

## Avaliação da Espessura do Diafragma em Crianças com Encefalopatia Crônica Não-Progressiva da Infância: Uma Série de Casos

### Evaluation of Diaphragm Thickness in Children with Chronic Non-Progressive Encephalopathy of Childhood: A Case Series

#### Maracy Sobreira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1715-8379>  
Universidade de Pernambuco, Brasil

#### Thálita Crispim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5343-4919>  
Universidade de Pernambuco, Brasil

#### Amanda Simões

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2133-7352>  
Universidade de Pernambuco, Brasil

#### Alessandra Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5665-8771>  
Universidade de Pernambuco, Brasil

#### Fabianne Dantas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5745-376X>  
Universidade de Pernambuco, Brasil

#### Victor Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3294-2700>  
Universidade de Pernambuco, Brasil

#### Helga Souza

ORCID: <https://orcid.org/000-0003-3538-5687>  
Hospital das Clínicas de Pernambuco, Brasil

#### Paulo Magalhães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2224-9291>  
Universidade de Pernambuco, Brasil  
E-mail: paulof.magalhaes@upe.br

### RESUMO

**Introdução:** Crianças com encefalopatia crônica não-progressiva da infância (ECPN) frequentemente desenvolvem complicações respiratórias, sendo a disfunção muscular diafragmática uma das principais causas. **Objetivo:** O objetivo deste estudo é avaliar a espessura do diafragma em crianças com ECPN. **Metodologia:** Trata-se de uma série de casos envolvendo crianças com ECPN. O nível de funcionalidade de cada criança foi classificado de acordo com o Sistema de Classificação Funcional do Movimento (GMFCS). A espessura do diafragma foi avaliada por ultrassonografia. **Relato dos casos:** Foram avaliadas 10 crianças com ECPN. A média geral da espessura na fase inspiratória foi de 1,21 mm nas crianças com ECPN, com a menor média de 0,83 mm e a maior de 1,50 mm. Na fase expiratória, a média geral foi de 0,62 mm, com a menor média de 0,43 mm e a maior de 0,83 mm. A média geral da espessura diafragmática foi de 2,00 mm, com a maior média de 2,69 mm e a menor de 1,48 mm. **Conclusão:** Crianças com ECPN mostraram uma redução nos valores da espessura diafragmática em comparação com crianças saudáveis da mesma faixa etária, de acordo com a literatura. Além disso, crianças mais velhas e com um nível funcional mais alto na GMFCS apresentaram uma média menor de espessura diafragmática.

**Palavras-chave:** Paralisia Cerebral; Encefalopatia Crônica; Diafragma; Ultrassonografia.

---

## ABSTRACT

**Introduction:** Children with chronic non-progressive encephalopathy (CNE) often develop respiratory complications, with diaphragmatic muscle dysfunction being one of the main causes. **Objective:** The aim of this study was to assess diaphragm thickness in children with CNDE. **Methods:** This is a case series involving children with NPCS. Each child's level of functionality was classified according to the Movement Functional Classification System (GMFCS). Diaphragm thickness was assessed by ultrasound. **Case reports:** Ten children with NPCS were assessed. The overall mean thickness in the inspiratory phase was 1.21 mm in the children with NPCS, with the lowest mean of 0.83 mm and the highest of 1.50 mm. In the expiratory phase, the overall mean was 0.62 mm, with the lowest mean of 0.43 mm and the highest of 0.83 mm. The overall mean diaphragmatic thickness was 2.00 mm, with the highest mean being 2.69 mm and the lowest 1.48 mm. **Conclusion:** Children with NPCS showed a reduction in diaphragmatic thickness values compared to healthy children in the same age group, in line with the literature. In addition, older children with a higher functional level in the GMFCS showed a lower average diaphragmatic thickness.

**Keywords:** Cerebral Palsy; Chronic Encephalopathy; Diaphragm; Ultrasonography.

---

## INTRODUÇÃO

A encefalopatia crônica não-progressiva da infância (ECNP), mais conhecida como paralisia cerebral (PC), é a deficiência mais comum na infância que afeta a função motora, resultante de uma lesão no cérebro em desenvolvimento que pode ocorrer antes, durante ou logo após o parto (O’Callaghan et al., 2011; Dimeglio; Canavese, 2012; Mcintyre et al., 2022). A ECNP afeta tanto o sistema neurológico quanto o musculoesquelético, produzindo sintomas como contração anormal dos músculos, alterações e limitações de movimento, juntamente com distúrbios sensoriais, perceptuais, cognitivos e comportamentais, além de distúrbios de comunicação, epilepsia e outras afecções musculoesqueléticas secundárias (Boel et al., 2019; Vitrikas; Dalton; Breish, 2020).

Diversas ferramentas estão disponíveis para avaliar a funcionalidade de crianças com PC, sendo a escala Escala da Classificação da Função Motora Grossa (*Gross Motor Functional Classification System*, GMFCS) a mais comumente utilizada (Palisano et al., 2008; Graham et al, 2016). Essa escala classifica a função motora grossa e auxilia profissionais da saúde, educadores e cuidadores a compreenderem as habilidades e limitações funcionais das crianças. A GMFCS é composta por cinco níveis, variando do nível I, com menor limitação funcional, até o nível V, com maior limitação funcional (Palisano et al., 2008).

Além dos prejuízos na função motora, as crianças com ECNP frequentemente desenvolvem complicações respiratórias, como a fraqueza dos músculos abdominais, o que contribui diretamente para um posicionamento inadequado das costelas e prejudica o trabalho do diafragma durante a respiração (Ferreira, 2001; Engel-yeger et al., 2009; Mccool et al.,2012). Essas complicações respiratórias são a principal causa de internações e mortes nessa população (Johari et al., 2016; Blair et al., 2019). Nesse contexto, métodos de avaliação da condição dos músculos respiratórios são essenciais para identificar precocemente disfunções ventilatórias e direcionar as intervenções terapêuticas de maneira mais precisa.

A ultrassonografia cinesiológica do diafragma (USD) tem se destacado como uma ferramenta útil para avaliar a morfologia e função do diafragma em diversos contextos clínicos (Gao et al., 2023; Lockstone J et al, 2024). Além de ser um método não invasivo, reproduzível, repetível e não exigir colaboração do paciente, a USD fornece informações

valiosas, como o reconhecimento imediato de disfunção diafragmática e atrofia, por meio da medição da espessura diafragmática. Essa técnica pode ser facilmente realizada à beira do leito, causando mínimo desconforto ao paciente e à família (Weber et al., 2021; Lockstone J et al, 2024).

Apesar da importância da USD para o diagnóstico precoce de disfunções musculares, poucos estudos exploraram essa técnica na avaliação de crianças com ECNP. Portanto, compreender a relação entre a espessura do diafragma e as complicações respiratórias pode ser essencial para aprimorar o tratamento e os cuidados oferecidos a essas crianças. O objetivo primário deste estudo foi avaliar a espessura do diafragma por meio da USD em crianças com ECNP. Como objetivo secundário comparamos os valores da ultrassonografia cinesiológica do diafragma de crianças com ECNP e os presente na literatura para crianças híginas.

## MÉTODOS

Este estudo observacional, analítico e descritivo foi realizado no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar (LAFIC) da Universidade de Pernambuco (UPE) em Petrolina, Pernambuco, no período de junho de 2023 a março de 2024. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Integrado de Saúde Amaury de Medeiros - CISAM-UPE, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Saúde - CNS - N°466/2012, sob o CAAE 60569722.60000.5191.

Cada responsável direto dos participantes foi informado verbalmente sobre o estudo e foi solicitada a permissão espontânea para sua realização. Em seguida, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o qual inclui todas as informações escritas relacionadas ao estudo.

Foram estabelecidos critérios de exclusão para garantir a homogeneidade da amostra, excluindo pacientes com deterioração súbita do estado neurológico que impedisse a coleta de dados, pressão intracraniana elevada e refratária, instabilidade hemodinâmica, histórico de cirurgia torácica, presença de dreno torácico, doenças respiratórias crônicas prévias (como asma, bronquite, bronquiolite) ou exacerbações respiratórias agudas e/ou neurológicas que pudessem interferir nos resultados da avaliação, presença de síndromes associadas e ausência de consentimento informado por parte dos responsáveis legais.

A amostra do estudo foi composta por crianças e adolescentes com ECNP, com idade <18 anos, em qualquer nível funcional classificado na Escala da Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS), com ou sem histórico de acometimentos respiratórios. De acordo com a escala GMFCS, a ECNP foi categorizada em cinco níveis, sendo o nível I o menos grave e o nível V o mais grave (Palisano et al., 2008). A seleção dos participantes foi realizada por meio de divulgações em redes sociais, canais de comunicação locais e convocações em clínicas, utilizando uma abordagem não probabilística baseada na disponibilidade e acessibilidade dos indivíduos.

## **PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS**

### **Dados Sociodemográficos**

Para a coleta de dados, um questionário estruturado foi desenvolvido pelos autores e utilizado para investigar dados sociodemográficos, os tipos de terapia realizados pelas crianças, a frequência e duração das sessões, bem como a prática de fisioterapia respiratória.

O peso dos participantes foi aferido com uma balança digital previamente calibrada. Devido às dificuldades de alguns participantes em manterem-se de pé sozinhos, os cuidadores foram inicialmente pesados descalços e com roupas leves, seguido pela pesagem das crianças no colo dos cuidadores, sendo os pesos calculados pela diferença obtida. Para estimar a altura dos pacientes, foi utilizado o cálculo da altura estimada, uma técnica adequada para pacientes impossibilitados de se manterem em pé para medição direta da altura. A medida da altura do joelho foi realizada com o auxílio de uma fita métrica inelástica, posicionada de forma paralela à perna da criança, que estava em um ângulo de 90° para a medição.

Além das perguntas do questionário, foram observados a topografia da ECNP (hemiplegia, diplegia ou quadriplegia), o nível motor classificado na GMFCS, a capacidade de deambulação, o uso de dispositivos auxiliares, bem como a avaliação respiratória, incluindo o tipo de tórax, amplitude ventilatória, padrão respiratório, desconforto respiratório, presença de tosse e ausculta pulmonar.

### **Avaliação da espessura do diafragma**

A avaliação da espessura do diafragma foi realizada utilizando ultrassom no modo B, com um transdutor linear de alta resolução e baixa penetração (7,5 MHz). O transdutor

foi posicionado em ângulo reto com a caixa torácica, entre o oitavo e nono espaço intercostal, à direita lateral entre as linhas axilares anterior e medial (Santana et al, 2020).

Após a aquisição da região de interesse, o modo do ultrassom foi alterado para o modo M para acompanhar a dinâmica respiratória do diafragma. Após a realização de cinco ciclos respiratórios consecutivos, as imagens foram salvas e as medidas da espessura do diafragma inspiratória e expiratória foram realizadas, considerando o ponto médio entre a linha pleural e peritoneal para garantir a precisão das medições.

## RELATO DOS CASOS

Neste estudo, foram avaliadas dez crianças com idades entre cinco e doze anos, de ambos os sexos, diagnosticadas com ECNP. Cinco dessas crianças nasceram prematuramente e pertenciam ao GMFCS com classificação motora entre os níveis I e V. Não foram observadas deformidades torácicas em nenhum dos pacientes. A análise tiopográfica revelou que os pacientes 1, 2, 3, 6 e 9 foram classificados como hemiplégicos, enquanto os Pacientes 4, 5, 7, 8 e 10 foram classificados como diplégicos.

Neste estudo, observou-se a presença de dois pacientes em cada nível motor. A caracterização dos pacientes está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1** – Descrição dos pacientes participantes da pesquisa

<b>Pacientes</b>	<b>Sexo</b>	<b>Idade</b>	<b>Peso no momento da coleta (kg)</b>	<b>GMFCS</b>	<b>Topografia</b>
<b>Paciente 1</b>	Masculino	12	29,6	I	Hemiplegia
<b>Paciente 2</b>	Feminino	8	22,3	I	Hemiplegia
<b>Paciente 3</b>	Masculino	5	22,2	II	Hemiplegia
<b>Paciente 4</b>	Feminino	5	19,4	II	Diplegia
<b>Paciente 5</b>	Masculino	5	17,9	III	Diplegia
<b>Paciente 6</b>	Feminino	5	12,5	III	Hemiplegia
<b>Paciente 7</b>	Feminino	12	34,6	IV	Diplegia
<b>Paciente 8</b>	Masculino	10	16,7	IV	Diplegia
<b>Paciente 9</b>	Masculino	8	24,1	V	Hemiplegia
<b>Paciente 10</b>	Feminino	9	31,6	V	Diplegia

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os valores médios da espessura diafragmática nas crianças avaliadas neste estudo foram semelhantes na maioria dos participantes. Observou-se que, na fase inspiratória, a média geral foi de 1,21 mm, com os pacientes 2 e 8 apresentando as menores médias (0,83 mm) e o paciente 6 a maior média (1,50 mm). Já na fase expiratória, a média geral foi de

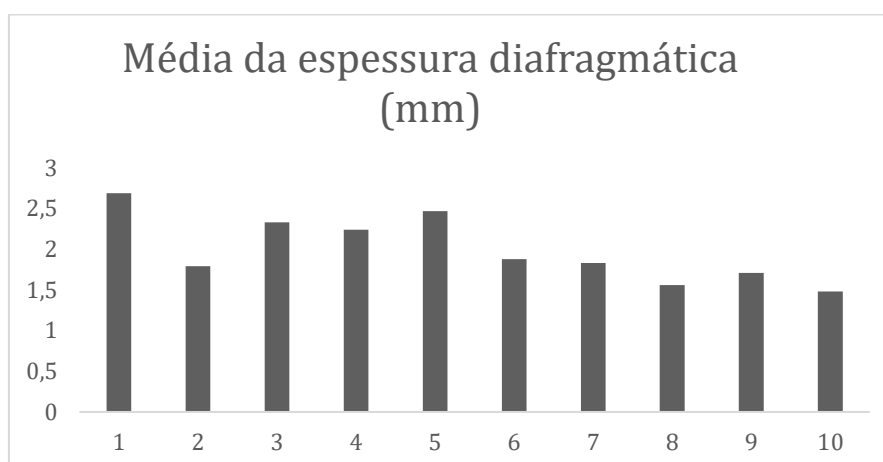
0,62 mm, sendo o paciente 1 o que apresentou a menor média (0,43 mm) e o paciente 10 a maior média (0,83 mm). A Tabela 2 apresenta os resultados da espessura diafragmática na fase inspiratória e expiratória dos pacientes estudados, onde a média geral de espessura diafragmática foi de 2,00 mm, sendo que o Paciente 1 obteve a maior média de 2,69 mm e o Paciente 10 obteve a menor média de 1,48 mm. A Figura 1 ilustra os resultados da média da espessura diafragmática (mm).

**Tabela 2** – Valores de espessura diafragmática dos pacientes por meio da ultrassonografia.

<b>Espessura diafragmática (mm)</b>			
<b>Pacientes</b>	<b>Média inspiratória ± DP</b>	<b>Média expiratória ± DP</b>	<b>Média de espessura</b>
1	1,17±0,12	0,43±0,04	2,69
2	0,83±0,04	0,47±0,04	1,79
3	1,40±0,14	0,60±0,35	2,33
4	1,27±0,04	0,57±0,09	2,24
5	1,23±0,09	0,50±0,00	2,47
6	1,50±0,21	0,80±0,00	1,88
7	1,47±0,16	0,80±0,08	1,83
8	0,83±0,09	0,53±0,12	1,56
9	1,20±0,00	0,70±0,00	1,71
10	1,23±0,04	0,83±0,04	1,48
<b>Média geral</b>	<b>1,21±0,06</b>	<b>0,62±0,08</b>	<b>2,00±0,41</b>

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

**Figura 1** – Média da espessura diafragmática (mm)



Fonte: Acervo dos autores (2024)

## DISCUSSÃO

Neste estudo, foram avaliadas dez crianças com ECNP, e os resultados mostraram que a espessura do diafragma estava diretamente relacionada com o nível de gravidade da função motora grossa. Os autores destacam que este foi o primeiro estudo a investigar a espessura diafragmática em crianças com ECNP, contribuindo assim para o conhecimento científico sobre esta condição.

A análise dos dados deste estudo revelou que o Paciente 10 apresentou a menor média de espessura diafragmática, com 1,48 mm, enquanto o Paciente 1 registrou a maior média, com 2,69 mm, resultando em uma diferença de 1,21 mm. É importante destacar que, apesar do Paciente 10 ter um peso maior que o Paciente 1, as discrepâncias na espessura do diafragma podem ser atribuídas, em parte, aos diferentes níveis funcionais na Classificação de Sistemas de Função Motora Grossa (GMFCS), com o Paciente 1 sendo classificado como nível I e o Paciente 10 como nível V.

A literatura corrente sobre a função respiratória em crianças com ECNP é limitada, com apenas dois estudos relevantes focando na mobilidade diafragmática. Os estudos de Bennett et al. (2019) e Kwon e Kim (2018) destacaram a importância de considerar diferentes aspectos da função respiratória em crianças com PC. Kwon e Kim (2018) observaram que crianças em níveis mais baixos na GMFCS apresentavam melhor função respiratória, associando esse resultado a fatores ambientais e de participação social, corroborando com o estudo de Sewell et al., 2015. Além disso, estudos anteriores, como o de Fitzgerald et al. (2009), destacaram a disfunção dos músculos respiratórios em crianças com ECNP, resultando em limitações no desempenho físico e atrofia muscular. A espessura do diafragma tem sido associada à atrofia muscular e a problemas respiratórios em diferentes populações, mas há uma escassez de estudos que abordam essa questão especificamente em crianças com ECNP.

Ao comparar os resultados deste estudo com estudos anteriores em populações saudáveis, como o de El-Halaby et al. (2016), observamos diferenças significativas na espessura diafragmática em crianças com ECNP. Essas disparidades podem ser atribuídas à influência do nível funcional na GMFCS e à fraqueza dos músculos respiratórios nessas crianças. A falta de controle postural e de movimentos adequados da caixa torácica pode levar a atrofia do diafragma e a problemas respiratórios em crianças com ECNP.

Diante dessas considerações, a necessidade de uma abordagem mais abrangente na avaliação da função respiratória em crianças com ECNP se faz evidente. Estudos



futuros devem investigar não apenas a espessura do diafragma, mas também outros aspectos da função respiratória, levando em consideração fatores como o nível funcional na GMFCS e a fraqueza muscular associada a essa condição. A compreensão mais aprofundada desses aspectos pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de intervenção mais eficazes e individualizadas para melhorar a função respiratória e a qualidade de vida dessas crianças.

Este estudo apresentou como limitação o reduzido tamanho da amostra, o que limitou a capacidade de generalização dos resultados. No entanto, vale ressaltar que se tratou de uma pesquisa exploratória que trouxe dados inéditos sobre a espessura do diafragma em crianças com ECNP.

### **Perspectivas Futuras**

Diante das informações apresentadas nesta série de casos, os dados coletados nesta pesquisa têm o potencial de serem uma ferramenta valiosa para os profissionais que atuam no tratamento de crianças com ECNP. Tanto em ambientes hospitalares quanto ambulatoriais, a utilização da ultrassonografia pode ser uma importante ferramenta para monitorar a eficácia das intervenções aplicadas, acompanhar a evolução do quadro clínico e planejar futuros tratamentos, principalmente no que diz respeito à terapia respiratória. É fundamental ressaltar a relevância desses dados, considerando as complicações respiratórias enfrentadas por essa população, em decorrência das consequências da disfunção neurológica e do comprometimento biomecânico. Além disso, os resultados obtidos neste estudo abrem espaço para novas hipóteses sobre a relação entre as variáveis diafragmáticas e a condição da ECNP, o que pode proporcionar uma contribuição significativa para a comunidade científica e estimular pesquisas futuras nesse campo.

### **CONCLUSÃO**

Com base nos resultados da pesquisa, foi observado que pacientes com ECNP e idades mais avançadas e maiores níveis funcionais na GMFCS apresentaram menor média de espessura diafragmática, enquanto os pacientes mais jovens e com menores níveis funcionais da GMFCS possuíam uma média relativamente maior. Ambos os grupos apresentaram valores abaixo dos encontrados na literatura em crianças saudáveis. Este estudo pode contribuir significativamente para a comunidade científica ao estabelecer bases para hipóteses sobre os valores de referência de espessura diafragmática em

crianças com ECNP, em meio à escassez de pesquisas sobre o assunto. Além disso, esses valores de referência podem auxiliar os fisioterapeutas na avaliação da eficácia das intervenções aplicadas e no prognóstico mais embasado dos pacientes.

## REFERÊNCIAS

- BENNETT, S. et al. Diaphragmatic mobility in children with spastic cerebral palsy and differing motor performance levels. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, v. 266, p. 163–170, ago. 2019.
- BLAIR, E. et al. Survival and mortality in cerebral palsy: Observations to the sixth decade from a data linkage study of a total population register and National Death Index. **BMC Neurology**, v. 19, n. 1, 4 jun. 2019.
- BOEL, L. et al. Respiratory morbidity in children with cerebral palsy: an overview. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 61, n. 6, p. 646–653, 15 jun. 2019.
- DIMEGLIO, A.; CANAVESE, F. The growing spine: how spinal deformities influence normal spine and thoracic cage growth. **European Spine Journal**, v. 21, n. 1, p. 64–70, 30 jan. 2012.
- EL-HALABY, H. et al. Sonographic Evaluation of Diaphragmatic Excursion and Thickness in Healthy Infants and Children. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 35, n. 1, p. 167–175, jan. 2016.
- ENGEL-YEGER, B. et al. Differences in Patterns of Participation Between Youths with Cerebral Palsy and Typically Developing Peers. **The American Journal of Occupational Therapy**, v. 63, n. 1, p. 96–104, 1 jan. 2009.
- FERREIRA, H. C. Características do Sistema Respiratório na Encefalopatia Crônica não Progressiva da Infância. **Revista Neurociências**, v. 20, n. 1, p. 101–108, 31 mar. 2001.
- FITZGERALD, D. A.; FOLLETT, J.; VAN ASPEREN, P. P. Assessing and managing lung disease and sleep disordered breathing in children with cerebral palsy. **Paediatric Respiratory Reviews**, v. 10, n. 1, p. 18–24, mar. 2009.
- GAO, Y. et al. Accuracy of lung and diaphragm ultrasound in predicting infant weaning outcomes: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Pediatrics**, v. 11, 6 set. 2023.
- GRAHAM, H. K. et al. Cerebral palsy. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 2, n. 1, p. 15082, 7 jan. 2016.
- JOHARI, J. et al. Relationship between pulmonary function and degree of spinal deformity, location of apical vertebrae and age among adolescent idiopathic scoliosis patients. **Singapore Medical Journal**, v. 57, n. 01, p. 33–38, jan. 2016.
- KWON, H.-Y.; KIM, B.-J. Correlation between the dimensions of diaphragm movement, respiratory functions and pressures in accordance with the gross motor function classification system levels in children with cerebral palsy. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 14, n. 6, p. 998–1004, 27 dez. 2018.
- MCCOOL, F. D.; TZELEPIS, G. E. Dysfunction of the Diaphragm. **New England Journal of Medicine**, v. 366, n. 10, p. 932–942, 8 mar. 2012.
- MCINTYRE, S. et al. Global prevalence of cerebral palsy: A systematic analysis. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 64, n. 12, p. 1494–1506, 11 dez.

2022. O'CALLAGHAN, M. E. et al. Epidemiologic Associations with Cerebral Palsy. **Obstetrics & Gynecology**, v. 118, n. 3, p. 576–582, set. 2011.

PALISANO, R. J. et al. Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 50, n. 10, p. 744–750, 17 out. 2008.

SANTANA, P. V. et al. Diaphragmatic ultrasound: A review of its methodological aspects and clinical uses. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 46, n. 6, p. 1–17, 2020.

SEWELL, M. D. et al. Does Spinal Fusion and Scoliosis Correction Improve Activity and Participation for Children with GMFCS level 4 and 5 Cerebral Palsy? **Medicine**, v. 94, n. 49, p. e1907, dez. 2015.

VITRIKAS, K.; DALTON, H.; BREISH, D. Cerebral Palsy: An Overview. **American family physician**, v. 101, n. 4, p. 213–220, 15 fev. 2020.

WEBER, M. D. et al. A narrative review of diaphragmatic ultrasound in pediatric critical care. **Pediatric Pulmonology**, 1 ago. 2021.