

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
MARIMAR GORETTI ANDREAZZA

IMPACTO DA ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL SOBRE A EXCURSÃO
DIAFRAGMÁTICA, FRAÇÃO DE ENCURTAMENTO DIAFRAGMÁTICO E
SATURAÇÃO PERIFÉRICA DE OXIGÊNIO EM RECÉM-NASCIDOS
PREMATUROS

CURITIBA

2023

MARIMAR GORETTI ANDREAZZA

IMPACTO DA ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL SOBRE A EXCURSÃO
DIAFRAGMÁTICA, FRAÇÃO DE ENCURTAMENTO DIAFRAGMÁTICO E
SATURAÇÃO PERIFÉRICA DE OXIGÊNIO EM RECÉM-NASCIDOS
PREMATUROS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Saúde da Criança e do Adolescente. Área Específica: Fisioterapia Neonatal.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Nunes Lima

Coorientadora: Profa. Dra. Regina Paula Guimarães
Vieira Cavalcanti da Silva

Profa. Dra. Silvia Regina
Valderramas

Profa. Dra. Cristiane Nogueira
Binotto

CURITIBA

2023

A557 Andreazza, Marimar Goretti
Impacto da estabilização costal manual sobre a excursão diafragmática, fração de encurtamento diafragmático e saturação periférica de oxigênio em recém-nascidos prematuros [recurso eletrônico] / Marimar Goretti Andreazza. – Curitiba, 2023.

Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná.
Orientadora: Profa. Dra. Mônica Nunes Lima
Coorientadora: Profa. Dra. Regina Paula Guimarães Vieira Cavalcanti da Silva

1. Modalidades de fisioterapia. 2. Ultrassonografia.
3. Diafragma. 4. Recém-nascido prematuro. 5. Unidades de terapia intensiva. I. Lima, Mônica Nunes. II. Silva, Regina Paula Guimarães Vieira Cavalcanti da. III. Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente.. Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE, BIBLIOTECÁRIA: RAQUEL PINHEIRO COSTA
JORDÃO CRB 9/991



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO SAÚDE DA CRIANÇA E
DO ADOLESCENTE - 40001016013P8

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação SAÚDE DA CRIANÇA E DO ADOLESCENTE da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MARIMAR GORETTI ANDREAZZA** intitulada: **IMPACTO DA ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL SOBRE A EXCURSÃO DIAFRAGMÁTICA, FRAÇÃO DE ENCURTAMENTO DIAFRAGMÁTICO E SATURAÇÃO PERIFÉRICA DE OXIGÊNIO EM RECÉM-NASCIDOS PREMATUROS**, sob orientação da Profa. Dra. MÔNICA NUNES LIMA CAT, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 23 de Maio de 2023.

Assinatura Eletrônica
23/05/2023 10:51:53.0
MÔNICA NUNES LIMA CAT
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
23/05/2023 11:39:37.0
VALÉRIA CABRAL NEVES LUSZCZYNSKI
Avaliador Interno

Assinatura Eletrônica
23/05/2023 11:25:35.0
PAULYNE STADLER VENZON
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
30/05/2023 09:28:11.0
CRISTIANE NOGUEIRA BINOTTO
Coorientador(a)

Assinatura Eletrônica
24/05/2023 10:36:57.0
SILVIA REGINA VALDERRAMAS
Coorientador(a)

Assinatura Eletrônica
06/06/2023 20:15:01.0
CRISTINA TERUMY OKAMOTO
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE POSITIVO)

Assinatura Eletrônica
25/05/2023 15:17:47.0
REGINA PAULA GUIMARÃES VIEIRA CAVALCANTE DA SILVA
Coorientador(a)

Rua General Carneiro, 181 - 14º andar - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80060-900 - Tel: (41) 3360-7994 - E-mail: ppgsca@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015. Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 286419

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 286419

Minha paixão pela fisioterapia colocou recém-nascidos prematuros no meu caminho. A fragilidade, vulnerabilidade e a necessidade de oferecer tratamento eficaz e delicado, me faz, todos os dias, estudar, refletir e me aprimorar, me tornando aos poucos uma pessoa melhor e uma profissional melhor. Dedico este trabalho a todos os recém-nascidos prematuros que estiveram sob meus cuidados ao longo da minha jornada.

AGRADECIMENTO

Agradeço à Deus pela vida, pelas bênçãos e pelas conquistas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Saúde da Criança e do Adolescente, em nome de sua coordenadora, Professora Doutora Débora Carla Chong e Silva.

À Professora Doutora Mônica Nunes Lima, orientadora, por me apoiar neste projeto e por compartilhar seus conhecimentos.

Às Professoras coorientadoras, Doutora Silvia Regina Valderramas, Doutora Regina Paula Guimarães Vieira Cavalcanti da Silva, Doutora Cristiane Nogueira Binotto, por toda atenção, presteza e apoio em todo caminho.

Agradeço a toda equipe multiprofissional da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal, pelo convívio diário e disponibilidade em ajudar, ensinar e aprender. Em especial à equipe de fisioterapia, lembrando nominalmente da Evellin, Marciane, Ana Paula e Claudia, pela colaboração e incentivo.

Agradeço à toda minha grande família, em especial à Elidio (*in memorian*), Hilda, Jajá, Pedro e Renata, e às minhas queridas irmãs que acompanharam de perto essa jornada.

*Viver é acalantar sonhos e esperanças, fazendo da fé a
nossa inspiração maior. É buscar nas pequenas coisas,
um grande motivo para ser feliz!*

Mario Quintana

RESUMO

A manobra de estabilização costal manual (MECM) é uma intervenção fisioterapêutica que promove estabilização da zona de aposição do diafragma, facilitando sua contração e o trabalho respiratório. Poucos são os estudos na literatura sobre a avaliação dos movimentos diafragmáticos e este tem como objetivo avaliar a excursão diafragmática em recém-nascidos (RNPT) após a execução da MECM por meio de ultrassonografia diafragmática. Trata-se de um ensaio clínico do tipo antes e depois para avaliação, por ultrassonografia torácica, da efetividade da MECM na amplitude da excursão diafragmática em RNPT em ar ambiente ou recebendo oxigênio suplementar de forma não invasiva. Os recém-nascidos foram classificados em três grupos: sem síndrome de desconforto respiratório (SDR) (n=26), com SDR (n=15) e com apneia (n=7) como causas de admissão na unidade de terapia intensiva neonatal (UTIN). Os 15 recém-nascidos que apresentaram SDR estavam ou em ar ambiente ou recebendo oxigênio suplementar por cânula nasal ou *continuous positive airway pressure* (CPAP) no dia da intervenção. A ocorrência de dor [*Neonatal Infant Pain Score* (NIPS) *scale*] e sinais de desconforto respiratório [*Silverman-Andersen score* (SAs)] também foram avaliados antes e depois da MECM. A amostra foi constituída por 48 RNPT com idade gestacional de $33,0 \pm 2,8$ semanas e peso de nascimento de $1904,1 \pm 708,9$ gramas. As medidas de excursão e espessamento diafragmático foram semelhantes entre os RNPT com e sem SDR ou apneia e houve aumento significativo da amplitude da excursão diafragmática após a MECM ($p < 0,001$) e menor espessamento diafragmático na expiração em todos eles ($p < 0,001$). A medida de fração de espessamento diafragmático foi de 0,50 (0,33–0,72) e a taxa de espessamento diafragmático de 0,04 (0,03–0,07). Estas medidas não sofreram variação com a presença ou ausência de SDR ou apneia ($p > 0,05$). Não se observou correlação entre nenhuma das medidas diafragmáticas com o peso de nascimento, idade gestacional, comprimento ou perímetros cefálico, torácico ou abdominal ($r < 0,10$). Não houve variação significativa na frequência cardíaca ($p = 0,30$), respiratória ($p = 0,79$), saturação periférica de oxigênio, considerando os RNPT em ar ambiente ($p = 0,17$), escore NIPS ($p = 0,98$) ou SAs ($p = 0,95$) após a MECM comparado às medidas registradas antes da manobra. A excursão diafragmática foi significativamente maior entre os recém-nascidos à termo ($p = 0,01$) e houve correlação positiva entre a excursão diafragmática e a idade gestacional. Observou-se maior espessamento diafragmático na inspiração, comparado à expiração, tanto em recém-nascidos prematuros quanto naqueles à termo ($p < 0,001$). A realização da MECM não provocou efeitos adversos, sendo efetiva e segura como manobra fisioterapêutica respiratória neonatal, aumentando a amplitude da excursão diafragmática em RNPT com uma semana de vida independentemente da presença ou ausência de SDR ou apneia como causa de admissão na UTIN. A excursão diafragmática foi significativamente maior entre os recém-nascidos à termo e a espessura diafragmática foi menor na expiração do que na inspiração em todos os recém-nascidos.

Palavras-chave: Modalidades de fisioterapia. Ultrassonografia. Diafragma. Prematuro. Unidade de Terapia Intensiva.

ABSTRACT

The manual rib cage stabilization maneuver (MRCSM) is a physical therapy intervention that promotes stabilization of the zone of apposition of the diaphragm, facilitating the contraction of this muscle and the work of breathing. Only a few studies in the literature have evaluated diaphragmatic movements, and the aim of the present one was to evaluate by diaphragm ultrasound the diaphragmatic excursion in premature newborns before and after MRCSM. Before-after clinical trial assessing by diaphragm ultrasound the effectiveness of MRCSM in the amplitude of diaphragmatic excursions in premature newborns on room air or receiving supplemental oxygen by non-invasive methods. The newborns were classified in three groups: without respiratory distress syndrome (RDS) (n=26), with RDS (n=15) and with apnea (n=7) as a cause of admission to the Neonatal Intensive Care Unit (NICU). The 15 newborns who presented RDS were either on room air or receiving supplemental oxygen through a nasal cannula or continuous positive airway pressure (CPAP) on the day of the intervention. The occurrence of pain (Neonatal Infant Pain Score [NIPS] scale) and signs of respiratory distress (Silverman-Andersen score [SAs]) were also evaluated before and after MRCSM. The study sample consisted of 48 premature newborns born at a mean gestational age of 33.0 ± 2.8 weeks with a mean birth weight of 1904.1 ± 708.9 grams. The measurements of diaphragmatic excursion and thickening were similar in newborns without or with RDS or apnea and there was a significant increase in the amplitude of diaphragmatic excursions after MRCSM ($p < 0.001$) and less diaphragmatic thickening at exhalation in all of them ($p > 0.001$). The diaphragm thickening fraction was 0.50 (0.33–0.72), and the diaphragm thickening rate was 0.04 (0.03–0.07). These measurements showed no significant variation with the presence or absence of RDS or apnea ($p > 0.05$). There was no correlation between any diaphragmatic measurement and birth weight, birth length, gestational age, or head, thoracic or abdominal circumference ($r < 0.10$). No significant variations in heart rate ($p = 0.30$), respiratory rate ($p = 0.79$), peripheral oxygen saturation, considering newborns in ambient air ($p = 0.17$), NIPS score ($p = 0.98$), or SAs ($p = 0.95$) were observed after the MRCSM compared with baseline. The MECM did not cause adverse effects, being effective and safe as a neonatal respiratory physiotherapeutic maneuver, increasing the amplitude of the diaphragmatic excursion in one-week-old premature newborns regardless of the presence or absence of RDS or apnea as a cause of admission to the NICU. Diaphragmatic excursion was significantly higher among term newborns and diaphragmatic thickness was lower during expiration than inspiration in all newborns.

Keywords: Physical therapy modalities. Ultrasonography. Diaphragm. Premature infant. Intensive Care Unit.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PERÍODO EMBRIONÁRIO – DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO.....	17
FIGURA 2 – TÓRAX E ABDOME DO RECÉM-NASCIDO	19
FIGURA 3 – DIAFRAGMA ADULTO	23
FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA MODIFICAÇÃO DO VOLUME PULMONAR OBTIDO PELA FISIOTERAPIA.....	25
FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA MODIFICAÇÃO DO VOLUME PULMONAR OBTIDA PELA CONTRAÇÃO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS ..	26
FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM RECÉM-NASCIDO RECEBENDO FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA.....	27
FIGURA 7 – MANOBRA DE ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL	28
FIGURA 8 – MANOBRA DE ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL NO RECÉM-NASCIDO	32
FIGURA 9 - POSIÇÃO DO TRANSDUTOR.....	37

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – <i>NEONATAL INFANT PAIN SCALE</i>	35
QUADRO 2 – BOLETIM DE SILVERMAN E ANDERSEN.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

CHC	-	Complexo Hospital de Clínicas
CPAP	-	<i>Continuous Positive Airway Pressure</i>
CRF	-	Capacidade Residual Funcional
EBSERH	-	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
FED	-	Fração de Espessamento Diafragmático
MECM	-	Manobra de Estabilização Costal Manual
NIPS	-	<i>Neonatal Infant Pain Score</i>
RN	-	Recém-nascido(s)
RNPT	-	Recém-nascido Prematuro
SUS	-	Sistema Único de Saúde
TCLE	-	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPR	-	Universidade Federal do Paraná
UTIN	-	Unidade de Terapia Intensiva Neonatal
USCD	-	Ultrassonografia Cinesiológica do Diafragma

SUMÁRIO

1 Introdução	12
1.1 Objetivos.....	14
2 Revisão da Literatura	16
2.1 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO	16
2.2 O PULMÃO E O DIAFRAGMA DO RECÉM-NASCIDO PREMATURO	17
2.3 DIAFRAGMA E MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS	21
2.4 FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA NO RECÉM-NASCIDO PREMATURO	24
2.4.1 MANOBRA DE ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL DO DIAFRAGMA.....	28
2.5 ULTRASSONOGRAFIA CINESIOLOGICA DO DIAFRAGMA.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 TIPO DE ESTUDO	31
3.2 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO.....	31
3.3 HIPÓTESE DE ESTUDO.....	31
3.4 INTERVENÇÃO.....	31
3.5 MÉTODO DE MASCARAMENTO	32
3.6 POPULAÇÃO FONTE	32
3.7 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	33
3.8 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	33
3.9 POPULAÇÃO DE ESTUDO.....	33
3.10 VARIÁVEIS E PROCEDIMENTOS DE ESTUDO	34
3.11 CRITÉRIOS DE ENCERRAMENTO DO ESTUDO.....	37
3.12 TABULAÇÃO E GERENCIAMENTO DE DADOS	38
3.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
3.14 ÉTICA EM PESQUISA.....	39

3.15 MONITORIZAÇÃO DA PESQUISA E MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO DE RISCOS	39
3.16 FOMENTO PARA A PESQUISA, PROFISSIONAIS E SERVIÇOS ENVOLVIDOS	39
3.17 REGISTRO DO ENSAIO CLÍNICO.....	39
4 RESULTADOS E discussão	40
4.1 DIAPHRAGM ULTRASOUND BEFORE AND AFTER THE MANUAL RIB CAGE STABILIZATION MANEUVER IN PREMATURE NEWBORNS	40
4.2 ESPESSURA DIAFRAGMÁTICA E EXCURSÃO EM RECÉM-NASCIDOS SAUDÁVEIS: UM ESTUDO OBSERVACIONAL	57
5 Conclusão	58
6 Considerações Finais.....	Erro! Indicador não definido.
REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.
APENDICE 1 – PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS.....	73
ANEXO 1 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS DO COMPLEXO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	74
ANEXO 2 – CERTIFICADOS	79

1 INTRODUÇÃO

Recentemente, no Editorial da Revista *American Journal of Physiology Lung Cell Molecular Physiology*, Daniele de Luca, do Departamento de Pediatria e Neonatologia do Centro Médico Antoine Béchère do Hospital Universitário Paris Saclay, na França, apontou o pouco avanço nas pesquisas translacionais ativas nas últimas 2 décadas em Neonatologia, depois da era da introdução do corticoide pré-natal e do surfactante, especialmente sobre displasia broncopulmonar, hipertensão pulmonar refratária, hérnia diafragmática congênita e outras doenças pulmonares que afetam os recém-nascidos (RN). Destacou que a dificuldade em encontrar novas soluções para as doenças respiratórias neonatais reside no menor impacto do mercado neonatal frente as demais inúmeras especialidades médicas, com menor aporte de recursos para pesquisas, somando-se a isso, o próprio descuido em aprender com a vasta experiência de especialidades semelhantes em adultos, por entender que os RN são diferentes anatômica e fisiologicamente. Entretanto, algumas inovações foram alcançadas como o reconhecimento da Síndrome do Desconforto Respiratório do Recém-Nascidos e a implementação do ultrassom pulmonar, seguindo a experiência da medicina intensiva de adultos, tal como, em 1964, foi introduzida a ventilação mecânica neonatal (DE LUCA, 2022).

As publicações sobre o ultrassom pulmonar datam de 50 anos atrás, que só agora tem sido utilizado com mais frequência como ferramenta de auxílio diagnóstico de pneumonias e doenças pleurais em adultos e crianças e, em Neonatologia, em pneumonias congênitas e malformações pulmonares e diafragmáticas.

Recentemente a Ultrassonografia Cinesiológica do Diafragma (USCD) tem contribuído para entender melhor a função deste músculo, que exerce a principal função na respiração neonatal. Habitualmente a USCD é utilizada para visualizar a cúpula do diafragma, entretanto, quando utilizada na zona de aposição do diafragma à caixa torácica, pode permitir a obtenção de medidas como a da espessura do músculo ao final da expiração, que reflete a força muscular, e a medida tomada ao final da inspiração, que reflete o grau de encurtamento muscular. Rehan e McCool observaram, em 2003, que a espessura do diafragma do RN à termo ao final da expiração está positivamente correlacionada com o peso e comprimento ao nascimento e que a medida de força do diafragma neonatal é surpreendentemente superior à de adultos, sugerindo que o diafragma no RN é mais forte do que se supõe.

A funcionalidade do diafragma está também relacionada diretamente com os volumes pulmonares mobilizados em cada ciclo respiratório, podendo ser estimada a partir da avaliação de sua mobilidade e da sua fração de encurtamento, por meio da USCD (VETRUGNO et al., 2019).

A manobra de estabilização costal manual (MECM) é uma das alternativas de intervenção fisioterapêutica que promove a estabilização manual da zona de aposição do diafragma, oferecendo ao músculo um ponto fixo, determinando maior estabilidade para a caixa torácica, facilitando sua contração e proporcionando melhor trabalho respiratório, que pode ser percebido por meio da movimentação do abdome, palpação ou por ultrassonografia torácica (MEAD; LORING, 1982; RIBEIRO; MELO; DAVIDSON, 2008; DE TROYER, 2012; BRUNHEROTTI; MARTINEZ, 2013).

A MECM é realizada com a mão posicionada no terço inferior do tórax e superior do abdome, na zona de aposição do diafragma, onde os dedos indicador e polegar do fisioterapeuta alcançam, em ponte, as últimas costelas do RN. A manobra se inicia acompanhando uma expiração e o fisioterapeuta mantém as costelas, com uma leve pressão na direção da cicatriz umbilical, durante 5 a 8 ciclos respiratórios, repetindo o procedimento por cinco a oito minutos (MEAD; LORING, 1982; FELTRIM; JARDIM, 2004; RIBEIRO; MELO; DAVIDSON, 2008; BRUNHEROTTI; MARTINEZ, 2008; ROUSSENQ et al., 2013).

Sabe-se que o músculo diafragma é responsável por 70 a 80% do trabalho muscular inspiratório (BORDONI; ZANIER, 2013) e que, na sua contração, junto com a ajuda dos músculos intercostais externos, a cavidade torácica se expande, reduzindo a pressão intratorácica, fazendo com que o ar entre nos pulmões, e com o seu relaxamento, o recuo elástico permite que o ar saia passivamente (MAISH, 2010; BORDONI; ZANIER, 2013). Essa movimentação do diafragma contribui para alterar os volumes pulmonares (MEAD; LORING, 1982) e quando a contração diafragmática se torna mais eficiente, maiores volumes são mobilizados (MEAD; LORING, 1982, URMEY et al., 1988).

Poucos são os estudos na literatura sobre a avaliação dos movimentos diafragmáticos. Em um deles, em adultos tetraplégicos, após a estimulação elétrica do diafragma e após a compressão abdominal houve aumento do volume corrente em 200% (BRUNHEROTTI; MARTINEZ, 2008). Outro estudo em animais, onde os músculos intercostais foram inativados e foi realizado apoio abdominal e nas laterais das últimas costelas, observou-se aumento da contração do diafragma (DE TROYER;

WILSON, 1985). A avaliação da função e força de contração do diafragma em indivíduos adultos saudáveis, realizada por fisioterapeutas, indicam que existe boa correlação entre a função do diafragma, amplitude de excursão e espessamento, com a força testada por meio de espirometria (CARDENAS et al., 2018; DI POLITO et al., 2021).

A MECM é uma técnica fisioterapêutica segura, não provoca dor, desconforto respiratório e nem afeta os sinais vitais ou a estabilidade clínica do RN (BRUNHEROTTI; MARTINEZ, 2008; ROUSSENQ et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2021) e o diafragma pode ser visualizado por ultrassom de forma segura, desde o período fetal, podendo ser avaliado na sua anatomia, espessura e excursão (SPERLING et al., 2018; REA et al., 2019; TUINMAN et al., 2020).

A incorporação da ultrassonografia à beira de leito tem sido uma das grandes e recentes transformações na prática clínica, de grande auxílio no diagnóstico, especialmente em ambientes de atendimento de emergência. De igual forma, seguindo o pioneirismo da medicina de emergência de adultos, a ultrassonografia vem ganhando rápida popularidade na pediatria e neonatologia. A principal barreira neste processo está na falta de *guidelines* unificados e treinamentos específicos (SINGH et al., 2020).

Assim, a *European Society for Paediatric and Neonatal Intensive Care* (ESPNIC), com um grupo de líderes internacionais pediátricos em ultrassonografia à beira de leito, trabalham no desenvolvimento de diretrizes para a utilização de aplicações atuais e emergentes para qualquer profissional de saúde que possua a prerrogativa de sua utilização em Unidades de Terapia Intensiva (UTI) Pediátricas e Neonatais. Entre as 41 recomendações hoje já apontadas, 21 delas com nível de evidência A ou B, ainda não há a recomendação de utilização da ultrassonografia para o acompanhamento de fisioterapia respiratória, o que justifica a importância desta pesquisa (SINGH et al., 2020).

1.1 OBJETIVOS

- a) Avaliar a excursão diafragmática após a MECM por meio de USCD, assim como avaliar sua resposta no que se refere aos sinais vitais, estabilidade clínica, dor e esforço respiratório em RNPT com síndrome do desconforto respiratório (SDR), sem SDR ou apneia como causa de admissão da UTI Neonatal;

- b) Avaliar o espessamento diafragmático na inspiração e expiração em RNPT com síndrome do desconforto respiratório (SDR), sem SDR ou apneia como causa de admissão da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN);
- c) Avaliar a excursão e o espessamento diafragmático em recém-nascidos a termo e prematuros admitidos na UTIN por prematuridade, sem SDR ou apneia como causa de admissão na unidade.

2 REVISÃO DA LITERATURA

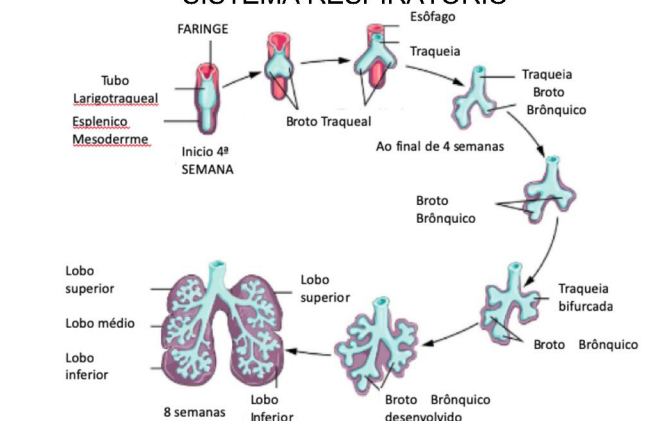
2.1 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório é composto pelas vias aéreas de condução (cavidade nasal, nasofaringe, laringe, traqueia e brônquios), pela zona respiratória (bronquíolos respiratórios e alvéolos), componentes mecânicos (caixa torácica com esterno, 12 costelas e 12 vértebras), músculos inspiratórios e expiratórios sob controle neuronal do bulbo e da ponte no tronco encefálico, onde o grupo respiratório dorsal é responsável pelo centro inspiratório, o grupo respiratório ventral pela expiração forçada e o centro pneumotáxico, pelo controle da frequência e profundidade da respiração (GUYTON; HALL, 2006).

A função primária do sistema respiratório é a troca gasosa e o pulmão também é responsável por metabolizar alguns compostos, filtrar materiais indesejados na respiração, auxiliar o equilíbrio ácido básico do sangue e é um reservatório de sangue para o organismo (WEST, 2010).

O desenvolvimento do sistema respiratório se inicia no período embrionário, entre a 4ª e a 7ª semana de gestação, a partir do divertículo ventral primitivo anterior, com origem endodérmica. Nessa fase ocorre a diferenciação das vias aéreas condutoras proximais, de origem mesodérmica, e entre a 7ª e a 16ª semana o embrião mede aproximadamente 18 mm. Neste período ocorre a fase pseudoglandular, onde a árvore respiratória até o bronquíolo terminal se completa, os vasos sanguíneos pequenos e distantes do epitélio respiratório se desenvolvem e ocorre também a formação da cartilagem e do diafragma (Figura 1). A fase canalicular ocorre entre a 17ª e 26ª semana, quando o feto tem aproximadamente 150 mm e peso de 250 g. É quando ocorre a proliferação dos capilares, formação dos ácinos e dos pneumócitos e formação do líquido pulmonar, tornando possível a vida extrauterina. O período sacular ocorre entre a 27ª e 35ª semana, o feto com 260 mm e peso de 1000 g e as vias pré-acinares crescem, ocorrendo a formação dos sacos aéreos e septos secundários, e a partir da 30ª semana inicia-se a alveolização e secreção do surfactante pelos pneumócitos do tipo II. Há aumento da síntese de elastina, achatamento do epitélio e aumento acentuado da vascularização do interstício. E é a partir da 36ª semana até o nascimento, durante a fase de alveolização, que ocorre aumento da superfície do pulmão, do número de alvéolos e o início dos movimentos respiratórios fetais (STICK, 2000; JOBE, 2002; GUYTON; HALL, 2006; MAISH, 2010).

FIGURA 1 – PERÍODO EMBRIONÁRIO – DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO



FONTE: Adaptado de Martin; Fanaroff; Walsh (2017)

O deslocamento de ar para dentro dos pulmões se dá pelo gradiente de pressão, com movimento da área de maior para de menor pressão. A mecânica respiratória é dependente de três pressões diferentes: a pressão alveolar, a intrapleural e a transpulmonar. A pressão alveolar e a intrapleural diminuem para iniciar a inspiração, ficando mais negativas (GUYTON; HALL, 2006; WEST, 2010).

O volume de ar contido nos pulmões é classificado como estático ou absoluto e dinâmico. Os volumes estáticos são o volume de ar corrente, volume de reserva expiratório, volume de reserva inspiratório e o volume residual, que compreendem a capacidade vital, capacidade residual funcional (CRF), capacidade inspiratória e capacidade pulmonar total. Já os volumes dinâmicos são resultantes de manobras respiratórias forçadas e do fluxo aéreo, que são medidos por meio de espirometria (BARRETO, 2002).

2.2 O PULMÃO E O DIAFRAGMA DO RECÉM-NASCIDO PREMATURO

O recém-nascido prematuro (RNPT) tem sua anatomia e fisiologia distinta dos RN a termo e dos lactentes, em razão de ainda estar em fase de crescimento, diferenciação, adaptação e da plasticidade de seus órgãos e sistemas. Na fase fetal, os movimentos respiratórios são essenciais para o crescimento pulmonar e para a diferenciação celular. Servem como um "treinamento muscular" para a fase extrauterina. Ao nascimento ocorre a mudança da oxigenação sanguínea, anteriormente realizada pela placenta, e passa a ser decorrente da contração rítmica e involuntária dos músculos respiratórios, coordenada pelo sistema nervoso central, tendo o diafragma como músculo principal (BAGUMA-NIBASHEKA et al., 2012).

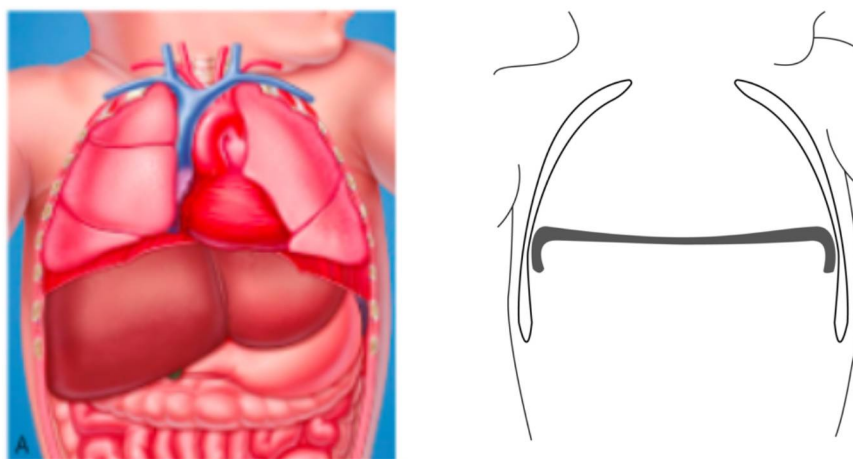
A transição respiratória passa por três fases distintas e sobrepostas ao nascimento. Inicialmente o pulmão está cheio de líquidos e nenhuma troca gasosa ocorre. Na sequência os líquidos são eliminados das vias aéreas, mas ainda estão no interstício pulmonar, e finalmente eliminado do tecido pulmonar, ocorrendo em tempos diferentes em todo pulmão, se iniciando a homeostase respiratória. Portanto, a troca gasosa adequada depende da superação das deficiências estruturais e funcionais do pulmão, bem como da imaturidade dos músculos respiratórios e da alta complacência da parede torácica (HOOPER; TE PAS; KITCHEN, 2016). Ao nascimento, a contração do diafragma desenvolve uma oscilação da pressão esofágica de até -70 cm de água e o RN fecha a glote para manter uma pressão intratorácica positiva e facilitar a distribuição de ar dentro dos pulmões (DASSIOS; VERVENIOTI; DIMITRIOU, 2022). Um estudo acompanhou o nascimento de oito RN com idade gestacional entre 28 e 31 semanas recebendo pressão positiva contínua nas vias aéreas [(*Continuous Positive Airway Pressure* (CPAP))]. Destacou que os RNPT foram capazes de gerar tônus suficiente do diafragma durante a expiração para estabelecer e manter a CRF. A atividade do diafragma diminuiu durante os primeiros minutos, sugerindo que a adaptação precoce foi realizada 90 minutos após o nascimento (ODA et al., 2018).

Nos RNPT o desenvolvimento pulmonar acontece em ambiente extrauterino, sofrendo influência do tempo de gestação, peso ao nascimento (STICK, 2000) e sexo (SANDRI et al., 2004). As intercorrências neonatais, como oferta de oxigênio, muitas vezes sob pressão por meio da ventilação mecânica, também estão listadas como fatores que influenciam de forma negativa o desenvolvimento e a função pulmonar (JOBE, 2002). As lesões pulmonares induzidas pela ventilação mecânica invasiva são multifatoriais e complexas, resultante da interação entre o paciente e o procedimento. Os principais fatores relacionados ao ventilador incluem volutrauma, barotrauma, atelectrauma, toxicidade de oxigênio e biotrauma. Fatores relacionados ao paciente incluem imaturidade pulmonar, deficiência de surfactante, doença pulmonar assimétrica e a inflamação pulmonar (THEKKEVEEDU et al., 2022). Mostrando essa influência, um estudo avaliou prematuros nascidos entre 30 e 34 semanas, aos dois meses de idade, e evidenciou que existe diminuição do fluxo expiratório forçado, apesar da capacidade pulmonar forçada estar normal. Esses achados sugerem que RNPT tem vias aéreas menores em relação ao volume pulmonar (FRIEDRICH et al., 2007).

A plasticidade do sistema respiratório possibilita que os RN desenvolvam condições e estratégias para manter a ventilação alveolar, uma vez que a maturação e adaptação passam por modificações bioquímicas e histológicas, além das alterações musculares, no tamanho e tipo das fibras, melhorando assim a função respiratória. O diafragma se desenvolve por meio de sucessivas diferenciações para se adaptar a funções fisiológicas (BAVIS; MITCHELL, 2008; GRANSEE; MANTILLA; SIECK, 2012).

Quanto à anatomia, nos RN o tórax é mais arredondado, com aspecto cilíndrico quando comparado ao adulto, com diâmetro anteroposterior e transversal com dimensões similares (Figura 2) (OLIVEIRA et al., 2009).

FIGURA 2 – TÓRAX E ABDOME DO RECÉM-NASCIDO



FONTE: Adaptado de Children's Hospital of Philadelphia (2022)

Consequentemente as costelas são horizontalizadas e músculos intercostais mais fracos, dificultando o trabalho muscular. Essa constituição faz com que o diafragma neonatal seja morfologicamente achatado e fixado à parede do tórax em um ângulo maior, resultando em menor área de aposição e menor amplitude de deslocamento, o que diminui a capacidade de gerar força, o que resulta em distorções durante o trabalho respiratório (DEVLIEGER et al., 1991; OLIVEIRA et al., 2009; DASSIOS; VERVENIOTI; DIMITRIOU, 2022). Enquanto no adulto a contração do diafragma funciona como um pistão, no RN esta funciona como um fole, pois a porção posterior se move dorsalmente (DEVLIEGER et al., 1991). A contração do diafragma na inspiração diminui a pressão intratorácica e aumenta a pressão abdominal, elevando as costelas e o abdome (PRIMIANO, 1982). Estruturalmente, o diafragma neonatal contém menos fibras de contração lenta (tipo I) resistentes à fadiga, com isso

tem capacidade oxidativa diminuída e a área transversal total de todos os tipos de fibras é menor (SIECK; FOURNIER; BLANCO, 1991). Ao nascimento, apenas 25% das fibras musculares do diafragma são do tipo I, que oferecem resistência à fadiga, contra 55% no diafragma adulto (DA ROSA et al., 2017; CARDENAS et al., 2018). Esta pequena reserva funcional torna o diafragma neonatal propenso à fadiga muscular (SIECK; FOURNIER; BLANCO, 1991)

O tórax neonatal não é ossificado e, sendo complacente, é predisposto à distorções (DASSIOS; VERVENIOTI; DIMITRIOU, 2022). Somado a isso, os pulmões são menos complacentes que a caixa torácica, o abdome tem baixo tônus muscular e as vias aéreas são estreitas, também contribuindo para aumentar o trabalho respiratório. Nos RNPT esse trabalho pode facilmente levar a fadiga muscular (CRANE et al., 1978). Em RN, especialmente os prematuros, o músculo abdominal é hipotônico e em supino, a contração diafragmática traciona as costelas ocasionando uma distorção. Porém, por meio da MECM, utilizada pela fisioterapia ou por meio de compressão com faixa elástica sobre a caixa torácica, aumenta-se a pressão abdominal e tem-se como resposta motora a diminuição dessa distorção (FLEMING et al., 1979).

No RN, o padrão respiratório é abdominal, isto é, durante a inspiração a descida do diafragma é acompanhada pelo deslocamento externo da parede abdominal. À medida que o RN cresce, a caixa torácica e o padrão respiratório se modificam, o fígado diminui e a parede torácica perde complacência (SLY; COLLINS, 2006).

Quando o trabalho respiratório está aumentado, os músculos acessórios (esternocleidomastoideo e escaleno) são recrutados para evitar a fadiga, associado à contração diafragmática pós-inspiratória e frenagem laríngea, fenômeno que se manifesta clinicamente como “grunhidos” expiratórios. Ativação diafragmática pós-inspiratória, associada aos músculos acessórios, também está presente na respiração corrente em RN a termo, em um esforço para controlar o fluxo de ar durante todo o ciclo respiratório e melhorar a troca gasosa, enquanto na respiração laboriosa, a expiração no RNPT torna-se um fenômeno ativo, durante o qual os músculos abdominais são ativados (DASSIOS; VERVENIOTI; DIMITRIOU, 2022). Os RNPT usam significativamente mais apneias expiratórias para conservar seu volume pulmonar, sendo essencial que os vários grupos musculares trabalhem em sincronia

para manter a ventilação. Porém, muitas vezes ocorre atividade descoordenada da musculatura respiratória, especialmente durante o sono (WEST, 2010).

Foi observado, por meio de tomografia computadorizada dinâmica, que o diafragma também se contrai na fase expiratória, reduzindo o colapso alveolar expiratório durante respiração espontânea, funcionando como regulador do volume pulmonar e proteção contra o colapso pulmonar (PELLEGRINI et al., 2017). Manter o volume pulmonar adequado ao final da expiração garante que as pequenas vias estejam abertas, e este volume é denominado de CRF. O volume de fechamento é o volume onde as vias aéreas começam a fechar. Espontaneamente numa respiração tranquila, os RN, especialmente os prematuros, mantêm uma CRF acima do volume de fechamento e do volume de equilíbrio elástico por meio da redução do tempo expiratório, respirando mais rapidamente e/ou diminuindo o fluxo expiratório, com fechamento insuficiente da glote, ou atividade muscular inspiratória pós-inspiratória (SLY; COLLINS, 2006).

2.3 DIAFRAGMA E MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS

A ventilação pulmonar é um processo mecânico, no qual os músculos respiratórios atuam em conjunto para movimentar o ar para dentro e para fora dos pulmões pelas vias respiratórias (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008), compostas pelas cavidades nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos, bronquíolos respiratórios, ductos alveolares e sacos alveolares. Grande parte dessas estruturas estão contidas na caixa torácica, constituída por ossos e músculos (GUYTON; HALL, 2006). Assim como o pulmão, a parede da caixa torácica é elástica e é responsável pelas forças que movimentam o tórax e o pulmão (RAFFERTY et al., 2000; GUYTON; HALL, 2006; WEST, 2010).

O conjunto de músculos responsáveis pela mecânica da caixa respiratória são morfologicamente e anatomicamente do tipo estriado esquelético. Compõe o grupo de músculos inspiratórios o diafragma, músculos intercostais externos, músculo paraesternal, esternocleidomastoideo e escalenos enquanto o grupo expiratório composto pelos músculos intercostais internos, reto abdominal, oblíquos internos e externos e transversos do abdome (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008). A função dos músculos respiratórios se diferencia dos demais músculos estriados, pois sua atividade é constante e variada, no sono e na vigília. Embora possa ser controlada

voluntariamente por curto período de tempo, esta ação interfere no sinergismo tóraco-abdominal (LEIRÃO et al., 2018; O'HALLORAN, 2018).

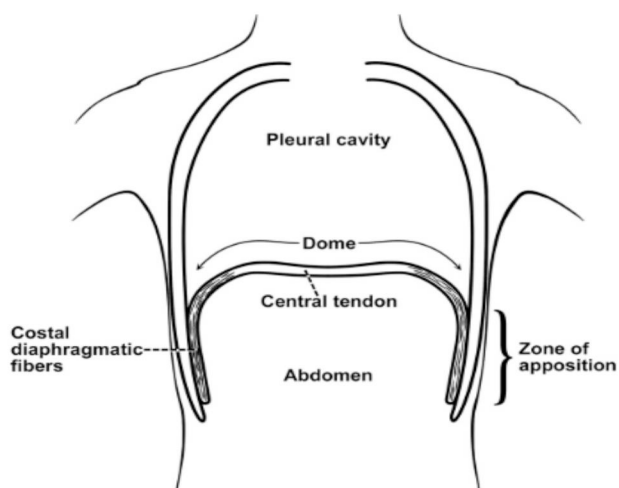
A contração muscular do diafragma, em conjunto com os músculos intercostais, permite a entrada do ar nos pulmões, e quando ocorre o relaxamento, o recuo elástico permite que o ar saia passivamente dos pulmões. O diafragma é responsável por 70 a 80% do trabalho muscular inspiratório (BORDONI; ZANIER, 2013).

O diafragma é um músculo singular e assimétrico. Separa o tórax do abdome, sendo o assoalho do tórax e a parte superior da cavidade abdominal (Figura 4). Tem formato plano e fino, e é composto por duas partes: uma muscular e periférica, na qual o músculo insere-se ao longo do contorno do tórax e sobre a coluna, e a outra tendinosa e central, denominada centro tendíneo ou centro frênico (MAISH, 2010; BORDONI; ZANIER, 2013). Tem aparência de cúpula e a região de inserção, próximo às costelas, é chamada de zona de aposição, que, no final da expiração, em repouso, representa cerca de 40% da superfície total da caixa torácica e 60% da área total da superfície do músculo. O diafragma se adapta ao tórax e aos movimentos do tronco (DE TROYER; WILSON, 2015). No centro tendíneo passam estruturas por três aberturas: a abertura da veia cava, o hiato esofágico e o hiato aórtico. Além da artéria aorta, o hiato aórtico também permite a passagem do ducto torácico e da veia ázigos (MAISH, 2010). É innervado pelos nervos frênicos (C3-C5), responsáveis pela ação motora, que innervam o diafragma pela superfície abdominal. A innervação sensitiva, dor e propriocepção estão na parte tendinosa central e provém dos nervos frênicos, e nas porções musculares periféricas dos nervos intercostais do 6º ao 11º (MAISH, 2010) (Figura 3).

As fibras musculares do diafragma partem do tendão central e são divididas em três grandes grupos musculares: esternocostal, costal e lombar e se inserem no tendão central do diafragma, que é fibrinoso e composto por três folhetos: direito, esquerdo e médio (MAISH, 2010). A origem do músculo diafragma está assim dividida:

- Parte esternal: face posterior do apêndice xifóide;
- Parte costal: superfície interna das cartilagens costais inferiores e das costelas de 7ª a 12ª;
- Parte lombar: ligamentos arqueados medial e lateral (arcos lombocostais), corpos vertebrais e discos intervertebrais L1-L3, além do ligamento longitudinal anterior.

FIGURA 3 – DIAFRAGMA ADULTO



FONTE: De Troyer; Wilson (2015)

O diafragma costal possui lâminas musculares bilaterais que são conduzidas independentemente e anteriormente para as seis últimas costelas e para a parte posterior do apêndice xifóide, próximo ao ápice, e delimita uma abertura irregular na região medial, denominada fissura de Larrey, por onde o tecido conjuntivo pré-pericárdico entra em contato com o tecido conjuntivo pré-peritoneal (BORDONI; ZANIER, 2013). A parte esternal se dirige para o osso esterno (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008). Em todas as inserções musculares do diafragma existem pilares musculares desde o nível T11 até L4, e ligamentos unindo o músculo a estruturas ósseas e vísceras (FREGNANI; MACÉA; BARROS, 2005; BORDONI; ZANIER, 2013).

A contração muscular do diafragma, em conjunto com os músculos intercostais, é responsável por gerar um gradiente de pressão intrapleural negativa em toda caixa torácica, favorecendo a entrada do ar nos pulmões. Do mesmo modo, nas últimas costelas, o diafragma exerce uma força de inserção na direção cranial e, também, uma força da área de aposição, que é devida ao aumento da pressão abdominal para a caixa torácica inferior (DE TROYER; WILSON, 2015). Durante a respiração tranquila, apenas os músculos inspiratórios estão ativos; durante um esforço respiratório elevado os músculos expiratórios também se tornam ativos (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008).

Na manutenção da CRF os efeitos das forças de inserção e de aposição nas costelas inferiores são quase iguais e superam o efeito da pressão pleural, enquanto nas costelas superiores o efeito da pressão pleural é maior. O equilíbrio entre essas forças, no entanto, pode ser alterado. Quando o abdome recebe um suporte mecânico, as forças insercionais e aposicionais aumentam, de modo que o músculo

produz uma expansão maior da caixa torácica inferior e, com ela, uma menor retração da caixa torácica superior. Por outro lado, em volumes pulmonares maiores, a força na zona de aposição e na pressão pleural diminuem, sendo dominante a força nas costelas inferiores (DE TROYER; WILSON, 2016). Consequentemente, embora a força exercida pelo diafragma nessas costelas permaneça inspiratória, o deslocamento da costela é revertido para um deslocamento caudal-interno. Esse mecanismo explica a retração inspiratória das paredes laterais da caixa torácica inferior observada em muitos indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica (sinal de Hoover) (BARRETO, 2002). A melhora da excursão diafragmática está correlacionada com a melhora na tolerância ao exercício após a reabilitação pulmonar em pacientes adultos com doença pulmonar obstrutiva crônica (SHIRAISHI et al., 2021).

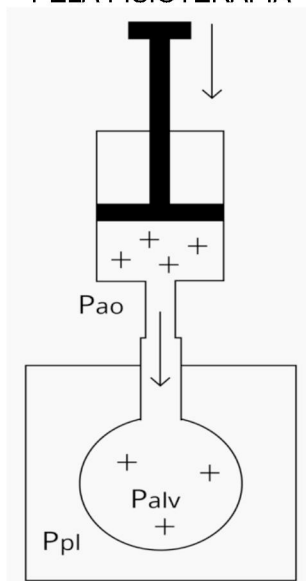
2.4 FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA NO RECÉM-NASCIDO PREMATURO

A presença do fisioterapeuta nas UTIN foi reforçada pela portaria do Ministério da Saúde no 3.432, em vigor desde 12/8/1998, segundo a qual os hospitais com nível terciário devem contar com assistência fisioterapêutica em período integral (BRASIL - MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998). A fisioterapia neonatal é aquela executada em RN desde o clampeamento do cordão umbilical até o 28º dia de vida pós-natal e durante seu internamento nas unidades neonatais (MEDEIROS et al., 2013). O nascimento prematuro tem sido associado a maior incidência de morbidade respiratória, mesmo em RN que não apresentaram doenças respiratórias (STICK, 2000; FRIEDRICH et al., 2007). Os RNPT, em qualquer modalidade de oxigenoterapia complementar, invasiva e não invasiva, ou mesmo em ar ambiente, necessitam de atendimento fisioterapêutico com finalidade de desobstruir, eliminar secreções e manter pérvias as vias aéreas (JOHNSTON et al., 2012). Entretanto, manter a sinergia muscular, facilitar a mecânica respiratória e gerar volumes pulmonares são também importantes objetivos no tratamento fisioterapêutico (FELTRIM; JARDIM, 2004). A intervenção fisioterapêutica nos RNPT se inicia por meio do posicionamento no leito, favorecendo o tônus flexor, facilitando os padrões de movimento adequados (CRUVINEL; PAULETTI, 2018). Portanto, o posicionamento correto facilita também o trabalho respiratório, pois a contração dos músculos respiratórios é influenciada pelo posicionamento das inserções musculares (DE TROYER; WILSON, 2015; FELTRIM; JARDIM, 2004; MEAD; LORING, 1982).

A ventilação é um processo mecânico, onde os músculos respiratórios atuam em conjunto para mover o ar para dentro e para fora dos pulmões, e qualquer alteração no desempenho da musculatura respiratória pode reduzir a eficácia da ventilação (RATNOVSKY; ELAD; HALPERN, 2008). Vale lembrar que a musculatura respiratória tem como ação primária a respiração, porém atuam também na movimentação ativa de membros superiores, cabeça e do tronco, seja como motor principal, sinergista ou antagonista de alguns desses movimentos, como a lateralização e rotação da cabeça e do tronco, movimentos do ombro e braço (EPSTEIN, 1994). Durante a amamentação ocorre aumento da atividade muscular respiratória, devido à incoordenação sucção/deglutição/respiração, sendo mais notada em RNPT, podendo ocorrer, inclusive, diminuição da saturação periférica de oxigênio (KWON et al., 2018).

A expansão pulmonar, de uso profilático ou na resolução de atelectasias, é obtida pelo fisioterapeuta pela modificação do volume pulmonar decorrente do aumento da pressão de distensão, conseguido por meio de aplicação de pressão positiva (Figura 4) (SARMENTO, 2015).

FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA MODIFICAÇÃO DO VOLUME PULMONAR OBTIDO PELA FISIOTERAPIA

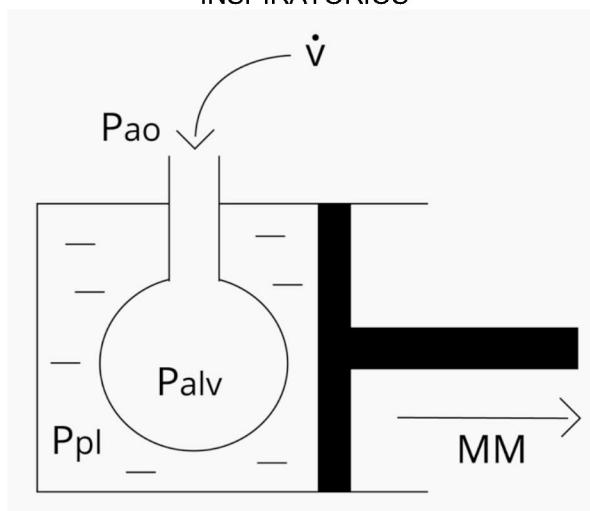


FONTE: Sarmento (2015)

NOTA: Pao: Pressão de abertura das vias aéreas; Ppl: Pressão pleural; Palv: Pressão alveolar

Ou também, pela contração dos músculos inspiratórios, que irá expandir a caixa torácica, diminuindo a pressão pleural e consequentemente gerar um gradiente de pressão alveolar, aumentando o fluxo inspiratório (Figura 5) (SARMENTO, 2015).

FIGURA 5 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA MODIFICAÇÃO DO VOLUME PULMONAR OBTIDA PELA CONTRAÇÃO DOS MÚSCULOS INSPIRATÓRIOS



FONTE: Sarmento (2015)

NOTA: Legenda: Pao: Pressão de abertura das vias aéreas; Ppl: Pressão pleural; Palv: Pressão alveolar; V: Fluxo inspiratório; MM: músculos respiratórios

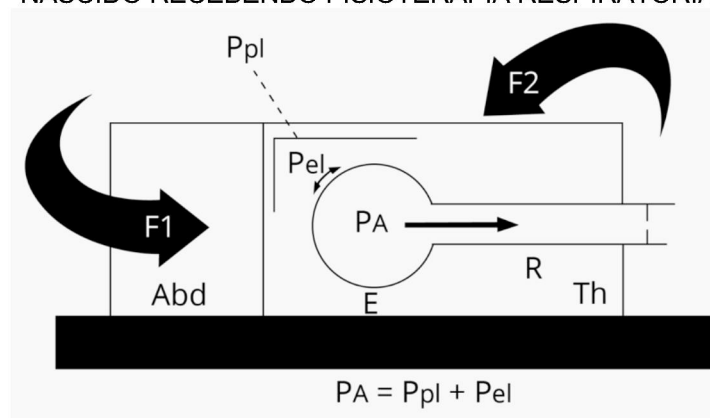
O padrão respiratório muda conforme a idade e com o desenvolvimento da caixa torácica. A manutenção de um volume pulmonar adequado ao final da expiração é fundamental para manter as pequenas vias abertas, facilitando uma nova respiração. Quando isto não acontece, a força necessária para abrir novamente as vias aéreas deve superar a tensão superficial, o que ocasiona aumento do trabalho respiratório (SLY; COLLINS, 2006).

Nas populações pediátrica e adulta, sob cuidados intensivos, o treinamento muscular inspiratório é uma estratégia amplamente estudada e executada (CUNHA; SANTANA; FORTES et al., 2008; PINTO; BARBOSA; JOHNSTON, 2018). Sabe-se que a perda de força muscular dificulta os processos de desmame da ventilação invasiva, porém em RN existe grande dificuldade em realizar esta avaliação, uma vez que é necessária uma resposta consciente do paciente (CAVALCANTE et al., 2018). Embora as técnicas de fisioterapia respiratória utilizadas sejam as mesmas, são realizadas adaptações para o atendimento à RN (NICOLAU; FALCÃO, 2007). Vale ressaltar que nas primeiras 72 horas de vida dos RNPT existe maior risco de lesões

cerebrovasculares e hemorragias peri-intraventriculares (MCCREA; MENT, 2008), sendo necessário respeitar o período de manuseio mínimo (BREW; WALKER; WONG, 2014).

Sabe-se que a contração muscular do diafragma pode também ser proporcionada pela estabilização das costelas na zona de aposição, tornando mais eficiente o trabalho respiratório do RNPT (FELTRIM; JARDIM, 2004; PRESTO, 2003). Sempre que as manobras de fisioterapia incentivam a ação da bomba respiratória, modifica-se a pressão pleural, facilitando a entrada de ar nos pulmões (POUSTIAUX, 2018 (Figura 6).

FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM RECÉM-NASCIDO RECEBENDO FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA



FONTE: (POSTIAUX et al., 2018)

NOTA: Ppl: Pressão pleural; PA: Pressão alveolar; Pel: Pressão elástica; Abd: Abdome; E: Elastância; R: Resistência; TH: Tórax; F1 e F2: Direção da pressão executada pelo fisioterapeuta

As técnicas de manuseio torácico visam o reequilíbrio muscular do tórax e do abdome e entre elas está o apoio diafragmático na sua zona de aposição, denominado apoio toracoabdominal ou MECM. São manuseios delicados sobre a caixa torácica e tem como objetivo a busca pelo sinergismo dos músculos respiratórios, reduzindo o esforço muscular ventilatório, consequentemente, melhorando a ventilação e facilitando a movimentação ativa do RN (RIBEIRO; MELO; DAVIDSON, 2008; ROUSSENQ et al., 2013; BRUNHEROTTI; MARTINEZ, 2013; OLIVEIRA; SOBRINHO; ORSINI, 2018; OLIVEIRA; GOMES et al., 2018; LIMA, 2020).

2.4.1 MANOBRA DE ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL DO DIAFRAGMA

Desde a década de 1960 encontram-se na literatura descrições de técnicas fisioterapêuticas respiratórias desobstrutivas em RN com base sequencial em três etapas, a fluidificação, a desobstrução e a aspiração de secreção. As técnicas desobstrutivas contemplam das clássicas mudanças de postura às modificações de pressão toracoabdominal por meio de manuseios torácicos (POUSTIAUX et al., 2018).

A MECM é descrita por diversos autores com nomenclaturas variadas como compressão toracolombar (PLATZKER et al., 2000), apoio diafragmático (ROUSSENQ et al., 2013; FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2021), e produzindo efeito semelhante, a estabilização da caixa torácica com faixa elástica (BRUNHEROTTI; MARTINEZ, 2013). Vale salientar, que o uso de uma compressão contínua, seja manual ou principalmente por dispositivos como faixas elásticas, gera adaptação dos mecanorreceptores, diminuindo a percepção dos estímulos pelo sistema nervoso central (RACHMAN, 2018).

Quando a contração diafragmática se torna mais eficiente, maiores volumes pulmonares são mobilizados (URMEY et al., 1988). A MECM consiste em favorecer a contração muscular do diafragma, onde a mão do fisioterapeuta é posicionada na região inferior do tórax e superior do abdome do RN, na área de aposição do diafragma, com os dedos indicador e polegar alcançando as últimas costelas em forma de ponte. A manobra se inicia acompanhando uma expiração e o fisioterapeuta mantém as costelas, com uma leve pressão no sentido caudal, do umbigo, durante 5 a 8 ciclos respiratórios, repetindo por cinco a oito minutos (Figura 7) (OLIVEIRA; SOBRINHO; ORSINI, 2018; FELTRIM; JARDIM, 2004; LORING; MEAD, 1982; PRESTO, 2003).

FIGURA 7 – MANOBRA DE ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL



FONTE: O autor (2023)

De Troyer e Wilson (2015), em pesquisa com indivíduos tetraplégicos, onde o diafragma agia sozinho, utilizaram um suporte mecânico com um manguito pneumático na altura da 10ª costela, tendo como resposta uma maior expansão da caixa torácica inferior durante a inspiração e um menor deslocamento para dentro da caixa torácica superior. Isso se deve às forças de inserção e de aposição do diafragma (MEAD, 1979; WILSON; DE TROYER, 2012). Sabe-se que com uma compressão na zona de aposição ocorre aumento da pressão abdominal no final da expiração. Esses estudos também mostraram que, embora a ação do diafragma sobre as costelas superiores seja determinada principalmente pela queda da pressão pleural, o deslocamento dessas costelas também é determinado pelo deslocamento das costelas inferiores (DE TROYER, 2012). Com uma faixa elástica no abdome ocorre expansão da zona de aposição permitindo que as fibras se contraíam em uma porção mais vantajosa de sua curva comprimento-tensão e, assim, exercem maior força nas nervuras inferiores (DE TROYER; WILSON, 2015).

A avaliação da força da musculatura respiratória pode ser feita de diversas formas como pela espirometria, ultrassonografia, eletromiografia ou estimulação do nervo frênico, podendo medir a pressão inspiratória máxima, a expiratória máxima, a esofágica e a gástrica. A pressão diafragmática, é a diferença entre as pressões gástrica e esofágica, sendo gerada pela contração do diafragma (CARUSO et al., 2015).

2.5 ULTRASSONOGRAFIA CINESIOLOGICA DO DIAFRAGMA

A USCD tem por objetivo estabelecer o diagnóstico funcional, com a finalidade de auxiliar no tratamento, prognóstico fisioterapêutico e pesquisa, sendo pautada por decisão do Conselho Federal de Fisioterapia e do Terapeuta Ocupacional (SILVA, 2019).

O uso da USCD tem se tornado mais frequente em pacientes críticos para orientar diagnósticos e distúrbios fisiológicos (TUINMAN et al., 2020). O ultrassom dos músculos respiratórios avalia a anatomia e a função da bomba muscular respiratória (TUINMAN et al., 2020), sendo uma potente ferramenta de diagnóstico não invasivo, podendo ser usado em RNPT sem oferecer riscos (REA et al., 2019). O exame ultrassonográfico, quando aplicado de forma adequada, tem alto valor diagnóstico e é livre dos efeitos biológicos prejudiciais causados pela aplicação de radiação ionizante (HENDEE; O'CONNOR, 2012). Outras vantagens incluem a portabilidade do

equipamento, que permite o exame à beira do leito, o conforto do paciente e o custo reduzido (REA et al., 2019). A ultrassonografia torácica neonatal requer transdutores de multifrequência micro convexos e lineares de uma faixa de frequência de 5 a 15 MHz (TRINAVARAT; RICCABONA, 2014).

A visualização do diafragma utiliza duas abordagens: a subcostal, utilizando o fígado ou o baço como janela acústica, e a intercostal médio-axilar na zona de aposição. Na abordagem subcostal avalia-se a excursão diafragmática usando um transdutor de baixa frequência, de 2 a 5 MHz, convexo, que deve ser posicionado logo abaixo do arco costal, na linha hemiclavicular ou mamilar. O transdutor é posicionado angulado cranialmente e perpendicular à cúpula diafragmática. O diafragma é visualizado como uma linha brilhante que cobre o fígado ou o baço. Observa-se a movimentação no modo M e a velocidade de varredura deve ser ajustada para cerca de 10 mm/segundo, devendo-se obter pelo menos três ciclos respiratórios em uma imagem (TUINMAN et al., 2020).

Para avaliar a espessura do diafragma utiliza-se a abordagem intercostal. Com um transdutor linear de 10 a 15 MHz posicionado perpendicularmente à pele na zona de aposição entre o eixo axilar médio entre o 8º e o 11º espaço intercostal (MATAMIS et al., 2013), em adultos, o diafragma é visualizado em uma profundidade de 2 a 4 centímetros, entre a pleura e o peritônio, como uma estrutura de três camadas, visualizando-se uma estrutura linear branca em seu interior. Recomenda-se medir a espessura do diafragma perpendicularmente à fibra muscular, não incluindo a pleura e o peritônio. O espessamento inspiratório do diafragma pode ser utilizado para avaliar a função muscular. A fração de espessamento é dada pela diferença entre a espessura inspiratória e espessura expiratória durante a respiração corrente, dividida pela espessura expiratória e multiplicada por 100 (CARRILLO-ESPER et al., 2016; TUINMAN et al., 2020).

$$FED = \frac{esp\ insp - esp\ exp}{esp\ exp * 100}.$$

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de um ensaio clínico do tipo antes e depois.

3.2 LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO

A pesquisa foi conduzida no Programa de Pós-graduação em Saúde da Criança e do Adolescente da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a coleta de dados realizada na UTIN do Complexo Hospital de Clínicas (CHC) – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, no período de agosto de 2020 a agosto 2022.

3.3 HIPÓTESE DE ESTUDO

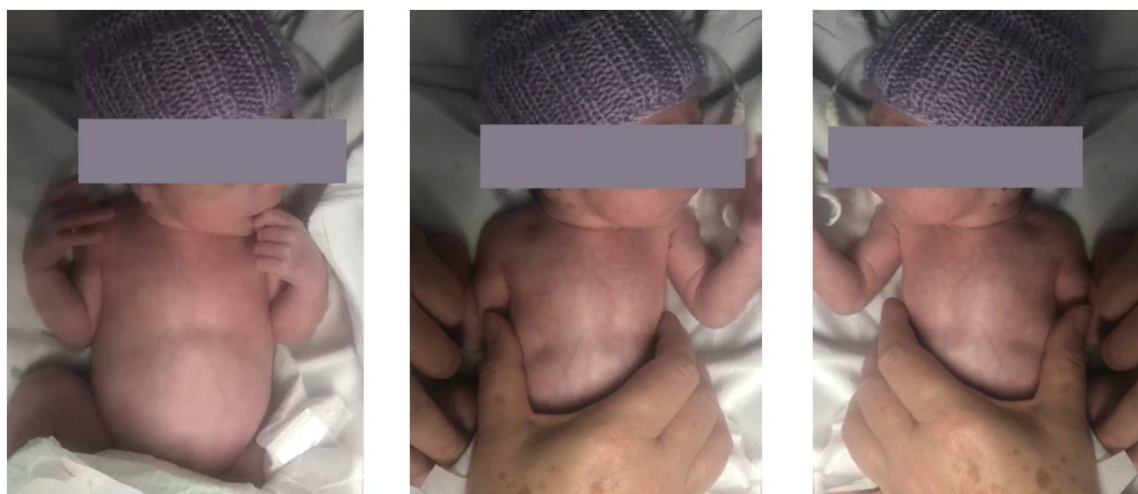
H0: A Manobra de Estabilização Costal Manual (MECM) não promove aumento da excursão diafragmática, da fração de encurtamento diafragmático e da saturação periférica de oxigênio em recém-nascidos prematuros internados na UTIN.

H1: A Manobra Estabilização Costal Manual (MECM) promove aumento da da excursão diafragmática, da fração de encurtamento diafragmático e da saturação periférica de oxigênio em recém-nascidos prematuros internados na UTIN, ampliando sua excursão.

3.4 INTERVENÇÃO

A MECM foi realizada com o RNPT em sua própria incubadora, no ninho e em posição supina, com a mão posicionada no terço inferior do tórax e superior do abdome, na zona de aposição do diafragma, onde os dedos indicador e polegar do fisioterapeuta alcançam, em ponte, as últimas costelas do recém-nascido (RN). A manobra se inicia acompanhando uma expiração e o fisioterapeuta mantém as costelas, com uma leve pressão na direção da cicatriz umbilical, durante 5 a 8 ciclos respiratórios, repetindo o procedimento por cinco a oito minutos (Figura 8).

FIGURA 8 – MANOBRA DE ESTABILIZAÇÃO COSTAL MANUAL NO RECÉM-NASCIDO



FONTE: O autor (2023)

Os RN foram avaliados antes da intervenção, estando clinicamente estáveis, com sinais vitais dentro da normalidade e no mínimo 1 hora após a alimentação, no período da manhã ou tarde. Durante a MECM os RNPT foram monitorados continuamente, e quando necessário, foi realizada higiene brônquica e aspiração de secreção das vias aéreas.

3.5 MÉTODO DE MASCARAMENTO

Por se tratar de intervenção fisioterapêutica, não houve nenhum tipo de mascaramento.

3.6 POPULAÇÃO FONTE

O estudo foi realizado no Serviço de Neonatologia do Complexo Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná (CHC-UFPR). O CHC-UFPR é um hospital público federal, universitário, credenciado pelo Ministério da Educação para ofertar programas de Residência Médica em todas as grandes áreas da Medicina, bem como Residência Multiprofissional. Em sua Maternidade, reconhecida pelo gestor do Sistema Único de Saúde (SUS) como centro terciário de referência para assistência à gestação de alto risco para Curitiba e da região metropolitana, ocorrem cerca de 2.000 partos ao ano.

O Serviço de Neonatologia, que também é centro de referência no atendimento de RN possui 41 leitos, assim distribuídos: 10 leitos de UTIN - tipo III; 10 leitos de Unidade de Cuidado Intermediário Neonatal Convencional; cinco leitos de

Unidade de Cuidado Intermediário Neonatal Canguru e 16 leitos de Alojamento Conjunto. Possui o título de Hospital Amigo da Criança, conferido pela Fundação das Nações Unidas para Infância desde 1995 e é certificado pelo Ministério da Saúde como Centro de Referência Estadual do Método Canguru desde 2014 (COMPLEXO HOSPITAL DE CLÍNICAS, 2012).

3.7 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram considerados critérios de inclusão RN:

- a) com idade gestacional menor ou igual 37 semanas;
- b) internados na UTIN do CHC;
- c) no sexto dia de vida;
- d) cujos pais permitiram a participação na pesquisa mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.8 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Consistiram em critérios de exclusão RN:

- a) com malformação do sistema nervoso central, tórax e cardiopatias;
- b) com instabilidade hemodinâmica;
- c) com contraindicação à fisioterapia respiratória como: presença de hemorragia pulmonar, hérnia diafragmática, hipertensão pulmonar grave, pneumotórax não drenado, plaquetopenia, onfalocele ou gastrosquise ainda não corrigidas;
- d) com contraindicações do uso da técnica em estudo como: dreno de tórax, pós-operatório imediato de cirurgias abdominais ou torácicas, Boletim de Silverman e Andersen maior que três

3.9 POPULAÇÃO DE ESTUDO

Durante o período de estudo houve nascimento de 80 RNPT, dos quais 48 cumpriram os critérios de inclusão. Trinta e dois foram excluídos por: transferência para outra unidade ou alta hospitalar antes do 6º dia de vida (9), enfermidade grave com instabilidade hemodinâmica (8), isolamento respiratório (5), em procedimento impossibilitando a coleta (4), óbito na primeira semana de vida (5) e cardiopatia com necessidade de drenagem torácica (1).

3.10 VARIÁVEIS E PROCEDIMENTOS DE ESTUDO

Os dados obtidos foram registrados em uma ficha de avaliação desenvolvida pelos pesquisadores (Apêndice 1). Incluíram:

- a) Sexo: masculino ou feminino
- b) Idade gestacional

A estimativa da idade gestacional pré-natal foi realizada por meio da ultrassonografia obstétrica no primeiro trimestre até a 13ª semana e 6 dias (AMERICAN COLLEGE OF OBSTETRICIANS AND GYNECOLOGISTS, 2014). Na ausência desta, foi usada a data da última menstruação, no primeiro trimestre de gestação, e a idade gestacional pós-natal foi realizada pelo método *New Ballard*, sendo determinada pela inspeção de diversos sinais físicos e características neurológicas, variando conforme a idade e maturidade do feto. É adequada para todos os RN e possui precisão na avaliação de RNPT (BALLARD et al., 1991). De acordo com o tamanho ao nascimento, os RN foram classificados pela curva de *Fenton* utilizando o 10º percentil para Pequenos para Idade Gestacional, 90º percentil para Grandes para Idade Gestacional e Adequados para a idade gestacional (FENTON; KIM, 2013).

- c) Peso ao nascimento

Aferido em gramas com balança digital, marca Filizola®, modelo BP Baby.

- d) Perímetros cefálico, torácico e abdominal

Os perímetros foram medidos com fita métrica inelástica, conforme orientações da OMS, entre as primeiras 24 horas até o sexto dia e 23 horas, na primeira semana de vida (GRUMMER-STRAWN LM et al., 2010).

O perímetro cefálico foi obtido pela circunferência frontooccipital, correspondendo ao perímetro cefálico máximo. A fita métrica foi posicionada sobre o arco das sobrancelhas, ao redor do osso frontal e sobre a proeminência occipital passando ao redor da cabeça.

O perímetro torácico foi obtido com a fita métrica posicionada na linha intermamilar e o perímetro abdominal medido pela circunferência do abdômen com a fita métrica posicionada logo acima do coto abdominal (BRASIL, 2014).

e) Sinais Vitais

A frequência cardíaca e a saturação periférica de oxigênio foram mensuradas pelo monitor multiparamétrico do próprio paciente. A frequência respiratória foi contada pelo avaliador por um minuto, contado pelo relógio do monitor. Foram considerados como dentro dos limites de normalidade a frequência cardíaca de 120 a 160 batimentos por minuto, frequência respiratória de 40 a 60 respirações por minuto e saturação periférica de oxigênio pela oximetria de pulso de 90 a 95% (ZEALAND et al., 2013; BRASIL, 2022).

f) Escore de Apgar

O Escore Apgar foi calculado ao fim do 1º e do 5º minutos de vida, com avaliação e pontuação dada à cinco características: a frequência cardíaca, esforço respiratório, tônus muscular, irritabilidade reflexa e cor, com pontuação de 0 a 10, onde valores maiores ou iguais a 7 indicam condição de boa a excelente (CASEY; MCINTIRE; LEVENO, 2001; BRASIL, 2012).

g) *Neonatal Infant Pain Scale*

A avaliação da dor foi realizada pela escala *Neonatal Infant Pain Scale* (NIPS). Varia de 0 a 7 pontos e considera dor a partir de 4 pontos (MOTTA, SHARDOSIM; CUNHA, 2015). Para análise estatística foram considerados os resultados de presença de dor quando pontuou 4 pontos ou mais, ou ausência de dor, quando pontuou até três pontos. A escala NIPS está detalhada no Quadro 1.

QUADRO 1 – NEONATAL INFANT PAIN SCALE

INDICADOR	0 PONTO	1 PONTO	2 PONTOS
Expressão facial	Relaxada	Contraída	--
Choro	Ausente	Resmungos	Vigoroso
Respiração	Regular	Diferente da basal	--
Membros Superiores	Relaxados	Fletidos ou Estendidos	--

Membros Inferiores	Relaxados	Fletidos ou Estendidos	--
Estado de Alerta	Dormindo e/ou Calmo	Agitado e/ou Irritado	--

Fonte: Adaptado de: Motta; Schardosim; Cunha (2015).

h) Boletim de Silverman e Andersen

O Boletim de Silverman e Andersen avalia desconforto respiratório e estima a gravidade do comprometimento pulmonar. São observados cinco critérios que recebem notas de 0 a dois, somando de 0 a dez, onde 0 é o melhor prognóstico e 10 o pior (Quadro 2) (BRASIL, 2022; SILVERMAN; ANDERSEN, 1956) (Quadro 2).

QUADRO 2 – BOLETIM DE SILVERMAN E ANDERSEN

Variáveis	Retração intercostal		Retração xifoide	Batimento nasal	Gemido expiratório
	Superior	inferior			
0	Sincronizado	Sem tiragem	Ausente	Ausente	Ausente
1	Decline inspiratório	Tiragem pouco visível	Tiragem Pouco visível	Discreto	Audível com estetoscópio
2	Assincronia	Tiragem marcada	Tiragem marcada	Marcado	Audível sem estetoscópio

FONTE: Silverman; Andersen (1956)

i) Ultrassonografia Cinesiológica do Diafragma

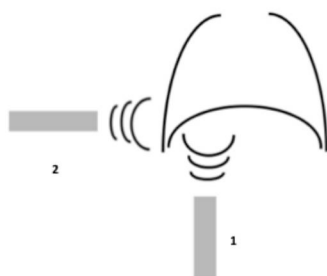
A USCD foi realizada com o transdutor do equipamento de ultrassom (Sonosite, modelo M-turbo®, com transdutor de 5 MHz) direcionado medialmente cefálico e dorsalmente, de modo a manter o feixe de ultrassom perpendicularmente ao terço posterior do hemidiafragma direito. O modo 2D foi utilizado para visualizar e obter a melhor abordagem, com o fígado servindo como uma janela acústica à direita, para selecionar a linha de exploração. O modo M foi utilizado para exibir e medir a amplitude da excursão diafragmática craniocaudal durante a respiração tranquila. Foram anotados os valores de três medidas consecutivas. As medidas avaliadas incluíram amplitude diafragmática, espessamento diafragmático, fração e taxa de espessamento diafragmático. O cálculo da taxa de espessamento diafragmático foi realizado com base na diferença entre as medidas de espessamento inspiratório e expiratório. O cálculo da fração de espessamento diafragmático (FED) foi realizado com base na equação:
$$FED = \frac{esp\ insp - esp\ exp}{esp\ exp} * 100$$
.

Os RN foram avaliados antes da intervenção, estando clinicamente estáveis, com sinais vitais dentro da normalidade e no mínimo 1 hora após a alimentação, no

período da manhã ou tarde. Durante a MECM os RNPT foram monitorados continuamente, e quando necessário, foi realizada higiene brônquica e aspiração de secreção das vias aéreas.

Foi anotado o valor médio de três medidas consecutivas (BOUSSUGES; GOLE; BLANC, 2009; CARDENAS et al., 2018) Para mensurar a FED o transdutor plano de 7 a 10 MHz foi posicionado na zona de aposição do diafragma na linha axilar (Figura 9) (REHAN; MCCOOL, 2003). Todos os exames de USCD foram realizados pela pesquisadora, que foi previamente treinada pela cardiologista orientadora e também por meio de cursos realizados para este fim.

FIGURA 9 - POSIÇÃO DO TRANSDUTOR



FONTE: Adaptado de Alonso-Ojembarrena; Oulego-Erroz, 2021)

NOTA: 1 subcostal; 2 axilar

j) Manobra de estabilização costal manual

Nas primeiras 72 horas de vida os RNPT internados não recebem intervenções de fisioterapia, por causa do protocolo de neuroproteção. Passado este momento, se iniciou o atendimento aos recém-nascidos participantes do estudo com a aplicação do MECM duas vezes por dia, e no sexto dia de vida foi realizada a coleta de dados.

A equipe de fisioterapia foi previamente instruída e treinada pela pesquisadora para a execução da manobra. A manobra se inicia acompanhando uma expiração e o fisioterapeuta mantém as costelas, com uma leve pressão no sentido caudal, do umbigo, durante 5 a 8 ciclos respiratórios, repetindo por cinco a oito minutos

3.11 CRITÉRIOS DE ENCERRAMENTO DO ESTUDO

Como critério de encerramento foi considerado a piora do padrão respiratório ou qualquer outro sinal desfavorável apresentado pelo RN, o que não foi registrado em nenhum caso.

3.12 TABULAÇÃO E GERENCIAMENTO DE DADOS

Os dados armazenados sob responsabilidade dos pesquisadores, sem identificação nominal dos pacientes. Posteriormente, foram tabulados em uma planilha do *Excel* e transportados para o *software Statsoft®* para análise estatística.

3.13 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis contínuas foram avaliadas quanto a sua distribuição e apresentadas como média aritmética e desvio padrão, para as variáveis contínuas de distribuição normal e mediana e intervalo interquartilico (25-75%), para as de distribuição assimétrica.

Para obter a média das medidas mais ajustadas, as três medidas do diafragma foram avaliadas quanto às suas diferenças pelo Método de *Bland-Altman* (que avalia o grau de diferença e de concordância entre as medidas), teste t para uma amostra (que verifica se as diferenças entre as medidas são diferentes de zero) e coeficiente de concordância de *Lin* (que verifica a reprodutibilidade das medidas, com o valor de 1 indicando concordância máxima). A decisão de quais medidas utilizar para calcular a medida média foi tomada com base nas 3 avaliações, com prioridade para o coeficiente de concordância de *Lin*.

Os testes t de Student e teste de Mann-Whitney foram aplicados para estimar diferenças entre variáveis contínuas simétricas e assimétricas, respectivamente. O teste de McNemar foi aplicado para estimativas entre variáveis categóricas. A Anova de Kruskal-Wallis's seguida pelo teste post hoc de Mann-Whitney foi aplicada para avaliar possíveis diferenças entre as medidas diafragmáticas antes e após a MECM. A Anova de Friedman com teste post hoc de Wilcoxon foi aplicada para avaliar possíveis diferenças de acordo com os grupos estudados e com a idade gestacional.

A Anova para medidas repetidas foi aplicada para avaliar possíveis diferenças das medidas diafragmáticas de acordo com as classes de idade gestacional e suporte ventilatório no momento da manobra de estabilização costal manual.

Para avaliar as diferenças entre variáveis categóricas foi aplicado o teste qui-quadrado de *Pearson*.

Para todos os testes foi considerado o nível de significância de 5%.

3.14 ÉTICA EM PESQUISA

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, sob número 36202920.2.0000.0096. Os RN foram incluídos no estudo após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

3.15 MONITORIZAÇÃO DA PESQUISA E MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO DE RISCOS

No período da coleta de dados, foram tomadas medidas habituais da rotina de manuseio mínimo e de monitorização de recém-nascidos prematuros internados na UTIN, por meio da monitorização contínua de dados vitais, além da monitorização clínica. Diante de alteração clínica ou de sinais vitais o procedimento será interrompido. Em caso de irritabilidade e/ou choro, o RN foi consolado, e se necessário e indicado, poderá receber sucção não nutritiva e/ou solução de sacarose a 25%.

3.16 FOMENTO PARA A PESQUISA, PROFISSIONAIS E SERVIÇOS ENVOLVIDOS

A pesquisa não obteve nenhum tipo de fomento e contou com a infraestrutura do CHC/EBSERH/UFPR.

3.17 REGISTRO DO ENSAIO CLÍNICO

A pesquisa está registrada no Registro brasileiro de ensaios clínicos REBEC sob número RBR-6vnftw.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIAPHRAGM ULTRASOUND AFTER MANUAL RIB CAGE STABILIZATION MANEUVER IN PREMATURE: CLINICAL TRIAL

Ultrassom diafragmático após manobra de estabilização costal manual em prematuros: ensaio clínico

DOI: [10.1590/fm.2023.36132](https://doi.org/10.1590/fm.2023.36132) Qualis capes (2017-2020) – medicina II - B1

Fisioterapia em Movimento



Diaphragm Ultrasound Before and After the Manual Rib Cage Stabilization Maneuver in Premature Newborns

Journal:	<i>Fisioterapia em Movimento</i>
Manuscript ID:	FM-2023-0005
Manuscript Type:	Original Article
Keyword - Please find your keywords from the following lists http://decs.bvs.br/ and http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh.: Physical therapy modalities, Ultrasonography, Diaphragm, Premature infant, Intensive Care Unit	

SCHOLARONE™
Manuscripts

ORIGINAL – Andreazza MG et al.

**Diaphragm ultrasound after manual rib cage stabilization
maneuver
in premature: clinical trial**

*Ultrassom diafragmático após manobra de estabilização costal manual
em prematuros: ensaio clínico*

Marimar Goretti Andreazza

Cristiane Nogueira Binotto

Regina Paula Guimarães Vieira Cavalcante da Silva

Silvia Valderramas

Monica Nunes Lima

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brazil

*Correspondence: marimar.andreazza@hc.ufpr.br

MGA: <https://orcid.org/0000-0002-3511-1179>

CNB: <https://orcid.org/0000-0002-9633-9433>

RPGVCS: <https://orcid.org/0000-0002-2467-1760>

SV: <https://orcid.org/0000-0001-7295-2439>

MNL: <https://orcid.org/0000-0001-6185-1739>

Abstract

Introduction: The manual rib cage stabilization maneuver (MRCSM) is a physical therapy intervention that promotes stabilization of the zone of apposition of the diaphragm,

facilitating the contraction of this muscle and the work of breathing. **Objective:** To evaluate by diaphragm ultrasound the diaphragmatic excursion in premature newborns before and after MRCSM. **Methods:** Before-after clinical trial assessing by diaphragm ultrasound the effectiveness of MRCSM in the amplitude of diaphragmatic excursions. **Results:** The study sample consisted of 48 premature newborns born at a mean gestational age of 33.0 ± 2.8 weeks with a mean birth weight of $1,904.1 \pm 708.9$ grams. The newborns were classified in three groups: without respiratory distress syndrome (RDS) ($n = 26$), with RDS ($n = 15$) and with apnea ($n = 7$) as a cause of admission to the *neonatal intensive care unit* (NICU). The measurements of diaphragmatic excursion and thickening were similar in newborns without or with RDS or apnea and there was a significant increase in the amplitude of diaphragmatic excursions after MRCSM ($p < 0.001$; effect size > 0.68) and less diaphragmatic thickening at exhalation in all of them. The diaphragm thickening fraction was 0.50 (0.33 - 0.72), and the diaphragm thickening rate was 0.04 (0.03 - 0.07). These measurements showed no significant variation with the presence or absence of RDS or apnea ($p > 0.05$). No significant variations in heart rate ($p = 0.30$), respiratory rate ($p = 0.79$), and peripheral oxygen saturation, considering newborns in ambient air ($p = 0.17$) compared with baseline. **Conclusion:** The MRCSM was effective, safe, and increased the amplitude of diaphragmatic excursion and thickness in premature newborns at one week of age, regardless of the presence or absence of RDS or apnea as a cause of admission to the *NICU*.

Keywords: Diaphragm. Newborn. Physical therapy modalities. Premature. Ultrasonography.

Resumo

Introdução: A manobra manual de estabilização da caixa torácica (MRCSM) é uma intervenção fisioterapêutica que promove a estabilização da zona de aposição do diafragma, facilitando a contração deste músculo e o trabalho respiratório. **Objetivo:** Avaliar pela ultrassonografia do diafragma a excursão diafragmática em recém-nascidos prematuros antes e após MRCSM. **Métodos:** Ensaio clínico antes e depois avaliando por ultrassonografia do diafragma a eficácia do MRCSM na amplitude das excursões diafragmáticas. **Resultados:** A amostra do estudo foi composta por 48 recém-nascidos prematuros nascidos com idade gestacional média de $33,0 \pm 2,8$ semanas e peso médio ao nascer de $1.904,1 \pm 708,9$ gramas. Os recém-nascidos foram classificados em três grupos: sem síndrome do desconforto respiratório (SDR) ($n = 26$), com SDR ($n = 15$) e com apneia ($n = 7$) como causa de internação na unidade de terapia intensiva neonatal (UTIN). As medidas de excursão e espessamento

diafragmático foram semelhantes em recém-nascidos sem ou com SDR ou apneia e houve aumento significativo na amplitude das excursões diafragmáticas após MRCSM ($p < 0,001$; tamanho de efeito $> 0,68$) e menor espessamento diafragmático na expiração em todos eles. A fração de espessamento do diafragma foi de 0,50 (0,33 - 0,72) e a taxa de espessamento do diafragma foi de 0,04 (0,03 - 0,07). Essas medidas não apresentaram variação significativa com a presença ou ausência de SDR ou apneia ($p > 0,05$). Não houve variações significativas na frequência cardíaca ($p = 0,30$), frequência respiratória ($p = 0,79$), saturação periférica de oxigênio, considerando os recém-nascidos em ar ambiente ($p = 0,17$) em comparação com o valor basal. **Conclusão:** O MRCSM foi eficaz, seguro e aumentou a amplitude da excursão e espessura diafragmática em recém-nascidos prematuros com uma semana de idade, independentemente da presença ou ausência de SDR ou apneia como causa de admissão na UTIN.

Palavras-chave: Diafragma. Recém-nascido. Modalidades de fisioterapia. Prematuro. Ultrassonografia.

Introduction

The manual rib cage stabilization maneuver (MRCSM) is a physical therapy intervention that promotes stabilization of the zone of apposition of the diaphragm by offering this muscle a fixed point, facilitating its contraction and providing better respiratory work, which can be observed by abdominal movement or by diaphragm ultrasound.¹⁻³ The diaphragm is responsible for 70-80% of the inspiratory work. While contracting together with the external intercostal muscles, the diaphragm expands the thoracic cavity, decreases the intrathoracic pressure, and causes air to enter the lungs; while relaxing, causes the air to passively be exhaled from the lungs by elastic recoiling.^{4,5}

The movement of the diaphragm contributes to changing lung volumes; the more efficient the diaphragmatic contraction, the greater the mobilized volume.⁴⁻⁶ An assessment by physical therapists of the diaphragm function and force of contraction in healthy adults has indicated a good correlation between the diaphragm's function, excursion amplitude, and thickness, with the inspiratory strength measured using spirometry.^{7,8} A recent systematic review published by López-Fernández et al.² assessed how manual physical therapy directed to the diaphragm affects the

musculoskeletal system in adults; the review included nine clinical trials and showed an immediate and significant effect of the manual therapy on diaphragmatic mobility.

The MRCSM is a safe physical therapy technique that causes no pain or respiratory discomfort and has no effect on vital signs or clinical stability of the newborn.^{9,10} The diaphragm can be safely visualized by ultrasonography starting from the fetal period and can be evaluated in terms of anatomy, thickness, and excursions.^{1,11,12}

Based on the considerations above, the primary aim of this study was to evaluate, using diaphragm ultrasound, the diaphragmatic excursions in premature newborns before and after MRCSM and diaphragmatic thickness. Another aim of the study was to evaluate the response of the newborns according to the presence or absence of RDS or apnea as a cause of admission to the NICU, in terms of vital signs, clinical stability, pain, and respiratory effort after MRCSM.

Methods

This was an uncontrolled, before-after clinical trial conducted at a tertiary Neonatal Intensive Care Unit (NICU) between September and December 2021. The objective was to assess the effectiveness of the MRCSM by measurement of diaphragmatic excursions and thickness using ultrasonography before and after the maneuver. The research was approved by the Hospital das Clínicas/Universidade Federal do Paraná's ethics committee (number 36202920.2.0000.0096) and is registered in the Brazilian Clinical Trials Registry (protocol RBR-6vnftw). Parents and guardians of all newborns signed an informed consent form.

The study included 48 premature newborns, comprising all who met the inclusion and exclusion criteria. During the period of data collection, 81 were born prematurely, all of which were included in the study, except for 33 that meet the exclusion criteria listed below.

The study included 48 premature newborns, comprising all who met the inclusion criteria: a) with gestational age less than or equal to 37 weeks; b) having been admitted to the CHC NICU; c) on the sixth day of life; d) whose parents allowed participation in the research by signing the Free and Informed Consent Form (TCLE). During the period of data collection, 81 babies were born prematurely, all of which were included in the study, except for 33 that meet the exclusion criteria listed below.

A premature newborn was excluded if having one or more of the following: a) contraindication for MRCSM (chest drain, immediate postoperative period of abdominal or thoracic surgery, cardiopathy, or a Silverman-Andersen score (SAs) > 3,¹³ or critically ill; b) contraindication for respiratory physical therapy (pulmonary hemorrhage, diaphragmatic hernia, severe pulmonary hypertension, undrained pneumothorax, thrombocytopenia, omphalocele, or uncorrected gastroschisis); c) need for invasive mechanical ventilation support on the day of data collection; d) malformation of the central nervous system; e) need for respiratory isolation; f) transference to another service or discharge from the NICU before the sixth day of life; or g) clinical procedures scheduled for the same time as the MRCSM.

The newborns were classified in three groups: without respiratory distress syndrome (RDS) (n = 26), with RDS (n = 15) and with apnea (n = 7) as a cause of admission to the NICU. The 15 newborns who presented RDS were either on room air or receiving oxygen through a nasal cannula or continuous positive airway pressure (CPAP) on the day of the intervention.

After a period of minimal handling for three days to minimize the risk of periventricular hemorrhage, care for the newborns was initiated. The maneuver was administered twice a day, and data collection took place on the sixth day for newborns with a gestational age of less than 36 weeks and 6 days. Four physiotherapists underwent training to proficiently execute the newborn maneuvers. The ultrasound scans were consistently conducted by a research physiotherapist who had received prior training from the thesis advisor physician. The MRCSM was performed with the physical therapist resting the palm of one hand on the newborn's upper abdomen, and thumb and index fingers on the lower ribs bilaterally to allow the ribs to be directed to a normal position (Figure 1).

During expiration, the physical therapist pulled the ribs downward gently, with light pressure towards the umbilical scar, and maintained this movement until inspiration. This procedure was performed for 5 to 8 respiratory cycles and repeated for 5 to 8 minutes. The maneuver results in increased movement in the upper abdomen during inspiration, reflecting improved lung compliance.^{1-3,14-17}

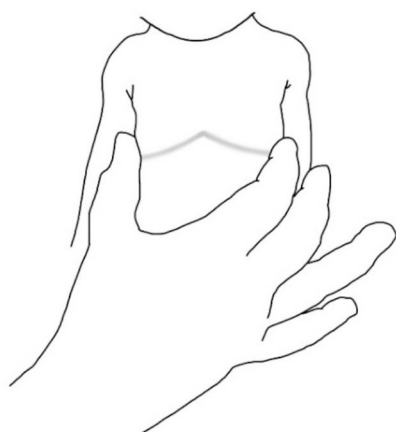


Figure 1 – Illustration of the manual rib cage stabilization maneuver (MRCSM).

Data sources

The newborns were evaluated before MRCSM in the morning or afternoon, while clinically stable, with normal vital signs, and at least 1 hour after feeding. During the MRCSM, the newborns were continuously monitored, and when necessary, bronchial hygiene and aspiration of airway secretions were performed.

Diaphragm ultrasound (SonoSite M-turbo, Gorham St., Canada) was obtained in all newborns using a 5 MHz transducer for evaluation of diaphragmatic excursions and a 10 MHz transducer for measurement of diaphragmatic thickness. Measurements were taken before and after the maneuver was performed, immediately before and after. The ultrasound was performed while the newborn rested calmly and, if necessary, after soothing with non-nutritive suction. Initial visualization of the diaphragm was performed using the two-dimensional (2D) mode, while measurements were obtained using the motion (M) mode. For assessment of diaphragmatic excursions (2D mode), the transducer was positioned on the newborn's right mammary line in the upper abdomen and subcostal region. The transducer was oriented toward the head, and the liver was used as the right acoustic window. The M mode was used for visualization and measurement of the amplitude of the craniocaudal diaphragmatic excursion during quiet breathing. The values of three consecutive respiratory cycles were recorded. For measurement of diaphragmatic thickness, the transducer was positioned on the axillary line, between the 8th and 11th intercostal space, in the zone of diaphragm apposition.¹⁸⁻²³

The assessments included the diaphragm's amplitude and thickness, and the diaphragm thickening fraction and rate. The diaphragm thickening rate was calculated as the difference between the diaphragm thickness during inspiration and expiration. The diaphragm thickening fraction was calculated using the following equation: $\frac{Thick\ insp - Thick\ exp}{Thick\ exp} \times 100$. We were unable to measure the diaphragm thickness in 19 newborns due to other conflicting clinical procedures scheduled for the same time as the ultrasonography.¹⁸⁻²³

The evaluated variables were diaphragmatic excursion before and after the MRCSM, and diaphragm thickening. The occurrence of pain, evaluated using the Neonatal Infant Pain Score (NIPS),²⁴ and signs of respiratory distress,²⁵ evaluated using the Sas,¹³ were determined before and after the MRCSM. Other variables evaluated included demographic (sex, gestational age in weeks²⁶), anthropometric (weight in grams, newborn size classification²⁷), and clinical (heart rate, respiratory rate, peripheral oxygen saturation²⁵) characteristics, as well as the Apgar score at 5 minutes²⁸.

Study size

The sample size was estimated considering a significance level of 5%, a type II error of 5%, and an effect magnitude of 0.10 mm of amplitude of diaphragmatic excursions, and the minimum estimated size was 35 cases. All statistical analyses were carried out using the software Statistica 4.0 (StatSoft Power Solutions, Inc., Palo Alto, California, USA). P values < 0.05 were considered significant.

Statistical methods

Variables with normal distribution are presented as mean and standard deviation, while those with asymmetric distribution are presented as median and interquartile range. The Shapiro-Wilk test was used to test for normality.²⁹

To obtain the mean of the most adjusted measurements, the three diaphragm measurements were evaluated for differences using the Bland-Altman Method (which assesses the degree of difference and agreement between measurements), one-sample *t*-test (which verifies whether differences between measurements are different from zero), and Lin's coefficient of agreement (which verifies the reproducibility of the measurements, with a value of 1 indicating maximum agreement). The decision of

which measurements to use to calculate the mean measurement was based on the assessment by these three methods, with priority given to Lin's coefficient of agreement.²⁹

Student's *t* test for dependent samples was applied to estimate the difference between symmetric continuous variables. Friedman's ANOVA followed by Wilcoxon *post hoc* test were applied to assess possible differences in diaphragmatic measurements according to classes of gestational age and presence of ventilatory support during the MRCSM. McNemar's test was applied to estimate the difference between categorical variables.²⁹

Results

Of the 48 newborns included, 26 (51%) were girls. The newborns were born at a mean gestational age of 33.0 ± 2.8 weeks and with a mean birth weight of $1,904.1 \pm 70.9$ grams. An Apgar score > 7 was recorded in 47.9% and 85.4% of the newborns at 1 minute and 5 minutes, respectively. The anthropometric measures at birth were (in centimeters) length: 41.8 ± 4.5 ; head circumference: 30.2 ± 3.0 ; thoracic circumference: 26.9 ± 3.8 ; abdominal circumference: 25.3 ± 3.7 . The measurements of diaphragmatic excursion and thickening were similar in newborns with or without RDS or apnea, and there was a significant increase in the amplitude of diaphragmatic excursions after MRCSM ($p < 0.001$) (Figure 2).

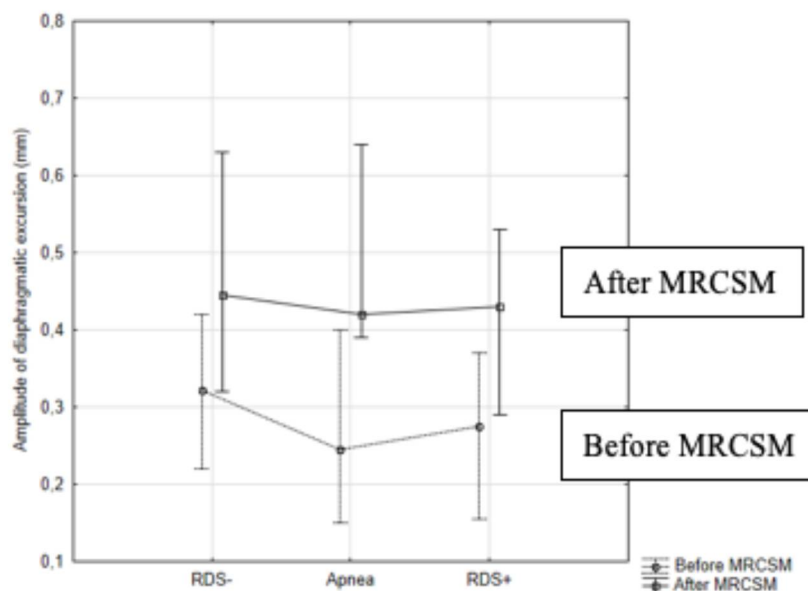


Figure 2 – Amplitude of diaphragmatic excursions according to the presence (+) or absence (-) of respiratory distress syndrome (RDS) or apnea.

Note: MRCSM = manual rib cage stabilization maneuver. Kruskal-Wallis ANOVA, Mann-Whitney *post hoc* test before vs after (n = 48). MRCSM: p < 0.001. Friedman ANOVA, Wilcoxon *post hoc* test between groups: p > 0.05. Effect size: RDS: 0.75; apnea: 0.57 RDS+: 0.68.

Diaphragmatic thickening was less during expiration regardless of the presence or absence of RDS or apnea (p < 0.001; effect size: RDS: 0.87; apnea: 0.61; RDS+: 0.90), Therefore, the diaphragmatic inspiration was of 0.13 (0.12 - 0.19), 0.13 (0.09 - 0.16) and 0.1 (0.05 - 0.1) in the presence of RDS, absence of RDS and apnea groups, respectively.

The diaphragm thickening fraction was 0.50 (0.33 - 0.72), and the diaphragm thickening rate was 0.04 (0.03 - 0.07). These measurements showed no significant variation with the presence or absence of RDS or apnea (p > 0.05). There was no correlation between any diaphragmatic measurement and birth weight, birth length, gestational age, or head, thoracic or abdominal circumference (r < 0.10). There was significant increase in the amplitude of diaphragmatic excursions after MRCSM (p < 0.001) regardless of gestational age (Table 1).

Table 1 - Amplitude of diaphragmatic excursions according to the gestational age

Excursions	< 30 weeks	30-35 weeks	> 35 weeks	p- value
Before MRCSM	0.28 (0.2 - 0.38)	0.39 (0.38 - 0.47)	0.22 (0.19 - 0.47)	< 0.001
After MRCSM	0.45 (0.35 - 0.60)	0.66 (0.45 - 0.88)	0.48 (0.28 - 0.56)	

Note: Values are presented as median and interquartile range (n = 48). Kruskal-Wallis ANOVA, Mann-Whitney *post hoc* test before vs after manual rib cage stabilization maneuver (MRCSM): p < 0.001. Friedman ANOVA, Wilcoxon *post hoc* test between gestational ages: p > 0.05. Effect size: < 30 weeks: 0.76; 30-35 weeks: 0.94; >35: 0.82; RDS+: 0.50.

Below, we present a comparative US image showcasing diaphragmatic excursion before and after MRCSM treatment. The image illustrates a noticeable increase in the amplitude of diaphragm movement following the procedure (Figure 3).

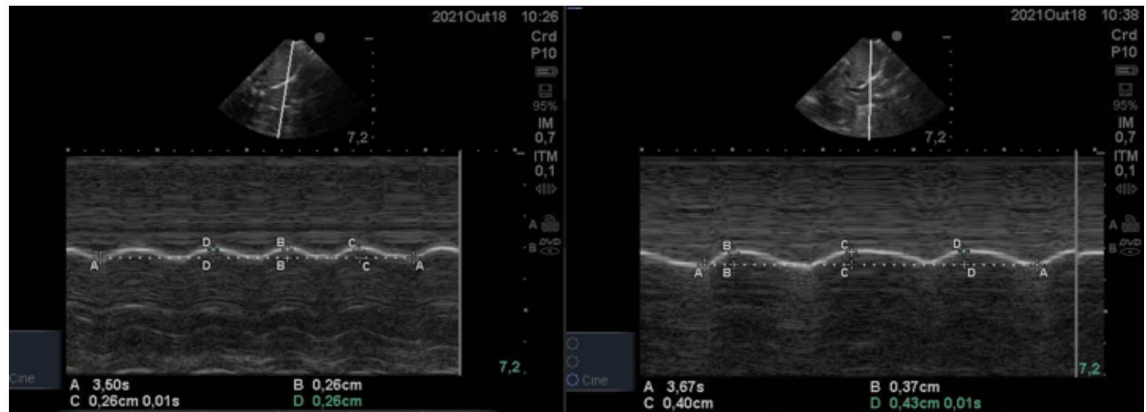


Figure 3 - Diaphragmatic excursion by ultrasound image before (left image) and after (right image) manual rib cage stabilization maneuver.

No significant variations in heart rate ($p = 0.30$), respiratory rate ($p = 0.79$), peripheral oxygen saturation ($p = 0.17$), considering only newborns in ambient air, NIPS score ($p = 0.98$) or SAs ($p = 0.93$) were observed after the MRCSCM compared with baseline (Table 2).

Table 2 - Vital signs, Silverman-Andersen and Neonatal Infant Pain Score (NIPS) before and after the manual rib cage stabilization maneuver (MRCSCM)

Vital Signs/Sas/NIPS		Before MRCSCM	After MRCSCM	p-value
Heart rate		144.8 ± 15.4	142.5 ± 16.5	0.30 ¹
Respiratory rate		49.1 ± 12.0	48.7 ± 11.2	0.79 ¹
Peripheral	O ₂	96.1 ± 2.2	96.9 ± 2.3	0.17 ¹
saturation				
NIPS (%)				
0-2		47 (97.9)	48 (100.0)	0.98 ²
3-4		1 (2.1)	0 (0.0)	

> 4	0 (0.0)	0 (0.0)	
Silverman-Andersen			
score (%)			
0-1	45 (93.8)	47 (97.9)	0.95 ²
2-3	3 (6.2)	1 (2.1)	

Note: ¹Student's *t* test for dependent samples; ²McNemar's test (n = 48). Effect size < 0.20.

Discussion

In the present study, we observed an increased amplitude of diaphragmatic excursion after MRCSM, independent of the newborn's gestational age at birth, presence or absence of RDS or apnea as a cause of admission to the NICU, along with greater diaphragm thickness during inspiration. The MRCSM did not cause pain or require respiratory effort, and the newborns maintained their vital signs within the normal limits after the maneuver. There is a gap in the literature that evaluates physiotherapy maneuvers with ultrasound.

The newborn's thoracic anatomy and physiology – horizontalized ribs, weak intercostal muscles, lungs less complacent than the rib cage, and narrow airways – contribute to increasing the work of breathing, which can easily lead to muscle fatigue.⁴⁻⁷ Compared with adults, newborns have a more rounded thorax, which results in a reduced zone of apposition of the diaphragm, reducing the ability to generate force and leading to distortions during respiratory work.^{7,14}

An increase in diaphragm contractility leads to mobilization of greater lung volumes.^{6,20} The fixation of the zone of apposition of the diaphragm by a physical therapist facilitates the contraction of this muscle, increasing the volume of air entering the lungs, making the respiratory work of the newborn more efficient.^{1,14,16}

Roussenq et al.⁹ and Oliveira et al.¹⁰ also observed an increase in peripheral oxygen saturation among newborns subjected to thoracic manipulations for stimulation of diaphragmatic contraction. Increased oxygen saturation during compression of the last ribs has also been observed in a study in adults, although ultrasonographic measurements were not performed to evaluate the amplitude of diaphragmatic excursions.¹

Easy to learn and perform, non-invasive, and inexpensive, ultrasonography has been widely used for diagnosis in intensive care, including for the evaluation of

diaphragmatic dysfunctions in critically ill patients.¹⁸⁻²³ However, there is still no consensus on the standardization of its technique and the influence that the position of the transducer, type of ventilation, and patient position may have on the results obtained with this evaluation. In a non-systematic review by Lippi et al.,²¹ including nine clinical trials or comparative studies, the most used ultrasonographic variables for assessment of the outcomes of hypotrophy, diaphragmatic dysfunction, and endotracheal extubation failures were diaphragmatic excursion, diaphragmatic thickness, and thickening fraction.

The use of mechanical ventilation has been pointed out as one of the main factors associated with decreased diaphragmatic force (also known as ventilator-induced diaphragmatic dysfunction), which is associated with the duration of the mechanical ventilation. This dysfunction also seems to be strongly associated with extubation failure, determined by the imbalance between the mechanical load imposed by spontaneous breathing and the diaphragm's ability to deal with it.²¹ This potential influence of mechanical ventilation on outcomes was a limitation of the present study, as we evaluate only newborns on room air or receiving supplemental oxygen through a nasal cannula or continuous positive airway pressure (CPAP) at the time of MRCSM.

The use of diaphragm ultrasound in intensive care seems to be well established,²¹⁻²³ especially for monitoring patients treated with mechanical ventilation. In the present study, it proved to be useful in showing the benefits of MRCSM in strengthening the diaphragmatic respiratory mechanics among premature newborns. This study opens up various research possibilities, including the evaluation of the diaphragm during different maneuvers performed by neonatal physiotherapists, as well as promoting the integration of ultrasound into the daily practice of neonatal physiotherapy.

Conclusion

The MRCSM was effective, safe, and led to an increase in the amplitude of diaphragmatic excursions in premature newborns at one week of age regardless of the presence or absence of RDS or apnea as a cause of admission to the NICU. It kept vital signs within normal limits, as well as did not causes pain or respiratory distress.

Acknowledgments

The authors thank Milena Braga-Basaria (M.D.) for critically reviewing and suggesting improvements to the manuscript.

Authors' contributions

MGA, SV and MNL were responsible for the literature search and data collection. MNL analyzed the data; MGA, CNB, RPGVCS and MNL prepared the manuscript. All authors were responsible for the study design, manuscript review and approval of the final version.

References

1. Santos FRA, Schneider Jr LC, Forgiarini Jr LA, Veronezi J. Effects of manual rib-cage compression versus PEEP-ZEEP maneuver on respiratory system compliance and oxygenation in patients receiving mechanical ventilation. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2009;21(2):155-61. <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2009000200007>
2. López-Fernández I, Otero-Peña D, Arratibel-Atín MLA, Mutiloa-Eguillor M. Effects of manual therapy on the diaphragm in the musculoskeletal system: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2021;102(12):2402-15. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.03.031>
3. Brunherotti MAA, Martinez FE. Response of oxygen saturation in preterm infants receiving rib cage stabilization with an elastic band in two body positions: A randomized clinical trial. *Braz J Phys Ther*. 2013;17(2):105-11. <https://doi.org/10.1590/s1413-35552012005000082>
4. Maish MS. The diaphragm. *Surg Clin North Am*. 2010;90(5):955-68. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2010.07.005>
5. Bordoni B, Zanier E. Anatomic connections of the diaphragm: Influence of respiration on the body system. *J Multidiscip Healthc*. 2013;6:281-91. <https://doi.org/10.2147/jmdh.s45443>
6. Mead J, Loring SH. Analysis of volume displacement and length of changes of the diaphragm during breathing. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1982;53(3):750-5. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.53.3.750>
7. De Troyer A, Wilson TA. Action of the diaphragm on the rib cage. *J Appl Physiol*

- (1985). 2016;121(2):391-400. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00268.2016>
8. Cardenas LZ, Santana PV, Caruso P, Carvalho CRR, Albuquerque ALP. Diaphragmatic ultrasound correlates with inspiratory muscle strength and pulmonary function in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol*. 2018;44(4):786-93. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2017.11.020>
 9. Roussenq KR, Scalco JC, Rosa GJ, Honório GJS, Schivinski CIS. Rebalancing thoracoabdominal movements in preterms infants: effects on cardiorespiratory parameters, in behavior, in pain and in the respiratory effort. *Acta Fisiatr*. 2013;20(3):118-23.
<https://www.revistas.usp.br/actafisiatr/article/view/103778/102256>
 10. Oliveira MC, Valette COS, Ferreira EAL, Rosalino CMV, Orsini M. Rebalancing thoraco-abdominal method does not increase immediate pain assessed by Neonatal Infant Pain Scale: a randomized clinical trial. *Fisioter Bras*. 2021;22(3):412-24. <https://doi.org/10.33233/fb.v22i3.4839>
 11. Rea G, Sperandeo M, Di Serafino M, Vallone G, Tomà P. Neonatal and pediatric thoracic ultrasonography. *J Ultrasound*. 2019;22(2):121-30.
<https://doi.org/10.1007/s40477-019-00357-6>
 12. Lobato JDM, Nastro CO, Filho FM, Martins WP. Artigo de Revisão Diagnóstico pré-natal da hérnia diafragmática congênita Prenatal diagnosis of congenital diaphragmatic hernia [Internet]. Vol. 3, Experts in Ultrasound: Reviews and Perspectives EURP. 2011 [cited 2020 Mar 11]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/272922498_Diagnostico_pre-natal_da_hernia_diafragmatica_congenita_Prenatal_diagnosis_of_congenital_diafragmatic_hernia
 13. Silverman WA, Andersen DH. A controlled clinical trial of effects of water mist on obstructive respiratory signs, death rate and necropsy findings among premature infants. *Pediatrics*. 1956;17(1):1-10.
<https://doi.org/10.1542/peds.17.1.1>
 14. De Troyer A. Respiratory effect of the lower rib displacement produced by the diaphragm. *J Appl Physiol* (1985). 2012;112(4):529-34.
<https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01067.2011>
 15. Feltrim MIZ, Jardim JRB. Movimento toracoabdominal e exercícios respiratórios: revisão da literatura. *Rev Fisioter Univ Sao Paulo*. 2004;11(2):105-13. <https://www.revistas.usp.br/fpusp/article/view/77373>

16. Urmey WF, De Troyer A, Kelly KB, Loring SH. Pleural pressure increases during inspiration in the zone of apposition of diaphragm to rib cage. *J Appl Physiol* (1985). 1988;65(5):2207-12. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.65.5.2207>
17. Di Polito A, Del Vecchio A, Tana M, Papacci P, Vento AL, Campagnola B, et al. Effects of early respiratory physiotherapy on spontaneous respiratory activity of preterm infants: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2021;22(1):492. <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05446-8>
18. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography. *Chest*. 2009;135(2):391-400. <https://doi.org/10.1378/chest.08-1541>
19. Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi ZH, Goligher EC, Goffi A, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients - a narrative review. *Intensive Care Med*. 2020;46(4):594-605. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05892-8>
20. Cohen E, Mier A, Heywood P, Murphy K, Boulton J, Guz A. Excursion-volume relation of the right hemidiaphragm measured by ultrasonography and respiratory airflow measurements. *Thorax*. 1994;49(9):885-9. <https://doi.org/10.1136/thx.49.9.885>
21. Lippi IS, Mendes JT, Orsini M, Costa CA, Tavares SG, et al. Ultrassonografia diafragmática como ferramenta de avaliação no desmame da ventilação mecânica. *Fisioter Bras*. 2019;20(4):570-7. <https://doi.org/10.33233/fb.v20i4.3221>
22. Santana PV, Prina E, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Identificação da diminuição da mobilidade diafragmática e do espessamento diafragmático na doença pulmonar intersticial: utilidade da ultrassonografia. *J Bras Pneumol* 2016;42(2):88-94. <https://doi.org/10.1590/S1806-37562015000000266>
23. Zeitoun R, Koifman ACB, Fong MS, Mogami R. Avaliação da disfunção diafragmática pela ultrassonografia. *Radiol Bras*. 2017;50(6):410-2. <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2016.0072>
24. Motta GCP. Adaptação transcultural e validação clínica da *Neonatal Infant Pain Scale* para uso no Brasil [master's thesis]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2013. 85 p. <http://hdl.handle.net/10183/70763>
25. The BOOST II United Kingdom, Australia, and New Zealand Collaborative

- Groups. Oxygen saturation and outcomes in preterm infants. *N Engl J Med*. 2013;368(22):2094-104. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1302298>
26. American College of Obstetricians and Gynecologists. Methods for estimating the due date. Committee Opinion No. 700. *Gynecol. Obstet Gynecol* 2017;129:e150-4. <https://www.acog.org/clinical/clinical-guidance/committee-opinion/articles/2017/05/methods-for-estimating-the-due-date>
 27. Fenton TR, Kim JH. A systematic review and meta-analysis to revise the Fenton growth chart for preterm infants. *BMC Pediatr*. 2013;13:59. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-59>
 28. Casey BM, McIntire DD, Leveno KJ. The Continuing Value of the Apgar Score for the Assessment of Newborn Infants. *N Engl J Med*. 2011;344(7):467-71. <https://doi.org/10.1056/nejm200102153440701>
 29. Altman DG. *Practical statistics for medical research*. 1st ed. London: Chapman and Hall/CRC; 1990. 624 p.

4.2 Espessura e excursão diafragmática em recém-nascidos usando ultrassonografia cinesiológica do diafragma: um estudo observacional

Diaphragmatic and excursion thickness in newborns using using diaphragmatic kinesiology ultrasound: an observational study

Artigo aceito Revista fisioterapia em movimento - v. 37, n. cont., 2024

Qualis capes (2017-2020) – medicina II - B1

Fisioterapia em Movimento



Espessura diafragmática e excursão em recém-nascidos saudáveis: um estudo observacional

Journal:	Fisioterapia em Movimento
Manuscript ID	FM-2023-0018
Manuscript Type:	Original Article
Keyword - Please find your keywords from the following lists http://decs.bvs.br/ and http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh.:</td><td>Diaphragm, Ultrasonography, Physical Therapy, Intensive Care Units, Neonatal	

SCHOLARONE™
Manuscripts

ORIGINAL – Andreazza MG et al.

Espessura e excursão diafragmática em recém-nascidos usando ultrassonografia cinesiológica do diafragma: um estudo observacional

Diaphragmatic and excursion thickness in newborns using using diaphragmatic kinesiology ultrasound: an observational study

Marimar Goretti Andreazza*, Cristiane Nogueira Binotto, Regina Paula Guimarães Vieira Cavalcante da Silva, Silvia Valderramas, Monica Nunes Lima

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil

*Correspondência: marimar.andreazza@hc.ufpr.br

MGA: <https://orcid.org/0000-0002-3511-1179>

CNB: <https://orcid.org/0000-0002-9633-9433>

RPGVCS: <https://orcid.org/0000-0002-2467-1760>

SV: <https://orcid.org/0000-0001-7295-2439>

MNL: <https://orcid.org/0000-0001-6185-1739>

Resumo

Introdução: O estudo do músculo diafragma tem despertado o interesse dos fisioterapeutas que trabalham com ultrassonografia cinesiológica. Ainda pouco explorado, contudo, seus achados podem contribuir para a prática clínica dos pacientes internados em unidades de terapia intensiva neonatal. **Objetivo:** Mensurar a excursão e o espessamento diafragmático e descrever as medidas entre recém-nascidos a prematuros e a termo. **Métodos:** Realizou-se ultrassonografia cinesiológica diafragmática em recém-nascidos internados em Unidade de Terapia Intensiva Neonatal, posicionados em supino em seu próprio leito, no sexto dia de vida. Foram realizadas três medidas repetidas do mesmo ciclo respiratório, tanto da excursão quanto do espessamento diafragmático. **Resultados:** Participaram do estudo 37 recém-nascidos, dos quais 25 eram prematuros. O peso no momento da coleta foi de $2.307,0 \pm 672,76$ gramas e a idade gestacional foi de $35,7 \pm 3,3$ semanas. A excursão diafragmática aumentou de acordo com o aumento da idade gestacional

($p = 0,01$; $df = 0,21$) A espessura variou entre 0,10 e 0,16 cm durante a inspiração nos prematuros e entre 0,11 e 0,19 cm nos nascidos a termo ($p = 0,17$; $df = 0,35$). **Conclusão:** Houve correlação positiva entre a excursão diafragmática e a idade gestacional. Não observou-se diferença estatisticamente significativa das medidas de excursão e de espessamento diafragmático inspiratório entre recém-nascidos prematuros e recém-nascidos a termo, embora apontando para maiores medidas neste último grupo.

Palavras-chave: Diafragma. Unidade de Terapia Intensiva Neonatal. Recém-nascido. Fisioterapia. Ultrassonografia.

Abstract

Introduction: The study of the diaphragm muscle has aroused the interest of physiotherapists who work with kinesiological ultrasonography, but still little explored; however, its findings can contribute to the clinical practice of hospitalized patients in neonatal intensive care units. **Objective:** To measure the excursion and thickening of the diaphragm and describe measurements among neonates, preterm, and full-term. **Methods:** Diaphragmatic kinesiological ultrasonography was performed on hospitalized newborns, in Neonatal Unit Care Unit, placed in supine position in their own bed, on the sixth day of life. Three repeated measurements of the same respiratory cycle were made, both for excursion and for diaphragmatic thickening. **Results:** 37 newborns participated in the study and 25 were premature. The mean weight at the time of collection was $2,307.0 \pm 672.76$ grams and the gestational age was 35.7 ± 3.3 weeks. Diaphragmatic excursion increased with increasing gestational age ($p = 0.01$, $df = 0.21$) in term infants ($p = 0.17$, $df = 0.35$). **Conclusion:** There was a positive correlation between diaphragmatic excursion and gestational age. There was no statistically significant difference in the measurements of excursion and inspiratory diaphragm thickening between preterm and term newborns, although pointing to higher measurements in the latter group.

Keywords: Diaphragm. Neonatal Intensive Care Unit. Newborn. Physiotherapy. Ultrasonography.

Introdução

A funcionalidade do diafragma está relacionada aos volumes pulmonares mobilizados em cada ciclo respiratório.¹ Os recém-nascidos prematuros apresentam características anatômicas e fisiológicas distintas em comparação aos bebês nascidos a termo e aos lactentes.² Em relação à anatomia, quando comparados com adultos, o tórax dos recém-nascidos prematuros apresenta uma forma mais arredondada, pois o diâmetro anteroposterior e transversal tem dimensões similares, resultando em um tórax com formato cilíndrico, com menor capacidade de expansão. Consequentemente, as costelas são horizontalizadas e os músculos intercostais são mais fracos, o que dificulta o trabalho muscular.³ Essa constituição anatômica faz com que o diafragma neonatal seja morfologicamente achatado e fixado à parede do tórax

em um ângulo maior, resultando em uma menor área de aposição e amplitude de deslocamento do diafragma, o que reduz a capacidade de gerar força durante o processo respiratório. Essa limitação mecânica pode levar a distorções durante o trabalho respiratório do recém-nascido prematuro.³

O diafragma, como principal músculo da respiração, é alvo de tratamentos fisioterapêuticos, uma vez que sua contração muscular amplia a caixa torácica durante a inspiração e promove o aumento dos volumes pulmonares mobilizados.^{4,5} Para avaliar o diafragma, algumas técnicas podem ser utilizadas além da ultrassonografia, como a ressonância nuclear magnética e a tomografia computadorizada.⁶

Inicialmente as avaliações diafragmáticas por ultrassonografia foram desenvolvidas para a população adulta e foram adaptadas para recém-nascidos.⁷ É uma técnica não invasiva, livre de radiação, que pode ser utilizada por fisioterapeutas,⁸ de fácil utilização à beira do leito, fornecendo informações do funcionamento da bomba muscular respiratória.^{3,9} A ultrassonografia com doppler colorido permite avaliar a excursão e o encurtamento deste músculo, e esta avaliação da funcionalidade está relacionada aos volumes pulmonares mobilizados em cada ciclo respiratório.^{1,10} Em crianças, a avaliação diafragmática apresentou correlação positiva com a pressão inspiratória máxima.¹¹

Enquanto na população adulta¹² e pediátrica¹³ os valores da espessura e excursão, medidos por ultrassonografia cinesiológica diafragmática, são bem conhecidos e fornecem para a equipe subsídios que norteiam os processos de desmame e extubação,¹⁴⁻¹⁷ na população neonatal, com características fisiológicas específicas e variáveis conforme a idade gestacional, estes valores estão ainda sendo investigados.^{18,19}

Estabelecer valores relacionados à mobilidade e encurtamento diafragmático na população neonatal para facilitar tomadas de decisão ainda é um desafio.¹⁸ Desta forma o objetivo deste estudo é avaliar a excursão e o espessamento diafragmático em recém-nascidos a termo e prematuros.

Métodos

Trata-se de um estudo observacional transversal, conduzido em uma Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN) terciária no sul do Brasil, no período de junho a agosto de 2021. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Complexo Hospital de

Clinicas da Universidade Federal do Paraná, número 36202920.2.0000.0096) e registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (protocolo RBR-6vnftw).

A amostragem, realizada por conveniência, foi estimada considerando erro do tipo I de 5%, erro do tipo II de 15%, três níveis, calculando o tamanho do efeito de 0,25 mm, indicando amostra mínima de 10 casos em cada grupo. Foram incluídos todos os recém-nascidos clinicamente estáveis, no sexto dia de vida, em ar ambiente ou recebendo modalidades de oxigênio suplementar não invasivo (cateter nasal). Foram excluídos aqueles com malformação do sistema nervoso central, em isolamento respiratório, com drenos torácicos ou cirurgias torácicas ou abdominais, hemorragia pulmonar, hérnia diafragmática, hipertensão pulmonar grave, pneumotórax não drenado, plaquetopenia, onfalocele ou gastrosquise ainda não corrigidas. Foram coletados dados demográficos (idade gestacional, sexo e peso ao nascimento) e antropométricos (medidas de comprimento e circunferência cefálica, torácica e abdominal).

Para a realização da ultrassonografia diafragmática, os recém-nascidos foram colocados em decúbito dorsal, com a cabeça posicionada em linha média, em sua própria incubadora, utilizando o equipamento SonoSite M-turbo® (Gorham St., Canadá), com transdutor de 5 MHz para a avaliação das excursões diafragmáticas e transdutor de 10 MHz para a medida da espessura diafragmática. O transdutor foi direcionado medialmente cefálico, de modo a manter o feixe de ultrassom perpendicularmente ao terço posterior do hemidiafragma direito, na região subcostal. O modo 2D foi usado para visualizar e obter a melhor abordagem, com o fígado servindo como uma janela acústica à direita, para selecionar a linha de exploração. O modo M foi usado para exibir e medir a amplitude da excursão diafragmática craniocaudal durante a inspiração e expiração. Para a medida da espessura do diafragma, o transdutor foi posicionado na linha axilar, na zona de aposição do diafragma, entre o 8º e 11º espaço intercostal (Figura 1). Os valores de três ciclos respiratórios consecutivos foram registrados.^{9,20,21} Os valores de excursão e espessamento são dados em centímetros.

Todos os exames foram realizados em recém-nascidos eupneicos após uma hora da alimentação, com monitorização dos dados vitais. As avaliações foram sempre realizadas pelo fisioterapeuta pesquisador, que foi previamente treinado, acompanhado pelo orientador cardiologista.

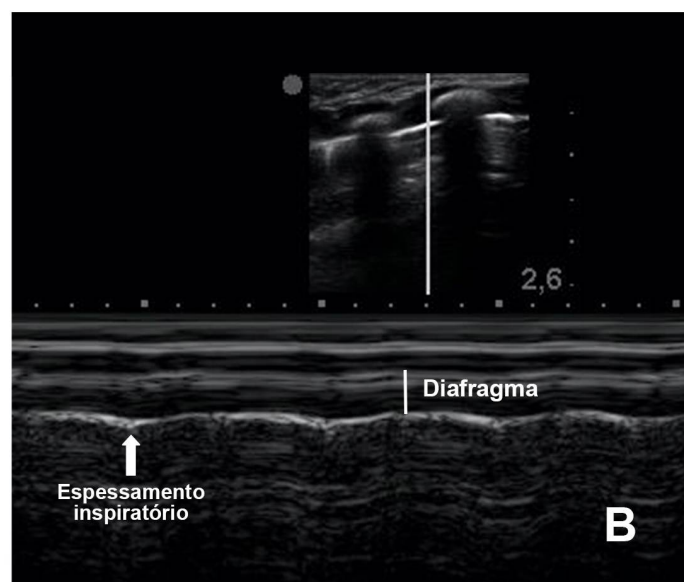
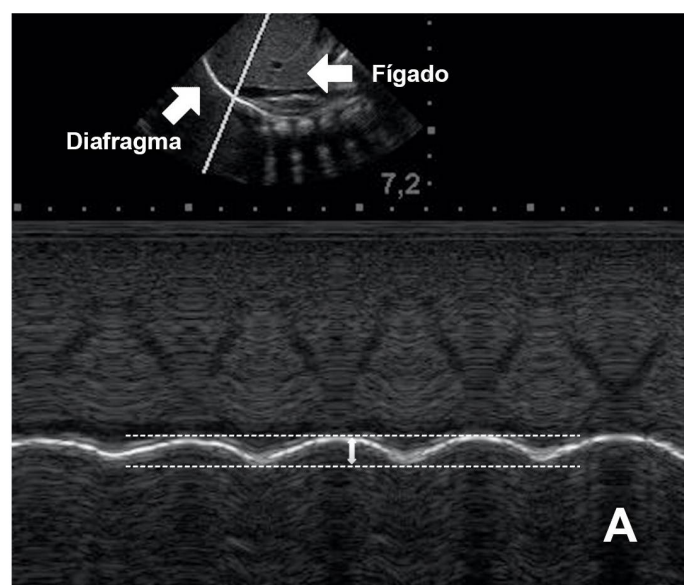


Figura 1 - Posição do transdutor e imagens obtidas Imagens obtidas da excursão (A) e da espessura (B) do diafragma.

Nota: S = subcostal; M = linha mamilar.

Análise estatística

As variáveis contínuas estão apresentadas como média aritmética e desvio padrão para aquelas de distribuição normal e mediana e intervalo interquartilico (25-75%) para as de distribuição assimétrica. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade da distribuição. As variáveis categóricas estão apresentadas em frequência absoluta e relativa. Para obter a média das medidas mais ajustadas, as três medidas do diafragma foram avaliadas quanto às suas diferenças pelo método de Bland-Altman (que avalia o grau de diferença e de concordância entre as medidas), teste *t* para uma amostra (que verifica se as diferenças entre as medidas são diferentes de zero) e coeficiente de concordância de Lin (que verifica a reprodutibilidade das medidas, com o valor de 1 indicando concordância máxima). A decisão de quais medidas utilizar para calcular a média foi tomada com base nas três avaliações, com prioridade para o coeficiente de concordância de Lin.²²

O teste *t Student* foi aplicado para estimar possíveis diferenças entre variáveis contínuas de distribuição simétrica, enquanto para as de distribuição assimétrica foram aplicados o teste de Mann-Whitney e Anova de Kruskal-Wallis com teste *post-hoc* de Wilcoxon. As variáveis categóricas foram estudadas pelos testes exato de Fisher e qui-quadrado de Pearson na dependência das tabelas de contingência. A correlação de Spearman foi utilizada para avaliar a associação entre as medidas diafragmáticas e a idade gestacional. Para todos os testes considerou-se nível de significância de 5% (*StatSoft Power Solutions®*, Inc., Palo Alto, California, EUA).

Resultados

Constituíram a amostra do estudo 37 recém-nascidos, sendo 25 prematuros e 12 nascidos a termo. A distribuição da idade gestacional, sexo, peso e a relação entre peso e altura em cada grupo está descrita na Tabela 1. Os recém-nascidos internados que participaram do estudo tinham como diagnóstico clínico síndrome do desconforto respiratório do recém-nascido, apneia e taquipneia transitória do recém-nascido. A idade materna foi semelhante em ambos os grupos, tendo média de $29,4 \pm 6,8$ no grupo de recém-nascidos prematuros e de $29,7 \pm 7,9$ entre os recém-nascidos a termo ($p = 0,92$).

Tabela 1 - Características dos recém-nascidos (RN) participantes do estudo

Características	RN pré-termo (n = 25)	RN a termo (n = 12)	p
Sexo n (%)			
Masculino	12 (48,0)	6 (50,0)	1
Feminino	13 (52,0)	6 (50,0)	,00 ²
Idade gestacional ao nascimento	34 ± 2	38 ± 2	< 0,001 ¹
Idade gestacional na coleta	34 ± 3	39 ± 2	< 0,001 ¹
Peso ao nascimento	2088,2 ± 565,33	3141,1 ± 277,2	< 0,001 ¹
Peso na coleta	1943,0 ± 482,9	3035,0 ± 291,9	< 0,001 ¹
Peso/Altura n (%)			
AIG	21 (84,0)	11 (91,7)	0
GIG	3 (12,0)	0 (0,0)	,25 ³
PIG	1 (4,0)	1 (8,3)	
Comprimento (cm)	42,6 ± 4,0	48,0 ± 1,5	< 0,001 ¹
Perímetro cefálico (cm)	30,9 ± 2,7	34,2 ± 1,8	< 0,001 ¹
Perímetro torácico (cm)	27,6 ± 3,2	32,9 ± 1,6	< 0,001 ¹
Perímetro abdominal (cm)	25,6 ± 3,0	31,9 ± 2,8	< 0,001 ¹

Nota: ¹Teste t de Student; ²Teste exato de Fisher; ³Teste qui-quadrado de Pearson. AIG = adequado para idade gestacional; GIG = grande para idade gestacional; PIG = pequeno para a idade gestacional. Dados expressos em média (desvio padrão), exceto para sexo e relação peso/altura, expressos em frequência absoluta e relativa.

A Figura 2 ilustra a correlação entre a idade gestacional no momento do exame ultrassonográfico e a excursão diafragmática ($r = 0,43$). Este coeficiente de correlação foi ainda mais expressivo quando foram estudados somente os recém-nascidos do sexo feminino ($r = 0,57$). Correlação positiva semelhante foi observada entre a excursão diafragmática e as medidas de peso de nascimento ($r = 0,42$), perímetro cefálico ($r = 0,51$), perímetro torácico ($r = 0,41$), perímetro abdominal ($r = 0,45$) e comprimento ($r = 0,46$).

Quando os recém-nascidos foram estratificados conforme a idade gestacional corrigida no momento do exame ultrassonográfico, em < 34

semanas, > 34 < 37 semanas e > 37 semanas, observou-se maior excursão diafragmática quanto maior a categoria de idade gestacional (Tabela 2). Observou-se, maior espessamento diafragmático na inspiração, comparada à expiração, tanto em recém-nascidos prematuros quanto naqueles a termo ($p < 0,001$) (Figura 3).

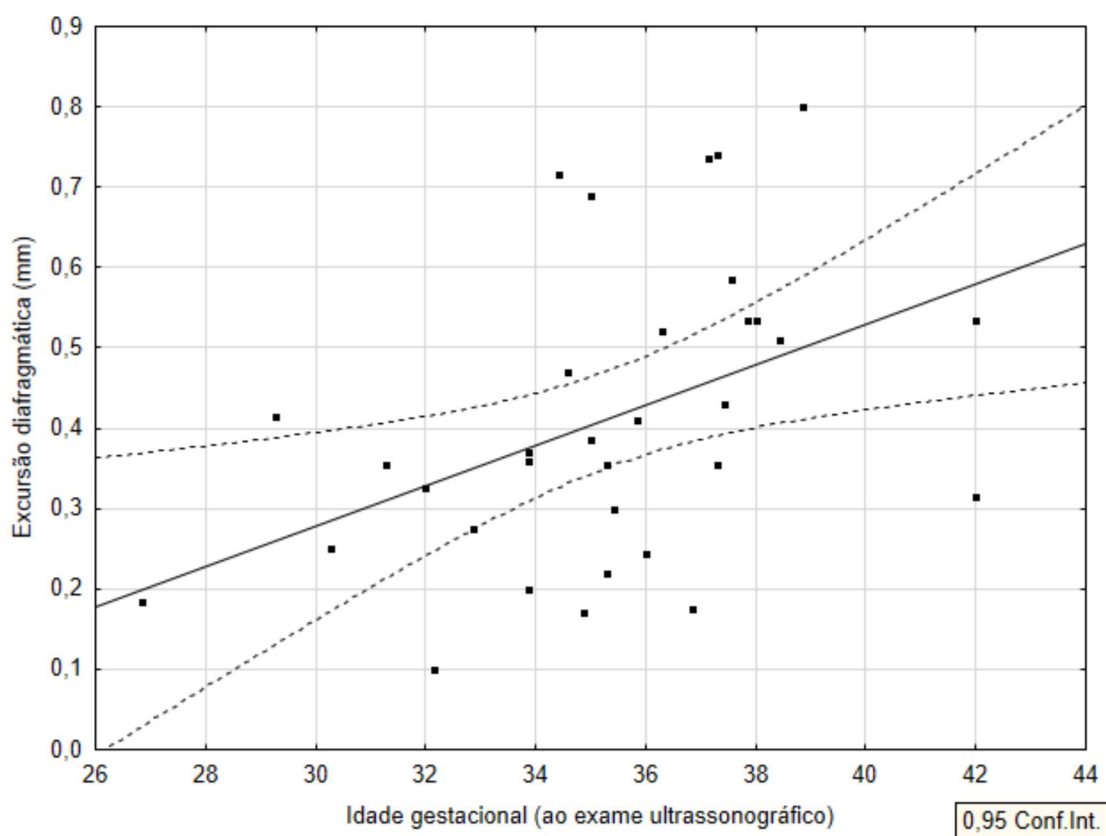


Figura 2 - Correlação entre a medida de excursão diafragmática e a idade gestacional.

Tabela 2 – Medidas de excursão e espessamento do diafragma de acordo com as categorias de idade gestacional

as	Medid	34 seman as n = 10)	> 34 < 37 semanas n = 13)	37 seman as n = 14)
----	-------	------------------------------	---------------------------------	------------------------------

Excur				
são	,30	,35	,52	,01
diafragmática	(0,20- 0,36)	(0,22- 0,47)	(0,38- 0,58)	
Espes				
samento	,11	,12	,16	,23
diafragmático	(0,05- 0,16)	(0,12- 0,15)	(0,10- 0,21)	
(Insp)				
Espes				
samento	,07	,08	,11	,09
diafragmático	(0,05- 0,11)	(0,07- 0,09)	(0,09- 0,14)	
(Exp)				

Nota: Anova de Kruskal-Wallis. Effect size: Excursão diafragmática = 0,21; espessamento diafragmático na inspiração (Insp) = 0,02 e na expiração (Exp) = 0,07.

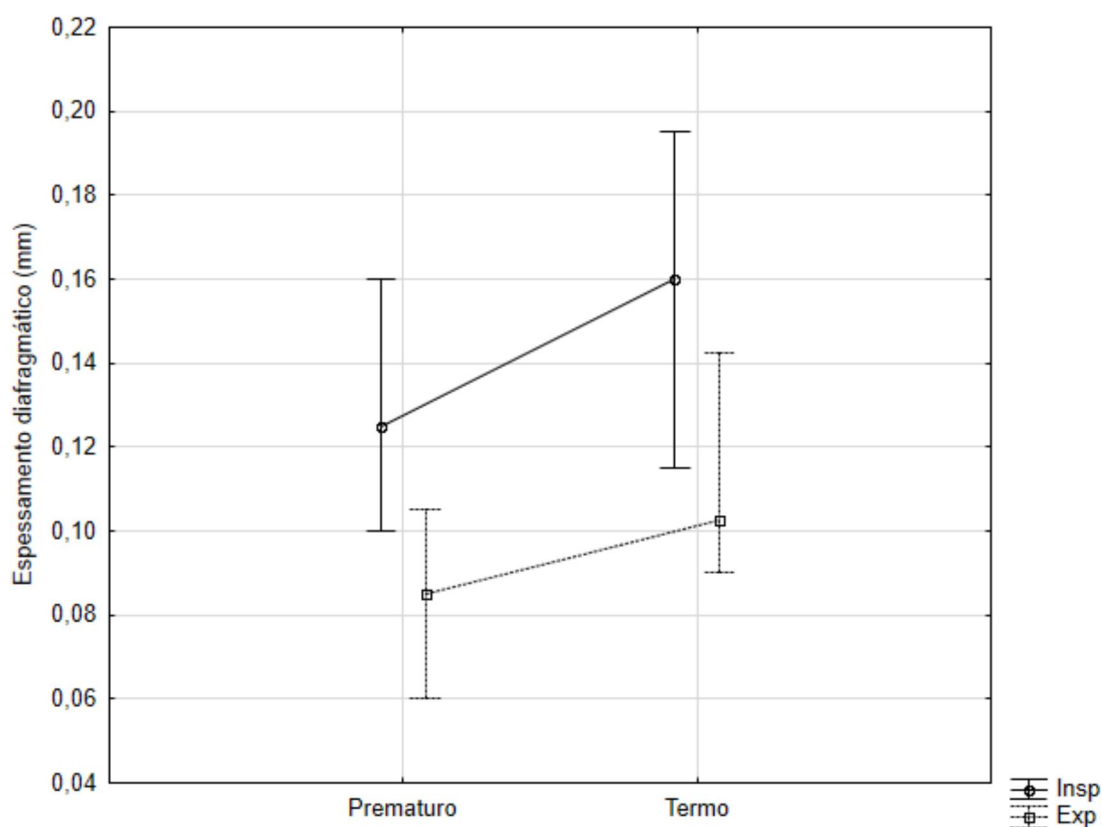


Figura 3 - Espessamento diafragmático na inspiração e expiração de acordo com os grupos de recém-nascidos prematuros e a termo.

Discussão

O exame de ultrassonografia diafragmática indicou maior excursão diafragmática na inspiração independentemente da idade gestacional, aumentando, de modo diretamente proporcional, com a idade gestacional, com maior força de associação no sexo feminino.

As medidas da excursão e espessura diafragmática à beira-leito possibilitam a avaliação da carga de trabalho no sistema respiratório e auxiliam o diagnóstico de paresias e fraquezas musculares.²³ A espessura do hemidiafragma direito também está relacionada com o grau de ativação contrátil do músculo durante a ventilação, de modo que esta técnica pode ser utilizada na população adulta para avaliar a atrofia do diafragma.²⁴

Rehan¹⁸ mensurou o diafragma em um grupo de 34 recém-nascidos prematuros e observou maior espessura do diafragma conforme as maiores medidas de peso, perímetro cefálico e comprimento dos recém-nascidos, sem associação, entretanto, com a idade gestacional. No presente estudo, observou-se correlação entre as medidas corporais e a excursão diafragmática, mas sem diferença no espessamento diafragmático entre recém-nascidos prematuros e a termo. Alonso et al.²⁵ também observaram maior espessura do diafragma em recém-nascidos a termo, sem diferença na fração de encurtamento na comparação com recém-nascidos prematuros.

Não há dúvida de que a ultrassonografia diafragmática pode ser uma ferramenta útil para avaliar a função diafragmática, tendo inúmeras vantagens sobre outras técnicas como o fato de não ser invasiva, não empregar radiação ionizante, ser reprodutível, de fácil aplicação, de baixo custo e aplicável a diferentes contextos clínicos;⁷ entretanto, ainda não faz parte do arsenal de investigação e de apoio terapêutico na prática diária. Algumas das razões para isso incluem a falta de reconhecimento do comprometimento diafragmático em muitas situações clínicas e a falta de domínio técnico. A curva de aprendizado no treinamento com ultrassonografia diafragmática é acentuada, indicando que médicos e fisioterapeutas devidamente treinados e dedicados à assistência clínica podem obter domínio e boa acurácia na avaliação ultrassonográfica do diafragma.²⁶

Nos EUA, desde 1980, os fisioterapeutas utilizam a ultrassonografia para pesquisas e práticas clínicas que envolvam tecidos musculares, tendões e ligamentos.²⁷ No Brasil, os órgãos reguladores passaram a permitir que fisioterapeutas operem equipamentos de ultrassonografia com a finalidade de pesquisa, bem como de estabelecer diagnósticos funcionais para orientar o tratamento e prognóstico fisioterapêutico, a partir de 2021.⁷

A ultrassonografia torácica, com a finalidade de avaliação pulmonar e/ou diafragmática, pode ser um grande fator de avanço na assistência respiratória.²⁷ A ultrassonografia é, sem dúvida, um exame com componente avaliador-dependente, que necessita de aprendizagem direcionada,²⁸ mas cujo treinamento, com algoritmos validados de tomadas de decisão,²⁹ pode torná-la um complemento valioso para avaliar e nortear o tratamento mais eficaz ao recém-nascido prematuro internado em terapia intensiva,¹⁹ pois sabe-se que a funcionalidade do diafragma está relacionada diretamente com os volumes pulmonares mobilizados em cada ciclo respiratório.¹

Em indivíduos adultos saudáveis, a avaliação da função e força de contração do diafragma realizada por fisioterapeutas indica que existe boa correlação entre a função do diafragma, amplitude de excursão e espessamento, com a força testada por meio da espirometria.^{30,31} O presente estudo é mais uma contribuição para o melhor entendimento das medidas do diafragma em recém-nascidos em terapia intensiva. O erro do tipo II, em função do tamanho da amostra, especialmente nas análises realizadas de acordo com as categorias de idade gestacional, consiste em uma limitação na interpretação dos resultados obtidos. Assim, embora não tenha sido encontrada diferença estatisticamente significativa entre recém-nascidos prematuros e a termo, os valores de *p* entre 0,08 e 0,17, localizados na área considerada por muitos como de incerteza estatística,³² apontam para maiores valores entre os recém-nascidos a termo e indicam que mais estudos devem ser realizados para definir valores de referência das dimensões diafragmáticas em recém-nascidos.

Conclusão

Houve correlação positiva entre a excursão diafragmática e a idade gestacional, além de correlação positiva também associada às medidas corporais de peso ao nascimento, comprimento, perímetro cefálico, torácico e abdominal, sugerindo que as dimensões diafragmáticas acompanham o crescimento. Não

observou-se diferença estatisticamente significativa das medidas de excursão e de espessamento diafragmático inspiratório e expiratório entre recém-nascidos prematuros e recém-nascidos a termo, embora apontando para maiores medidas neste último grupo.

Contribuição dos autores

MGA, SV e MNL ficaram responsáveis pela pesquisa bibliográfica e coleta de dados, os quais foram analisados por MNL. Todas as autoras participaram do desenho do estudo e MGA, CNB, RPGVCS e MNL, da preparação do manuscrito. Todas as autoras revisaram o manuscrito e aprovaram a versão final.

Referências

1. Vetrugno L, Guadagnin GM, Barbariol F, Langiano N, Zangrillo A, Bove T. Ultrasound imaging for diaphragm dysfunction: a narrative literature review. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019;33(9):2525-36. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053077019300035>
2. Baguma-Nibasheka M, Gugic D, Saraga-Babic M, Kablar B. Role of skeletal muscle in lung development. *Histol Histopathol.* 2012;27(7):817-26. https://www.hh.um.es/Abstracts/Vol_27/27_7/27_7_817.htm
3. Dassios T, Vervenioti A, Dimitriou G. Respiratory muscle function in the newborn: a narrative review. *Pediatr Res.* 2022;91(4):795-803. <https://doi.org/10.1038/s41390-021-01529-z>
4. Shetty N, Samuel SR, Alaparthi GK, Amaravadi SK, Joshua AM, Pai S. Comparison of diaphragmatic breathing exercises, volume, and flow-oriented incentive spirometry on respiratory function in stroke subjects: a non-randomized study. *Ann Neurosci.* 2020;27(3-4):232-41. <https://doi.org/10.1177/0972753121990193>
5. De Troyer A. Respiratory effect of the lower rib displacement produced by the diaphragm. *J Appl Physiol* (1985). 2012;112(4):529-34.

- <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01067.2011>
6. Silva PE, Carvalho KL, Melo L, Vieira L. Ultrassonografia musculoesquelética — bases teóricas para avaliação da arquitetura muscular em pacientes criticamente enfermos. *Profisio*. 2018;ciclo8(vol 4):73-120. <https://tinyurl.com/3yet2zrh>
 7. Boussuges A, Rives S, Finance J, Brégeon F. Assessment of diaphragmatic function by ultrasonography: Current approach and perspectives. *World J Clin Cases*. 2020;8(12):2408-24. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v8.i12.2408>
 8. Brasil. Liminar Justiça Federal. Seção Judiciária do Distrito Federal [Internet]. 2021 [cited 2023 Jul 29]. p. 1-4. Disponível em: <http://pje1g.trf1.jus.br:80/consultapublica/Processo/ConsultaDocumento/listView.seam>
 9. Tuinman PR, Jonkman AH, Dres M, Shi ZH, Goligher EC, Goffi A, et al. Respiratory muscle ultrasonography: methodology, basic and advanced principles and clinical applications in ICU and ED patients-a narrative review. *Intensive Care Med*. 2020;46(4):594-605. <https://doi.org/10.1007/s00134-019-05892-8>
 10. Rea G, Sperandeo M, Di Serafino M, Vallone G, Tomà P. Neonatal and pediatric thoracic ultrasonography. *J Ultrasound*. 2019;22(2):121-30. <https://doi.org/10.1007/s40477-019-00357-6>
 11. Ho S, Rock K, Addison O, Marchese V. Relationships between diaphragm ultrasound, spirometry, and respiratory mouth pressures in children. *Respir Physiol Neurobiol*. 2022;305:103950. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2022.103950>
 12. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2017;152(6):1140-50. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2017.08.028>
 13. Xue Y, Zhang Z, Sheng CQ, Li YM, Jia FY. The predictive value of diaphragm ultrasound for weaning outcomes in critically ill children. *BMC Pulm Med*. 2019;19(1):270. <https://doi.org/10.1186/s12890-019-1034-0>
 14. Sklar MC, Dres M, Fan E, Rubenfeld GD, Scales DC, Herridge MS, et al. Association of low baseline diaphragm muscle mass with prolonged mechanical ventilation and mortality among critically ill adults. *JAMA Netw Open*. 2020 Feb 5;3(2):e1921520. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.21520>
 15. Duyndam A, Smit J, Houmes RJ, Heunks L, Molinger J, IJland M, et al. No association between thickening fraction of the diaphragm and extubation success in ventilated children. *Front Pediatr*. 2023;11:1147309. <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1147309>
 16. Parada-Gereda HM, Tibaduiza AL, Rico-Mendoza A, Molano-Franco D, Nieto VH, Arias-Ortiz WA, et al. Effectiveness of diaphragmatic ultrasound as a predictor of successful weaning from mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care*. 2023;27(1):174. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04430-9>

17. Valverde Montoro D, García Soler P, Hernández Yuste A, Camacho Alonso JM. Ultrasound assessment of ventilator-induced diaphragmatic dysfunction in mechanically ventilated pediatric patients. *Paediatr Respir Rev.* 2021;40:58-64. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2020.12.002>
18. Rehan VK, McCool FD. Diaphragm dimensions of the healthy term infant. *Acta Paediatr.* 2003;92(9):1062-7. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2003.tb02578.x>
19. Kurepa D, Zaghloul N, Watkins L, Liu J. Neonatal lung ultrasound exam guidelines. *J Perinatol.* 2018;38(1):11-22. <https://doi.org/10.1038/jp.2017.140>
20. Lippi IS, Mendes JT, Orsini M, Costa CA, Tavares SG, Trajano ETL, et al. Ultrassonografia diafragmática como ferramenta de avaliação no desmame da ventilação mecânica Diaphragmatic ultrasound as assessment tool for mechanical ventilation weaning. *Fisioter Bras.* 2019;20(4):570-7. https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/07/1281619/ultrassonografia-diafragmatica-como-ferramenta-de-avaliacao-no_bt2LGYv.pdf
21. Zeitoune R, Koifman ACB, Fong MS, Mogami R. Ultrasound evaluation of diaphragmatic dysfunction. *Radiol Bras.* 2017;50(6):410-1. <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2016.0072>
22. Altman DG. *Practical Statistics for Medical Research* 1 ed. . New York: Chapman and Hall/CRC; 1990. 624 p. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780429258589/practical-statistics-medical-research-douglas-altman>
23. El-Mogy M, El-Halaby H, Attia G, Abdel-Hady H. Comparative study of the effects of continuous positive airway pressure and nasal high-flow therapy on diaphragmatic dimensions in preterm infants. *Am J Perinatol.* 2018;35(5):448-54. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1608682>
24. Roussos C, Macklem PT. The respiratory muscles. *N Engl J Med.* 1982;307(13):786-97. <http://doi.org/10.1056/NEJM198209233071304>
25. Alonso-Ojembarrena A, Oulego-Eroz I. How to improve precision and reliability of diaphragm ultrasonographic measurements in newborns. *Eur J Pediatr.* 2021;180(4):1323-4. <https://doi.org/10.1007/s00431-020-03873-4>
26. Santana PV, Cardenas LZ, Albuquerque ALP, Carvalho CRR, Caruso P. Ultrassonografia diafragmática : uma revisão de seus aspectos metodológicos e usos clínicos. *J Bras Pneumol.* 2020;46(6):e20200064. <https://dx.doi.org/10.36416/1806-3756/e20200064>
27. Smith M, Hayward S, Innes S. A proposed framework for point of care lung ultrasound by respiratory physiotherapists: scope of practice, education and governance. *Ultrasound J.* 2022;14(1):24. <https://doi.org/10.1186/s13089-022-00266-6>

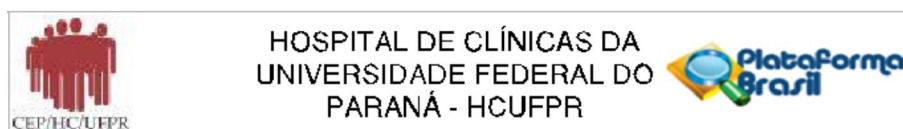
28. Fadel NB, Pulgar L, Khurshid F. Point of care ultrasound (POCUS) in Canadian neonatal intensive care units (NICUs): where are we? *J Ultrasound*. 2019;22(2):201-6. <https://doi.org/10.1007/s40477-019-00383-4>
29. Hayward S, Duncan C. Physiotherapists use of lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. A practical guideline on supporting acute hospital colleagues [Internet]. *Plus Physiotherapy Lung Ultrasound*; 2020 [acesso 14 ago 2023]. Disponível em: https://www.acprc.org.uk/Data/Resource_Downloads/PhysioLUSCOVID-19.pdf?date=17/03/2020 21:55:53
30. Cardenas LZ, Santana PV, Caruso P, Carvalho CRR, Albuquerque ALP. Diaphragmatic ultrasound correlates with inspiratory muscle strength and pulmonary function in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol*. 2018;44(4):786-93. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2017.11.020>
31. Di Polito A, Del Vecchio A, Tana M, Papacci P, Vento AL, Campagnola B, et al. Effects of early respiratory physiotherapy on spontaneous respiratory activity of preterm infants: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2021;22(1):492. <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05446-8>
32. Greenland S, Senn SJ, Rothman KJ, Carlin JB, Poole C, Goodman SN, et al. Statistical tests, P values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. *Eur J Epidemiol*. 2016;31(4):337-50. <https://doi.org/10.1007/s10654-016-0149-3>

APENDICE 1 – PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

Nome RN		Nome mãe	
Registro HC		Data nascimento	
Sexo		Data coleta:	
Peso nascimento		Peso coleta:	
Apgar 1		Apgar 5	
Idade gestacional		PIG;AIG;GIG	
Perímetro cefálico (nascimento)		Perímetro cefálico (ao exame)	
Comprimento (nascimento)		Comprimento (ao exame)	
AA		INICIO SUPORTE	
CNO2		FiO2	
CPAP		FiO2	
NIPPV		FiO2	
VM -AC/SIMV/PS		FiO2	
Fisioterapeuta:			

Variáveis	Antes MECM			Após MECM		
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 1	Medida 2	Medida 3
EXCURSÃO DIAFRAGMA						
ESPESSURA INSPIRATÓRIA						
ESPESSURA EXPIRATÓRIA						
Frequência cardíaca						
Frequência respiratória						
Saturação de oxigênio						
NIPS						
BSA						

ANEXO 1 – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS DO COMPLEXO HOSPITAL DE CLÍNICAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Impacto da estabilização costal manual sobre a excursão diafragmática, fração de encurtamento diafragmático e saturação periférica de oxigênio em Recém-nascidos prematuros

Pesquisador: Marimar Goretti Andreazza

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 36202920.2.0000.0096

Instituição Proponente: Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.181.152

Apresentação do Projeto:

Modificações no projeto: desenho do estudo.

DE:

Trata-se de um ensaio clínico randomizado cruzado (Cross-over) onde o mesmo RN será controle dele mesmo.

PARA:

Trata-se de um ensaio clínico do tipo antes e depois.

Este estudo trata-se de um Trata-se de um ensaio clínico do tipo antes e depois

Ensaio Clínico randomizado controlado, a ser realizado no período de agosto de 2020 a agosto 2023, na Unidade de Terapia Intensiva Neonatal do Hospital de Clínicas de Curitiba da Universidade Federal do Paraná.

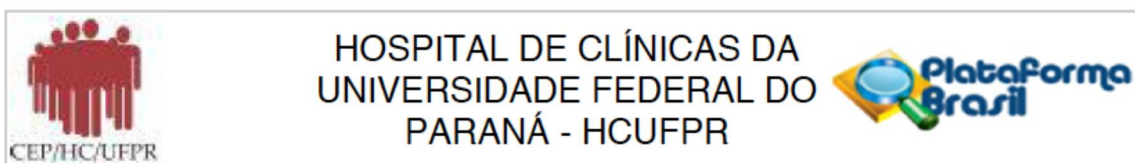
Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO:

Verificar os efeitos da Estabilização Costal Manual (ECM) sobre a excursão diafragmática, fração de encurtamento diafragmático e saturação periférica de oxigênio em recém-nascidos prematuros internados na Unidade de Terapia Intensiva Neonatal.

OBJETIVOS SECUNDÁRIOS:

Endereço: Rua Gal. Gama ro, 181
Bairro: Alto da Glória **CEP:** 80.060-900
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3360-1041 **Fax:** (41)3360-1041 **E-mail:** cep@hsc.ufpr.br



Continuação do Parecer: 5.181.152

- a) Caracterizar o perfil demográfico, antropométrico e clínico de recém-nascidos prematuros internados em uma Unidade de Terapia Intensiva Neonatal;
- b) Avaliar a frequência cardíaca, frequência respiratória e antes e logo após a aplicação da manobra;
- c) Avaliar a excursão diafragmática, fração de encurtamento diafragmático e saturação periférica de oxigênio de acordo com a idade corrigida, antes e logo após a aplicação da técnica.
- d) Avaliar a excursão diafragmática, fração de encurtamento diafragmático e saturação periférica de oxigênio de acordo com o suporte e Fração inspirada de oxigênio antes e logo após a aplicação da técnica.
- e) Avaliar o risco neonatal pelo Escore Snape II; avaliar a dor pelo escore NIPS; avaliar o esforço respiratório pelo Boletim de Silverman e Andersen (BSA).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos

- a) Quais os riscos inerentes ou decorrentes da pesquisa?

Os riscos da ECM e da ultrassonografia são iguais àqueles inerentes a qualquer procedimento realizado na UTIN que necessite de manuseio, com possibilidade de insaturação periférica de oxigênio, bradicardia, irritabilidade, desconforto e choro. Como em todos os demais manuseios, os procedimentos da ECM e de realização da ultrassonografia serão realizados com o mínimo de manuseio e com monitorização contínua de sinais vitais do recém-nascidos

- b) Qual a possibilidade de ocorrência?

Igual a de todos os demais procedimentos realizados no recém-nascido como por exemplo a fisioterapia convencional, que exige manuseio tal qual a MEC e a ausculta pulmonar, que submete o recém-nascido ao toque do estetoscópio, como do transdutor de ultrassom.

- c) Quais as medidas para sua minimização e proteção do participante da pesquisa?

Igual às medidas de rotina de manuseio mínimo e de monitorização de recém-nascidos prematuros em UTIN, com monitorização contínua de dados vitais, além da monitorização clínica. Como é de rotina, diante de alteração clínica ou de sinais vitais o procedimento será interrompido. Em caso de irritabilidade e/ou choro, o bebê será consolado, e se necessário e indicado, poderá receber sucção não nutritiva e/ou solução de sacarose a 25%.

benefícios: melhora a função pulmonar de recém-nascidos e dar contribuição científica para a

Endereço: Rua Gal. Carneiro, 181

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-900

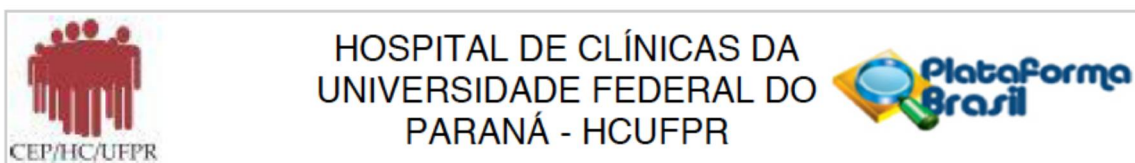
UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-1041

Fax: (41)3360-1041

E-mail: cep@hc.ufpr.br



Continuação do Parecer: 5.181.152

comunidade de fisioterapeutas e profissionais de saúde de uma forma geral.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A fisioterapia em neonatologia apresenta muitas lacunas de conhecimento, sendo que as manobras executadas são adaptadas das populações pediátricas, respeitando a anatomia e fisiologia desta população. Porém necessitamos estabelecer com mais segurança critérios para que os profissionais façam escolhas melhores, pautadas no conhecimento científico. Além disso, a comprovação de que a Estabilização Costal Manual promove aumento da excursão diafragmática, fração de encurtamento diafragmático e saturação periférica de oxigênio e consequentemente repercute na melhora clínica em recém-nascidos prematuros internados na Unidade de Terapia Intensiva Neonatal teria grande impacto na rotina de cuidados atualmente praticada, constituindo intervenção não-farmacológica de grande segurança e baixo custo de implementação.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

adequados.

Recomendações:

manter envio regular dos relatórios do andamento da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do HC-UFPR, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/2012 e na Norma Operacional Nº 001/2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação da Emenda.

Solicitamos que sejam apresentados a este CEP, relatórios semestrais sobre o andamento da pesquisa, bem como informações relativas às modificações do protocolo, cancelamento, encerramento e destino dos conhecimentos obtidos. Manter os documentos da pesquisa arquivados.

É dever do CEP acompanhar o desenvolvimento dos projetos, por meio de relatórios semestrais dos pesquisadores e de outras estratégias de monitoramento, de acordo com o risco inerente à pesquisa.

Endereço: Rua Gal. Carneiro, 181

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-900

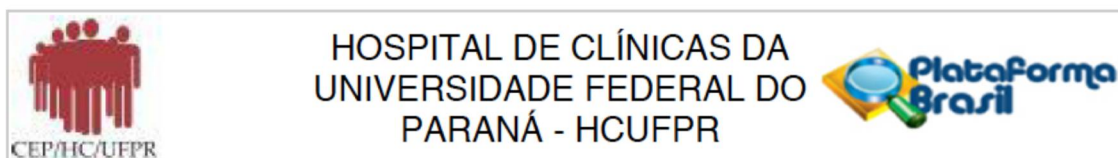
UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-1041

Fax: (41)3360-1041

E-mail: cep@hc.ufpr.br



Continuação do Parecer: 5.181.152

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_186338_E1.pdf	23/11/2021 09:34:18		Aceito
Brochura Pesquisa	marimarprojetoatualizado.pdf	23/11/2021 09:33:56	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Brochura Pesquisa	marimarprojetoatualizado.docx	23/11/2021 09:33:42	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Outros	Cartaemenda.pdf	22/11/2021 12:46:33	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Outros	Cartaemenda.doc	22/11/2021 12:45:40	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	8_TERMO_ASSENTIMENTO_MAEADO_SLECENTE.pdf	29/07/2020 15:56:50	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	7TCLE_MARIMAR.pdf	29/07/2020 15:56:05	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Outros	5AUSENCIA_CUSTOS_CHC_UFPR.pdf	29/07/2020 15:55:27	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Declaração de concordância	4concordancia.pdf	29/07/2020 15:53:17	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Outros	2_DECLARACAO_ORIENTADOR_Marimar.pdf	29/07/2020 15:52:20	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Declaração de Pesquisadores	3Compromissos.pdf	29/07/2020 15:51:32	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_marimar_cep.pdf	29/07/2020 15:48:46	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Outros	1CARTA_ENCAMINHAMENTO_MARIMAR.pdf	29/07/2020 15:48:10	Marimar Goretti Andreazza	Aceito
Folha de Rosto	foharostoMarimar.pdf	29/07/2020 15:45:57	Marimar Goretti Andreazza	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Gal. Carneiro, 181

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-900

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-1041

Fax: (41)3360-1041

E-mail: cep@hc.ufpr.br



HOSPITAL DE CLÍNICAS DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ - HCUFPR



Continuação do Parecer: 5.181.152

CURITIBA, 21 de Dezembro de 2021

Assinado por:
Niazy Ramos Filho
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Gal. Carneiro, 181

Bairro: Alto da Glória

CEP: 80.060-900

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-1041

Fax: (41)3360-1041

E-mail: cep@hc.ufpr.br

ANEXO 2 – CERTIFICADOS

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins, que a Fisioterapeuta ***Marimar Goretti Andrezza***, recebeu orientações de ultrassonografia diafragmática neonatal, na Unidade de Terapia Intensiva, específicas para a realização do seu estudo, com treinamento direcionado, após estudo e análise da técnica por meio de referências bibliográficas e visualização da técnica por meio de vídeos, com treinamento na própria unidade, com duração total de 10 horas.



Documento assinado digitalmente
CRISTIANE NOGUEIRA BINOTTO
Data: 15/06/2023 07:25:39-0300
Verifique em <https://validar.it6.gov.br>

Dra. Cristiane Nogueira Binotto
Cardiologista Pediátrica e atuação em Ecocardiografia Fetal e Neonatal
CRM 10947

