

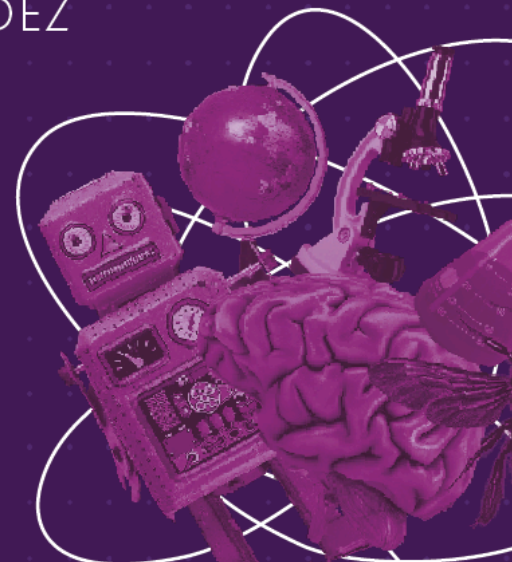
REABILITAÇÃO DO MOVIMENTO DE EXTENSÃO DO COTOVELO EM PACIENTES TETRAPLÉGICOS A PARTIR DAS TRANSFERÊNCIAS DE NERVO E TENDINOSA

Professor orientador: Milton Rego de Paula Junior

Aluno: Vítor Joffily de Azevedo

PROGRAMA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIC/CEUB

RELATÓRIOS DE PESQUISA
VOLUME 10 Nº 1- JAN/DEZ
2024



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

VÍTOR JOFFILY DE AZEVEDO

**REABILITAÇÃO DO MOVIMENTO DE EXTENSÃO DO COTOVELO EM
PACIENTES TETRAPLÉGICOS A PARTIR DAS TRANSFERÊNCIAS DE NERVO E
TENDINOSA**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pesquisa e Extensão.

Orientação: Milton Rego de Paula Junior

**BRASÍLIA
2025**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles que, movidos pela esperança e pela ciência, buscam transformar vidas para melhor. É um tributo a cada paciente, pesquisador e profissional que, com sua dedicação, ilumina o caminho do progresso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, que em meu caminhar faz indelével companhia.

Agradeço este trabalho à minha família e aos meus antepassados, fonte farta de amorosidade e inspiração, que me dão força para quaisquer realizações.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Milton Rego de Paula Junior, por aceitar trilhar este caminho comigo, guiando-me com esmero e paciência ao longo de todo o projeto.

À minha namorada, Verônica Maria, cuja parceria cativante iluminou a produção deste trabalho, meu profundo agradecimento.

Por fim, agradeço profundamente a todos os profissionais que dedicam sua força e coração aos pacientes tetraplégicos. Em especial, à doutora Renata Paulos, ortopedista, especialista em cirurgia da mão e microcirurgia, cuja generosidade abriu caminhos para a realização das primeiras etapas deste trabalho.

A fé não torna as coisas fáceis, mas torna-as possíveis.

(Lucas 1:37)

RESUMO

No Brasil, a lesão medular traumática (LMT) afeta predominantemente homens jovens e os acidentes de trânsito são sua principal etiologia. Dessa forma, a LMT é a mais comum e abrupta causa de tetraplegia. O comprometimento funcional do paciente, devido a perda da função motora dos membros superiores é um importante fator de complicação do quadro. A extensão do cotovelo (EC), executada pelo tríceps braquial (TB), é um movimento fundamental para o paciente realizar atividades como alcançar objetos acima da cabeça, impulsionar a cadeira de rodas e realizar transferências com mais facilidade. A restauração dos movimentos prejudicados mediante intervenções cirúrgicas tem como objetivo proporcionar um ganho de independência em atividades cotidianas. Dentre as principais abordagens cirúrgicas, destacam-se a transferência de nervos (TN) e a transferência tendinosa (TT), cujas indicações e aplicações variam conforme aspectos clínicos e anatômicos. Esta pesquisa, consistiu em uma revisão sistemática da literatura, na qual foram utilizadas as bases de dados Scielo, PubMed e Cochrane para levantar estudos clínicos e séries de casos onde foram aplicadas TT ou TN no processo de reabilitação da EC do paciente tetraplégico. A partir de então foram comparadas TN com TT nesse grupo, a fim de compreender a eletividade, os procedimentos e o prognóstico funcional de ambas as técnicas. De um total de 100 pacientes, dois deles foram submetidos à ambas abordagens, de modo que 81 foram submetidos à TT e 21 à TN . Observou-se uma taxa de sucesso funcional de 81,1% e uma janela de intervenção limitada aos primeiros 18 meses após a lesão para a TN. Já para a TT, foi observada uma taxa de sucesso funcional de 64%, com viabilidade em casos de lesões mais antigas ou quando a TN não é indicada. Esta pesquisa aponta que a adoção de uma técnica em função de outra depende de critérios como tempo da lesão e integridade das estruturas anatômicas, sendo ambas eficazes na reabilitação do movimento de EC do paciente tetraplégico.

Palavras-chave: lesão medular traumática; tetraplegia; extensão do cotovelo; transferência de nervo; transferência tendinosa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 International Standards for neurological classification of spinal cord injury	19
Figura 2 Transferência de trapézio inferior para a tendão do tríceps braquial	27
Figura 3 Representação esquemática dos nervos radiais e axilares	31
Figura 4 Fluxograma PRISMA	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Perfil epidemiológico da lesão medular traumática	15
Quadro 2 Métodos de Zancolli e de Moberg	24
Quadro 3 Transferências de nervo e tendinosa na extensão do cotovelo	34
Quadro 4 Análise PICO	36
Quadro 5 Casos clínicos	42
Quadro 6 Série de casos	45
Quadro 7 Van Zyl <i>et al.</i> , 2019	46
Quadro 8 Etiologia da lesão medular traumática	47
Quadro 9 Taxa de sucesso funcional no pós cirúrgico	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASIA	<i>American Spinal Injury Association Impairment Scale</i>
AIS	<i>ASIA impairment scale</i>
BB	Bíceps braquial
BMRC	<i>British Medical Research Council</i>
DP	Deltoide posterior
EC	Extensão de cotovelo
LMT	Lesão medular traumática
PICO	Paciente/população, Intervenção, Comparação e Outcome (desfecho).
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
TB	Tríceps braquial
TN	Transferência de nervos
TT	Transferência tendinosa

SUMÁRIO

1 Introdução	10
Objetivos	11
2 Fundamentação teórica	13
3 Método	36
4 Resultados e discussão	40
5 Considerações finais	50
REFERÊNCIAS	52

1 Introdução

A lesão medular traumática (LMT) configura-se como uma das consequências mais graves de um trauma, frequentemente resultando em quadros devastadores como a tetraplegia, caracterizada pela perda da função motora dos membros superiores (Fox *et al.*, 2018). Dentre as causas mais comuns da LMT, incluem-se acidentes automobilísticos e esportivos, sendo a condição mais prevalente em indivíduos jovens e do sexo masculino, dada a natureza de sua etiologia. Aproximadamente 50% dos casos de lesão medular envolvem a espinha cervical, ocasionando perda das funções motoras e sensoriais dos membros superiores e inferiores, bem como alterações das funções sexuais e da bexiga (Khalifeh *et al.*, 2019).

No Brasil, a ausência de notificação compulsória dificulta a determinação precisa das taxas de incidência e de prevalência da LMT e da tetraplegia. Contudo, estimativas indicam que, em 2015, o país apresentava cerca de 10.000 novos casos de lesão medular por ano, dos quais 6.000 a 8.000 eram decorrentes de trauma (Brasil, 2015). Acidentes automobilísticos, especialmente envolvendo motociclistas, são os mecanismos de trauma mais frequentemente associados à LMT, seguidos por ferimentos por projétil de arma de fogo, quedas de grandes alturas e mergulho em águas rasas. Cerca de 80% das vítimas são homens, predominantemente entre 10 e 30 anos de idade (Brasil, 2015).

Dentre as abordagens terapêuticas destinadas à restauração de movimentos perdidos em decorrência da LMT, destacam-se procedimentos cirúrgicos como as tenodeses, transferências musculares, tendinosas e nervosas (Harhaus *et al.*, 2023). A escolha do movimento a ser restaurado, bem como da técnica mais adequada, é individualizada, considerando aspectos como o nível da lesão e a condição funcional do paciente. A extensão do cotovelo (EC), a preensão de teclas e a preensão dos dedos estão entre as funções mais frequentemente visadas (Liew; Shim; Gong, 2020).

As cirurgias de transferência de nervos e de tendões figuram como as principais estratégias na reabilitação motora de pacientes tetraplégicos. A transferência de nervos (TN) apresenta resultados promissores na recuperação de movimentos da mão e dos membros superiores, conferindo maior autonomia para atividades cotidianas, como a alimentação e a higiene pessoal. Estima-se que mais de 70% dos pacientes tetraplégicos consideram a recuperação da função das mãos uma prioridade, frente à

reabilitação dos membros inferiores, da função sexual ou da bexiga (Liew; Shim; Gong, 2020).

De modo semelhante, a transferência tendinosa (TT) consiste na realocação de um músculo funcional para um sítio onde houve perda total ou parcial da função, sendo uma alternativa viável especialmente quando a intervenção ocorre tardiamente ou quando há contraindicações para a TN. O tipo de abordagem adotada depende de múltiplos fatores, incluindo o nível e o tempo de lesão, bem como a condição anatômica das estruturas envolvidas.

Particularmente, lesões medulares entre C5 e C6 resultam em paralisia do tríceps braquial (TB) e conseqüente na perda da extensão do cotovelo, movimento fundamental para a realização de atividades, como elevar os braços ou impulsionar a cadeira de rodas (Liew; Shim; Gong, 2020). A restauração dessa função pode ser alcançada tanto por meio de transferências de nervo quanto tendinosas (Zlotolow; Kripke; Kozin, 2023). A prioridade na recuperação da EC se justifica não apenas pela sua relevância funcional, mas também porque a flexão do cotovelo, preservada nesses casos, gera necessidade de antagonismo muscular adequado, papel desempenhado pelo TB (Coulet; Chammas, 2022).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura, com o intuito de compreender a tetraplegia decorrente de LMT e de comparar a TN à TT na reabilitação do movimento de EC em pacientes tetraplégicos, analisando critérios de indicação, aspectos dos procedimentos pré, peri e pós-operatórios, bem como seus respectivos prognósticos.

Objetivos

O presente trabalho teve como propósito comparar transferência de nervos com transferência tendinosa na reabilitação do movimento de extensão do cotovelo em pacientes acometidos por tetraplegia devido à lesão medular traumática, à luz de sua eletividade, de procedimentos pré, pós e perioperatórios e de prognóstico

Para alcançar o objetivo geral descrito, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Explicar a fisiopatologia da lesão medular traumática;
- Analisar a epidemiologia da lesão traumática no Brasil;

- Explicar o que é tetraplegia, suas principais etiologias e suas classificações à luz das diretrizes da Associação Americana de Lesão Espinal;
- Apresentar os procedimentos adjuvantes pós cirúrgicos e sua importância para a reabilitação;
- Demonstrar a biomecânica responsável pela extensão do cotovelo;
- Conceituar *tetrahand*;
- Diferenciar a cirurgia de transferência de nervos da cirurgia de transferência tendinosa, destacando os critérios de escolha entre uma intervenção e outra;
- Descrever a inervação responsável pelo movimento de extensão do cotovelo.

2 Fundamentação teórica

Tetraplegia é uma condição com múltiplas etiologias possíveis, sendo a lesão medular traumática (LMT) a mais comum entre elas. No caso de LMT, sua manifestação é abrupta, implicando em uma série de complicações que afetam tanto o paciente quanto as pessoas ao seu redor (Titolo *et al.*, 2019). No Brasil, estima-se que a maior incidência ocorre em indivíduos do sexo masculino na faixa etária entre 10 e 30 anos (Brasil, 2015).

Ademais, o quadro é definido como a perda completa da função motora dos quatro membros, além dos casos de LMT, outras possíveis causas de tetraplegia também abrangem doenças encefálicas, medulares, periféricas, neuromusculares e musculares (Bertelli *et al.*, 2011; Nehete; Bertelli, 2019).

A condição não é contemplada pela lista nacional de doenças e agravos de notificação compulsória, conforme Portaria GM/MS nº 420, de 2 de março de 2022, o que dificulta a estimativa precisa dos indicadores de incidência e morbidade (Brasil, 2022). Sabe-se, entretanto, que os acidentes automobilísticos representam a principal etiologia da LMT (Brasil, 2015).

Dados obtidos pelo Sistema de Informação de Morbidade Hospitalar do SUS por causas externas indicam que, entre janeiro de 2023 e janeiro de 2024, foram registradas 283.374 internações hospitalares por acidentes de transporte. Destas, 154.566 envolveram motociclistas, o que corresponde a 54,5% do total no período (Brasil, 2024). Ainda no mesmo intervalo, houve 1.592.740 internações por causas externas, sendo que acidentes automobilísticos representam 17,8% do número total de internações por causas externas, dados que contribuem para a compreensão epidemiológica da LMT (Brasil, 2024).

Nos últimos dez anos foram realizados alguns estudos em hospitais de referência de trauma e em hospitais universitários, que contribuíram para a compreensão da relação entre esse quadro clínico e o perfil epidemiológico dos pacientes acometidos, considerando fatores como idade, sexo, mecanismo de lesão e região vertebral atingida. Esses dados são particularmente relevantes para estratégias de tratamento e, sobretudo, de prevenção.

Paiva *et al.*, (2023) avaliou 41 pacientes com LMT atendidos no Hospital das Clínicas de Campinas entre maio de 2018 e maio de 2019. A maioria dos indivíduos era

do sexo masculino (83%), com idade média de 26,5 anos (variando entre 11 e 46 anos). Os principais mecanismos de trauma foram acidentes de trânsito (56,1%), mergulho em águas rasas (17,1%) e ferimentos por arma branca ou de fogo (17,1% cada). Em relação à localização da lesão, observou-se predomínio torácico (56,1%), seguido por acometimentos cervicais (43,9%).

Araújo Junior (2021) analisou 705 casos registrados em três hospitais de referência em trauma na cidade de Curitiba-PR, ao longo do ano de 2018. A população foi composta majoritariamente por homens (63,97%), com média de idade geral de 48,23 anos ($\pm 20,62$). A média de idade foi de 44,92 anos entre os homens e 54,09 anos entre as mulheres. A faixa etária mais acometida foi de 21 a 30 anos (18,16% dos casos). Os principais mecanismos de trauma foram acidentes de trânsito (33,76%), quedas de grande altura (29,08%) e quedas do mesmo nível (25,39%). As fraturas concentraram-se predominantemente na região toracolombar, em especial entre T10 e L2 (45,41%), sendo a L1 a vértebra mais frequentemente lesionada (17,96%).

Silva *et al.* (2018) estudou 143 pacientes operados no Hospital das Clínicas da UNICAMP entre 2012 e 2017. Houve predominância do sexo masculino (83,9%), com média de idade de 37,8 anos (variando de 16 a 82 anos). Os principais mecanismos de trauma foram quedas (32%), acidentes de moto (26,6%), acidentes de carro (25,2%) e mergulho em águas rasas (4,9%). A maioria das lesões ocorreu na transição toracolombar (T11–L2), representando 75% dos casos, com média de 1,4 fraturas por paciente. Nenhuma das fraturas foi tratada cirurgicamente.

Lomaz *et al.*, (2017) baseou sua análise em 202 registros médicos do Hospital Universitário da Universidade Federal de Uberlândia, abrangendo o período de 2008 a 2014. A média de idade dos pacientes foi de 37 anos, com maior concentração entre 20 e 39 anos. A população foi predominantemente masculina (75,2%). Os principais mecanismos de trauma incluíram acidentes automobilísticos (28,5%), acidentes de moto (23,5%), quedas (15,5%) e outros (32,5%). Quanto à topografia das lesões, observou-se distribuição relativamente equilibrada entre os segmentos cervical (33,5%), torácico (32,9%) e lombar (34%).

Considerando a análise conjunta dos dados apresentados no Quadro 1, é possível traçar um perfil epidemiológico para a LMT no Brasil. Trata-se de uma condição que acomete majoritariamente indivíduos do sexo masculino, especialmente

na faixa etária entre 20 e 40 anos. Os principais mecanismos de lesão envolvem acidentes de trânsito (incluindo veículos automotores e motocicletas), quedas e mergulhos em águas rasas. A região toracolombar, por sua vez, é frequentemente apontada como a mais acometida, embora haja variação entre os estudos.

Quadro 1 Epidemiologia da lesão medular traumática

	Paiva et al. (2023)	Araújo Junior, (2021)	Silva et al. (2018)	Lomaz et al. (2017)
Local	Hospital das Clínicas de Campinas	Hospital do Trabalhador (HT); Hospital Universitário Cajuru (HUC); Hospital Universitário Evangélico Mackenzie (HUEM).	Hospital das Clínicas da UNICAMP	Hospital Universitário da Universidade Federal de Uberlândia
Data	De maio de 2028 a maio de 2019	De janeiro a dezembro de 2018	2012: 25 (17%) 2013: 21 (14%) 2014: 35 (24%) 2015: 33 (23%) 2016: 27 (18%) 2017: 2 (1%)	Registros médicos de 2008 a 2014
Número total de pacientes	41	705	143	202
Sexo	34 homens (83%), 7 mulheres (17%)	451 homens (63.97%) 254 mulheres (36.03%)	120 homens (84%) 23 mulheres (16%)	Homens 75.2% Mulheres 24.8%
Idade média (anos)	Idade no trauma 26.5 anos (11–46 anos)	Média geral: 48.23 ± 20.62 Por sexo: 44.92 (homens) 54.09 (mulheres) Faixa etária com maior incidência: 21-30 (18.16% do total)	37.8 (16–82 anos)	37 anos Maior incidência: entre 20 e 39 Mínima: masculino: 12 feminino: 9 Máxima: masculino: 76 feminino: 77 anos
Causa/mecanismo do trauma	Acidentes de trânsito 23 (56.1%) Quedas de altura 4 (9.8%) Mergulho em águas rasas 7 (17.1%)	Acidentes de trânsito 33.76% Quedas de grande altura 29.08% Quedas do mesmo nível 25.39%	Quedas 47 (32%) Acidentes de moto 38 (26%) Acidentes de carro 36 (25%) Mergulho em águas rasas 7 (4%)	Acidente automobilístico: 28.5% Acidente de moto: 23.5% Quedas: 32.5% Outros traumas: 15.5%

	Paiva <i>et al.</i> (2023)	Araújo Junior, (2021)	Silva <i>et al.</i> (2018)	Lomaz <i>et al.</i> (2017)
	Ferimentos por arma branca ou arma de fogo 7 (17.1%)		Atropelamento 7 (4%) Explosão 5 (3%) Coice de animal doméstico 1 (0.7%) Agressão física direta 1 (0.7%)	
Localização da lesão	Trauma cervical: 18 (43.9%) Trauma torácico: 23 (56.1%)	Região anatômica mais afetada: Coluna lombar, seguida pela torácica, cervical e sacral (<2%)	Nível da fratura vertebral: Junção craniovertebral 19 (9.33%) Coluna cervical subaxial (C3-C7) 75 (36%) Coluna toracolombar 110 (53.9%)	Cervical: 33.5% Torácica: 32% Lombar: 34.5%

Fonte: Araújo Junior, 2021; Lomaz *et al.*, 2017; Paiva *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2018

Peljovich (2020) descreve que, quando decorrente de trauma, as principais causas da tetraplegia incluem acidentes automobilísticos e quedas. O impacto funcional e social da condição representa uma relevante questão de saúde pública.

Além dos acidentes de trânsito, outras causas associadas à LMT incluem intercorrências com projéteis de arma de fogo, quedas de grandes alturas, mergulho em águas rasas (Brasil, 2015) e acidentes durante práticas esportivas (Fox *et al.*, 2018). A LMT resulta na paralisia da função motora distal à região lesionada da medula, enquanto os grupos musculares inervados por fibras proximais permanecem íntegros, preservando suas funções motoras (Harhaus *et al.*, 2023).

A LMT cervical pode ser completa ou incompleta, a depender da gravidade e do padrão do dano neural. Frequentemente resulta de uma tríade de causas: acidentes automobilísticos, quedas e violência urbana. A disfunção neurológica pode afetar neurônios motores superiores (UMN), inferiores (LMN) ou ambos, conforme o nível e a extensão da lesão (Fox *et al.*, 2018).

Em se tratando de pacientes idosos, a síndrome do cordão central, uma lesão incompleta da medula espinhal, ocorre com frequência em casos de espondilose cervical, geralmente devido a lesões por hiperextensão. A paralisia resulta de

hematomielia, degeneração corticospinal, morte neuronal e possíveis lesões radiculares associadas (Bertelli; Ghizoni, 2012).

Na lesão cervical completa da medula espinhal, há a desconexão dos nervos periféricos do controle central, causando tetraplegia, reduzindo a função dos membros superiores e a independência dos pacientes (Van Zyl *et al.*, 2019). Esse quadro pode levá-los a depender do uso dos membros superiores para mobilidade e para outras atividades cotidianas (Peterson *et al.*, 2019). Tais lesões frequentemente resultam em perda de controle motor e sensorial abaixo do nível da lesão (Carré *et al.*, 2023)

No caso de uma lesão completa, a depender da altura da lesão, há perda de função do TB, que resulta em paralisia do músculo e perda do movimento de extensão do cotovelo, com a funcionalidade dos músculos bíceps e braquiorradial preservada, preservando a capacidade de flexão do cotovelo (Bertelli; Ghizoni; Tacca, 2011).

As lesões medulares na altura de C6 resultam em perda da extensão do cotovelo devido à paralisia do tríceps, enquanto as funções do ombro e flexão do cotovelo são preservadas. Isso ocorre porque os motoneurônios que inervam o deltoide posterior e o redondo menor estão localizados acima do nível da lesão, enquanto os do tríceps estão abaixo, perdendo o controle supramedular (Bertelli *et al.*, 2011).

A fisiopatologia da tetraplegia por LMT varia conforme a região medular acometida. Indivíduos com lesões nas regiões C5 ou C6 apresentam comprometimento na EC devido à paralisia do músculo TB, movimento fundamental para atividades diárias como vestir-se e alimentar-se (Zlotolow; Kripke; Kozin, 2023).

Pode-se dizer que a perda de controle dos membros superiores, consequência da lesão medular cervical, pode desencadear significativa dependência funcional (Zhong *et al.*, 2021), afetando as atividades da vida diária e de cuidados pessoais, restringindo assim a integração comunitária e a qualidade de vida (Dengler *et al.*, 2021).

A paralisia periférica resultante dessas lesões é desencadeada pela morte neuronal no local da lesão medular, resultando em degeneração walleriana e denervação muscular com subsequente atrofia (Bertelli; Ghizoni, 2015). A desconexão entre nervos periféricos e controle central decorrente de lesão cervical manifesta-se de forma variável, dependendo da gravidade da lesão e do tempo de intervenção (Peljovich, 2020).

Em estudo realizado por Morishita, Kawano, Maeda (2022), os pesquisadores compararam exames de ressonância magnética (RM) de pacientes com mielopatia espondilótica cervical e LMT cervical sem fraturas graves ou deslocamentos vertebrais. As imagens ponderadas em T2 apresentaram alta intensidade de sinal em todos os casos, sugerindo edema ou petéquias na área da lesão. Já as imagens ponderadas em T1 mostraram redução da intensidade do sinal em 47,62% dos casos de LMT, enquanto não houve alteração nos casos de mielopatia espondilótica cervical (Morishita; Kawano; Maeda, 2022).

Na avaliação da lesão por RM de uma LMT aguda, são observadas áreas de sinal intramedular anormal em imagens ponderadas por T2, sugerindo edema ou hemorragia petequiral. Estágios subagudos ou crônicos, sinais de necrose ou cistos intramedulares podem ser observados em imagens ponderadas por T1. A RM é o padrão-ouro para caracterização e monitoramento das lesões medulares. A correlação entre as imagens obtidas permite diferenciar lesões traumáticas das degenerativas e orientar o plano de reabilitação (Morishita; Kawano; Maeda, 2022).

De acordo com Morishita, Kawano, Maeda (2022), “A hiperextensão da espinha cervical é postulada como um importante mecanismo da LMT cervical na ausência de lesões ósseas graves”. O autor afirma ainda que:

A maioria dos pacientes com lesão traumática da medula espinal cervical sem luxação ou fratura maior têm alterações espondilóticas cervicais pré-existentes ou ossificação cervical do ligamento longitudinal posterior, resultando em um estreitamento do canal espinal cervical (Morishita; Kawano; Maeda, 2022).

Um diagnóstico adequado é fundamental para a tomada de decisões em casos de LMT. Critérios como a presença e o grau de espasticidade, contraturas e preferência do paciente devem ser considerados (Berger *et al.*, 2022). Além disso, avaliação psicológica e análise das comorbidades são imprescindíveis (Liew; Shim; Gong, 2020).

A avaliação pré-operatória inclui o eletrodiagnóstico, que detecta a elegibilidade do paciente para cirurgia e define o momento ideal para sua realização. Os objetivos são avaliar a integridade dos nervos doadores, a condição do músculo-nervo receptor e a extensão da lesão, além de descartar outras condições concomitantes do sistema nervoso periférico, como lesões do plexo braquial,

neuropatias periféricas ou por aprisionamento, que possam influenciar o desfecho cirúrgico (Berger *et al.*, 2022).

Quanto à avaliação da força muscular, o doador candidato é examinado com base na escala do British Medical Research Council (BMRC), que varia de 0 a 5 de acordo com a força do movimento em diferentes graus de dificuldade. Para ser considerado apto, o músculo deve apresentar classificação igual ou superior a M4, ou seja, capacidade de vencer resistência (Harhaus *et al.*, 2023).

A classificação da lesão segue as diretrizes da ASIA, por meio da AIS, que avalia déficits motores e sensitivos abaixo do nível da lesão. A escala categoriza os pacientes da seguinte forma: AIS A: lesão completa, sem função motora ou sensitiva abaixo do nível da lesão; AIS B a D: lesões incompletas, com graus variáveis de preservação funcional; AIS E: função motora e sensitiva normal (Hill *et al.*, 2020; Morishita; Kawano; Maeda, 2022).

Em lesões cervicais, predominam as classificações AIS A (47%) e AIS B (25%), o que reflete a gravidade dos traumas geralmente envolvidos (Dengler *et al.*, 2021). A Figura 1 elucida a classificação da lesão espinal.

Figura 1 International Standards for neurological classification of spinal cord injury

Fonte: Rupp *et al.*, 2021.

A extensão do cotovelo é uma função essencial para a realização de diversas atividades que exigem estabilidade e controle do membro superior, sendo o tríceps braquial o principal músculo responsável por esse movimento. A cabeça longa do tríceps, além de atuar na EC, contribui significativamente para a estabilização do ombro, característica crucial em pacientes tetraplégicos, nos quais a perda dessa funcionalidade impacta gravemente a independência em tarefas diárias (Bertelli *et al.*, 2011; Peljovich, 2020).

O TB, estrutura responsável pela EC, é um músculo do braço inervado a partir do nervo radial, de modo que lesões a nível de C6 acabam prejudicando o controle supramedular desse músculo, mas preservando os ramos para redondo menor e deltoide (Bertelli *et al.*, 2011). Essa característica anatômica possibilita a transferência do ramo do nervo braquial intacto para os ramos motores da cabeça medial do tríceps, conforme foi realizado no caso clínico apresentado por Bertelli, Ghizoni (2012).

A escolha dos ramos do nervo axilar como doador leva em conta a sua inervação intacta em lesões de nível de C6, sobretudo, o ramo para o redondo menor sendo particularmente vantajoso por ser considerado funcionalmente dispensável (Bertelli *et al.*, 2011)

O músculo TB é formado por três cabeças: longa, lateral e medial, sendo as cabeças longa e medial, importantes para a EC (Van Zyl *et al.*, 2019). As três são inervadas pelo mesmo nervo (radial), antes de penetrar no sulco umeral. Essa característica é relevante para a restauração por meio de transferência de nervos (Coulet; Chammas, 2022). O nervo radial, por sua vez, origina-se das raízes C5 a T1 (Peljovich, 2020).

Além da extensão de cotovelo, a cabeça longa também contribui com a estabilização do ombro, o que representa importância significativa para realizar atividades que necessitam de alcance e de estabilidade do membro superior (Bertelli *et al.*, 2011). Ademais, a porção superior da cabeça medial contribui com a estabilização do braço durante o movimento (Bertelli *et al.*, 2017).

A EC é fundamental para propulsionar a cadeira de rodas e para alternar entre posições (Van Zyl *et al.*, 2019). A força desse grupo muscular é crucial para que, durante atividades de levantamento de peso, o estresse exercido sobre o ombro seja reduzido (Peterson *et al.*, 2019). Sobretudo, entende-se também que o TB é necessário

para a realização de movimentos executados durante atividades funcionais (Peljovich, 2020).

Em situações de comprometimento da função do tríceps, estratégias de reabilitação, como transferências de nervo e tendinosas, são amplamente utilizadas. Transferências de nervo dos ramos do nervo axilar para os ramos motores do tríceps (cabeças longa e medial), têm sido aplicadas para restaurar a EC, a fim de otimizar o controle motor sem comprometer outras funções musculares (Bertelli; Ghizoni, 2015; Fox *et al.*, 2018).

A restauração da EC é necessária para realização de atividades que exigem força e controle precisos (Van Zyl *et al.*, 2019; Peterson *et al.*, 2019). Em termos de avaliação funcional, a Escala do Conselho de Pesquisa Médica (MRC, Medical Research Council) é utilizada para monitorar a força muscular e a recuperação motora (Bertelli; Ghizoni, 2003).

Dessa forma, a biomecânica da EC envolve a integração funcional do TB e estratégias de reabilitação adaptadas às condições específicas de cada paciente, promovendo a recuperação funcional e a independência em atividades cotidianas.

A base da cirurgia de reabilitação de mãos em tetraplégicos consiste na transferência de ramos nervosos ou de músculos com inervação proximal intacta para segmentos distais paralisados, com o objetivo de restaurar funções motoras perdidas (Harhaus *et al.*, 2023). Entre as funções prioritárias para restauração, está a EC, fundamental para elevar os braços acima da cabeça, realizada pela transferência do deltoide, ou do bíceps, para o tríceps; o movimento key grip, que permite prensar o polegar contra o indicador, essencial para higiene pessoal; e a prensa palmar, possibilitada pela transferência do extensor radial longo do carpo para os flexores dos dedos (Liew; Shim; Gong, 2020).

A EC costuma ser a primeira função a ser restaurada na reconstrução dos membros superiores em tetraplegia. O TB é o principal músculo responsável por esse movimento. Devido à sua anatomia, a TN da cabeça longa pode ser realizada sem comprometer as cabeças medial e lateral do tríceps (Coulet; Chammas, 2022).

Transferência muscular:

A transferência muscular, frequentemente associada à tenodese, é indicada em pacientes que não apresentam função ativa do músculo flexor do cotovelo. Ela consiste na transposição de um músculo funcional para substituir a função paralisada, visando restaurar movimentos essenciais (Harhaus *et al.*, 2023).

Tenodese:

A tenodese consiste em procedimento cirúrgico no qual se promove a fixação do tendão para estabilizar a articulação, permitindo ao paciente movimentar o membro superior em função da ação de músculos adjacentes preservados (Coulet; Chammas, 2022).

Dado o exposto, o manejo da tetraplegia em LMT requer avaliação multidisciplinar, incluindo neurocirurgia, fisioterapia e reabilitação funcional, para maximizar a recuperação e qualidade de vida dos pacientes (Harhaus *et al.*, 2023).

Transferência tendinosa:

A TT corresponde a um procedimento cirúrgico no qual se realiza uma incisão no tendão funcional doador em sua inserção, reencaminhando-o para uma nova região onde a função muscular está inativa devido à lesão prévia. Trata-se, portanto, de uma operação de reorientação para reativar a musculatura danificada por meio da musculatura funcional preservada (Liew; Shim; Gong, 2020).

Esse procedimento visa redirecionar a função de músculos disponíveis, como o bíceps braquial (BB), para o tríceps braquial, permitindo, por exemplo, a restauração da EC e garantindo movimentos completos e controlados (Carré *et al.*, 2023; Coulet; Chammas, 2022). A utilização do músculo trapézio inferior também se demonstrou eficaz em reconstruções da EC, com resultados funcionais positivos (Nehete; Bertelli, 2019).

De acordo com Bertelli *et al.* (2011), a TT depende da força residual do músculo doador, e frequentemente resulta em recuperação funcional limitada. A adoção da técnica deve levar em consideração aspectos como a disponibilidade de nervos funcionais acima do nível da lesão e o tempo decorrido desde o trauma.

De acordo com Coulet, Chammas (2022), existem poucos músculos que podem ser transferidos na restauração da extensão do tríceps sem que tenha como consequência um resultado deletério em seu sítio de doação. Os autores afirmam que as técnicas de EC são baseadas nas transferências de dois músculos: o deltoide posterior (DP) e o BB.

As principais técnicas de TT utilizadas para restaurar a extensão voluntária do cotovelo mencionadas anteriormente são: a transferência do BB para o TB (método de Zancolli) e a transferência do DP para o tríceps (método de Möberg). A escolha entre elas depende do treinamento do cirurgião e da avaliação pré-operatória (Coulet; Chammas, 2022).

A transferência de BB para o TB, em pacientes com tetraplegia decorrente de LMT de C5 ou C6, é denominada método Zancolli. Esse equivale à transferência do tendão de um bíceps não paralisado para o sítio de inserção do tríceps paralisado (Peterson *et al.* 2019).

Utilizando uma estrutura computacional de dinâmica avançada, Peterson *et al.* (2019), estudaram a transferência do bíceps para o tríceps (método Zancolli) com o intuito de compreender se essa intervenção pode reduzir o estresse sobre o manguito rotador de pacientes tetraplégicos durante levantamentos com sustentação de peso, partindo da hipótese inicial de que a cirurgia reduziria a tensão sobre a musculatura do manguito rotador quando comparado ao indivíduo não operado.

Constatou-se que a presença de tensão sobre o manguito rotador está presente em pacientes tetraplégicos independentemente da realização ou não da TT em questão. Portanto, a transferência do bíceps para o tríceps não é eficaz para reduzir o estresse no manguito rotador durante levantamentos de peso sustentados pelos membros superiores em indivíduos com tetraplegia (Peterson *et al.* 2019).

O método de Zancolli é utilizado preferencialmente quando o método de Möberg é contraindicado. Isso se deve ao fato de o método Zancolli possuir uma pior reputação por supostamente resultar em um enfraquecimento da flexão do cotovelo. (Coulet; Chammas 2022).

De acordo com Coulet, Chammas (2022), o preterimento em relação ao método Zancolli deve-se a ter sido aplicado em pacientes com lesões medulares mais graves, culminando em resultados menos promissores. Os autores sugerem ainda que a

escolha depende da avaliação pré-operatória detalhada e da presença de certas condições, como fraqueza do deltoide posterior, instabilidade anterior do ombro, contratura em flexão do cotovelo e deformidade em supinação.

A transferência do DP para o TB corresponde ao método de Möberg. O músculo DP é responsável pelo movimento de extensão do ombro. A transferência desse músculo para o TB não acarreta perda funcional significativa para o paciente tetraplégico, sendo uma opção adequada para TT (Bertelli *et al.* 2011).

O quadro 2, adaptado do trabalho do Coulet, Chammas (2022), ilustra os pontos de consideração quanto às duas técnicas de transferência tendinosa.

Quadro 2 Métodos de Zancolli e de Moberg

	Método de Zancolli e Mitre (bíceps braquial - tríceps braquial)	Método de Zancolli e Mitre (bíceps braquial - tríceps braquial)
Indicações	Déficit de EC ativa Combinada com: - Contratura em flexão residual entre 20° e 40° após a reabilitação - deformidade de supinação	Déficit de EC ativa
Avaliação pré-operatória	- Motilidade passiva da flexão e EC - Motilidade passiva da pronação do antebraço - Buscar por deformidades de supinação que possam estabilizar a mão em pronação - Controle do BB (buscar por hipertonia) - Avaliar os supinadores	- Motilidade passiva da flexão e EC - Motilidade passiva da pronação do antebraço - Buscar por deformidades de supinação que possam estabilizar a mão em pronação - Avaliação da força do DP (>4 BMRC) - Estabilidade do ombro anterior: peitoral maior / deltoide anterior
Contraindições	- Lesão óssea ou articular no cotovelo ou no antebraço - Lesão traumática ou neurológica do BB - Deformidade fixa em supinação (necessário adicionar osteotomia de pronação do rádio à transferência)	- Contratura da flexão do cotovelo > 20° - Estabilidade do ombro anterior reduzida (antepulsão) - Grau BMRC do deltoide anterior inferior a 4 - Deformidade em supinação
Pontos técnicos importantes	- Garrote estéril - Liberação e colheita mais distal do tendão do bíceps - Abordagem posterior e liberação do tendão do tríceps e suas expansões laterais - Túnel subcutâneo medial, amplo e direto - Liberação do garrote - Liberação proximal do BB e transferência para trás - Fechamento da abordagem anterior	- Decúbito lateral - Identificar e liberar o DP (excursão com tração >2–3 cm) - Duas incisões distintas mais a liberação lateral do tendão do tríceps - Fixação da transferência o mais próximo possível do olécrano sob tensão máxima (procurar <90° de flexão do cotovelo contra a gravidade) - Imobilização pós-operatória em extensão

	Método de Zancolli e Mitre (bíceps braquial - tríceps braquial)	Método de Zancolli e Mitre (bíceps braquial - tríceps braquial)
	<ul style="list-style-type: none"> - Fixação da transferência o mais próximo possível do olécrano sob tensão máxima (procurar <90º de flexão do cotovelo contra a gravidade) - Imobilização pós-operatória em extensão - Iniciar a reabilitação na 4ª semana — trabalho ativo assistido; ganho de 10º a 20º por semana - Imobilização quando não estiver realizando sessões de reabilitação até 8 semanas - Trabalho de resistência a partir de 8 semanas 	<ul style="list-style-type: none"> - Iniciar a reabilitação na 4ª semana — trabalho ativo assistido; ganho de 10º a 20º por semana - Imobilização quando não estiver realizando sessões de reabilitação até 8 semanas - Trabalho de resistência a partir de 8 semanas
Erros a serem evitados	<ul style="list-style-type: none"> - Dano ao nervo cutâneo lateral do antebraço - Não ligar a artéria recorrente radial - Colheita de um tendão do bíceps excessivamente curto - Realizar a transferência do BB sem antes corrigir uma deformidade fixa em supinação por osteotomia de pronação do rádio - Dano ao nervo radial durante a liberação do bíceps - Não liberar as expansões laterais do tríceps - Fixação do transplante muito longe do olécrano - Deixar de prescrever imobilização pós-operatória - Recuperação da flexão do cotovelo muito rapidamente 	<ul style="list-style-type: none"> - Liberar o deltoide muito proximalmente e danificar o nervo axilar - Colheita insuficiente do tendão do deltoide e de seu perióstio - Dano ao nervo radial devido à dissecação extensa na inserção do deltoide - Unir as duas incisões (risco de infecção e aderências) - Fixação do transplante muito longe do olécrano - Ajustar a tensão no transplante com o ombro em antepulsão - O nó do ligamento sintético protrui e fica subcutâneo - Deixar de prescrever imobilização pós-operatória - Movimentos inoportunos de antepulsão do ombro causando perda de tensão - Recuperação da flexão do cotovelo muito rapidamente

Fonte: Coulet; Chammas, 2022.

Tradicionalmente, as transferências do deltoide posterior e do bíceps braquial para o tríceps foram muito utilizadas para a recuperação do movimento de extensão do cotovelo. Apesar disso, nos últimos anos, alguns cirurgiões têm demonstrado preferência pela execução da transferência de nervos. Esse procedimento pode por vezes falhar, sobretudo em decorrência de fatores como idade avançada do paciente, baixa disponibilidade de nervos doadores ou um espaço de tempo grande entre a lesão e a cirurgia (Nehete; Bertelli, 2019).

Nehete, Bertelli (2019) descreveram dois casos nos quais, após a falha da realização da transferência dos nervos (divisões posterior e anterior do nervo axilar para o TB), realizou-se a transferência do trapézio inferior como procedimento de salvamento na reconstrução da EC. A utilização do nervo axilar impossibilita a utilização do músculo deltoide como tendão doador. Paralelamente, as extensões do polegar e dos dedos costumam ser realizadas concomitantemente utilizando o nervo para o supinador para o nervo interósseo posterior. De modo que, em uma transferência do bíceps para o tríceps, o movimento de supinação será perdido (Nehete; Bertelli, 2019).

Realizou-se a transferência do trapézio inferior (Figura 2) na reconstrução da EC de pacientes tetraplégicos como salvamento após falha da TN, técnica já descrita para pacientes com lesão do plexo braquial. Ambos os pacientes apresentaram má recuperação da EC após as cirurgias, e, em um tempo mínimo de 24 meses posteriores, realizaram-se as transferências do trapézio para o TB (Nehete; Bertelli, 2019). A descrição da técnica cirúrgica realizada por Nehete, Bertelli (2019) é a seguinte:

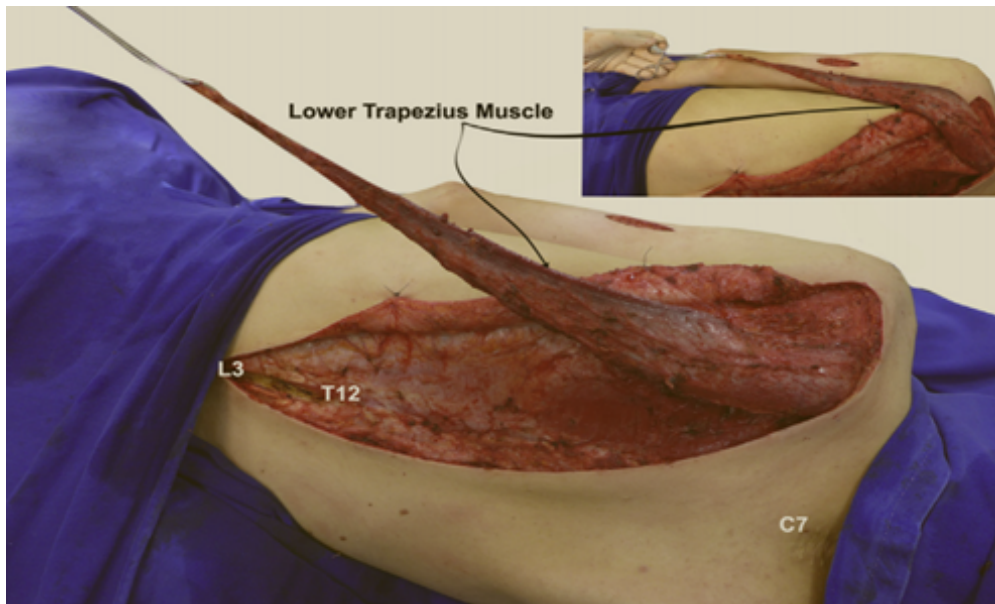
Foi feita uma incisão da espinha da escápula até a vértebra T12. O músculo trapézio foi colhido da vértebra T12, em continuidade com uma tira de fásia de 1 a 2 cm de largura e 6 a 8 cm de comprimento sobre os processos espinhosos de T12 a L3. O trapézio foi destacado da coluna até C7 para melhorar o arco de rotação. Foi tomado cuidado para não lesionar os músculos rombóides. O nervo acessório espinhal foi identificado e protegido. O lado medial do trapézio inferior, que foi inserido na coluna, foi suturado à borda medial e à espinha da escápula. Uma incisão de 10 cm de comprimento foi criada sobre a superfície posterior do ombro e do braço, e uma segunda incisão, novamente de 10 cm de comprimento, sobre o tendão do tríceps (Nehete; Bertelli, 2019).

Através das incisões foi realizado o tunelamento do trapézio inferior até o tendão do TB. Ao final da operação, o membro foi imobilizado com gesso, o ombro foi mantido completamente abduzido e estendido em 30º e o cotovelo foi flexionado em 20º. Manteve-se o gesso pelo período de quatro semanas, período em que os pacientes foram orientados a realizar a individualização do trapézio inferior e contraí-lo 10 vezes, três vezes ao dia (Nehete; Bertelli, 2019).

Conforme apresentado, em ambos os casos clínicos relatados pelos autores, a transferência do músculo trapézio foi eficaz em restaurar a EC, demonstrando a

viabilidade e o sucesso de uma abordagem tendinosa, mesmo como "resgate" (salvamento) após falha da primeira técnica aplicada (Nehete; Bertelli, 2019).

Figura 2 Transferência de trapézio inferior para a tendão do tríceps braquial



Fonte: Nehete; Bertelli, 2019.

A cirurgia de TT não possui janela máxima para sua realização, mas há um tempo mínimo, que corresponde ao plateau da recuperação funcional da LMT: em torno de 12 a 18 meses. Dependendo do quadro clínico, podem ser transferidos tanto o DP quanto o BB. A função de abdução do ombro é mantida pela parte anterior do deltoide, e a flexão e a supinação do antebraço permanecem preservadas pelos músculos braquial e supinador do cotovelo (Liew; Shim; Gong, 2020).

A recuperação pós-operatória inclui período de imobilização seguido de reabilitação para reeducação da nova função muscular, geralmente em poucos meses. Complicações associadas, embora raras, incluem ruptura, atenuação ou aderência do tendão transferido (Liew; Shim; Gong; 2020).

Transferência de nervos:

A transferência de nervos periféricos realizada em pacientes tetraplégicos decorrentes de LMT é utilizada para restaurar tanto a função do braço quanto da mão em casos de lesão medular espinal, promovendo maior independência aos pacientes. Quando comparada à transferência tendinosa, a transferência de nervos periféricos

mostrou menor necessidade de imobilização pós-operatória (Dengler *et al.*, 2021), menor período de imobilização e recuperação funcional mais precisa (Bertelli; Ghizoni; Tacca, 2011).

De acordo com Liew, Shim, Gong (2020), a TN aplicada na tetraplegia é uma técnica relativamente recente, de modo que mesmo especialistas em TT podem não estar familiarizados com ela. Tradicionalmente utilizada na paralisia do plexo braquial, atualmente apresenta resultados promissores para pacientes tetraplégicos.

O primeiro registro de TN em paciente tetraplégico data de 1965, mas foi somente no século XXI que neurocirurgiões passaram a aplicar essa técnica em pacientes acometidos por LMT. As principais indicações são para recuperação da extensão do punho, dos dedos e do cotovelo (Emamhadi; Haghani Dogahe; Gohritz, 2021).

A viabilidade técnica da TN através de abordagem axilar foi demonstrada em estudos cadavéricos realizados por Bertelli *et al.* (2011). Nestes, validou-se a capacidade de realizar coaptações nervosas sem tensão e com mínima discrepância de diâmetro entre os nervos doadores e receptores, atributos fundamentais para o sucesso da neurotização.

A efetividade da TN apresenta um fator crucial para seu sucesso: o tempo, uma vez que a degeneração muscular e axonal progride após a lesão. Assim, as melhores taxas de recuperação são observadas em cirurgias realizadas dentro de 12 meses após a lesão (Dengler *et al.*, 2021; Bertelli; Ghizoni, 2015).

O sucesso diminui consideravelmente quando a intervenção ocorre após esse período, ressaltando a necessidade de uma decisão cirúrgica oportuna (Dengler *et al.*, 2021). Por outro lado, as transferências tendinosas podem ser realizadas a qualquer momento, embora haja preferência dos pacientes por realizá-las também dentro de um ano da lesão (Dengler *et al.*, 2021).

Apesar de a lesão medular a nível de C6 ter como consequência a morte de motoneurônios que inervam o deltoide e o redondo menor, e, desse modo, a redução da contagem de fibras motoras disponíveis nos ramos desses músculos, Bertelli *et al.*, (2011) relatam ser necessário apenas 20 a 30% de fibra muscular transferida para que haja função muscular normal. Ademais, o estudo preconiza um 'timing' cirúrgico para a

TN em torno dos seis meses pós-lesão, distinguindo-a das transferências tendinosas mais tardias.

As transferências de nervo são indicadas quando há nervos funcionais disponíveis, pois permitem reinervação precisa e preservação de funções existentes. Em contraste, transferências tendinosas podem comprometer funções importantes, como ocorre na transferência do bíceps para o tríceps, com a flexão do cotovelo (Bertelli; Ghizoni, 2012). Além disso, as transferências de nervo dispensam longos períodos de imobilização, favorecendo uma recuperação mais rápida (Bertelli *et al.*, 2017).

Nas transferências de nervo, um único nervo doador pode reinervar múltiplos músculos, restaurando várias funções simultaneamente, sem as limitações biomecânicas das transferências tendinosas (Fox *et al.*, 2018). As transferências de nervo possibilitam reconexões motoras específicas, sendo vantajosas em lesões com avulsão radicular. (Bertelli; Ghizoni, 1998). Por outro lado, as transferências tendinosas exigem múltiplos ajustes intraoperatórios de tensão, maiores períodos de reabilitação e apresentam limitações biomecânicas significativas (Van Zyl *et al.*, 2019).

O movimento de EC pode ser restabelecido por intermédio da transferência do ramo DP do nervo axilar (C5) para o ramo do tríceps do nervo radial (C7). A janela temporal para a lesão do nervo motor inferior é preferencialmente menor que 18 meses para evitar atrofia irreversível, enquanto que em lesão do neurônio motor superior, sem atrofia muscular, não há limite temporal para a transferência (Liew; Shim; Gong, 2020).

Para pacientes com C5 preservada, doadores como os ramos do redondo menor e do DP são eficazes para EC, sendo que o uso do ramo do deltoide posterior impossibilita sua reutilização para TT (Emamhadi; Haghani Dogahe; Gohritz, 2021). Em tetraplegia com função C6, ramos do redondo menor são doadores efetivos, especialmente para neurotomia do nervo radial no braço (Liew; Shim; Gong, 2020).

Em casos de tetraplegia com déficit motor do cotovelo e com comprometimento do bíceps, transferências de nervos para o músculo braquial podem restaurar a flexão do cotovelo, melhorando a função global do membro superior (Zlotolow; Kripke; Kozin, 2023). Em pacientes com LMT na faixa etária entre 20 e 50

anos, com função sensorial preservada, a TN apresentou maior sucesso (Berger *et al.*, 2022).

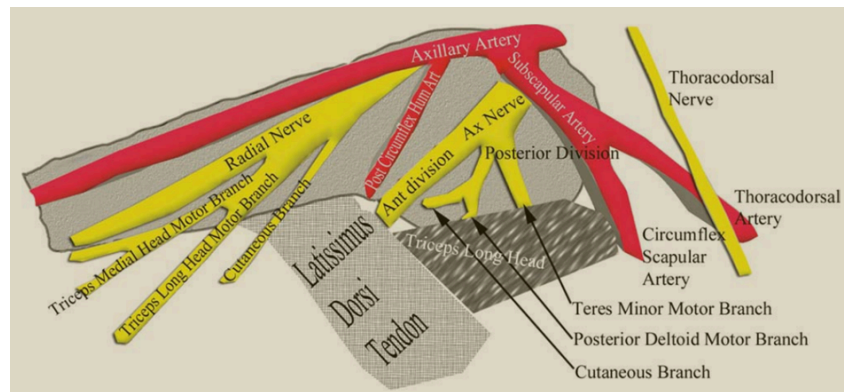
Bertelli *et al.* (2011) realizaram uma investigação laboratorial anatômica, na qual foram realizadas dissecações e simulações cirúrgicas em 10 cadáveres. O número de fibras mielinizadas contabilizadas foi de 961 ± 204 (redondo menor), 937 ± 163 (deltoide posterior) 1.329 ± 353 (cabeça longa do tríceps), 987 ± 283 (cabeça medial do tríceps) e 1.160 ± 506 (nervo toracodorsal).

A análise dos ramos do DP e do redondo menor como doadores para o tríceps demonstrou que, de um ponto de vista anatômico, ambos são adequados para transferência. No entanto, a utilização do ramo motor do DP deve ser cuidadosamente analisada, pois, no caso de falha, o músculo não poderá ser mais utilizado para TT. Em caso de falha de transferência do ramo motor do DP, o uso do músculo como doador torna-se inviável para o TB. O uso do BB restaria como alternativa, mas impossibilitaria a transferência do nervo supinador para a extensão de polegar e dedos (Bertelli *et al.*, 2011).

O músculo redondo menor é responsável pelo movimento de rotação externa do membro superior, movimento realizado sinergicamente em conjunto com o músculo infraespinhal. Desse modo, o ramo motor do redondo menor é dispensável, uma vez que o infraespinhal pode suprir o movimento de rotação externa sozinho (Bertelli *et al.*, 2011).

Em relação ao teste clínico pré-operatório de avaliação de força muscular, o deltoide posterior pode facilmente ser testado na fase pré-operatória. Em contrapartida, os autores destacam que a desvantagem do uso do nervo do redondo menor como doador é a dificuldade em testá-lo clinicamente. Para fazê-lo, é necessário realizar um bloqueio anestésico do músculo infraespinhal, isolando o movimento de rotação externa exclusivamente para o redondo menor (Bertelli *et al.*, 2011).

O estudo de Bertelli *et al.* (2011) apresentou detalhadamente a anatomia dos ramos do nervo axilar, especificamente os destinados ao músculo redondo menor e ao DP, identificando-os como potenciais doadores para a reinervação do tríceps, cujos ramos motores para as cabeças longa e medial (porção superior) são os receptores primários. A Figura 3 esquematiza possíveis nervos doadores utilizados.

Figura 3 Representação esquemática dos nervos radiais e axilares

Fonte: Bertelli *et al.*, 2011

Embora as transferências de nervo sejam preferidas por oferecerem destreza e resultados funcionais mais naturais, elas exigem diagnóstico precoce e intervenção antes da atrofia muscular irreversível (Hill *et al.*, 2020). Nos casos em que as transferências de nervo falham ou não são viáveis, as transferências tendinosas, como a do trapézio inferior, podem ser alternativas eficazes (Nehete; Bertelli, 2019). Entretanto, destaca-se que procedimentos tendinosos, como a transferência do bíceps para o tríceps, não eliminam completamente o estresse sobre o manguito rotador durante atividades que exigem levantamento de peso (Peterson *et al.*, 2019).

Transferências de nervo são frequentemente indicadas em fases iniciais de paralisias tronculares ou do plexo braquial, antes da instalação de atrofia muscular irreversível. Por sua vez, as transferências tendinosas são amplamente utilizadas em tetraplégicos, devido à escassez de nervos doadores disponíveis nessa população (Coulet; Chammas, 2022). Apesar de as transferências de nervo apresentarem vantagens como menor tempo de recuperação, sua aplicação em tetraplégicos é limitada pela falta de nervos funcionais, mantendo a TT como a técnica predominante nesses casos (Carré *et al.*, 2023).

As transferências de nervo proporcionam melhor destreza, recuperação funcional mais rápida e menor imobilização pós-operatória em comparação com as transferências tendinosas (Ziaziaris *et al.*, 2022). Não obstante, ambas as técnicas podem ser combinadas para maximizar os benefícios funcionais, dependendo do quadro clínico do paciente e das estruturas disponíveis (Van Zyl *et al.*, 2019). A decisão entre os procedimentos deve ser informada e individualizada,

considerando fatores como o tempo desde a lesão, a disponibilidade de nervos ou tendões doadores e as condições específicas da medula espinhal (Morishita; Kawano; Maeda, 2022; Peljovich, 2020).

Enquanto as transferências de nervo permitem coaptação tension-free e potencialmente maior recuperação funcional, as transferências tendinosas oferecem melhora imediata da função motora, mas com necessidade de ajustes intraoperatórios complexos e maior tempo de imobilização (Bertelli; Ghizoni, 2013; Ziariaris *et al.*, 2022). Ambas as técnicas possuem indicações e limitações bem definidas, sendo imprescindível uma avaliação cuidadosa para definir a abordagem cirúrgica mais adequada para cada paciente.

Bertelli e Ghizoni (2013), descreveram um relato de caso notável onde foi ilustrada a aplicação clínica da TN para a EC. O estudo descreveu um homem de 53 anos diagnosticado com síndrome medular central aguda. A operação foi realizada 5 meses após a lesão traumática e o paciente apresentava paralisia total do tríceps.

Nesse caso, foi realizada a transferência do ramo do nervo braquial para os ramos motores da cabeça medial do tríceps, sob anestesia geral e sem uso de relaxantes musculares. No pós-operatório o paciente foi imobilizado em tipoia por apenas uma semana e foi adotada apenas uma abordagem medicamentosa com decanoato de nandrolona durante três meses (Bertelli; Ghizoni, 2012)

O paciente em questão apresentou significativa recuperação funcional. Após três meses, recuperou força grau M3. Após seis meses, obteve força M4. Após 12 meses de operação, atingiu 5 kg de força na EC, com controle ativo da flexão-extensão do cotovelo, sem problemas de co-contracção apesar da transferência de um nervo antagonista. Por fim, os autores destacam a importância do timing cirúrgico como um critério fundamental para a transferência do ramo do nervo para o músculo Braquial para os ramos motores da cabeça medial do tríceps. E destacam que essa abordagem pode ter indicações em casos de tetraplegia completa (Bertelli; Ghizoni, 2012).

De acordo com Coulet, Chammas (2022), a inervação da cabeça longa do TB separa-se do nervo radial imediatamente após o seu feixe posterior, atributo que possibilita a realização de TN sem o comprometimento da inervação das cabeças lateral e medial.

Bertelli, Ghizoni (2015) relataram sete casos de pacientes com média de idade de 26 anos e uma média de sete meses de intervalo entre o acidente traumático e a cirurgia de TN, nos quais operou-se um total de 13 membros, utilizando-se a transferência de ramos do nervo axilar para os ramos motores do tríceps, para realizar a reconstrução da EC. Das 13 transferências, nove utilizaram a divisão posterior do nervo axilar, duas empregaram o uso combinado da divisão posterior e do ramo para o deltoide médio, e as duas restantes envolveram a divisão anterior do nervo axilar.

No pós-operatório, não foi realizado qualquer protocolo fisioterápico específico. Os pacientes utilizaram uma tala acomodando o antebraço, do punho até acima do cotovelo, durante sete a dez dias. Foi administrado, a cada 15 dias, uma dose de 50mg e 25 mg (respectivamente para os homens e 1 mulher) de nandrolona, em quatro ciclos de cinco doses cada, intervalados por 30 dias. A avaliação da força da extensão do cotovelo foi realizada com base nas guidelines BMRC, após 19 meses dos procedimentos. Quanto à força da EC, dos 13 membros superiores, onze obtiveram Grau grau 4 na escala BMRC, e dois membros (de um mesmo paciente) obtiveram Grau grau 3. Todos os pacientes melhoraram na auto transferência e no controle de suas cadeiras de rodas (Bertelli; Ghizoni, 2015)

A avaliação clínica eletrodiagnóstica é empregada no pós-operatório para estimar o sucesso da reinervação e para determinar o prognóstico, utilizando eletromiografia para medir a atividade elétrica muscular diante do estímulo nervoso (Berger *et al.*, 2022). Dentre as principais terapêuticas cirúrgicas modernas para restabelecer a funcionalidade dos membros superiores em pacientes tetraplégicos, destacam-se a tenodese, a TN, a transferência muscular e a TT, cada uma com critérios de elegibilidade e com resultados pós-operatórios específicos (Harhaus *et al.*, 2023).

Os procedimentos adjuvantes pós-cirúrgicos representam um importante papel na reabilitação dos pacientes tetraplégicos. Pode-se citar o monitoramento por ressonância magnética já mencionado, terapia farmacológica e fisioterapia, entre outras descritas a seguir:

Imobilização pós-operatória: No período imediato após a cirurgia de TT, recomenda-se imobilização com gesso ou tipoia por 7 a 30 dias, conforme o procedimento e a qualidade do reparo tecidual. Essa fase protege as suturas e previne sobrecargas precoces, fundamentais para a consolidação dos tecidos (Bertelli; Ghizoni,

2015). Em casos selecionados, introduz-se mobilização precoce, como, por exemplo, contrações isométricas do trapézio após transferência desse músculo, favorecendo a neuromodulação e a preparação para a reeducação funcional (Nehete; Bertelli, 2019).

Diante dos déficits motores e sensitivos classificados pela escala ASIA, os procedimentos adjuvantes pós-cirúrgicos assumem papel fundamental na otimização da recuperação funcional dos tetraplégicos.

Fisioterapia e reabilitação: A fisioterapia é iniciada após a 4ª semana pós-operatória, evoluindo de exercícios assistidos para trabalho resistido. Protocolos a médio e longo prazo focam em fortalecimento progressivo, mobilização ativa e integração de dispositivos adaptativos (órteses, talas), visando à maximização da função manual em tetraplégicos (Coulet; Chammas, 2022).

Terapias farmacológicas adjuvantes: Certas metodologias adotam anabolizantes como a nandrolona decanoato em ciclos de 8 a 12 semanas para potencializar a regeneração nervosa e a hipertrofia muscular nos segmentos transferidos. A posologia e o perfil de segurança devem ser rigorosamente monitorados por equipe multidisciplinar (Bertelli; Ghizoni, 2012; Bertelli; Ghizoni, 2013).

Acompanhamento e ajustes: O seguimento regular, com avaliações clínicas e de imagem, é essencial para calibrar os protocolos de reabilitação, identificar pontos de rigidez ou dor e mensurar os ganhos funcionais. Estratégias como mobilização assistida precoce e fortalecimento gradual demonstram impacto positivo na independência e na qualidade de vida dos pacientes (Peljovich, 2020; Hill *et al.*, 2020). O Quadro 3 apresenta diferenças entre TT e TN aplicadas para a restauração da EC.

Quadro 3 Transferências de nervo e tendinosa na extensão do cotovelo

	Transferência de nervos	Transferência tendinosa
Indicação	Quando há nervos funcionais disponíveis e tempo adequado (Dengler <i>et al.</i> , 2021; Peljovich, 2020).	Pode ser realizada a qualquer momento após a lesão, mesmo após atrofia muscular (Dengler <i>et al.</i> , 2021).
Tempo ideal para a cirurgia	As melhores taxas de recuperação são observadas em cirurgias realizadas dentro de 12 meses após a lesão (Dengler <i>et al.</i> , 2021); Preferencialmente até 12 meses após a lesão, para evitar degeneração muscular e axonal (Dengler <i>et al.</i> , 2021); O 'timing' cirúrgico para a TN é em torno dos seis meses pós-lesão (Bertelli <i>et al.</i> , 2011).	Não possui limitação temporal estrita, mas há preferência em realizar em até 1 ano (Dengler <i>et al.</i> , 2021).
Pós-	Curto período de imobilização e recuperação	Requer mais tempo de imobilização e ajustes

	Transferência de nervos	Transferência tendinosa
operatório	funcional mais rápida (Dengler <i>et al.</i> , 2021; Bertelli <i>et al.</i> , 2017).	biomecânicos intraoperatórios (Bertelli; Ghizoni, 2013; Ziariaris <i>et al.</i> , 2022).
Mecanismo / procedimento	<p>Reanimação direta de músculos através de reinervação específica, com potencial para recuperação mais precisa (Bertelli; Ghizoni, 1998; Hill <i>et al.</i>, 2020);</p> <p>O ramo para o redondo menor do nervo axilar em lesões de nível de C6 é usado por ser considerado funcionalmente dispensável (Bertelli <i>et al.</i>, 2011);</p> <p>Caso clínico: Transferência do ramo do nervo braquial para os ramos motores da cabeça medial do tríceps (Bertelli; Ghizoni, 2012);</p> <p>A transferência da divisão posterior do nervo axilar para os ramos do TB tem demonstrado uma consistente recuperação da EC grau M4 (Nehete; Bertelli, 2019).</p>	<p>Realocação de tendões para restaurar função motora, com resultados imediatos, no entanto mas menos precisos (Bertelli; Ghizoni, 2013; Peterson <i>et al.</i>, 2019);</p> <p>Baseiam-se na transferência de dois músculos: o DP e o BB;</p> <p>Método de Zancolli: transferência do BB para o TB (Coulet; Chammas, 2022);</p> <p>Método de Möberg: transferência do DP para o tríceps (Coulet; Chammas, 2022);</p> <p>Transferência do trapézio inferior para EC de pacientes tetraplégicos como salvamento após falha da TN, técnica já descrita para pacientes com lesão do plexo braquial (Nehete; Bertelli, 2019).</p>
Vantagem	<p>Preserva funções existentes, possibilita reinervação precisa e evita múltiplas etapas cirúrgicas (Bertelli; Ghizoni, 2012; Fox <i>et al.</i>, 2018);</p> <p>Podem reanimar mais de um músculo por vez (Van Zyl <i>et al.</i>, 2019);</p> <p>Desde que a função do nervo utilizado possa ser compensada por meio de grupos musculares redundantes ou inervação, o sacrifício do nervo doador não resulta em perda de função (Bertelli; Ghizoni, 2015);</p> <p>O ramo motor do redondo menor é dispensável, uma vez que o músculo infraespinhal pode suprir o movimento de rotação externa sozinho, sem comprometimento da função (Bertelli <i>et al.</i>, 2011);</p> <p>O grau de força muscular do DP pode facilmente ser testado na fase pré-operatória (Bertelli <i>et al.</i>, 2011).</p>	<p>Pode ser realizada quando há falha da TN (Nehete; Bertelli, 2019);</p> <p>Transferências paliativas de tendões são a técnica de referência (Coulet; Chammas, 2022);</p> <p>A transferência do DP para o TB não decorre em perda funcional significativa para o paciente tetraplégico (Bertelli <i>et al.</i>, 2011);</p>
Desvantagem	<p>Menor aplicabilidade em tetraplégicos devido à escassez de nervos funcionais (Carré <i>et al.</i>, 2023);</p> <p>Apresentam indicações raras e ainda estão sendo validadas na população tetraplégica (Coulet; Chammas, 2022);</p> <p>A avaliação pré-operatória do redondo menor como doador depende de um bloqueio anestésico do músculo infraespinhal (Bertelli <i>et al.</i>, 2011).</p>	<p>Compromete funções críticas e exige maior período de reabilitação (Bertelli; Ghizoni, 2012);</p> <p>Não apresenta eficácia na redução do estresse sobre o manguito rotador, durante levantamentos de peso sustentados pelos membros superiores, em indivíduos com tetraplegia (Peterson <i>et al.</i>, 2019);</p> <p>Poucos músculos podem ser transferidos na restauração da extensão do tríceps sem um resultado deletério em seu sítio de doação (Bertelli; Ghizoni, 2012).</p>
Combinação	Podem ser combinadas para maximizar a recuperação funcional e os benefícios adicionais (Van Zyl <i>et al.</i> , 2019).	

Fonte: Bertelli; Ghizoni, 1998, 2012, 2013, 2015; Bertelli *et al.*, 2011; Carré *et al.*, 2023; Coulet; Chammas, 2022; Dengler *et al.*, 2021; Fox *et al.*, 2018; Hill *et al.*, 2020; Nehete; Bertelli, 2019; Peljovich, 2020; Peterson *et al.*, 2019; Van Zyl *et al.*, 2019; Ziariaris *et al.*, 2022

3 Método

Tratou-se de uma revisão sistemática da literatura, em que se seguiu a diretriz PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) para realizar a comparação de duas abordagens cirúrgicas direcionadas ao paciente tetraplégico. A metodologia de estudo foi escolhida devido à sua abordagem metódica, direta e dotada de reprodutibilidade (Sampaio; Mancini, 2007). Esses atributos permitem uma análise científica de trabalhos já publicados.

Foi escolhida a extensão do cotovelo como movimento restaurado devido à sua importância na execução de atividades cotidianas, como elevar os braços acima da cabeça e propulsionar a cadeira de rodas, por exemplo (Liew; Shim; Gong, 2020). Dentre as técnicas cirúrgicas utilizadas para o atendimento do paciente tetraplégico, duas se destacam: neurotização e TT, que foram as escolhidas como objetos de estudo.

O método PICO, acrônimo para “paciente”, “intervenção”, “comparação” e “desfecho” (*outcomes*) (Santos; Pimenta; Nobre, 2007), foi utilizado para guiar a criação de uma pergunta de pesquisa, sendo a primeira etapa desta pesquisa. A pergunta derradeira do projeto foi definida como “Qual é a diferença, em termos de eletividade, prognóstico e técnica envolvida, entre as transferências de nervo e tendinosa realizadas em pacientes tetraplégicos decorrente de traumatismo da medula espinhal?”, conforme o quadro a seguir:

Quadro 4 Análise PICO

P	Pacientes que evoluíram à tetraplegia por consequência de lesão traumática medular.
I	Cirurgia de transferência de nervos.
C	Cirurgia de transferência tendinosa.
O	Apresentar a reabilitação das funções da mão de pacientes tetraplégicos por lesão medular decorrente de trauma, após serem submetidos à <i>tetrahand</i> .

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A busca de artigos foi realizada em três bases de dados: PubMed, Scielo e Cochrane, sendo duas fontes internacionais e uma latino-americana, no intuito de formar um paralelo entre a disponibilidade das informações nas duas bases. Foram utilizados os descritores “*nerve transfer*”, “*tendon transfer*”, “*surgery*”, “*elbow*

extension” *“spinal cord injury*”, *“quadriplegia*”, disponíveis na base de descritores em saúde DeCS/MeSH.

Os operadores booleanos utilizados foram *“AND*” e *“OR*” desta forma: *“surgery” AND “elbow extension” AND “spinal cord injury” AND (“nerve transfer” OR “tendon transfer”)*. Na base Scielo a mesma pesquisa foi repetida em inglês e em português e foi feita a busca por: *(SPINAL CORD INJURY) AND (EPIDEMIOLOGY)*. Foram aceitos estudos clínicos, revisões sistemáticas e meta-análises na composição do trabalho. Em virtude da limitada quantidade de trabalhos disponíveis, não foi estabelecido um limite de data de publicação.

Visando o uso de publicações de maior qualidade, foram priorizados artigos publicados em revistas com classificação Qualis A1, A2 e A3 nas áreas Medicina I, Medicina II e Medicina III. A classificação das revistas foi consultada pela plataforma scupira - CAPES por intermédio do ISSN (Número Internacional Normalizado para Publicações Seriadas) indicado em cada periódico. A relação de classificação das revistas utilizadas no trabalho foi quantificada percentualmente.

Foi dada a preferência inicial à leitura de artigos de maior classificação Qualis, no entanto a classificação das revistas não foi tida como um critério de exclusão.

A busca resultou em um total de 42 entradas na base PubMed, uma na Cochrane e nenhuma entrada na Scielo. Em seguida, por intermédio da plataforma Rayyan, os artigos foram triados, a princípio, removidos os trabalhos enquadrados nos seguintes critérios de exclusão: artigos em idiomas distintos de inglês, português ou espanhol, artigos duplicados, estudos em animais, revisões narrativas, cartas ao editor, estudos que não abordam especificamente a extensão do cotovelo ou tetraplegia por LMT e artigos duplicados. Ao final, foram validados 24 artigos para análise de acordo com o objetivo do trabalho.

Além dos artigos citados, foram adicionados quatro documentos do Ministério da Saúde e da Organização Mundial da Saúde e outras 12 publicações relevantes a fim de enriquecer a fundamentação teórica e a construção metodológica deste trabalho. Desses trabalhos adicionais, alguns foram fornecidos por especialistas na área, quatro foram utilizados para contextualizar a seção de epidemiologia, adquiridos posteriormente por intermédio de uma segunda busca nas bases de dados. Foi utilizado um total de 40 artigos ou documentos nesta revisão.

Os artigos foram então selecionados seguindo um fluxograma de seleção, baseado nas diretrizes PRISMA, que levou à definição de 11 artigos que abordavam especificamente a restauração da EC no paciente tetraplégico por LMT por intermédio de transferência de nervos e/ou de tendão, para gerar a seção de resultados. Foi realizada a leitura detalhada e integral dos artigos e, em seguida, o fichamento individualizado de cada título, com a finalidade de inserir em um quadro para cada artigo, contendo a extração das seguintes informações:

- Tipo de estudo;
- Objetivo do estudo;
- População (número amostral);
- Tipo de transferência realizada (tendinosa ou nervosa);
- Protocolo experimental realizado no estudo;
- Resultados;
- Conclusão;
- Qualis capes da revista indexada.

As informações contidas nos quadros foram apresentadas nos resultados. Após a organização dos dados extraídos nos fichamentos individuais, foi realizada uma análise temática dos trabalhos. Essa etapa envolveu a leitura crítica dos resultados e das conclusões de cada artigo selecionado, para identificar nesses artigos os principais objetivos desta pesquisa. Em seguida, foi quantificada a frequência com que cada objetivo era discutido, permitindo compreender quais aspectos da temática central eram mais explorados na literatura.

Procedeu-se à extração detalhada das informações dos artigos elegíveis. Essa etapa envolveu a identificação e o registro de trechos literais relevantes dos artigos que abordavam diretamente os critérios da pergunta PICO. Foram registradas páginas e seção de origem de cada fragmento fichado. Cada trecho foi cuidadosamente revisado para assegurar sua relevância e coerência com os objetivos da pesquisa. Essa etapa garantiu a extração de dados brutos e a fidedignidade das informações para a síntese dos resultados.

Os dados e trechos relevantes extraídos conforme descrito foram organizados em um documento. Posteriormente, esses dados foram analisados e organizados pelo pesquisador, sendo parafraseados para a elaboração dos tópicos da “Fundamentação Teórica”, “Resultados e Discussão”, sempre visando responder de forma abrangente à pergunta de pesquisa.

Dentre os objetivos com menor aproveitamento, destacou-se “Analisar a epidemiologia da lesão traumática no Brasil”, sendo essa uma informação praticamente ausente nos estudos citados. Como a tetraplegia não é doença ou agravo de notificação compulsória nos conformes da Portaria GM/MS Nº 420, de 2 de março de 2022, dados sobre seu perfil epidemiológico tornam-se raros.

Para iniciar a formação de um levantamento epidemiológico consistente, foi pesquisado no sistema de Morbidade Hospitalar do SUS no portal “Tabnet” do DATASUS (grande grupo de causas de internação: acidentes de trânsito e acidentes de motocicleta no grupo de causas de internação hospitalar). Partindo-se da informação de que “os tipos de trauma mais relacionados à LMT no Brasil são acidentes automobilísticos, especialmente associados ao motociclismo” (Brasil, 2015).

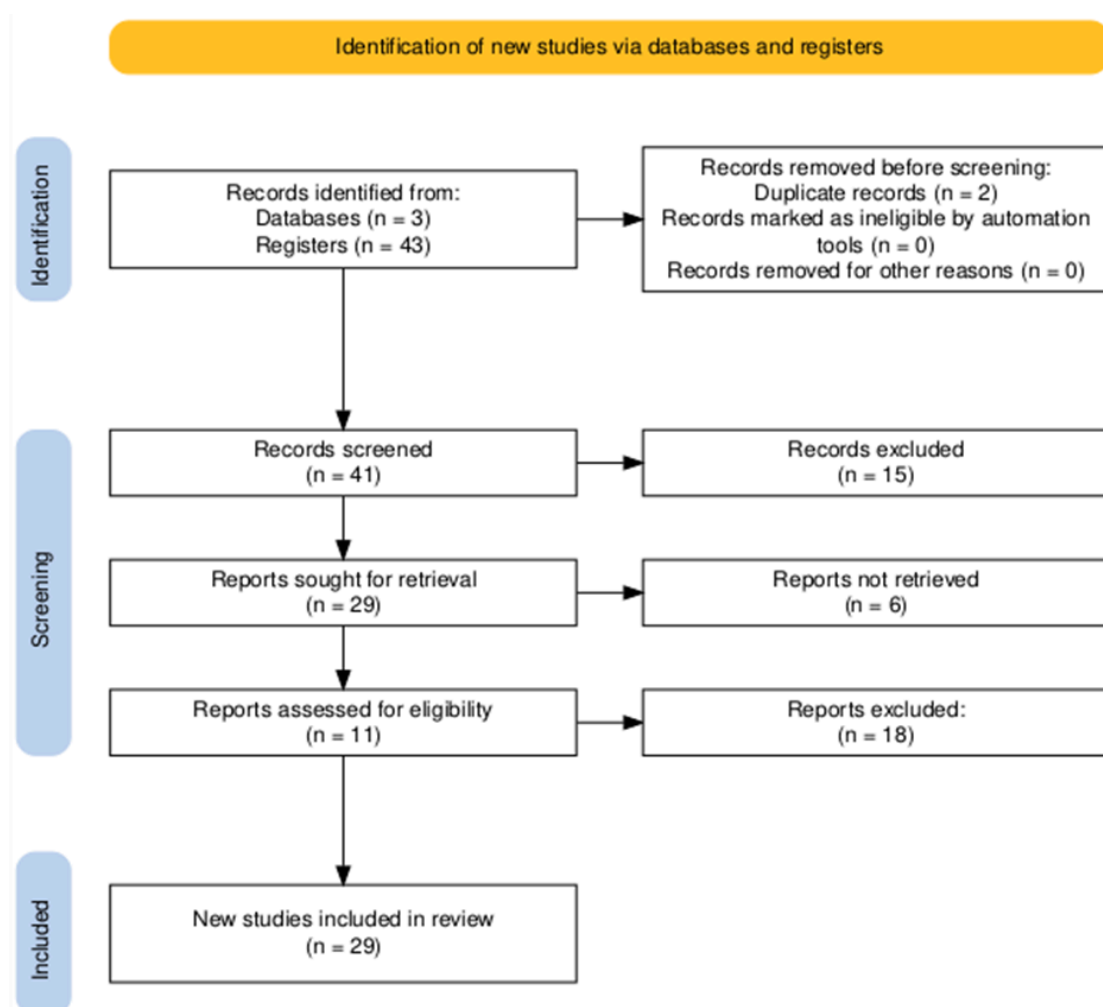
Considerando as referências anteriores insuficientes para contemplar dados sobre a epidemiologia da lesão medular no Brasil, foi realizada uma segunda busca na plataforma Scielo, organizada da seguinte maneira: “*spinal cord injury*” AND “*epidemiology*”, filtrando-se apenas as publicações brasileiras. A pesquisa apresentou 14 resultados. Um foi excluído por tratar da lesão medular em animais domésticos.

Dos 13 artigos remanescentes, foram excluídos nove, com base no critério de publicação nos últimos 10 anos. Cada um desses teve suas informações organizadas em um quadro, onde se registraram informações como região/local de pesquisa, período em que a pesquisa se procedeu, número de pacientes que a pesquisa abrangeu e quais características compuseram o perfil epidemiológico.

4 Resultados e discussão

A partir da pesquisa realizada nas bases de dados, conforme o fluxograma PRISMA, foram selecionados 11 artigos (seis casos clínicos, quatro séries de casos e um estudo anatômico), utilizados como base para responder a pergunta da pesquisa: “Qual é a diferença, em termos de eletividade, prognóstico e técnica envolvida, entre as transferências de nervo e tendinosa realizadas em pacientes tetraplégicos decorrente de traumatismo da medula espinhal?”. Desses artigos, cinco abordam a transferência tendinosa e sete abordam a transferência de nervos, de modo que uma publicação aborda ambas as transferências.

Figura 4 Fluxograma PRISMA



Fonte: elaborado pelo autor

Foram analisados seis casos clínicos (Quadro 5), um total de oito pacientes, todos do sexo masculino, nos quais 12 membros superiores (nove direitos e cinco

esquerdos) foram submetidos a procedimentos de TT ou TN com o objetivo de restaurar o movimento de EC. Dois desses membros foram submetidos à uma reoperação de salvamento, contabilizando o total de operações realizadas para 14 membros (Nehete; Bertelli, 2019). A distribuição da etiologia da LMT nos oito pacientes relatados nos casos apresentados foi de: duas quedas, dois acidentes de trânsito, duas por mergulho em águas rasas e uma de trauma. Um dos pacientes apresentou lesão por mielite transversa aguda, distinguindo-se das causas de natureza traumática (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013; Bertelli; Ghizoni; Tacca, 2011; Jeong *et al.*, 2016; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019).

A inspeção dos relatos demonstrou que, dentre as estruturas doadoras nas 14 operações, nove foram transferências de nervo e cinco foram transferências de tendão. Em relação aos resultados pós-cirúrgicos avaliados pela escala BMRC (*British Medical Research Council*) das transferências de tendão realizadas, três membros alcançaram grau M3 e dois alcançaram grau M4. Nas transferências de nervo, os resultados foram de M0 em um membro, M2 em um membro, M3 em dois membros e cinco alcançaram grau M4. Os dois membros mencionados, submetidos à TN, que resultaram em M0 e M2, foram posteriormente submetidos à TT (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013; Bertelli; Ghizoni; Tacca, 2011; Jeong *et al.*, 2016; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019).

Quanto aos métodos cirúrgicos aplicados nas transferências de tendão, dois membros foram reoperados e submetidos à transferência de trapézio inferior para o tríceps, um foi submetido ao método de Zancolli (bíceps para o tríceps) e dois foram submetidos ao método de Möberg (deltoide posterior para o tríceps) (Jeong *et al.*, 2016; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019).

Das transferências de nervo, foram doados os seguintes nervos:

- Ramo do músculo braquial (do nervo musculocutâneo): em um membro superior;
- Ramo do deltoide medial (do nervo axilar): em dois membros superiores;
- Divisão anterior do nervo axilar: em dois membros superiores;
- Divisão posterior do nervo axilar: em dois membros superiores;
- Ramo do redondo menor (do nervo axilar): em dois membros superiores.

Todas as nove TN tiveram o TB como receptor, sendo uma para o ramo motor da cabeça medial do tríceps, duas para os ramos motores da cabeça longa do tríceps e seis para os ramos motores das cabeças longa e medial do tríceps (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013; Bertelli; Ghizoni; Tacca, 2011; Nehete; Bertelli, 2019).

Quanto ao tempo transcorrido entre a lesão e o procedimento cirúrgico, as transferências de tendão foram realizadas em intervalos que variaram de 25 meses até 11 anos, com uma média de 72,8 meses. Paralelamente, o tempo entre lesão e operação para as transferências de nervo foi de 5 meses (mínimo) e 18 meses (máximo), tempo médio de 10,2 meses (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013; Bertelli; Ghizoni; Tacca, 2011; Jeong *et al.*, 2016; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019).

Quadro 5 Casos clínicos

Estudo*	1	2	3		4	5		6		
n	1	1	1	1	1	1	1	1		
Idade	53	21	17	21	39	20	25	36		
Sexo	M	M	M	M	M	M	M	M		
Membros	D	D+E	D+E	E	D+E	D	D+E	D	D	
Transferência	TN	TN	TN	TT	TN	TT	TN	TTz	TTm	
lesão-operação (tempo)	5m	9m	9m	33m	10m	38m	18m	25m	136m	
Avaliação-cirúrgica (tempo)	3m	14m	2a	16m	36m	24m	22m	5m	5m	
BMRC	M3	D:M4 E:M4	D: M4 E: M2	E: M4	D: M0 E: M4	D: M3	D:M3 E:M4	M4	M3	M3
Causa	queda	queda	mergulho	trânsito	LMT	mergulho	mielite transversa aguda	trânsito		
* Estudos citados: 1: Bertelli; Ghizoni, 2012; 2: Bertelli, Ghizoni; Tacca 2011; 3: Nehete; Bertelli, 2019; 4: Bertelli; Ghizoni, 2013; 5: Sarcher; <i>et al.</i> , 2019; 6: Jeong; <i>et al.</i> , 2016.										

Fonte: Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013; Bertelli, Ghizoni; Tacca 2011; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher; *et al.*, 2019; Jeong; *et al.*, 2016.

As quatro séries de casos utilizadas na presente revisão estão resumidas no Quadro 6, o Quadro 7 pormenoriza os pacientes do estudo de Van Zyl *et al.* (2019). Duas séries apresentaram o uso de TN na reabilitação do movimento de EC do paciente tetraplégico em decorrência de LMT e as outras duas trataram sobre casos nos quais a TT foi utilizada para os mesmos objetivos e tipo de quadro. As duas séries de casos que abordaram TN tiveram um n-amostral de sete e dez pacientes, totalizando 28 membros submetidos à operação (Bertelli; Ghizoni, 2015; Carré *et al.*, 2022; Kozin *et al.*, 2010; Van Zyl *et al.*, 2019).

Em todos os 28 membros operados com TN, as cirurgias ocorreram em um tempo inferior a 18 meses após a lesão. O tempo médio decorrido entre a avaliação pós cirúrgica e a operação foi de 22,25 meses. A avaliação pós operatória do grau BMRC examinado foi de M4 em 14 membros, de M3 em oito membros, de M2 em quatro membros, de M1 em zero e de M0 em dois membros. Os resultados atingidos determinam um grau \geq M3 em 78,6% dos membros operados e $<$ M3 em 21,4% dos membros operados (Bertelli; Ghizoni, 2015; Van Zyl *et al.*, 2019).

Dentre os nervos doadores, foi utilizada exclusivamente a divisão posterior do nervo axilar em 11 membros. Foi utilizado exclusivamente o ramo para o redondo menor em oito membros. Tanto a divisão posterior do nervo axilar quanto o ramo para o redondo menor foram utilizadas em sete membros. E em dois membros (de um mesmo paciente), foi utilizada a divisão anterior do nervo axilar (Bertelli; Ghizoni, 2015; Van Zyl *et al.*, 2019).

A média de idade entre os pacientes submetidos à TN foi de 26,8 anos, 80% dos pacientes pertenciam ao sexo masculino e 20% ao sexo feminino. Apenas um dos estudos mencionou a causa das lesões. Nesse, o percentual sobre a etiologia da LMT foi de 30,7% por acidente automobilístico, 23% por mergulho, 23% por esporte, 15% por queda de altura superior a um metro e 7% decorrente de queda de altura menor que um metro (Bertelli; Ghizoni, 2015; Van Zyl *et al.*, 2019).

Dentre as duas séries que exploraram transferências de tendão, têm-se um n-amostral de 76 pacientes, sendo operados um total de 113 membros. Do número total de membros, em 84 foi realizado o método Zancolli, que consiste na transferência

do BB para o tendão do TB. Os 29 demais membros foram submetidos ao método de Möberg, no qual o DP é transferido para o tendão do TB.

No estudo de Kozin *et al.* (2010), a idade média dos pacientes foi de 17,3 anos. Já no estudo de Carré *et al.* (2023), a idade média no momento do acidente foi de 24,9 anos para o grupo de um estágio e de 24,7 anos para o grupo de dois estágios. A distinção entre os sexos foi apresentada apenas no estudo de Carré, sendo 36 membros de pacientes do sexo masculino e nove membros de pacientes do sexo feminino.

O tempo médio entre a lesão e a operação foi apresentado apenas no estudo de Carré *et al.* (2023), onde o grupo 1 teve uma média de 6,2 anos para a operação, enquanto o grupo 2 levou o tempo médio de 4,6 anos para ter a TT realizada. Kozin *et al.* (2010) não apresentou esse dado.

O tempo médio entre a avaliação da força do movimento de EC e o procedimento cirúrgico foi de 22,8 meses para os pacientes de Kozin *et al.* (2010). No estudo de Carré *et al.* (2023), o tempo médio foi de 23 meses, sendo de 21 meses para o grupo 1 e de 24 meses para o grupo 2.

No estudo de Carré *et al.* (2023), na comparação entre as técnicas cirúrgicas utilizadas, não houve significativa diferença estatística quanto à força de EC entre os grupos 1 e 2. Para a técnica de Möberg, a força média no grupo 1 foi de $4/5 \pm 0,8$, enquanto no grupo 2 foi de $3,8/5 \pm 0,7$, ($p=0,47$). Nos pacientes submetidos à técnica de Zancolli, a força média no grupo de 1 foi de $3,21/5 \pm 0,6$, e no grupo 2, foi de $3,38/5 \pm 0,5$, com um valor de $p=0,36$. No estudo de Kozin *et al.* (2010) 42 (61,7%) membros obtiveram $BMRC \geq M3$ e 26 (38,2%), foram avaliados $< M3$.

Quanto à causa da lesão, 16 (40%) foram devido a mergulho, 13 (32,5%) por acidente automobilístico, seis (15%) por esporte / lazer, quatro (10%) por projétil de arma de fogo e uma (2,5%) por complicação cirúrgica (Kozin *et al.*, 2010). Enquanto no outro estudo (em relação ao número de membros), 21 (47%) membros de pessoas que sofreram LMT por acidente com veículo de quatro rodas, 12 (27%) devido a mergulho, cinco (11%) devido a esportes, quatro (9%) devido a acidente com veículo de duas rodas e três (7%) por queda (Carré *et al.*, 2023).

Quadro 6 Série de casos

ESTUDO	Bertelli; Ghizoni 2015	Van Zyl <i>et al.</i> 2019*	Kozin <i>et al.</i> 2010	Carré <i>et al.</i> 2023**
Transferência	TN Em nove membros: DPNax → TBlm; Em dois membros: DPNax e RM → TBlm; e Em dois membros: DANax → TBlm	TN Em oito membros: RM → TBlm Em cinco membros: RM → TBlm + DPNax → TBlm Em dois membros: DPNax → TBlm	TT Em 68 membros: Método Zancolli BB → TB	TT Em 29 membros: Método Moberg DP → TB Em 16 membros: Método Zancolli Bíceps → TB
n-amostral	7	10	40	36
Membros	13	15	68	45
				g1: 16
Tempo entre lesão e operação (média)	7 meses	< 18 meses	—	g1: 6,2 anos g2: 4,6 anos
Avaliação pós - cirúrgica (média)	19 meses	24 meses	22, 8 meses	23 meses g1: 21 meses g2: 24 meses
Grau BMRC n° de membros (%)	M4: 11 (84,6%) M3: 2 (15,3%)	M0: 2 (13,3%) M1: 0 (0%) M2: 3 (20%) M3: 6 (40%) M4: 4 (20%)	≥ M3: 42 (61,7%) < M3: 26 (38,2 %)	g1: 3,6/5 (média) g2: 3,7/5 (média)
Idade (média)	26 anos	27,3 anos	17,3 anos	g1: 24,9 anos g2: 24,7 anos
Sexo	M: 6 indivíduos F: 1 indivíduo	M: 10 indivíduos F: 3 indivíduos	—	M: 36 membros F: 9 membros
Causa	—	Acidente automobilístico: 4 Esporte: 3 Mergulho: 3 Queda > 1 m: 2 Queda < 1m: 1	Mergulho: 16 Acidente automobilístico: 13 Esporte / lazer: 6 Ferida por projétil de arma de fogo: 4 Complicação cirúrgica: 1	Acidente com veículo de 4 rodas: 21 Acidente com veículo de 2 rodas: 4 Mergulho: 12 Esportes: 5 Queda: 3
Legenda: DPNax: divisão posterior do nervo axilar; DANax: divisão anterior do nervo axilar; RM: ramo para o redondo menor; TBlm: ramos que inervam as cabeças longa e medial do tríceps; TB: tríceps braquial; “→”: indica o sentido da transferência; “—”: dado não apresentado no estudo; * Ver quadro 5; ** De acordo com os autores, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos g1 e g2 em termos de resultados funcionais.				

Fonte: Bertelli; Ghizoni 2015; Carré *et al.* 2023; Kozin *et al.* 2010; Van Zyl *et al.* 2019

Quadro 7 Van Zyl et al. 2019

Paciente	Membro	Transferência	BMRC após 24 meses
1	D	RM → TBIm	M3
3	D	RM → TBIm	M4
4	D+E	D: TN: RM → TBkm + DPNAx → TBIm E: TN: RM → TB + DPNAx → TB	D: M3 E: M3
5	D+E	D: TN: RM → TBIm + DPNAx → TBIm E: TN: RM → TBIm + DPNAx → TBIm	D: M0 E: M0
6	D	RM → TBIm + DPNAx → TBIm	M4
7	D	DPNAx → TBIm	M2
8	D+E	D: RM → TBIm E: RM → TBIm	D: M3 E: M3
9	D+E	D: RM → TBIm E: DPNAx → TBIm	D: M2 E: M2
10	D+E	D: RM → TBIm E: RM → TBIm	D: M2 E: M3
16	D	RM → TBIm	M4

D: membro direito; **E:** membro esquerdo; **TN:** transferência de nervos; **TT:** transferência tendinosa; **EC:** extensão de cotovelo; **TB:** ramos que inervam as cabeças longa e medial do tríceps; **RM:** ramo para o redondo menor; **DPNAx:** divisão posterior do nervo axilar. **BMRC24:** grau *British Medical Research Council* após 24 meses da operação; →: indica o sentido da transferência;
 * O estudo acompanhou 16 pacientes no total, apenas 12 foram submetidos à reabilitação da extensão do cotovelo e desses, apenas 10 concluíram o acompanhamento. Somente os pacientes que concluíram o seguimento estão elencados neste quadro.

Fonte: Van Zyl et al. 2019

Com os estudos analisados, obteve-se um n-amostal de 101 pacientes e 10 cadáveres. Todos os pacientes tornaram-se tetraplégicos em decorrência de lesão medular e todos foram operados com a finalidade de restaurar a extensão do cotovelo (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013, 2015; Bertelli; Bertelli et al., 2011; Ghizoni; Tacca, 2011; Carré et al., 2022; Jeong et al., 2016; Kozin et al., 2010; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher et al., 2019; Van Zyl et al., 2019). A causa predominante das lesões variou de um estudo para outro. Um estudo (Bertelli; Ghizoni, 2015) não fez a discriminação das origens da lesão (n = 7) e um deles relacionou a causa das lesões com o número de membros operados, mas não com o número de pacientes operados (Carré; et al., 2022). Desse modo, em 61 pacientes, as causas de lesão medular são descritas conforme o Quadro 8.

Quadro 8 Etiologia da lesão medular traumática

Causa	Número de casos	%
Mergulho	21	34,4%
Acidente automobilístico	19	31,1%
Esporte / lazer	9	14,7%
Queda	5	8,2%
Ferida por projétil de arma de fogo	4	6,5%a
Complicação cirúrgica	1	1,9%
Outros	2	3,2%
Total	61	100%

Obs: a análise leva em consideração os outros três pacientes incluídos no estudo de Van Zyl *et al.* (2019) que concluíram o seguimento e foram tratados para a reabilitação de movimentos que não EC.

Fonte: Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013; Bertelli, Ghizoni; Tacca 2011; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher; *et al.*, 2019; Jeong; *et al.*, 2016; Kozin *et al.* 2010; Van Zyl *et al.* 2019.

Foram realizadas 37 TN em 22 pacientes (além de mais duas, realizadas em membros de dois cadáveres para estudo anatômico) para a restauração do movimento de EC. Enquanto 118 membros de 81 pacientes foram submetidos a TT. Dois pacientes foram submetidos a ambas as abordagens (Nehete; Bertelli, 2019). Oito trabalhos discriminaram o sexo do paciente operado, no total de 28 pacientes, sendo 24 (85,7%) do sexo masculino e 4 (14,3%) pertencentes ao sexo feminino (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013, 2015; Bertelli *et al.*, 2011; Bertelli, Ghizoni; Tacca, 2011; Carré; *et al.*, 2022; Jeong *et al.*, 2016; Kozin *et al.*, 2010; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019; Van Zyl *et al.*, 2019).

Um total de 155 membros (além dos dois membros de cadáver para estudo anatômico) foram submetidos a cirurgias de TT e/ou de nervo para recuperação da EC. Em 37 (+2) membros foram realizadas transferências de nervo. O grau BMRC obtido na avaliação pós cirúrgica desses membros foi de M4 em 20 membros, de M3 em dez, de M2 em quatro, de M0 em três e de M1 em zero membro. Em dois membros a força não foi quantificada pois tratava-se de estudo anatômico (Bertelli, *et al.*, 2011). O tempo médio decorrido entre a operação e a avaliação pós-cirúrgica foi de 22,4 meses

nos 20 pacientes submetidos à avaliação (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013, 2015; Bertelli, Ghizoni; Tacca, 2011; Nehete; Bertelli, 2019; Van Zyl *et al.*, 2019).

Desse modo, quanto ao grau BMRC das 39 TN discutidas, 51,3% resultaram em M4, 25,6% atingiram M3, 10,3% obtiveram M2, enquanto 7,7% tiveram grau M0. 5,1% dos membros tiveram resultado inconclusivo tendo em vista o procedimento ter sido realizado em modelo cadavérico (Bertelli, *et al.*, 2011). Assim, 76,9% dos membros operados obtiveram um resultado funcionalmente significativo (Carré *et al.*, 2023; Jeong *et al.*, 2016; Kozin *et al.*, 2010; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019).

A análise dos resultados funcionais pós-cirúrgicos do grupo de TN mostrou que, dentre os 37 membros com resultados quantificáveis quanto a força, 30 apresentaram grau BMRC igual ou superior a M3, representando uma taxa de sucesso de 81,1% para a obtenção de um resultado funcionalmente significativo (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013, 2015; Bertelli, Ghizoni; Tacca, 2011; Nehete; Bertelli, 2019; Van Zyl *et al.*, 2019).

Em contrapartida, para o grupo de TT, a análise de 73 membros operados (provenientes de um estudo de série de casos e três relatos de caso) indicou que 47 membros alcançaram um grau BMRC igual ou superior a M3, o que corresponde a uma taxa de sucesso de 64,4% para a restauração da força de EC (Jeong *et al.*, 2016; Kozin *et al.*, 2010; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019).

Conforme exposto no Quadro 9, a análise comparativa dos resultados funcionais pós-cirúrgicos demonstra uma diferença nas proporções de sucesso entre as transferências de nervo e de tendão. As TN apresentaram uma taxa de sucesso de 81,1% na obtenção de um resultado funcionalmente significativo (grau \geq M3), enquanto as TT obtiveram uma taxa de sucesso de 64,4% para o mesmo desfecho (Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013, 2015; Bertelli, Ghizoni; Tacca, 2011; Jeong *et al.*, 2016; Kozin *et al.*, 2010; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019; Van Zyl *et al.*, 2019).

Quadro 9 Taxa de sucesso funcional no pós cirúrgico

	Operações realizadas	Sucesso funcional (BMRC \geq 3)	%
TN	37	30	81,1%
TT	73	47	64,4%

Fonte: Bertelli; Ghizoni, 2012, 2013, 2015; Bertelli, Ghizoni; Tacca, 2011; Jeong *et al.*, 2016; Kozin *et al.*, 2010; Nehete; Bertelli, 2019; Sarcher *et al.*, 2019; Van Zyl *et al.*, 2019

5 Considerações finais

O presente trabalho reuniu informações sobre o uso de transferências de nervo e de tendão para reabilitar o movimento de extensão de cotovelo no paciente tetraplégico. Foi demonstrado que as transferências de nervo apresentaram uma janela de intervenção limitada aos primeiros 18 meses após a lesão, enquanto as transferências de tendão apresentaram resultados positivos mesmo após longos períodos, como onze anos. Sobretudo, as transferências de nervo obtiveram uma taxa de sucesso funcional significativamente superior (81,1%) quando comparado com as de tendão (64%), o que sugere um prognóstico mais favorável para a recuperação da força.

A escassez de referências foi uma limitação deste trabalho, sendo necessária a utilização de estudos com até 15 anos de publicação. A baixa disponibilidade de referências, no entanto, não reflete em baixa expressividade do problema, mas sim em pouca divulgação e produção de estudos nessa área. A reduzida notoriedade sobre os tratamentos existentes para o quadro, conforme exposto em um dos estudos mencionados na fundamentação teórica, contribui com o estigma de pouca perspectiva para o paciente tetraplégico. Outra limitação foi a falta de padronização entre as séries de casos exploradas, implicando na impossibilidade de comparar sistematicamente todos os dados expostos.

Foi apresentado que a aplicação de transferências, seja de nervo ou de tendão, pode contribuir com a reabilitação da funcionalidade dos membros superiores do indivíduo tetraplégico. A restauração da função da EC, explorada aqui, reflete em um ganho funcional que impacta diretamente a autonomia do paciente em tarefas diárias, proporcionando amparo para o indivíduo, bem como para sua rede de apoio, contribuindo, em última instância, com a restauração de sua dignidade.

A apresentação aliada a divulgação acerca das etiologias mais comuns da LMT, como mergulho em águas rasas e acidentes automobilísticos, pode contribuir com a criação de campanhas preventivas. O documento do Ministério da Saúde mais recente que aborda o tema (Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular, documento do Ministério da Saúde de 2015) não faz menção às transferências cirúrgicas, demonstrando uma lacuna entre prática clínica e políticas públicas. Pode-se sugerir

urgência na divulgação e na inclusão das intervenções discutidas aqui para o indivíduo tetraplégico.

Como perspectiva futura, a presente revisão destaca a importância de mais estudos na área, especialmente estudos de campo, que possam oferecer uma base de dados mais robusta e padronizada. Pesquisas longitudinais, com maior amostragem, podem aprimorar a compreensão precisa acerca do resultado das transferências, possibilitando uma comparação mais minuciosa entre as abordagens. Isso corrobora para um direcionamento mais seguro para a prática clínica da equipe multidisciplinar e para a rede de apoio e resulta em maiores perspectivas para o paciente.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO JUNIOR, F. A. DE *et al.* *Epidemiology of Spinal cord Injury in references trauma center in Curitiba (Paraná, Brasil)*. **Coluna/Columna**, v. 20, n. 2, p. 123-126, abr. 2021.

BERGER, M. J. *et al.* *Clinical electrodiagnostic evaluation for nerve transfer surgery in spinal cord injury: a new indication and clinical pearls*. **Journal of Neurophysiology**, v. 128, n. 4, p. 847-853, out. 2022. DOI: 10.1152/jn.00289.2022. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10190829/>. Acesso em: 03 maio 2024.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F. *Single-stage surgery combining nerve and tendon transfers for bilateral upper limb reconstruction in a tetraplegic patient: case report*. **The Journal of Hand Surgery**, v. 38, n. 7, p. 1366-1369, jul. 2013. DOI: 10.1016/j.jhsa.2013.03.056.

BERTELLI, J. A. *et al.* *Transfer of axillary nerve branches to reconstruct elbow extension in tetraplegics: a laboratory investigation of surgical feasibility*. **Microsurgery**, v. 31, n. 5, p. 376-381, jul. 2011. DOI: 10.1002/micr.20883.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F. *Transfer of nerve branch to the brachialis to reconstruct elbow extension in incomplete tetraplegia: case report*. **The Journal of Hand Surgery**, v. 37, n. 10, p. 1990-1993, out. 2012. DOI: 10.1016/j.jhsa.2012.07.010.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F.; TACCA, C. P. *Transfer of the teres minor motor branch for triceps reinnervation in tetraplegia*. **Journal of Neurosurgery**, v. 114, n. 5, p. 1457-1460, maio 2011. DOI: 10.3171/2010.12.JNS101519.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F. *Nerve transfers for elbow and finger extension reconstruction in midcervical spinal cord injuries*. **Journal of Neurosurgery**, v. 122, n. 1, p. 121-127, jan. 2015. DOI: 10.3171/2014.8.JNS14277.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F. *A surgical approach for concomitant spinal cord and brachial plexus surgery: an anatomical study*. **Chirurgie de la Main**, Paris, v. 17, n. 2, p. 159-164, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0753-9053\(98\)80011-2](https://doi.org/10.1016/S0753-9053(98)80011-2). Acesso em: 12 ago. 2025.

BERTELLI, J. A.; GHIZONI, M. F. *Brachial plexus avulsion injury repairs with nerve transfers and nerve grafts directly implanted into the spinal cord yield partial recovery of shoulder and elbow movements*. **Neurosurgery**, v. 52, n. 6, p. 1385-1389, jun. 2003. DOI: 10.1227/01.neu.0000065134.21334.d7.

BERTELLI, J. A. *et al.* *Transfer of the musculocutaneous nerve branch to the brachialis muscle to the triceps for elbow extension: anatomical study and report of five cases*. **The Journal of Hand Surgery (European Volume)**, v. 42, n. 7, p. 710-714, set. 2017. DOI: 10.1177/1753193417694585.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2015. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_atencao_pessoa_lesao_medular_2ed.pdf. Acesso em: 20 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS. **Tabnet**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024. Disponível em: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>. Acesso em: 3 ago. 2024.

BRASIL. [Portaria GM/MS nº 420, de 2 de março de 2022]. **Lista Nacional de Notificação Compulsória de doenças, agravos e eventos de saúde pública**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-420-de-2-de-marco-de-2022-383578277>. Acesso em: 03 maio 2024.

CARRÉ, R. *et al.* Restoration of elbow extension and construction of a "key grip" in people with tetraplegia. Comparative study of a surgical plan in one or two stages. **Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research**, v. 109, n. 5, p. 103375, set. 2023. DOI: 10.1016/j.otsr.2022.103375.

COULET, B.; CHAMMAS, M. Palsy of elbow extension. **Hand Surgery and Rehabilitation**, v. 41, supl. 1, p. S83-S89, fev. 2022. DOI: 10.1016/j.hansur.2020.09.017.

DENGLER, J. *et al.* Evaluation of Functional Independence in Cervical Spinal Cord Injury: Implications for Surgery to Restore Upper Limb Function. **The Journal of Hand Surgery**, v. 46, n. 7, p. 621.e1-621.e17, jul. 2021. DOI: 10.1016/j.jhssa.2020.10.036.

EMAMHADI, M.; HAGHANI DOGAHE, M.; GOHRITZ, A. Nerve transfers in tetraplegia: a review and practical guide. **Journal of Neurosurgical Sciences**, v. 65, n. 4, p. 431-441, 2021. DOI: 10.23736/S0390-5616.21.05312-1. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdl&AN=33870671&lang=pt-br&site=ehost-live>. Acesso em: 28 abr. 2024.

FOX, I. K. *et al.* The Use of Nerve Transfers to Restore Upper Extremity Function in Cervical Spinal Cord Injury. **PM&R**, v. 10, n. 11, p. 1173-1184.e2, nov. 2018. DOI: 10.1016/j.pmrj.2018.03.013.

HARHAUS, L. *et al.* The Surgical Restoration of Arm and Hand Function in Tetraplegic Patients. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 120, n. 38, p. 627-632, set. 2023. DOI: 10.3238/arztebl.m2023.0141. Disponível em: <https://www.aerzteblatt.de/int/archive/article/234063>. Acesso em: 20 abr. 2024.

HILL, E. J. R. *et al.* Using electrodiagnostics to define injury patterns amenable to nerve transfer surgery in tetraplegia: an illustrative case report. **Spinal Cord Series and Cases**, v. 6, n. 1, p. 78, ago. 2020. DOI: 10.1038/s41394-020-00325-x.

JEONG, J. H. *et al.* Posterior Deltoid-to-Triceps Tendon Transfer for Elbow Extension in a Tetraplegia Patient: A Case Report. **Annals of Rehabilitation Medicine**, v. 40, n. 2, p. 351-355, 2016. DOI: 10.5535/arm.2016.40.2.351.

KHALIFEH, J. M. *et al.* Nerve transfers in the upper extremity following cervical spinal cord injury. Part 2: Preliminary results of a prospective clinical trial. **Journal of Neurosurgery: Spine**, v. 31, n. 5, p. 641-653, jul. 2019. DOI: 10.3171/2019.4.SPINE19399. Disponível em: https://thejns.org/spine/view/journals/j-neurosurg-spine/31/5/article-p641.xml?tab_boddy=fulltext. Acesso em: 13 abr. 2024.

KOZIN, S. H. *et al.* Biceps-to-triceps transfer for elbow extension in persons with tetraplegia. **The Journal of Hand Surgery**, v. 35, n. 6, p. 968-975, 2010. DOI: 10.1016/j.jhsa.2010.03.011.

LIEW, S. K.; SHIM, B. J.; GONG, H. S. Upper Limb Reconstruction in Tetraplegic Patients: A Primer for Spinal Cord Injury Specialists. **Korean Journal of Neurotrauma**, v. 16, n. 2, p. 126-137, out. 2020. DOI: 10.13004/kjnt.2020.16.e48. Disponível em: <https://kjnt.org/DOIx.php?id=10.13004/kjnt.2020.16.e48>. Acesso em: 10 abr. 2024.

LOMAZ, M. B. *et al.* Epidemiological profile of patients with traumatic spinal fracture. **Coluna/Columna**, v. 16, n. 3, p. 224-227, jul. 2017.

MORISHITA, Y.; KAWANO, O.; MAEDA, T. The pathophysiology of cervical spinal cord injury: what are the differences between traumatic injury and degenerative disorder. **Spinal Cord Series and Cases**, v. 8, n. 1, p. 50, maio 2022. DOI: 10.1038/s41394-022-00517-7. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9065083/pdf/41394_2022_Article_517.pdf. Acesso em: 03 maio 2024.

NEHETE, S.; BERTELLI, J. A. Lower Trapezius Muscle Transfer for Elbow Extension Reconstruction After Failed Nerve Transfer for Tetraplegia. **The Journal of Hand Surgery**, v. 45, n. 6, p. 558.e1-558.e4, jun. 2019. DOI: 10.1016/j.jhsa.2019.07.016.

PAIVA, V. C. D. *et al.* Epidemiology of post-traumatic spinal cord injury in a tertiary hospital. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 31, n. 5, p. e264492, 2023.

PELJOVICH, A. Hand Reconstruction in Children with Spinal Cord Injury. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, v. 31, n. 3, p. 471-498, ago. 2020. DOI: 10.1016/j.pmr.2020.04.008.

PETERSON, C. L. *et al.* *Effect of biceps-to-triceps transfer on rotator cuff stress during upper limb weight-bearing lift in tetraplegia: A modeling and simulation analysis.* **Journal of Biomechanics**, v. 90, p. 143-148, jun. 2019. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2019.04.043.

RUPP, R. *et al.* *International standards for neurological classification of spinal cord injury: revised 2019.* **Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation**, v. 27, n. 2, p. 1, 2021.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007. DOI: 10.1590/S1413-35552007000100013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vk3syHhnSgY7VsB6jG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2024.

SANTOS, C. M. C.; PIMENTA, C. A. M.; NOBRE, M. R. C. A estratégia pico para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 15, n. 3, p. 508-511, maio 2007. DOI: 10.1590/S0104-11692007000300023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rlae/a/CfKNnz8mvSqVjZ37Z77pFsy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 abr. 2024.

SARCHER, A. *et al.* *Reorganization of muscle synergies in 2 individuals with C5 and C6 tetraplegia after biceps-triceps and posterior deltoid-triceps tendon transfers.* **Annales de réadaptation et de médecine physique**, v. 62, n. 2, p. 128-131, 2019. DOI: 10.1016/j.rehab.2018.09.008.

SILVA, O. T. D. *et al.* *Epidemiology of spinal trauma surgically treated at the Unicamp Hospital das Clínicas.* **Coluna/Columna**, v. 17, n. 1, p. 55-58, jan. 2018.

TITOLO, P. *et al.* *Combining nerve and tendon transfers in tetraplegia: a proposal of a new surgical strategy based on literature review.* **European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology**, v. 29, p. 521-530, abr. 2019. DOI: 10.1007/s00590-018-2352-2. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00590-018-2352-2.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2024.

VAN ZYL, N. *et al.* *Expanding traditional tendon-based techniques with nerve transfers for the restoration of upper limb function in tetraplegia: a prospective case series.* **The Lancet**, v. 394, n. 10198, p. 565-575, 17 ago. 2019.

ZHONG, S. *et al.* *Upper Extremity Surgery in Tetraplegia and the Online Information Void.* **Hand**, v. 16, n. 5, p. 694-697, set. 2021. DOI: 10.1177/1558944719878835.

ZIAZIARIS, W. A. *et al.* *The Anatomy of Nerve Transfers Used in Tetraplegic Hand Reconstruction.* **The Journal of Hand Surgery**, v. 47, n. 11, p. 1121.e1-1121.e6, nov. 2022. DOI: 10.1016/j.jhsa.2021.09.003.

ZLOTOW, D. A.; KRIPKE, L. A.; KOZIN, S. H. *Current Concepts in Elbow Extension Reconstruction for the Tetraplegic Patient. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, v. 31, n. 5, p. 221-228, mar. 2023. DOI: 10.5435/JAAOS-D-22-00348. Disponível em: https://journals.lww.com/jaaos/abstract/2023/03010/current_concepts_in_elbow_extension_reconstruction.2.aspx. Acesso em: 20 abr. 2024.