



Tomografia de impedância elétrica na população neonatal e pediátrica: uma revisão sistemática

Gabrielly Huk Souza Alves Daniel¹, Alessa Castro Ribeiro^{1*}

¹Universidade Santo Amaro, São Paulo - SP, Brasil.

RESUMO

OBJETIVO

A tomografia de impedância elétrica (TIE) é uma técnica de monitoramento não invasiva e livre de radiação, a avaliação de resultados da TIE pode direcionar a eficácia das diferentes terapias, possibilitando melhores decisões, condutas padronizadas e otimização no uso de recursos. Caracterizar a utilização da tomografia de impedância elétrica na população neonatal e pediátrica.

MÉTODOS

Trata-se de uma revisão de sistemática, na qual foram analisados artigos sem restrições de linguagem que abordassem a aplicabilidade da tomografia de impedância elétrica na população neonatal e pediátrica. Esta revisão seguiu as recomendações da PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Metanálise).

RESULTADOS

Foram encontrados 309 estudos, mas apenas 7 foram incluídos, excluindo 302 pelo critério de elegibilidade, todos os estudos investigaram a aplicabilidade da TIE como uma ferramenta de avaliação para pacientes pediátricos ou neonatais. A TIE se mostrou eficaz na avaliação da ventilação antes da extubação, comparação das alterações transversais e do volume pulmonar total, avaliação dos efeitos das posições do corpo e da cabeça na distribuição espacial da ventilação, potencial uso diagnóstico em pacientes pediátricos com asma, viabilidade como uma ferramenta complementar na avaliação da pneumonia adquirida na comunidade em crianças, monitoramento da ventilação e perfusão em recém-nascidos e crianças gravemente enfermos e avaliar os avanços recentes da TIE relacionada à imagem cardiopulmonar.

CONCLUSÕES

A TIE demonstrou ser uma técnica de monitoramento eficaz para pacientes pediátricos e neonatais, estudos futuros precisam ser feitos para aprimorar a prática clínica.

DESCRITORES

Tomografia de impedância elétrica, Neonatal, Pediatria.

Corresponding author:

Alessa Castro Ribeiro.

Universidade Santo Amaro, São Paulo - SP, Brasil.

R. Prof. Enéas de Siqueira Neto, 340 - Jardim das Imbuías, São Paulo - SP.

E-mail: acribeiro@prof.unisa.br; le_ribeiro13@hotmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9096-9349>.

Copyright: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons

Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original author and source are credited.

DOI: <https://doi.org/10.56242/globalhealth;2021;2;5;21-26>

INTRODUÇÃO

Os avanços em cuidados intensivos pediátricos e neonatais nos últimos 10 anos proporcionaram maior sobrevivência aos pacientes. A redução da mortalidade está diretamente relacionada ao desenvolvimento de tecnologias de assistência e monitoramento do paciente criticamente enfermo, minimizam lesões sistêmicas e reduzindo morbidades a longo prazo¹.

No início dos anos 80 a tomografia de impedância elétrica (TIE) começou a ser utilizada na área de saúde². Em meados dos anos 90, mais de 30 grupos de pesquisa já estavam ativamente envolvidos em pesquisas com a TIE. Os primeiros aparelhos, embora tecnologicamente limitados, foram empregados de maneira exemplar em diversas áreas científicas³. Ao contrário da radiografia convencional ou tomografia computadorizada, a TIE é livre de radiação e permite o monitoramento contínuo em tempo real da função pulmonar¹. A compreensão da fisiologia respiratória permite entender a evolução clínica e prognóstico dos pacientes⁴.

A TIE é uma técnica que permite que imagens transversais relacionadas à impedância elétrica local dentro de um objeto sejam reconstruídas a partir de conjuntos de medições feitas em sua superfície. A TIE usa estimulação elétrica e medição na superfície do corpo para obter imagens das propriedades elétricas dos tecidos internos⁵.

A principal vantagem do uso da TIE é ser uma terapia não invasiva e de alta resolução temporal. Útil para aplicações em contrastes condutores entre tecidos, fluidos ou gases, como imagens de tecido canceroso, isquêmico ou monitoramento funcional da respiração, fluxo sanguíneo e atividade neural⁴.

Esse exame baseia-se nas diferenças existentes nas propriedades elétricas geradas por alterações do conteúdo de ar em pequenas regiões pulmonares, criando uma relação de impedância entre tais regiões. Os pixels gerados na imagem do monitor representam alterações do percentual de impedância local comparado com uma referência obtida no início da aquisição da imagem. Logo, a imagem dinâmica do monitor de TIE torácica mostra em tempo real a variação de fluxo de ar local durante a ventilação. A variação de ventilação alveolar mostra alteração de cores na imagem gerada pelo tomógrafo numa escala que vai do azul escuro (menor aeração) até o azul claro (maior aeração)⁶.

No Brasil, a Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo lançou no dia 18 de dezembro de 2008, a Tomografia de Impedância Elétrica (TIE). Segundo o Prof. Dr. Marcelo Britto Passos Amato, responsável pelo Laboratório de Pneumologia Experimental da FMUSP, que coordenou as pesquisas para o desenvolvimento da TIE, o principal objetivo dessa nova tecnologia é tentar reduzir a mortalidade de pacientes em cuidados críticos provocada por complicações induzidas pela própria ventilação mecânica⁷.

A avaliação de resultados da TIE pode direcionar a eficácia das diferentes terapias, possibilitando melhores decisões, condutas padronizadas e otimização no uso de recursos⁸. Nos últimos anos, um número crescente de estudos tenta abordar o problema da viabilidade e utilidade da TIE como método de monitoramento não invasivo em neonatos, crianças e adultos com diferentes patologias respiratórias⁹.

Pacientes em cuidados intensivos neonatais e pediátricos com diagnóstico de doenças respiratórias utilizou TIE para monitoramento da ventilação e perfusão pulmonar durante a administração de surfactante e ajuste parâmetros ventilatórios¹⁰.

A TIE foi observada como método confiável para avaliar as alterações do volume pulmonar durante e após a aspiração da cânula traqueal em pacientes neonatais, com queda repentina e acentuada no volume pulmonar refletida pela diminuição da impedância global¹¹.

Na população adulta a TIE tem sido utilizada com objetivo de verificar a viabilidade da seleção personalizada da PEEP (pressão expiratória final positiva) com base em sua eficácia em esta-

bilizar o aumento do volume pulmonar expiratório final através da manobra de recrutamento pulmonar¹².

A TIE permite monitorar a distribuição regional da ventilação durante os Testes de respiração espontânea (TREs) e é adequada para estimar sucesso de extubação. Desta forma a TIE pode apoiar as condutas clínicas em relação ao desmame ventilatório¹³.

A justificativa deste trabalho foi demonstrar a importância da TIE para os cuidados intensivos pediátricos e neonatais, sendo uma técnica promissora para avaliar pacientes criticamente enfermos. É uma tecnologia que permite o monitoramento a beira leito possibilitando a conduta em tempo real, evitando os efeitos deletérios da radiação oferecidos por outros métodos de monitoramento. Observa-se um grande potencial para avaliar diferentes patologias, proporcionando o máximo de conforto e rapidez para o paciente durante toda a realização do exame.

O objetivo desse estudo foi caracterizar a utilização da tomografia de impedância elétrica na população neonatal e pediátrica, enredando sobre as principais dificuldades/limitações do uso da tomografia de impedância elétrica na população neonatal/pediátrica e o uso da tomografia de impedância elétrica no desmame ventilatório da população neonatal e pediátrica.

MÉTODOS

Fonte de informação:

Trata-se de uma revisão de literatura, onde foram realizadas buscas, nas seguintes bases de dados - LILACS - Bireme (Base de dados da literatura Latino-Americana em Ciências da Saúde), SciELO (Scientific Electronic Library Online), PubMed (mantido pela National Library of Medicine) e PEDro (Physiotherapy Evidence Database). Foram realizadas buscas de acordo com os Descritores em Ciências da saúde (Decs) em português: “Fisioterapia”, “Tomografia de Impedância Elétrica”, “Pediatria”, “Neonatal”, “Ventilação mecânica”, “Desmame ventilatório”.

Protocolo e registro:

Esta revisão seguiu as recomendações do PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Metanálise) com checklist e fluxograma para revisões sistemáticas e meta-análises.

Critérios de inclusão:

Utilizou-se como critério de elegibilidade artigos nos quais os autores investigassem a abordagem da tomografia de impedância elétrica e sua aplicabilidade na população pediátrica e neonatal. Foram considerados para inclusão os estudos cujos autores avaliaram: a ventilação antes da extubação através da TIE, comparação das alterações transversais e do volume pulmonar total por meio da TIE e pletismografia respiratória por indução (RIP), avaliação dos efeitos das posições do corpo e da cabeça na distribuição espacial da ventilação pela TIE, potencial uso diagnóstico da TIE em pacientes pediátricos com asma viabilidade da TIE como uma ferramenta complementar na avaliação da pneumonia adquirida na comunidade em crianças, avaliar a TIE no monitoramento da ventilação e perfusão em recém-nascidos e crianças gravemente enfermos e avaliar os avanços recentes na TIE relacionada à imagem cardiopulmonar. Foram incluídos todos os artigos originais indexados independente do período de publicação, com delineamento experimental ensaios clínicos, randomizados, estudos de coorte, revisão de literatura e estudos de caso sem restrição de línguas.

Critérios de exclusão:

Foram excluídos os estudos de acordo com os seguintes

critérios: dissertações, capítulos de livros, editoriais, cartas e opiniões de especialistas, bem como aqueles que não apresentaram no título, resumo ou texto o assunto abordado nesta revisão. Manuscritos que não relataram especificamente a aplicabilidade da TIE em pacientes pediátricos ou neonatais também foram excluídos.

Processo de coleta de dados:

Os artigos foram selecionados a partir da utilização dos descritores e a identificação foi realizada em etapas: etapa um: leitura dos títulos dos estudos encontrados e exclusão dos que não se enquadraram em qualquer um dos critérios de inclusão deste estudo. Etapa dois: leitura dos resumos dos estudos selecionados na etapa um e exclusão daqueles que também não se enquadram aos critérios de inclusão. Etapa três: leitura na íntegra de todos os estudos restantes das etapas anteriores e seleção dos que se enquadram nos critérios de inclusão. Os artigos que atenderam a todos os critérios de inclusão e que possibilitaram responder aos questionamentos desta revisão foram selecionados.

Dados coletados:

Para cada um dos estudos incluídos, extraiu-se características-chaves, tais como: autor, ano de publicação, idade dos participantes, tamanho da amostra, características e principais resultados relacionados com a utilização da TIE em pacientes pediátricos e neonatais. Para as revisões de literatura também foi incluída a base de dados pesquisadas.

Risco de viés nos estudos:

As avaliações da qualidade foram divididas entre avaliar o nível do estudo e nível dos desfechos, caracterizando os vieses de cada estudo. A pontuação final atribuída a qualidade dos estudos foi obtida através da soma de pontos designados e a qualidade dos artigos foi categorizada como fraco, moderado, bom e ótimo.

Medidas resumidas:

Considerou-se qualquer medida de resultado de prevalência que apresentou a TIE como um método de avaliação em pacientes pediátricos e neonatais.

Síntese dos resultados:

Para diminuir a heterogeneidade entre os estudos separaram-se os resultados de acordo com os métodos para a identificação de avaliação da TIE em pacientes pediátricos e neonatais, assim como uma tabela criada para os estudos de revisão bibliográfica, respectivamente: a ventilação antes da extubação através da TIE, comparação das alterações transversais e do volume pulmonar total por meio da TIE e RIP, avaliação dos efeitos das posições do corpo e da cabeça na distribuição espacial da ventilação pela TIE, potencial uso diagnóstico da TIE em pacientes pediátricos com asma, viabilidade da TIE como uma ferramenta complementar na avaliação da pneumonia adquirida na comunidade em crianças, avaliar a TIE no monitoramento da ventilação e perfusão em recém-nascidos e crianças gravemente enfermos e avaliar os avanços recentes da TIE relacionada à imagem cardiopulmonar.

Risco de viés entre os estudos:

A divergência entre os estudos foi avaliada por meio da

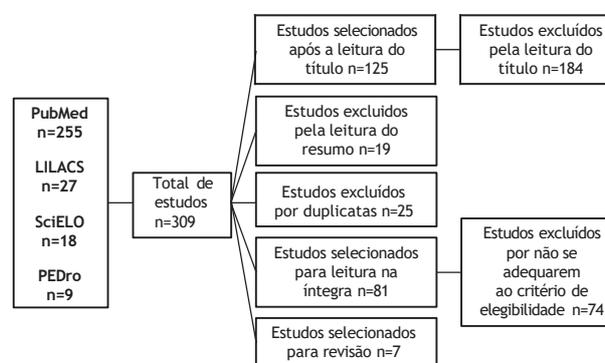
comparação entre as características dos estudos e os resultados obtidos.

RESULTADOS

Seleção de estudos:

Foram encontrados 309 estudos, desse total 255 estudos na PubMed, 27 na LILACS, 18 na SciELO e 9 na PEDro. De acordo com os critérios de inclusão, na etapa um foram excluídos 184 estudos pela leitura do título, logo após na etapa dois foram excluídos 19 artigos pela leitura do resumo e 25 por serem duplicatas. Na etapa três, 81 estudos foram selecionados para leitura na íntegra, sendo 74 excluídos por não se adequarem ao critério de elegibilidade. Apenas 7 artigos foram incluídos na síntese. O fluxograma descrevendo o processo de seleção dos estudos está demonstrado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do número de artigos encontrados após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.



Característica dos estudos:

Dos 7 estudos selecionados, um é do Brasil¹⁴, um da Holanda¹⁵, três da Alemanha^{16,17,20}, um de Milão¹⁸ e um da Polônia¹⁹ (Tabela 1 e 2).

O tamanho amostral variou entre 10¹⁶ e 116¹⁷ participantes, tendo a idade variando entre 28,1 semanas gestacionais¹⁴ e 15 anos¹⁸ (Tabela 1). O tamanho amostral dos estudos de revisão variou entre 25¹⁹ e 102²⁰ estudos (Tabela 2).

Com relação as bases de dados encontradas nos estudos de revisão, dois estudos usaram PubMed^{19,20}, um usou Google Scholar¹⁹ e um estudo biblioteca nacional de medicina dos EUA e *National Institutes of Health*²⁰ (Tabela 2).

Todos os estudos utilizaram a TIE como ferramenta para avaliação respiratória de pacientes pediátricos ou neonatais, sendo um estudo que avaliou a ventilação antes da extubação em RNPT pela TIE¹⁴, um estudo comparou a TIE com pletismografia respiratória por indução (RIP) para avaliar as alterações do volume pulmonar expiratório final¹⁵, um estudo avaliou por meio da TIE os efeitos das posições do corpo e da cabeça em bebês com respiração espontânea e ventilação mecânica¹⁶, um estudo comparou a TIE e espirometria em crianças¹⁷ e um estudo comparou as imagens TIE com radiografia de tórax em crianças com pneumonia adquirida na comunidade¹⁸ (Tabela 1).

Dos artigos de revisão, um estudo visualizou a TIE como uma ferramenta para o monitoramento da distribuição da ventilação em indivíduos saudáveis e em recém-nascidos e crianças gravemente enfermos¹⁹ e um estudo observou os avanços da TIE relacionada à imagem cardiopulmonar²⁰ (Tabela 2). Com relação a avaliação de qualidade três estudos foram classificados como bons^{14,18,20}, dois estudos moderados^{16,17} e dois estudos fracos^{15,19} (Tabela 1 e 2). Nenhum estudo foi classificado como ótimo.

Tabela 1. Variáveis analisadas nos estudos selecionados.

ANO	AUTOR	PAÍS	AMOSTRA (N)	IDADE	CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	AVALIAÇÃO DE QUALIDADE
2006	Heinrich, S et al.	Alemanha	10 RNPT e 10 bebês a termo	38 semanas a 58 dias de vida	Avaliação de diferentes decúbitos e posições de cabeça com TIE em RNPT e a termo em respiração espontânea e VM.	Na respiração espontânea: diminuição nos volumes correntes do pulmão esquerdo na postura supina com a cabeça virada para a esquerda e postura prona. VM: postura prona combinada com a rotação da cabeça para a esquerda reduziu volume corrente.	MODERADO
2013	Rossi FS et al.	Brasil	14 RNPT	28,1 semanas	TIE antes da extubação em RNPT	Uso da TIE para determinar o nível de PEEP associado à melhor ventilação. Falha na extubação foi observada em 21,4% dos RNPT.	BOM
2014	Van der Burg et al.	Holanda	15 RNPT	28,0 semanas	Comparar as alterações transversais e do volume pulmonar total por meio da TIE E RIP	Volume pulmonar expiratório final medido por TIE foram estatisticamente significantes com as medidas de RIP.	FRACO
2018	Chuong et al.	Alemanha	116 crianças	11,86 ± 3,13 anos	Investigar o potencial uso diagnóstico da TIE comparado a espirometria em pacientes pediátricos com asma.	A espirometria e os loops globais de FV baseados em TIE mostraram uma forte correlação. Uma forma côncava típica do derivado da TIE demonstrou Loops médios de FV para crianças asmáticas com melhora após broncodilatação.	MODERADO
2017	Mazzoni et al.	Itália	19 crianças	2 a 15 anos	Viabilidade da TIE e radiografia de tórax na avaliação da pneumonia adquirida na comunidade em crianças.	Foi observada uma concordância significativa entre a TIE e a radiografia de tórax na identificação de alterações pulmonares; A melhora da ventilação foi documentada no acompanhamento de três meses, com recuperação completa em seis meses.	BOM

Legenda: TIE= Tomografia de impedância elétrica; RNPT= recém-nascido pré-termo; VM: Ventilação mecânica; PEEP= Pressão positiva expiratória final; RIP= Pletismografia respiratória por indução; FV= Loops de volume de fluxo médio.

Tabela 2. Variáveis analisadas nos estudos de revisão bibliográfica.

ANO	AUTOR	BASE DE DADOS	AMOSTRA	CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS	AVALIAÇÃO DE QUALIDADE
2013	Durlak et al.	Google Scholar e Pubmed	25 artigos	Comparação da ventilação pulmonar em recém-nascidos e crianças gravemente enfermos.	TIE é ferramenta promissora para monitorar a distribuição regional da ventilação por longos períodos.	POBRE
2014	Frerichs I et al.	PubMed, biblioteca nacional de medicina dos EUA e National Institutes of Health	102 artigos	Os avanços recentes da TIE relacionada à imagem cardiopulmonar e monitoramento no contexto do desenvolvimento de 30 anos desta tecnologia.	TIE foi eficaz na observação de volumes correntes regionais e volumes expiratórios finais.	BOM

Legenda: TIE= Tomografia de impedância elétrica.

DISCUSSÃO

Rossi FS et, al¹⁴, realizou estudo com objetivo de avaliar 14 pacientes com diagnóstico displasia broncopulmonar de através da TIE a PEEP ideal para proporcionar uma ventilação pulmonar homogênea (VH) antes da extubação traqueal em RNPT. Três pacientes evoluíram com falha de extubação, um por apneia central e dois por desconforto respiratório. A variabilidade do índice VH durante a respiração espontânea foi uma característica observada em todos os pacientes estudados. Este estudo demonstra que a TIE pode ser utilizada com segurança e sucesso em pacientes com indicação de extubação traqueal, sugerindo que a melhor homogeneidade ventilatória é influenciada pelo nível de PEEP aplicada. Em concordância com os estes dados, Zhao et al,²² avaliou a viabilidade da titulação da PEEP guiada pela homogeneidade da ventilação usando o índice de inomogeneidade global (GI) através da TIE. Demonstram que o GI da TIE quantificou a distribuição do volume corrente no pulmão e mostrou boa confiabilidade e comparabilidade entre os pacientes. O recrutamento alveolar com menor pressão de distensão alveolar levaria a uma ventilação pulmonar mais homogênea²².

Trabalho realizado por Van der Burg et al.¹⁵ comparou alterações transversais e volume pulmonar total por meio da TIE e RIP em 15 RNPT. A correlação observada entre os dados dos dois métodos demonstra que o volume de mudanças medidas na fasia transversal por TIE são de fato representativos para todo o pulmão. O RIP foi menos estável na medição de mudanças no volume pulmonar expiratório final (EELV) do que na TIE¹⁵. Em linha com relatórios anteriores, relações de pressão-volume com base nas alterações EELV verificado por TIE e RIP mostrou histerese clara em quase todos os pacientes, e mais im-

portante, essas alterações de volume entre a TIE e RIP foram altamente correlacionados. Podendo dizer que a TIE foi uma técnica segura e eficaz para avaliar as alterações transversais e volume pulmonar total em comparação ao RIP^{23,24}.

Heinrich, S et al.¹⁶ utilizou a TIE para a avaliação dos efeitos das posições do corpo e da cabeça na distribuição espacial da ventilação em 10 recém-nascidos prematuros e 10 recém-nascidos a termo em respiração espontânea e em ventilação mecânica (VM). A TIE mostrou os volumes correntes do pulmão esquerdo foram reduzidos na postura supina com a cabeça virada para a esquerda em pacientes em uma respiração espontânea. Nos pacientes em VM, os volumes correntes do pulmão esquerdo não foram alterados pela posição do corpo e da cabeça, exceto pela postura prona combinada com a rotação da cabeça para a esquerda que mostrou redução dos mesmos¹⁶. Baird et al.²⁵ utilizou a impedância elétrica transtorácica simples para determinar as amplitudes da respiração do sinal de impedância nas posturas supina e prona. Essa técnica utiliza o mesmo princípio de medição da TIE, sem fornecer nenhuma informação espacial. Amplitudes respiratórias significativamente mais baixas da impedância elétrica transtorácica foram encontradas na postura prona do que na supina²⁵.

Chuong el al.¹⁷ investigou o potencial uso diagnóstico da TIE em pacientes pediátricos com asma. TIE e espirometria foram realizados em 58 crianças com asma e 58 pacientes saudáveis. Loops de volume de fluxo médio (FV) foram gerados para pacientes com espirometria patológica para demonstrar a viabilidade da TIE para diagnóstico gráfico de asma. TIE mostrou um alto potencial para testes de função pulmonar para pacientes pediátricos. Loops de fluxo-volume global obtidos por TIE correlaciona-se com os achados espirométricos em crianças asmáticas e em controles com pulmões saudáveis¹⁷. Vogt B et al.²⁶ demonstrou por meio da TIE a função pulmonar region-

al em crianças saudáveis e crianças com asma antes e após o exercício. A TIE foi capaz de detectar diferenças regionais na função pulmonar entre crianças saudáveis e crianças com asma durante a expiração forçada²⁶.

Mazzoni et al.¹⁸ observou a viabilidade da TIE como uma ferramenta complementar na avaliação da pneumonia adquirida na comunidade (PAC) em 19 crianças. A radiografia de tórax e as imagens da TIE foram comparadas para avaliar a correspondência das duas técnicas na detecção de distúrbios na distribuição da ventilação entre os pulmões direito e esquerdo. A TIE mostrou hipoventilação em um dos quadrantes direitos em 14 pacientes que apresentavam sinais clínicos e radiológicos de pneumonia a direita. O primeiro exame revelou uma hipoventilação em um dos quadrantes esquerdos em 3 dos 5 pacientes que apresentavam achados clínicos e radiológicos de pneumonia esquerda. As medições de TIE no acompanhamento durante 3 meses mostraram uma melhora parcial da ventilação em comparação com a avaliação inicial, mas a recuperação funcional avaliada pela técnica de TIE foi completa apenas no acompanhamento de 6 meses¹⁸. Em um estudo semelhante²⁷ a TIE foi utilizada como forma de monitoramento distribuição da ventilação e inflamação alveolar de pacientes com pneumonia adquirida na comunidade, à beira do leito. A TIE foi comparada com a radiografia de tórax na admissão e usada para avaliar se a ventilação não homogênea muda devido ao tratamento. As imagens da TIE mostraram uma distribuição de ventilação mais homogênea. No entanto, a TIE demonstra ser uma ferramenta complementar adequada para monitorar o estado funcional do pulmão em pacientes com PAC²⁷.

Durlak et al.¹⁹ utilizou a TIE no monitoramento da ventilação regional em recém-nascidos e crianças gravemente enfermos. Os resultados demonstram que a quantificação precisa dos valores de impedância absoluta é desafiadora e deve levar em consideração muitos fatores, incluindo informações específicas sobre o formato do tórax do RN. Há variabilidade da ventilação regional em função da posição corporal e do padrão respiratório em um pequeno grupo de recém-nascidos saudáveis, além de irregularidade nos padrões de respiração em todos os pacientes monitorados¹⁹. Outro estudo²¹ sugere que a TIE pode ser benéfica para os pacientes em cuidados intensivos no monitoramento da ventilação pulmonar regional durante a administração de surfactante, o que poderia diminuir a prevalência de complicações associadas ao volutrauma. Os ajustes das configurações ventilatórias podem ser guiados pelas alterações do sinal de impedância e monitoramento das mudanças na distribuição da ventilação relacionadas à gravidade²¹.

Ferichs et al.²⁰ avaliou os avanços da TIE relacionada à imagem cardiopulmonar. Poucos estudos foram realizados com o objetivo de estudar a capacidade da TIE na avaliação da perfusão. O trabalho investigou diferentes soluções que podem ser usadas como agentes de contraste para determinar o indicador regional curvas de diluição, uma abordagem que anteriormente foi validado em dois outros estudos^{28,29}. Crianças com defeito do septo ventricular e shunt esquerda - direita foram estudadas antes e depois da correção cirúrgica. A TIE detectou redistribuição da perfusão pulmonar após correção cirúrgica³⁰.

Esses estudos mostram o potencial da TIE em auxiliar na otimização do suporte ventilatório em nível individual e atingir a ventilação homogênea. Embora a TIE tenha um grande potencial, ainda existem algumas questões científicas, técnicas e práticas que precisam ser analisadas.

Limitações

Monitorar a distribuição da ventilação em pacientes pediátricos e neonatais é um desafio, especialmente à beira do leito. As ferramentas de monitoramento disponíveis at-

ualmente, como radiografia de tórax ou pletismografia respiratória indutiva possuem algumas limitações^{15,18}.

Um importante problema relatado nos estudos são os problemas do software. Essas observações indicam que o hardware e software da TIE precisam ser otimizados^{15,17,20}. Os resultados da maioria dos estudos são baseados na análise de dados TIE off-line. Um software que permite a análise on-line contínua dos dados do TIE está sendo desenvolvido¹⁵.

Ainda faltam equipamentos de fácil aplicação especialmente em crianças nascidas prematuramente. Viabilidade de colocação dos eletrodos é necessário para uma implementação bem-sucedida na prática clínica. Essas melhorias também permitirão uso da TIE por períodos mais longo do que o utilizado atualmente na maioria dos estudos observacionais^{16,19,20}.

Existem várias questões a serem estudadas profundamente, tais como estudos monitoramento de imagens de tecido canceroso, isquêmico, monitoramento do fluxo sanguíneo e atividade neural. Medidas de TIE mais relevantes para a tomada de decisão clínica voltadas a população pediátrica e neonatal, número limitado de ensaios clínicos e há necessidade de capacitação técnica da equipe multiprofissional uma vez que este fator poderia aumentar a aplicabilidade de TIE.

CONCLUSÃO

Os achados desta revisão revelaram que a TIE demonstrou ser eficaz para a avaliação de pacientes pediátricos e neonatais, de forma isolada e quando comparado a outras técnicas de monitoramento, como a radiografia de tórax e pletismografia respiratória por indução. Apesar de limitações significativas, como os problemas de software e hardware relacionados às imagens, equipamentos de difícil aplicação especialmente em recém-nascidos prematuros, número limitados de ensaios clínicos e necessidade de mais capacitações da equipe multiprofissional, a TIE representa um marco para os avanços de tecnologia de monitoramento a beira leito de forma prática em pacientes gravemente enfermos. Ensaios clínicos randomizados são necessários para avaliar e aprimorar cada vez mais a aplicabilidade e vantagens da TIE na população pediátrica e neonatal.

REFERÊNCIAS

1. Dmytrowich J, Holt T, Schmid K, Hansen G. Mechanical ventilation guided by electrical impedance tomography in pediatric acute respiratory distress syndrome. 2018. Canadá. Journal of clinical monitoring and computing. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mn-h&AN=28730574&lang=pt-br&site=ehost-live>
2. Walsh BK, Smallwood CD. Electrical Impedance Tomography During. 2016. Boston. Mechanical Ventilation Respir Care. Disponível em: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27682815/#:~:text=Electrical%20impedance%20tomography%20\(EIT\)%20is,and%20titration%20of%20mechanical%20ventilation](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27682815/#:~:text=Electrical%20impedance%20tomography%20(EIT)%20is,and%20titration%20of%20mechanical%20ventilation)
3. M. Bodenstern, M. David e K. Markstaller. Principles of electrical impedance tomography and its clinical application. 2009. Alemanha. Critical Care Medicine, vol. 37, nº 2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19114889/>
4. Davies P, Yasin S, Gates S, Bird D, Silvestre C. Clinical Scenarios of the Application of Electrical Impedance Tomography in Paediatric Intensive Care. 2019. (SI). doi:10.1038/s41598-019-41774-1. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-41774-1>
5. Kotre CJ. Electrical impedance tomography. 2014. Reino Unido. Departamento Regional de Física Médica, Newcastle General Hospital, Newcastle-upon-Tyne. doi: 10.1259/

- bjr.1997.0025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9534735/>
6. Goulart R, Rutzen W, Madeira W, Ascoli A M, Dexheimer F.L, Gasparetto J M, Pinheiro P O, Teixeira C. Uso da tomografia por impedância elétrica torácica como ferramenta de auxílio às manobras de recrutamento alveolar na síndrome do desconforto respiratório agudo: relato de caso e breve revisão da literatura. 2015. Brasil. Departamento de Medicina Intensiva. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbti/v27n4/0103-507X-rbti-27-04-0406.pdf>
 7. FMUSP lança tomógrafo que monitora pulmões de pacientes em UTI. Governo de São Paulo. 2008. Brasil. JusBrasil. Disponível em: <https://governo-sp.jusbrasil.com.br/noticias/366361/fmusp-lanca-tomografo-que-monitora-pulmoes-de-pacientes-em-uti>
 8. Alievi T P; Carvalho R A; Trotta E A; Mombelli R F. Impact of hospitalization in a pediatric intensive care unit: assessment using cognitive and global performance scales. 2007. Brasil. J. Pediatr. vol.83 6. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0021-75572007000800005
 9. Durlak W, Kwinta P. Role of Electrical Impedance Tomography in Clinical Practice in Pediatric Respiratory Medicine. 2013. Polônia. International Scholarly Research Notices. Disponível em em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3886230>
 10. Frerichs, H. Schiffmann, G. Hahn e G. Hellige. Non-invasive radiation-free monitoring of regional lung ventilation in critically ill babies. 2001. Alemanha. Intensive Care Medicine, vol. 27, nº 8. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11511953>
 11. MB van Veenendaal, M. Miedema, FHC de Jongh, JH van Der Lee, I. Frerichs e AH van Kaam. Effect of closed endotracheal suction in high frequency ventilated premature babies measured with electrical impedance tomography. 2009. Holanda. Intensive Care Medicine, vol. 35, não. 12, pp. 2130-2134. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19774364/>
 12. Eronia N., Mauri T., Maffezzini E. Bedside selection of positive end-expiratory pressure by electrical impedance tomography in hypoxemic patients: a feasibility study. 2017. Itália. Ann Intensive Care 7: 76. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28730554/>
 13. Bickenbach J, Czaplík M, Polier M, Marx G, Marx N, Dreher M. Electrical impedance tomography for predicting failure of spontaneous breathing trials in patients with prolonged weaning. 2017. Alemanha. Crit Care. doi: 10.1186/s13054-017-1758-2. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28697778/>
 14. Rossi, F, Yagui, A, Haddad, L, Deutsch, A, Rebello, C. Electrical impedance tomography to assess ventilation before extubation in very low birth weight babies: a feasibility study. 2013. Brasil. Clinics, 68 (3), 345-350. doi: 10.6061 / clinics. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-59322013000300011
 15. Van der Burg, PS, Miedema, M., de Jongh, FH, Frerichs, I. van Kaam. Transverse changes in lung volume as measured by electrical impedance tomography are representative of the entire lung in ventilated premature babies. 2014. Holanda. Critical Care Medicine, 42 (6), 1524-1530. doi: 10.1097/ccm.000000000000230. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24561568/>
 16. Heinrich, S., Schiffmann, H., Frerichs, A. et al. Effects of body and head position on regional lung ventilation in infants: u study of electrical impedance tomography. 2006. Alemanha. Intensive Care Med 32, 1392. doi:10.1007/s00134-006-0252-0. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16799773/>
 17. Ngo, C., Dippel, F., Tenbrock, K., Leonhardt, S, Lehmann, S. Flow-volume loops measured with electrical impedance tomography in pediatric patients with asthma. 2018. Alemanha. Pediatric Pulmonology, 53 (5), 636-644. doi: 10.1002 / ppul.23962. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29405616/>
 18. Mazzoni MB, Perri A, Plebani AM, Ferrari S, Amelio G, Rocchi A, Consonni D, Milani GP, Fossali EF. Electrical impedance tomography in children with community acquired pneumonia: preliminary data. 2017. Milão. Respir Med. 130:9-12. doi: 10.1016/j.rmed.2017.07.001. Disponível em: [https://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111\(17\)30188-9/fulltext](https://www.resmedjournal.com/article/S0954-6111(17)30188-9/fulltext)
 19. Durlak W, Kwinta P. Role of electrical impedance tomography in clinical practice in pediatric respiratory medicine. 2013. Polônia. ISRN Pediatr. doi: 10.1155/2013/52903. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3886230/>
 20. Frerichs I, Becher T, Weiler N. Electrical impedance tomography imaging of the cardiopulmonary system. 2014. Alemanha. Curr Opin Crit Care 323-32. doi: 10.1097/MCC.0000000000000888. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24739268/>
 21. Onland W, Hutten J, Miedema M, Bos LD, Brinkman P, Maitland-van der Zee AH, van Kaam AH. Precision Medicine in Neonates: Future Perspectives for the Lung. 2020. Amsterdã. Front Pediatr. doi: 10.3389/fped.2020.586061. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fped.2020.586061/full>
 22. Zhao, Z., Steinmann, D., Frerichs, I. et al. PEEP titration guided by ventilation homogeneity: a feasibility study using electrical impedance tomography. 2010. Germany. Crit Care 14. <https://doi.org/10.1186/cc8860>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20113520/>
 23. Miedema M, de Jongh FH, Frerichs I, et al: Changes in lung volume and ventilation during pulmonary recruitment in high-frequency ventilation premature babies with respiratory distress syndrome. 2011. Itália. J Pediatr 159: 199-205. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25803651/>
 24. Tingay DG, Mills JF, Morley CJ. The pressure-volume deflation limb in infants during high-frequency ventilation. 2006. Austrália. Am J Respir Crit Care Med 173: 414-420. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16322649/>
 25. Baird TM, Neuman MR. Effect of the baby's position on the breath amplitude measured by transthoracic impedance and tension meters. 1991. (SI). Pediatr Pulmonol 10: 52-56. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2003046/>
 26. Vogt B, Elke G, Von Bismarck, Ankermann, Norbert Weiler, Frerichs I. Regional pulmonary function test by electrical impedance tomography in healthy children and children with asthma. 2012. Suíça. European Respiratory Journal 40: 3296. Disponível em: https://erj.ersjournals.com/content/40/Suppl_56/3296
 27. Karsten J, Krabbe K, Heinze H, Dalhoff K, Meier T, Drömann D. Bedside monitoring of ventilation distribution and alveolar inflammation in community-acquired pneumonia. 2014. (SI). J Clin Monit Comput 403-8. doi: 10.1007/s10877-014-9549-7. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24435618/>
 28. Borges JB, Suarez-Sipmann F, Bohm SH, et al. Regional pulmonary perfusion estimated by electrical impedance tomography in a collapsed lung pig model. 2012. Brasil. J Appl Physiol 112: 225-236. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.01090.2010>
 29. Frerichs I, Hinz J, Herrmann P, et al. Regional pulmonary perfusion as determined by electrical impedance tomography compared to electron beam CT image. 2002. Germany. IEEE Trans Med Imaging 21:646-652. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12166861/>
 30. Schibler A, Pham TM, Moray AA, Stocker C. Ventilation and cardíaca related impedance changes in children undergoing corrective open heart surgery. 2013. (SI). Physiol Meas 34:1319-1327. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24021191>