:

$$\begin{cases} H_0: \mu_{D1} = 0 \\ H_1: \mu_{D1} \neq 0 \end{cases} \text{ e } \begin{cases} H_0: \mu_{D2} = 0 \\ H_1: \mu_{D2} \neq 0 \end{cases} \quad (7)$$

In which μ_{D1} is the average of differences between before and after, and μ_{D2} is the average between right and left sides.

Our simetrographical analysis used McNemar test to compare before and after, evaluating the same subject during these two periods, in which we observed statistical significance of the class changes that occurred. We verified situations with Tales' asymmetrical triangle, scapular protraction, shortening of TRAP, asymmetrical shoulders, abdominal protrusion and asymmetry of hip, and also the presence or not of scoliosis. We obtained the p-value using a binomial test, since we had a small sample size for the class changing: $P(X = x)$, in which $X \sim Bin(n, p_0)$ with $p_0=0.5$, $x=0$ for all cases and n is the number of subjects with some evolution (difference between YES before and YES after).

Results

Out of the 22 teenager volunteers of both genders, 16 individuals (72.7%) were female and six males. The volunteers presented an average age of 14.68 ± 1.67 years; between 12 and 18 years old.

Regarding scoliosis' condition, five (22.72%) volunteers presented right postural scoliosis (RPS); six (27.27%) right thoracic scoliosis (RTS); five (22.72%) left thoracic scoliosis (LTS); five (22,72%) dextroconvex thoracolumbar scoliosis (DCTLS); one (4.54%) left thoracolumbar scoliosis (TSL).

Evaluation through simetrography

Regarding the evaluation made by simetrography, values presented in Table 1 reveal that there was a significant improvement in scoliosis' situation ($p=0.001$), in which nine subjects (40.9%) obtained postural alignment, significant difference in assymetrical shoulders ($p=0.001$) and also in shortening of TRAP ($p=0.031$)

[Table 1]

Referring to scoliosis' disease classification, results featured that in the five cases of right postural scoliosis (EP_D) there was improvement in three (60%) of the investigated individuals. In the six cases of right thoracic scoliosis (ET_D), there was improvement in three (50%) of the investigated. In five cases of left thoracic scoliosis (ET_E), there was improvement in two (40%) of the assessed. In five cases of dextroconvex thoracolumbar scoliosis (DCTLS), there was improvement in one (25%) of the surveyed participants. In the only case of left thoracolumbar scoliosis, there was no postural improvement.

Evaluation by electromyography

Right Postural Scoliosis (RPS)

In RPS, measured with EMG_{Amp} , there is significant difference between before and after ($p=0.081$) and also among analysed muscles ($p=0.031$), as data presented in Table 2. Related to EMG_{Fmed} , there is also a significant difference between before and after ($p=0$), and among muscles ($p=0.001$), as data presented in Table 2.

[table 2 here]

Analysis of residues show adequacy of models and validate our analysis, according to data presented in figure 1.

[figure 1 here]

In figure 2 we can verify the opposite behaviors of EMG_{Amp} and EMG_{Fmed} after applying PM. While EMG_{Amp} decreases, EMG_{Fmed} increases. In EMG_{Amp} , the biggest difference is in muscles TRAP and ERE, while in EMG_{Fmed} there is a great evolution of muscles OBLI and RA.

[figure 2 here]

Right Thoracic Scoliosis (RTS)

In RTS, measured in EMG_{Amp} , there was the need of using log transformation and of removing an outlier from the analysis. There is a significant difference between before and after ($p=0$), between right and left sides ($p=0.04$) and also among analysed muscles ($p=0$).

We had no need to use the transformation with EMG_{Fmed} , but two outliers were removed. There is significant difference between before and after ($p=0$) and among muscles ($p=0.007$), according to table 2. Analysis of residues showed adequacy of models and validated our analysis. Again, it is possible to verify opposite behaviors of EMG_{Amp} and EMG_{Fmed} when applying PM. In RTS, we had the biggest difference of

EMG_{Amp} observed in muscles TRAP, ERE and RA, while the biggest EMG_{Fmed} difference was the great evolution in muscles OBLI and RA, as presented in figure 3.

[figure 3 here]

Left Thoracic Scoliosis (LTS)

In LTS, there was the need of log transformation. In this case we detected a possible outlier, but we verified that its presence wouldn't have effects on our analysis. The EMG_{Amp} measured in log presents a significant difference between before and after ($p \approx 0$), and among analyzed muscles ($p \approx 0$). EMG_{Fmed} shows difference only between before and after ($p \approx 0$), as presented in table 2. Analysis of residues shows adequacy of models and validate our analysis. In LTS, as presented in figure 4, there are bigger differences between before and after to EMG_{Amp} regarding muscles TRAP and ERE, while EMG_{Fmed} shows great evolution of muscles OBLI and RA.

[figure 4 here]

Dextroconvex thoracolumbar scoliosis (DCTLS)

In DCTLS, we used the transformation of EMG_{Amp} values and there was significant difference between before and after ($p \approx 0$) and among muscles ($p \approx 0$). EMG_{Fmed} shows difference only between before and after ($p \approx 0$), as presented in table 2. Analysis of residues shows adequacy of models and validates our analysis, even with a light deviation from normality of residues related to f measures. We can see from figure 5 that it is possible to verify that muscles TRAP and ERE had greater emphasis in EMG_{Amp}, with an average increase of EMG_{Amp} of ERE in DCTLS cases. On the other hand, muscular behavior in EMG_{Fmed} follows the same pattern of other scoliosis' cases, with higher average increase in muscles RA and OBLI.

[figure 5 here]

Left thoracolumbar scoliosis (LTLS)

Regarding LTLS, considering the four muscular groups involved and two sides, we made eight observations in pairs, with seven degrees of freedom. There is significant difference in EMG_{Fmed} values of before and after ($p=0.007$). Comparing before and after, and the two sides, EMG_{Amp} had no significance, the same as EMG_{Fmed} when comparing sides, as presented in table 2 and figure 6.

[figure 6 here]

Discussion

The performed research demonstrates neuromuscular activation asymmetry, with myoelectric activity increase at scoliotic curvature convexity's side and lower activation of the concave side. These findings are strengthened by statements found in literature (Zuk, 1962; Farahpour et al., 2015), showing that convex side has greater electromyographic activity and that this bioelectric signal increase's characterization is interpreted as muscle's weakness (Zuk, 1962; Farahpour et al., 2015). Asymmetric scoliosis' electromyographic activity occurs through neuromuscular system adaptation due to biomechanical changes caused by spine's scoliotic curves (Kuo et al., 2011 Chawala et al., 2014; Farahpour et al., 2015.).

In another study, also conducted by Farahpour et al. (2014), authors found that muscle asymmetry (MA) in scoliosis' disease depends on muscle's disorder direction and it is not limited to the curvature's bend.

According to Chwala et al. (2012), bioelectric signals' prevalence is higher in scoliotic curve's convexity, though the concave side has decreased its functional capacity of spine's support due to lower motor units' recruitment as a result of their inactivity. This process causes these musculatures' flexibility reduction.

This EMG_{Amp} decreasing is brought about by therapeutic treatment that provides less muscle activity, according to Gomes et al. (2012), who electromyographically evaluated trapezius muscle bilaterally in 10 individuals with psychological stress after treatment by acupuncture. In this study of Gomes et al., it was observed that EMG_{Amp} values were lower after treatment, thus corroborating this study's findings, which also showed decrease after therapeutic intervention.

In this direction, EMG_{Amp} elevation in contralateral muscles is due to increased motor units' recruitment caused by muscle strengthening and by stretching of shortened muscles by scoliotic curve. This motor units' synchronization occurs due to increase in potential triggering action's number arising from multiple synergistic muscle groups' motor units in one same unit time (Folland & Williams., 2007, Ide et al, 2014; Bishop & Oliveira, 2015; Noda et al, 2014;. Siqueira, 2015) and also due to muscle's strength restoration through neuromuscular facilitation, which promotes consequent increase in muscular action (Bohorquez et al, 2013).

However, in all studied scoliosis' cases, there was an increase in EMG_{Fmed} after treatment protocol's completion. Particularly, a considerable activation increase in oblique and rectus abdominis' muscles, responsible for segmental stabilization and spine's mobility due to conduction velocity' increase of larger diameter motor units' action potentials (Parsaei and Stashuk, 2013; Ide et al, 2014.; Noda et al, 2014.; Siqueira, 2015). These results generated by PM therapeutic intervention, which provided greater neuromuscular stimulation in scoliotic curvature's concave and convex bending.

Thus, it was verified that EMG can be an important complementary examination in this disease's evaluation as a factor's control in scoliotic curvature's progression. Motor units' significant trigger rate is one of the most important results of

electromyography. The reason is because this information allows technique's clinical use in neuromotor recruitment's close analysis (Siqueira Junior, 2015), and in understanding postural control system (Coelho et al., 2009). This provides conditions to analyze quickly treatments protocols' validity in different types of muscle contractions, as well as elements to assess how results converge to therapeutic expectation (Schwartz et al., 2011).

In comparing evaluated postural variables through simetrography, results showed statistically significant differences for shoulders' aligning ($p < 0.001$), in which nine surveyed individuals obtained improvement in postural alignment after PM treatment protocol's application.

In accordance to the present study's findings, Ferreira et al. (2013) conducted an experimental study, in which, before intervention, participants ($n = 40$) presented right shoulder lower than left. After PM intervention for six months (48 sessions), twice a week, with 60 minutes' sessions, participants achieved significant results, displaying shoulders virtually aligned. In this study, only nine surveyed participants obtained shoulders' alignment. It can be inferred that some factors would explain the difference observed between this survey's results and Ferreira and collaborators' research, such as larger sample and superior intervention treatment time in Ferreira et al. research.

PM exercises act mainly in abdominal muscles and paravertebral muscles, as observed in this study's results, in which some volunteers reached postural alignment (40.9% of the sample). However, it is believed that the proposed protocol could have been applied for a longer time in order to obtain beneficial results in postural alignment for all volunteers, since each individual responds differently and in a unique way to treatment.

On shoulders' symmetry, there is the case study by De Moura et al. (2014) on the effects of PM in an adolescent of 11 years old, with right lumbar idiopathic scoliosis. The protocol proposed by the researchers was 10 sessions, three times a week for a month. Floor exercises and accessories were used and were analyzed aspects of postural alignment, in addition to Wells' bench to assess flexibility and trunk's muscle strength. Postural assessment was also used a symmetrograph in association with digital postural assessment SAPO® software. It is also interesting to highlight in this research, that the evaluated teenager presented a significant improvement in shoulders' symmetry, head and Tales' angle, as observed in this survey's results, in which nine evaluated volunteers (40.9%) obtained shoulders' alignment.

To corroborate postural alignment results, Segura et al. (2014) conducted a survey on 16 female patients, aged from 10 to 16 years old, diagnosed with thoracolumbar scoliosis, divided into two groups, one submitted to global postural re-education method (GPR) and the other to PM technique. Were performed sitting and frog in the air postures in the RPG group, and MP exercises used in treatment's protocol were spine stretch forward, swimming, leg pull front and its variation leg pull back, on up-down leg and rolling back, classes lasting 40 minutes, twice a week, totaling 20 sessions. Results demonstrate a significant scoliotic curvature's improvement, postural alignment in both treatment's techniques applied. Thus, RPG and MP can be considered therapeutic techniques indicated in scoliosis' conservative treatment.

In accordance to this study's results, there is another case study on PM's intervention effect in thoracolumbar scoliosis, the one of Ribeiro et al. (2012). The investigation was performed with a 12 years old volunteer, with a six months treatment's protocol in Pilates' studio. There was a significant improvement in muscle

flexibility, in relative paravertebral lumbar muscles' hypertrophy and considerable postural alignment.

In this sense, De Oliveira et al. (2015) study corroborates the results relatively for scoliosis disease's physiotherapeutic treatments. In evaluating a case study of a male 14-year-old with right dextroconvex thoracolumbar scoliosis, treatment consisted of isometric kinesiotherapeutic, symmetrical and asymmetrical exercises on concave and convex sides, and stretches favoring axial growth, performed in sitting and lying positions. After 22 months of treatment, sessions two to three times a week, and an hour interventions, results showed a reduction in scoliosis' curvature through radiographic exams.

Thus, De Oliveira et al. (2015) research's completion turns out to be a comparative parameter to this study, in which it was also realized that maybe six months or a year of treatment could result in postural alignment improvement and in reducing adolescents' scoliosis curvatures integrating the research.

In the case of study by Sinzato et al. (2013) on postural alignment and articular flexibility in 33 healthy young females, aged from 18 to 30 years old, it was demonstrated that a Pilates' program applied to the soil, twice a week, benefited articular flexibility. However, the 20 method's sessions, applied in the study, were not sufficient to generate postural adaptations. Again, the study confirms findings of what has been proposed here, in which 24 PM sessions either were not effective in postural alignment of all adolescents with scoliosis, but there was higher electrical activation of scoliosis' curvature affected muscles.

Rivett et al. (2014) conducted a study in 50 girls with scoliosis' condition, aged from 12 and 16 years old. In the survey, half of the group had treatment vest for 20 hours daily and performed exercises more than three times a week, and the other group

used vest for less than 20 hours daily and performed exercises less than three times a week. It was possible to conclude that performing exercises was important to prevent scoliosis curvature's progression, but it also depended on the maturity level of each participant in performing the exercises correctly, as noted in the study proposed here. Certain movements, in line with relevant PM proper breathing, were difficult to perform for a small number of investigated adolescents with scoliosis, a fact that probably interfered with the study's results and demonstration on postural alignment.

Results point out alteration in neuromuscular activation pattern in scoliosis disease. Referring to EMG_{Amp} , comparing the spine's right and left sides, we verified decrease in all muscles we observed, with main effect on TRAP and ERE. In all scoliosis' types we studied, there was an increase in EMG_{Fmed} after applying the treatment protocol, prominently in muscles OBLI and RA. Except in LTLS, we always had significant difference between before and after.

In this direction, results indicate the importance of PM as a means of conservative treatment for scoliosis disease. However, it is believed that with 24 sessions of PM therapy intervention, muscle recruitment's intensity was not enough to provide postural alignment and scoliotic curve's reduction in 59.1% of the subject adolescents, as observed through symmetrographic evaluation.

References

Barbetta PA. Estatística aplicada às Ciências Sociais. 3rd edition. Florianópolis: Editora da UFSC; 1999.

Bispo VA, Oliveira MDP. Avaliação da resposta sensório-motora e funcionalidade após a participação no programa de prevenção de lesões FIFA “The 11+”. *Universitas: Ciências Da Saúde*. 2015;13:63-69.

Bohorquez IJR, Souza MN, Pino AV. Influência de parâmetros da estimulação elétrica funcional na contração concêntrica do quadríceps. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 2013; 29(2):153-165.

Bussab WO, Morettin PA. *Estatística Básica*. 8th edition. São Paulo: Saraiva; 2013.

Chwała W, Koziana A, Kasperczyk T, Walaszek R, Płaszewski M. Electromyographic assessment of functional symmetry of paraspinal muscles during static exercises in adolescents with idiopathic scoliosis. *Biomed Research International*. 2014; 1-7.

Chwała W, Płaszewski M, Kowalski P. Variations in bioelectric activity during symmetric loading and asymmetric stretching of paraspinal extensors in young adult women with mild single curve scoliosis. *Studies In Health Technology And Informatics*. 2012;176:129–132.

Coelho DB, Duarte M. Demanda do sistema nervoso central no controle da postura ereta humana: um modelo em malha aberta e malha fechada. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*. 2009; 25(3):167-173.

Cohen J. A power primer. *Psychological Bulletin*, 1992; 112(1):155.

Comunello JF. Benefícios do Método Pilates e sua aplicação na reabilitação. *Instituto Salus*. 2011; 36:1-12.

Dayer R, Haumont T, Belaieff W, Lascombes P. Idiopathic Scoliosis: Etiological Concepts and Hypotheses. *Journal Of Children's Orthopaedics*. 2013;7:11-16.

De Andrade Martins G. *Estatística geral e aplicada*. 3rd edition. São Paulo: Atlas; 2014.

De Moura FIR, De Almeida HP, Pereira KCDS, Matins M, Da Silva RFL, Régis SDN. Órtese para reabilitação de jovens com escoliose idiopática. *Human factors in desig*. 2015; 4:112-130.

De Moura PM, da Silva ML, Pinto Teixeira L, Ferreira Yamada E, Lara S. Efeito do Método Pilates sobre a escoliose idiopática: estudo de caso. *Scientia Medica*. 2014; 24: 391-398.

De Oliveira CM, Teixeira GMR, Cubo RCP. Tratamento fisioterapêutico por meio da cinesioterapia na escoliose idiopática do adolescente: relato de caso. *Revista Funec Científica-Multidisciplinar*. 2015; 5:122-130.

Souza FID, Ferreira RBD, Labres D, Elias R, Sousa APMD, Pereira RE. Epidemiologia da escoliose idiopática do adolescente em escolares do ensino fundamental da rede pública de Goiânia-GO. *Acta Ortopédica Brasileira*. 2013; 21: 4.

Farahpour, N., Ghasemi, S., Allard, P., & Saba, M. S. Electromyographic responses of erector spinae and lower limb's muscles to dynamic postural perturbations in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2014; 24(5): 645-651.

Farapour N, Hananeh Y, Farid B. Electromyographic activity of erector spinae and external oblique muscles during trunk lateral bending and axial rotation in patients with adolescent idiopathic scoliosis and healthy subjects. *Clinical Biomechanics*. 2015; 30: 411-417.

Ferreira A, Fernandes J, Kuo YL, Bernardo LM, Fernandes O, Laranjo L, Silva A. Does Pilates exercise improve postural alignment in adult women? *Women & Health*. 2013; 53: 597-611.

Field A. *Descobrimos a estatística usando o SPSS*. 2nd edition. Porto Alegre: Artmed; 2009.

Folland JP, Williams AG. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*. 2007; 37: 145-68.

Gomes AV, Silva MC, Souza Júnior PFD, Bérzin F, Nogueira DA, Rossi Junior WC, Esteves A. Tratamento do estresse psicológico pela acupuntura, avaliada pela eletromiografia do músculo trapézio. *Revista Dor*. 2012; 13(3): 220-4.

Horne JP, Flannery R, Usman S. Adolescent idiopathic scoliosis: diagnosis and management. *Am Fam Physician*. 2014; 89: 193-8.

Ide BN, Muramatsu LV, Ramari C, Macedo DV, Palomari ET. Adaptações neurais ao treinamento de força. *Acta Brasileira do Movimento Humano*. 2014; 4:1-16.

Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Abeloff D, Andrews PJ, Krausse CC. *Músculos, provas e funções; com Postura e dor*. n/1: Editora Manole; 1995.

Kuo YL, Tully EA, Galea MP. Sagittal spinal posture after Pilates-based exercise in healthy older adults. *Spine*. 2010; 14(10): 1046-1051

Lindenau JD, Guimarães LSP. Calculating the Effect Size in SPSS. *Revista HCPA*, 2012; 32(3): 363-381.

Noda DKG, Marchetti PH, Junior GDBV. A Eletromiografia de superfície em estudos relativos à produção de força. *Revista CPAQV– centro de pesquisas avançadas em qualidade de vida*. 2014; 6: 1-25.

Parsaei H, Stashuk DW. EMG signal decomposition using motor unit potential train validity. *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a*

publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2013; 21(2):265-74. <http://dx.doi.org/10.1109/TNSRE.2012.2218287>. PMID:23033332

Petrini AC, Venceslau AC, De Oliveira LG, Colombo SDJM. Fisioterapia como método de tratamento conservador na escoliose: uma revisão. Revista Científica Faema. 2015; 6: 17-35.

Ribeiro DB, Martins NC, Borges APO. Efeito da intervenção do Método Pilates® na escoliose tóraco-lombar – estudo de caso. Revista Novafisio (serial on line). May 2012; 15(87). Available from URL: <http://www.novafisio.com.br/efeito-da-intervencao-do-metodo-pilates-na-escoliose-toraco-lombar-estudo-de-caso/> [Accessed 27 february 2016].

Rivett L, Rothberg A, Stewart A, Berkowitz R. The relationship between quality of life and compliance to a brace protocol in adolescents with idiopathic scoliosis: a comparative study. BMC Musculoskeletal Disorders. 2009;10: 5-11.

Rivett L, Stewart A, Potterton J. The effect of compliance to a rigo system cheneau brace and a specific exercise programme on idiopathic scoliosis curvature: a comparative study: Sosort 2014 award winner. Scoliosis. 2014; 9: 1-13.

Rosanova GLC, Camarini PMF, De Oliveira GBS. Characterizing the quality of life of adolescents with idiopathic scoliosis. Fisioterapia em Movimento. 2013; 26: 63-70.

Sakai DS, Umeta RSG, Caffaro MFS, Meves R, Landim E, Avanzi O. Comparison of the radiographic outcomes using hybrid constructs, pedicle screws or hook instrumentation for the treatment of. *Columna*. 2010; 9: 3.

Schmid AB, Dyer L, Böni T, Held U, Brunner F. Paraspinal Muscle activity during symmetrical and asymmetrical weight training in idiopathic scoliosis. *J. Sport Rehabil*, 2010; 19: 315-27.

Segura-Jiménez V, Romero-Zurita A, Carbonell-Baeza A, Aparicio VA, Ruiz JR, Delgado-Fernández M. Effectiveness of tai-chi for decreasing acute pain in fibromyalgia patients. *International Journal Of Sports Medicine*. 2014; 35: 418-423.

Segura DCA, Nascimento FC, Guilherme JH, Sotoriva P. Efeitos da reeducação postural global aplicada em adolescentes com escoliose idiopática não estrutural. *Arq. Ciênc. Saúde Unipar*. 2013; 17: 153-157.

Sinzato CR, Taciro C, Pio CDA, Toledo AMD, Cardoso JR, Carregaro RL. Effects of 20 sessions of pilates method on postural alignment and flexibility of young women: pilot study. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2013; 20: 143-150.

Siqueira Júnior ALD, Soares, AB. A novel method for EMG decomposition based on matched filters. *Research on Biomedical Engineering*, 2015; 31(1): 44-55.

Siqueira APR. Eletromiografia e teste de força máxima para avaliação de protocolo de acupuntura para dor de joelho de corredores. [dissertation] Technological Federal University of Paraná, Curitiba; 2015. 88p.

Sperandio EF, Alexandre AS, Liu CY, Poletto PR, Gotfryd AO, Vidotto MC, Dourado VZ. Functional Aerobic Exercise Capacity Limitation In Adolescent Idiopathic Scoliosis. *The Spine Journal*. 2014; 14: 2366-72.

Schwartz FP, Nascimento FAO, Bottaro M, Celes RS. Arquitetura para o processamento integrado de sinais biomecânicos e eletromiográficos. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica*, 2011; 27(1): 24-38.

Wells C, Kolt GS, Bialocerkowski A. Defining Pilates exercise: a systematic review. *Complementary therapies in medicine*. 2012; 20: 253-262.

Zuk T. The role of spinal and abdominal muscles in the pathogenesis of scoliosis. *J. Bone Joint Surg*, 1962; 44: 102-105.

Tables

	Before		After		p
	Yes	No	Sim	Não	
Scoliosis	22 (100%)	0 (0%)	13 (59.09%)	9 (40.91%)	0.001
Asymmetric Tales Triangle	8 (36.36%)	14 (63.64%)	7 (31.82%)	15 (68.18%)	0.5
Scapular Protraction	5 (22.73%)	17 (77.27%)	3 (13.64%)	19 (86.36%)	0.25
Trapezius Shortening	19 (86.36%)	3 (13.64%)	14 (63.64%)	8 (36.36%)	0.031
Asymmetrical Shoulders	22 (100%)	0 (0%)	13 (59.09%)	9 (40.91%)	0.001
Abdominal Protrusion	3 (13.64%)	19 (86.36%)	3 (13.64%)	19 (86.36%)	1
Hip Asymmetry	5 (22.73%)	17 (77.27%)	3 (13.64%)	19 (86.36%)	0.25

Table 1: Comparative measures of simetrography and p-value for McNemar test

	DF	Sum of Squares	Mean Squares	F	Pr(>F)
EMG_{Amp} - Right Postural Scoliosis (RPS)					
Period	1	3769.62	3769.62	3.13	0.0812
Side	1	3144.99	3144.99	2.61	0.1106
Muscle	3	11252.74	3750.91	3.11	0.0314
Residuals	74	89252.44	1206.11		
EMG_{Fmed} - Right Postural Scoliosis (RPS)					
Period	1	47628.80	47628.80	24.58	0.0000
Side	1	1513.80	1513.80	0.78	0.3796
Muscle	3	33716.80	11238.93	5.80	0.0013
Residuals	74	143384.40	1937.63		
EMG_{Amp} - Right Thoracic Scoliosis (RTS)					
Period	1	134.92	134.92	43.09	0.0000
Side	1	13.31	13.31	4.25	0.0422
Muscle	3	264.81	88.27	28.19	0.0000
Residuals	89	278.64	3.13		
EMG_{Fmed} - Right Thoracic Scoliosis (RTS)					
Period	1	70013.00	70013.00	43.86	0.0000
Side	1	467.06	467.06	0.29	0.5899
Muscle	3	20637.40	6879.13	4.31	0.0070
Residuals	88	140478.68	1596.35		
EMG_{Amp} - Left Thoracic Scoliosis (LTS)					
Period	1	84.57	84.57	19.53	0.0000
Side	1	5.84	5.84	1.35	0.2494
Muscle	3	163.33	54.44	12.57	0.0000
Residuals	74	320.41	4.33		
EMG_{Fmed} - Left Thoracic Scoliosis (LTS)					
Period	1	34652.81	34652.81	15.69	0.0002
Side	1	20.07	20.07	0.55	0.4588
Muscle	3	10150.24	3383.41	1.53	0.2133
Residuals	74	163413.72	2208.29		
EMG_{Amp} - Dextroconvex Thoracolumbar Scoliosis (DCTLS)					
Period	1	84.00	84.00	31.85	0.0000
Side	1	3.48	3.48	1.32	0.2544
Muscle	3	134.27	44.76	16.97	0.0000
Residuals	74	195.18	2.64		
EMG_{Fmed} - Dextroconvex Thoracolumbar Scoliosis (DCTLS)					
Period	1	62105.51	62105.51	46.41	0.0000
Side	1	2.11	2.11	0.00	0.9684
Muscle	3	5486.44	1828.81	1.37	0.2596
Residuals	74	99017.42	1338.07		

Table 2: Analysis of Variance Table for EMG_{Amp} and EMG_{Fmed} in cases of scoliosis

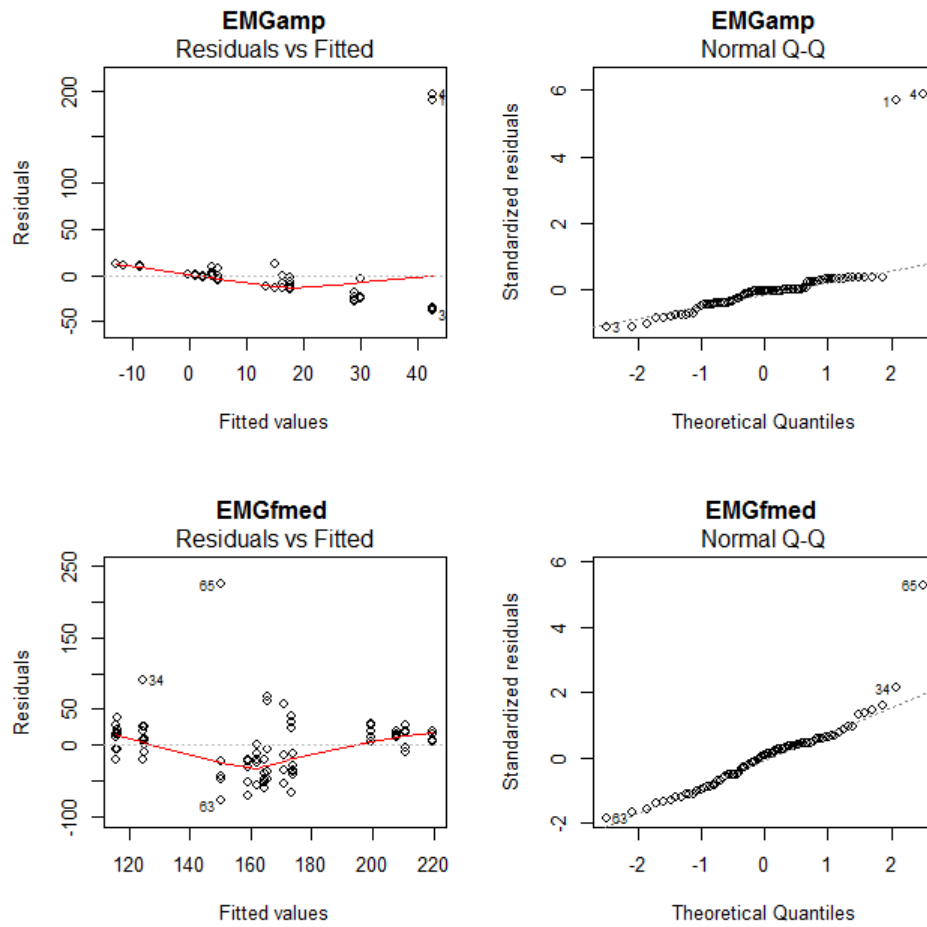


Figure 1: Residual analysis (EMG_{Amp} and EMG_{Fmed}) for Right Postural Scoliosis (RPS)

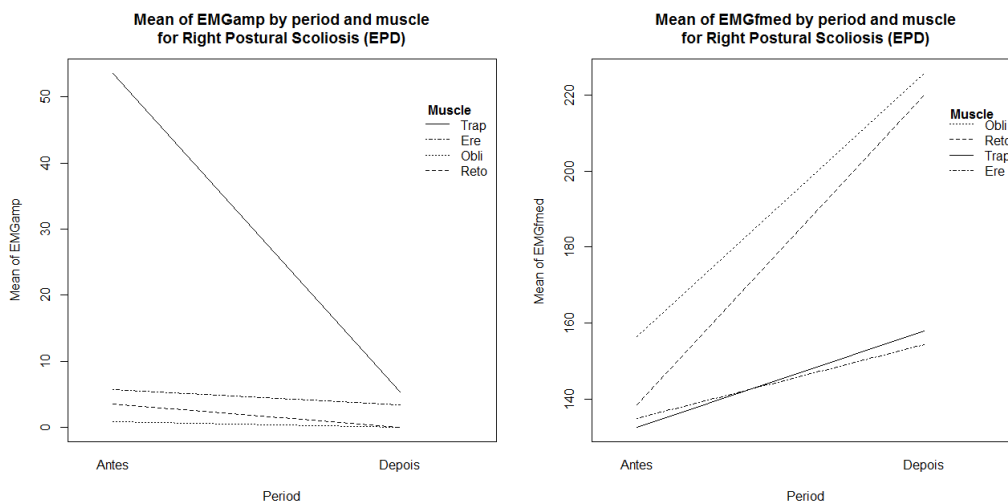


Figure 2: Mean of EMG_{Amp} (left) and EMG_{Fmed} (right) by period and muscle for Right Postural Scoliosis (RPS)

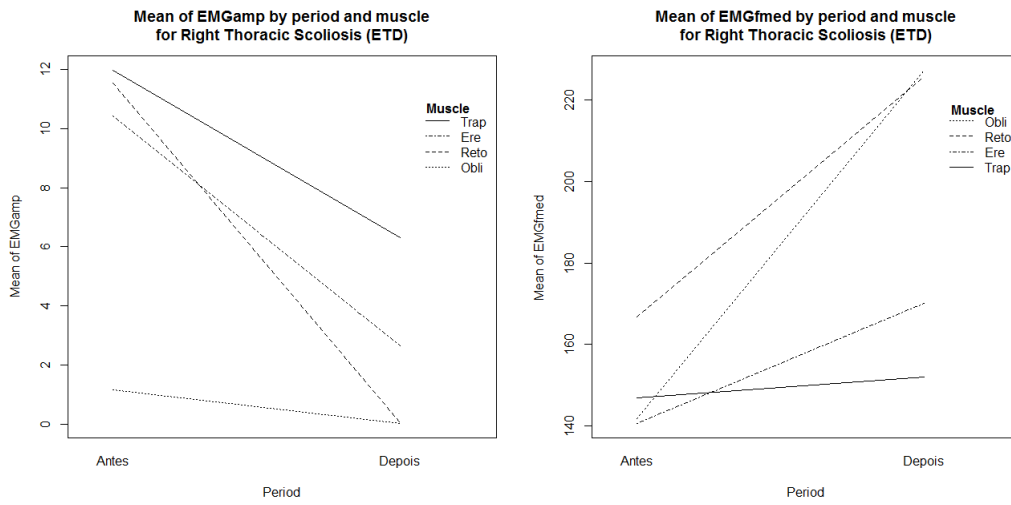


Figura 3: Mean of EMG_{Amp} (left) and EMG_{Fmed} (right) by period and muscle for Right Thoracic Scoliosis (RTS)

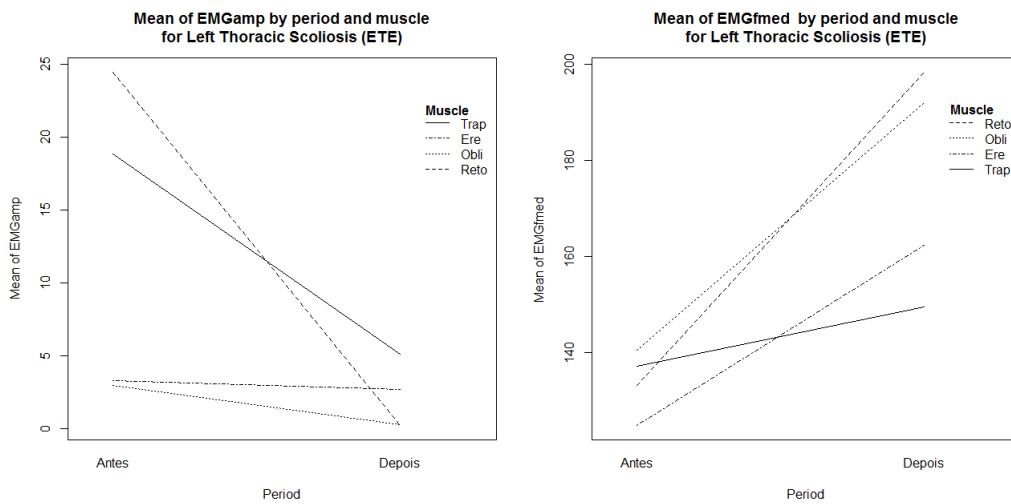


Figura 4: Mean of EMG_{Amp} (left) and EMG_{Fmed} (right) by period and muscle for Left Thoracic Scoliosis (LTS)

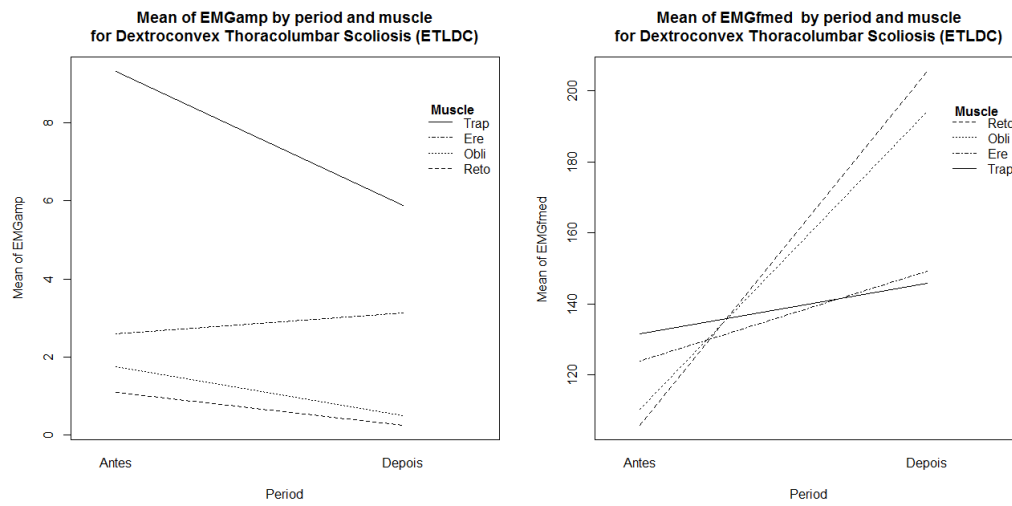


Figure 5: Figure 8: Mean of EMG_{Amp} (left) and EMG_{Fmed} (right) by period and muscle for Dextroconvex Thoracolumbar Scoliosis (DCTLS)