

**Proposta d'intervenció fisioterapèutica
respiratòria en pacients amb lesió medul·lar
cervical en fase subaguda: entrenament
muscular respiratori i tècniques de drenatge**

Treball final de màster

Estela Sadó Minguillón

Institut Guttman

Màster Neurorehabilitació

Curs 2024/2025

RESUM

Les lesions medul·lars cervicals provoquen una afectació important de la funció respiratòria a causa de la paràlisi parcial o completa de la musculatura inspiratòria i espiratòria. Aquesta alteració no només compromet la capacitat ventilatòria, sinó que també limita l'eficàcia de la tos i afavoreix l'acumulació de secrecions, fet que augmenta el risc de complicacions respiratòries greus com la pneumònia, les atelectàsies o el fracàs respiratori.

En aquest context, l'entrenament muscular respiratori (EMR) i les tècniques de drenatge bronquial són eines fonamentals dins l'abordatge fisioterapèutic. Aquest treball té com a objectiu dissenyar una proposta d'intervenció basada en l'evidència científica, orientada a millorar la funció respiratòria en pacients amb lesió medul·lar cervical en fase subaguda. La proposta se centra en l'aplicació combinada de l'EMR i tècniques de drenatge, amb l'objectiu d'optimitzar paràmetres funcionals com la pressió inspiratòria i espiratòria màxima (PIM i PEM), el flux de tos (PCF) i l'autonomia respiratòria del pacient.

A través de la recerca bibliogràfica, es planteja un programa estructurat i adaptat a pacients amb lesió medul·lar cervical a nivell de C1-C5 en el moment subagut de la lesió, tenint en compte les seves necessitats específiques. El treball també analitza els beneficis esperats, així com les limitacions actuals de la literatura, i proposa línies futures d'investigació orientades a validar-ne l'eficàcia clínica.

Paraules clau:

Lesió medul·lar cervical, entrenament muscular respiratori, fisioteràpia respiratòria, fase subaguda, drenatge bronquial.

ÍNDIX

RESUM.....	2
1. INTRODUCCIÓ.....	4
1.1. Introducció a la lesió medul·lar	4
1.1.1. Classificació segons Escala ASIA	6
1.1.2. Canvis en el patró respiratori	6
1.1.3. Canvis en els paràmetres pulmonars	7
1.2. Entrenament dels músculs respiratoris.....	8
2. OBJECTIUS	9
3. NIVELL D'EVIDÈNCIA DELS ESTUDIS	9
4. ANÀLISI DELS ESTUDIS.....	11
5. METODOLOGIA.....	13
5.1. Subjectes d'estudi	13
5.1.1. Criteris d'inclusió.....	14
5.1.2. Criteris d'exclusió	14
5.2. Intervenció	14
5.2.1. Entrenament dels músculs respiratoris (EMR).....	14
5.2.2. Tècniques de drenatge bronquial	15
5.3. Instruments de valoració.....	17
5.4. Pautes per la correcta realització de les proves de funció respiratòria	18
6. RESULTATS QUE ESPEREM OBTENIR	20
7. VALORACIÓ I CONCLUSIÓ DEL PROCÉS D'APRENTATGE	21
8. BIBLIOGRAFIA	22
ANNEX 1	24
ANNEX 2	25
ANNEX 3	26
ANNEX 4	27
ANNEX 5	28
ANNEX 6	29
ANNEX 7	30

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Introducció a la lesió medul·lar

La lesió medul·lar és una afectació de la medul·la espinal, la qual forma part del Sistema Nerviós Central i constitueix la via principal per la qual el cervell rep informació de la resta de l'organisme i envia les ordres que regulen els moviments. Aquesta estructura nerviosa, protegida per la columna vertebral, s'estén des de la base del crani fins a la regió lumbar, cosa que permet la transmissió d'informació sensorial i motora. Depenent del nivell de la lesió, es poden presentar diverses alteracions funcionals com ara pèrdua de mobilitat, trastorns en el control d'esfínters, disfuncions sexuals i altres complicacions secundàries (1).

Per entendre el grau d'afectació del pacient, em de tenir en compte el nivell d'innervació de cada múscul respiratori:

Múscul inspiratori	Nivell d'innervació	Nervi
ECOM	C2-C4	Nervi cranial XI
Trapezi	C2-C4	Nervi cranial XI
Diafragma	C3-C5	Nervi frènic
Escalens	C4-C8	Nervis espinals
Dorsal ample	C7-C8	Nervi toracodorsal
Pectorals	C5-T1	Plexe braquial
Intercostals externs	T1-T11	Nervis toràcics

Músculs espiratori	Nivell d'innervació	Nervi
Intercostals interns	T1-T12	Nervis toràcics
Abdominals	T6-L2	Plexe lumbar

La lesió medul·lar es pot classificar segons: (2)

- Etiologia:

Traumàtic		No traumàtic	
Caigudes	Domèstiques Laborals Fortuïtes	Congènita/ de creixement	Paràlisi cerebral infantil Espina bífida
Tràfic	Cotxe/Moto Atropellament	Iatrogènia	Punció medul·lar - epidural
Esportives	Capbussada Bicicleta Esports de contacte	Infecciosa	Virus Bactèria
Laborals	Soterrament Aplastament	Vascular/Inflamatòria	Infart medul·lar Mielitis transversa
Agressió	Traumatisme directe Arma de foc Arma blanca	Neoplàsica	Tumor primari Metàstasi

Nivell de la lesió:

Utilitzem l'escala ASIA per a la classificació del nivell de lesió segons ubicació i totalitat d'aquesta. Aquesta avaluació es divideix en dues parts (2):

- **Avaluació sensitiva** (normalment la du a terme el metge): s'avalua per un costat la sensibilitat superficial amb un pinzell i la sensibilitat dolorosa amb un punxó en els dermatomes indicats en l'escala.
Sempre s'avaluen els dos hemicossos. Se li demana a l'usuari que tanqui els ulls mentre es toca les diferents parts del cos amb el pinzell i el punxó (s'han de realitzar diferents proves falses per tal de saber si són sincers o no).
El punt de referència de normalitat és la sensació de les dues sensibilitats en les galtes de la cara del pacient.
- **Avaluació motora:** s'avalua per grup muscular i segons miotomes, distingint cinc grups claus pels músculs de l'extremitat superior (MMSS) i cinc pels músculs de l'extremitat inferior (MMII).

Músculs extremitat superior MMSS		Músculs extremitat inferior MMII	
C5	Flexors de colze	L2	Flexors de maluc
C6	Extensors de canell	L3	Extensors de genoll
C7	Extensors de colze	L4	Dorsiflexors de turmell
C8	Flexors interfalàngica distal	L5	Extensor comú de l'hallux
T1	ABD del dit petit	S1	Flexors plantars de turmell

1.1.1. Classificació segons Escala ASIA

ASIA A: lesió completa motora i sensitiva

ASIA B: lesió completa motora i incompleta sensitiva

ASIA C: lesió incompleta motora i sensitiva. La majoria dels grups musculars donen valors de 3 o menys de 3 en l'escala de balanç muscular.

ASIA D: lesió incompleta motora i sensitiva. La majoria dels grups musculars donen valors de 3 o superior a 3 en l'escala de balanç muscular.

ASIA E: normalitat

Després d'una lesió traumàtica de la medul·la espinal, es produeix un període de xoc medul·lar que causa una paràlisi flàccida dels músculs per sota del nivell de la lesió, que pot durar des de setmanes fins a mesos. La paràlisi flàccida dels músculs intercostals provoca una inestabilitat de la paret toràcica, de manera que durant la inspiració, la pressió intratoràcica negativa genera un enfonsament paradoxal cap a l'interior de les costelles. Aquest desequilibri mecànic dona lloc a una ventilació menys eficient, un augment del treball respiratori i una major predisposició al col·lapse de les vies aèries distals. A més, les secrecions de les vies respiratòries poden acumular-se als pulmons tant per un augment en la seva producció com per una disminució en la seva eliminació, a causa d'una tos ineficaç. És en aquest període quan la intubació i la ventilació mecànica per a suport respiratori són molt probables (2). L'escala ASIA, es pot trobar en l'annex 1.

1.1.2. Canvis en el patró respiratori

Per a mantenir la ventilació després de la lesió medul·lar, els pacients canvien el patró respiratori i presenten una respiració superficial i ràpida i el volum corrent acostuma a disminuir (3).

El principal múscul de la inspiració és el diafragma, el qual està innervat pel nervi frènic (sorgeix de les arrels nervioses de C3 a C5).

L'efecte de l'ancoratge dels músculs intercostals inspiratoris ja no hi és i, per tant, quan el diafragma es contreu i es redueix la pressió pleural, els intercostals ja no poden contrarestar els efectes de la pressió intrapleural negativa i causa un moviment paradoxal cap a l'interior de la caixa toràcica durant la inspiració. A més a més, la paràlisi dels músculs abdominals augmenta la distensibilitat i provoca un escurçament del diafragma. Aquesta combinació dona com a resultat una disminució de l'eficiència diafragmàtica. És a dir, s'inhala menys volum d'aire i hi ha un major cost d'oxigen (3).

Després de la lesió, el diafragma pateix una hipertròfia compensatòria pel fet que no es contreu de la mateixa manera. Els músculs accessoris, com el deltoides i el trapezi passen a desenvolupar un paper molt important en la funció respiratòria.

El mateix passa amb els músculs abdominals, es paralitzen amb la lesió i el dorsal ample i el pectoral major passen a tenir un paper principal en la respiració, ja que s'activen aquests durant la tos. (3)

1.1.3. Canvis en els paràmetres pulmonars

La falta de força dels músculs inspiratoris i espiratoris afecta directament els paràmetres del volum corrent, capacitat vital i capacitat pulmonar total (es defineixen els paràmetres en l'annex 2). La disminució dels paràmetres és major de la que s'esperaria únicament per una debilitat muscular. És per aquest motiu que aquesta disminució es deu també a l'influència per (4):

- La *distensibilitat pulmonar*, la qual reflecteix la rigidesa pulmonar. Aquest fet provoca que quan més disminueix la distensibilitat més difícil és inflar els pulmons i hi ha una major resistència al moviment durant la respiració. Aquest fet es dona amb persones tetraplègiques i pot ser degut a atelectàsies i canvis d'elasticitat en el teixit pulmonar i dona com a resultat una disminució dels volums pulmonars.
- També es dona una disminució de la *distensibilitat de la caixa toràctica*. Aquesta es veu limitada per la paràlisi dels músculs respiratoris i perquè els pacients estan físicament inactius i, per tant, sense els moviments de la caixa toràctica les articulacions dels voltants es tornen rígides (4).

La capacitat funcional residual també es veu reduïda amb pacients tetraplègics, sobretot en els períodes de malaltia respiratòria aguda. Aquest fet es dona per la limitació de moviment que té la paret toràctica. Aquesta disminució també predisposa al pacient a patir atelectàsies i fibrosi pulmonar.

En canvi, el volum residual, és l'únic volum pulmonar que no disminueix amb la debilitat dels músculs respiratoris (4).

La debilitat dels músculs respiratoris afecta directament la capacitat per fer espiracions forçades i generar taxes de flux espiratori elevades, el que es reflecteix en una forta reducció del volum espiratori forçat en un segon, les taxes de flux espiratori màxim i el pic del flux de tos. Aquestes reduccions són degudes principalment als efectes directes de la debilitat dels músculs abdominals i intercostals (4,5).

Una espiració forçada depèn de la generació d'una pressió intratoràctica positiva. En persones amb capacitats conservades, aquesta pressió es genera quan els músculs abdominals es contreuen i empenten el contingut abdominal cap endins i cap amunt, augmentant la pressió positiva intratoràctica. Les pressions positives intratoràctiques també es veuen augmentades per l'acció dels músculs intercostals sobre la caixa toràctica. Sense l'activitat d'aquests músculs, no es poden generar grans pressions intratoràctiques positives, la qual cosa fa que l'espiració sigui pràcticament passiva.

Aquesta incapacitat per fer una espiració forçada dificulta una tos efectiva, ja que es necessiten altes taxes de flux per generar turbulències d'aire que ajudin a moure les secrecions dins de les vies respiratòries. Els pacients que no poden generar fluxos màxims d'espiració de, almenys, 4,5

l/segon i tenen una capacitat vital inferior a 1,5 l, no podran generar els fluxos crítics necessaris en períodes de malalties respiratòries agudes (4,5).

La manca de tos efectiva augmenta el risc de retenir secrecions, el que pot causar atelectàsies i contribuir a la disminució de la distensibilitat pulmonar. Les secrecions també incrementen el risc de pneumònia, ja que actuen com a barrera física per a la ventilació de les regions distals dels pulmons. Aquest problema es veu agreujat durant malalties respiratòries agudes, en què es produeix més secreció (5).

1.2. Entrenament dels músculs respiratoris

L'entrenament dels músculs respiratoris implica un entrenament específic dels músculs inspiratoris, espiratoris o tots dos per a millorar tant la força com la resistència. Una sessió d'entrenament consisteix en un nombre determinat de repeticions en un temps concret i la intensitat es determinarà mitjançant un percentatge obtingut del càlcul de força respiratòria màxima, pressió respiratòria i la capacitat ventilatòria, segons la tècnica escollida (6).

Aquests músculs es poden entrenar mitjançant (6):

- Entrenament resistiu: consisteix a respirar per un orifici de diàmetre reduït (per guanyar resistència) que limita el flux disponible.
- Entrenament de llinar: aquest entrenament implica respirar amb prou força per a superar una vàlvula carregada amb el motlle i permetre el flux d'aire.

Mitjançant una revisió recent de Cochrane (6), aquesta ha demostrat que pel que fa a la seva efectivitat, s'ha observat que l'entrenament de la força respiratòria millora la força muscular, la resistència i la funció en pacients amb malalties respiratòries (5). A més, aporta beneficis significatius en la capacitat vital, la capacitat vital forçada (FVC), els valors de pressió inspiratòria màxima (PIM) i pressió espiratòria màxima (PEM), la ventilació màxima voluntària i la capacitat inspiratòria. No obstant això, els beneficis es perden ràpidament quan es deixa de realitzar l'entrenament, per la qual cosa es considera que hauria de ser un entrenament continuat al llarg de la vida (5).

Una altra tècnica per l'entrenament simultani dels músculs inspiratoris i espiratoris és la tècnica on es treballen a ratis alts de ventilació per minut, mitjançant una bossa de respiració connectada a un sistema de tubs i una boqueta. L'objectiu és omplir i buidar la bossa completament amb cada respiració del pacient. Amb aquest entrenament s'ha vist que també hi ha una millora del PIM i PEM i de la ventilació màxima voluntària (6).

La utilització de faixes abdominals elàstiques fa que la unió abdominal restauri les transferències de pressió a través del tòrax i l'abdomen, fet que permet al diafragma assumir una posició de repòs. Es va poder observar que la faixa també millorava la capacitat vital, el PIM i PEM i FVC (6).

2. OBJECTIUS

L'objectiu d'aquesta investigació, és fer una proposta d'intervenció mitjançant l'entrenament de força dels músculs respiratoris i el treball de drenatge de secrecions en pacients afectats d'una lesió medul·lar alta, a nivell de C1-C5, de la lesió, amb l'objectiu d'evitar complicacions respiratòries i millorar-hi la funció i la qualitat de vida del pacient.

3. NIVELL D'EVIDÈNCIA DELS ESTUDIS

Com s'ha comentat anteriorment els pacients amb una lesió medul·lar cervical, presenten una disminució progressiva dels volums pulmonars amb una posterior insuficiència respiratòria i presenten complicacions respiratòries, una de les més freqüents és l'acumulació de secrecions bronquials (1). És per aquest motiu que diferents investigacions al llarg dels anys recolzen els beneficis de l'entrenament dels músculs respiratoris i el drenatge de secrecions en persones amb lesió medul·lar.

L'article 1 de l'any 2007, ens explica com en els anys s'han anat trobant beneficis en l'entrenament muscular i en l'eliminació de les secrecions basant-se en investigacions les quals destacaven la importància de la realització de les diferents tècniques de drenatge en la fase aguda de la lesió. Tot i això, recalquen que no són del tot aclaridors, ja que hi ha diferents estudis inclosos en la revisió, els quals no van complir amb les normes metodològiques.

És per aquest motiu pel qual es va recopilar evidència més actualitzada realitzant una recerca exhaustiva en Pubmed, Cochrane i Google Escolar sobre l'entrenament muscular respiratori i el drenatge de secrecions en pacients amb lesió medul·lar cervical.

Sobre aquests articles estarà basada la meua proposta d'intervenció.

Estudi	Nivell d'evidència	Justificació
Berlowitz et al. (6); 2013	Nivell I	Segons l'evidència Oxford, es classifica de nivell I, ja que és una revisió sistemàtica amb metaanàlisis.
Rodriguez et al. (7); 2025	Nivell I	Segons l'evidència Oxford, es classifica de nivell I, ja que és una revisió sistemàtica amb metaanàlisis.
Reid et al. (8); 2016	Nivell I	Segons l'evidència Oxford, es classifica de nivell I, ja que és una revisió sistemàtica.

Boswell-Ruys et al. (9); 2020	Nivell I	Segons l'evidència Oxford, aquests tipus d'estudis es classifiquen en nivell I d'evidència.
Woods et al. (10); 2023	Nivell I	Segons l'evidència Oxford, aquests tipus d'estudis es classifiquen en nivell I ja que es tracta d'una revisió sistemàtica amb metaanàlisi.
Strickland et al. (11); 2013	Nivell I	Segons l'evidència Oxford, aquests tipus d'estudis es classifiquen en nivell I ja que es tracta d'una revisió sistemàtica.
Raab et al. (12); 2019	Nivell III	Segons l'evidència Oxford, es classifica de nivell III, ja que es un estudi de cohort retrospectiu. Indica una evidència moderada.
Ehrlich et al. (13); 2014	Nivell IV	Segons l'evidència Oxford, es classifica de nivell IV, ja que es un informe de cas amb una evidència limitada.
Galeiras Vázquez et al. (14); 2013	Nivell V	Segons l'evidència Oxford, es classifica de nivell V, ja que es una revisió narrativa i no segueix una metodologia sistemàtica.
Berlly et al. (15); 2016	Nivell V	Segons l'evidència Oxford, es classifica de nivell V, ja que es una revisió narrativa i no segueix una metodologia sistemàtica.

4. ANÀLISI DELS ESTUDIS

Si analitzem els resultats dels estudis recopilats, tots evidencien millores significatives almenys en una de les variables respiratòries avaluades, destacant sobretot la pressió inspiratòria màxima (PIM), com a variable més comuna i consistent entre elles.

La PIM millora pràcticament en tots els estudis on s'avalua, tant com es pot veure en els estudis de Boswell-Ruys et al. (9); 2020, Strickland et al. (11); 2013 i en el de Woods et al. (10); 2023. Tot i que també s'exposen millores en altres variables com en la pressió espiratòria màxima (PEM) en (estudi retrospectiu), també es registren millores en la capacitat vital forçada (FVC) i en el volum espiratori forçat en el primer segon (FEV1) en varis dels estudis com els de Boswell-Ruys et al. (9); 2020, Strickland et al. (11); 2013, Woods et al. (10); 2023 i Ehrlich et al. (13); 2014.

Tant en l'estudi Woods et al. (10); 2023, com en el Rodriguez et al. (7); 2025, es recullen millores significatives en el PIM, FVC, FEV1 i en la qualitat de vida. Se centren en el mateix patró d'investigació, però en la revisió sistemàtica de 2025, es troba una major actualitat dels estudis i reforça el patró ja comentat anteriorment que la PIM és la variable més consistentment millorada. En canvi, en l'estudi de Boswell-Ruys et al. (9); 2020, s'hi troba una millora en els símptomes respiratoris, la PIM i la qualitat de vida però no en el FVC o el FEV1. Aquest estudi és un dels pocs que mostra millores simultànies en variables subjectives i funcionals.

L'estudi retrospectiu de Raab et al. (12); 2019, sobre la intensitat d'entrenament destaca que la intensitat és més determinant que el volum d'entrenament per a millorar la PIM i la PEM. S'ha vist que un augment de la intensitat d'entrenament de 10 cmH₂O es tradueix en un augment del 7% del PIM. Per tant, la recomanació és mantenir la intensitat de l'entrenament tan alta com sigui possible, amb una qualificació autodeclarada d'almenys 15/20 a l'escala de Borg, i anar augmentant la resistència. Una conclusió clau que reforça la necessitat de protocols individualitzats i progressius en tots els pacients. Aporta una anàlisi mecànica clau que complementa els altres estudis. La intensitat com a variable crítica del tractament.

Els protocols analitzats presenten una gran heterogeneïtat pel que fa a la duració de la intervenció, freqüència, tipus de dispositiu i entrenament exclusiu de músculs inspiratoris o bé combinat amb exercicis dels músculs espiratoris. L'estudi Boswell-Ruys et al. (9); 2020, ens diu que el protocol d'entrenament ha de tenir una duració de sis setmanes, mentre que l'estudi Ehrlich et al. (13); 2014, ens diu que la duració hauria de ser fins a un any per a veure-hi resultats clars i duradors. La freqüència varia entre els diferents estudis, però es troba en un interval de des de 2 cops al dia fins a 5 cops a la setmana. També es troba una heterogeneïtat d'opinions respecte a la realització d'exercici únicament de músculs inspiratoris o bé teràpia combinada amb exercicis tant inspiratoris com espiratoris.

Aquesta diversitat ens confirma que no existeix un consens estandarditzat sobre el protocol òptim d'entrenament respiratori en població amb lesió medul·lar.

L'estudi de Ehrlich et al. (13); 2014, ens destaca que no només ha millorat la condició del pacient amb la millora del PIM, PEM, FVC i FEV1, sinó que també per l'eliminació de secrecions diàries, el que ha derivat a una reducció d'infeccions i un augment de l'autonomia funcional. És dels pocs

estudis que destaca la millora de la combinació de les tècniques de IMT amb la teràpia de pressió espiratòria positiva (PEP), la qual millora l'eliminació de secrecions i evita el col·lapse de les vies aèries. Es realitza mitjançant un dispositiu que ofereix una resistència a l'espiració, generant una pressió positiva en les vies aèries. Tal com destaca aquest estudi, el fet de treballar aquestes dues tècniques juntes, l'entrenament es torna més complet i funcional sobretot en pacients medul·lars cervicals.

En l'estudi de Berlly et al. (15); 2016, també insisteixen amb la importància del maneig de secrecions com a primordial en les fases més agudes del procés de la malaltia. Destaca començar la realització d'exercici muscular respiratori (EMR) després del moment agut de la lesió però no deixar el drenatge de secrecions en cap moment, ja que és una prevenció per a les infeccions respiratòries, ja sigui en pacient amb lesió medul·lar aguda o crònica.

Per un costat es conclou que la PIM és sense dubtes la variable més avaluada i amb els resultats positius més consistents, a diferència de PEM, FVC, FEV1, els símptomes respiratoris, l'eliminació de secrecions i la qualitat de vida, les quals també milloren però amb més variabilitat. També s'ha pogut veure com la intensitat de l'entrenament es revela com un factor determinant de la millora, més que el volum o la duració del tractament. Al mateix temps, es reforça que l'entrenament amb resistència i càrrega progressiva és essencial per a generar adaptacions significatives en la musculatura respiratòria.

Com hem pogut veure és important destacar que, a més de la millora de la força muscular respiratòria, altres aspectes com l'eliminació de secrecions també juguen un paper clau en la recuperació funcional. En aquest sentit, Strickland et al. (11); 2013, posa èmfasi en l'efectivitat de les teràpies no farmacològiques de desobstrucció de les vies respiratòries en pacients hospitalitzats, especialment en les fases agudes, com també remarca l'estudi Berlly et al. (15); 2016. Ambdós coincideixen que el maneig de secrecions és fonamental per prevenir infeccions respiratòries i millorar la ventilació, fet que reforça la idea que l'abordatge respiratori ha de ser multidimensional, integrant l'EMR amb tècniques de neteja de secrecions per maximitzar els resultats clínics.

Per una altra part, tots els estudis presenten limitacions similars que compliquen la generalització dels seus resultats com ara les mides de mostra reduïdes, l'heterogeneïtat clínica (nivell de lesió, tipus de LM), falta d'adherència, seguiment a llarg termini, etc... Aquestes limitacions coincideixen amb les observacions dels estudis Woods et al. (10); 2023 i Berlowitz et al. (6); 2013, que conclouen que es necessita estudis de major qualitat metodològica, amb mostres més àmplies i protocols millor estandarditzats.

I finalment, un dels factors claus que emergeix de la revisió de la literatura sobre l'EMR en persones amb lesió medul·lar és l'adherència al tractament. L'eficàcia de l'entrenament no depèn únicament del tipus d'intervenció o la intensitat aplicada, sinó que també de la constància amb la qual es porta a terme. Aquest fet ens l'expliquen Woods et al. (10); 2023 i Rodriguez et al. (7); 2025. En l'estudi Ehrlich et al. (13); 2014, es pot veure com després de vuit mesos d'entrenament supervisat amb IMT i PEP, el pacient va passar al treball exclusivament autònom i després de diversos mesos, quan l'adherència va ser irregular, es va veure una pèrdua de la força inspiratòria (de -37 cmH₂O a -29 cmH₂O). Tot i això, després de reprendre el programa de

forma constant, no només es va recuperar la força inspiratòria sinó que es van superar els paràmetres aconseguits anteriorment.

L'evidència indica que, almenys que l'entrenament s'incorpori com a part de la rutina diària del pacient, és poc probable que els beneficis es mantinguin a llarg termini. Aquest punt es veu recolzat per l'estudi Raab et al. (12); 2019 on la millora en la força respiratòria depenia directament de la dosi efectiva de càrrega rebuda, la qual només es pot assolir si l'entrenament és regular i sostingut en el temps. Igual que diversos estudis recomanen implementar protocols de supervisió intermitent especialment en entorns domiciliaris per a continuar amb la motivació del pacient, assegurar la tècnica apropiada i ajustar progressivament la càrrega segons l'evolució del rendiment del pacient.

En conclusió, l'adherència contínua al tractament respiratori no és només un complement del protocol terapèutic, sinó un component essencial perquè els efectes clínics i funcionals es consolidin i es perdurin en el temps.

5. METODOLOGIA

5.1. Subjectes d'estudi

Els subjectes participants en aquesta proposta d'intervenció seran pacients amb lesió medul·lar cervical en el moment subagut (6 setmanes – 6 mesos) de la lesió, en concret pacients afectats del nivell C1-C5.

Aquests tipus de pacients presentaran una afectació a nivell respiratori. Els pacients afectats a nivell de C1-C2 tindran una activació parcial del ECOM, però no tindran activació del diafragma, escalens, pectorals, intercostals i abdominals. És per aquest motiu que requeriran ventilació mecànica i serien candidats a marcapassos diafragmàtic (16).

En el nivell C3-C4, el múscul ECOM estarà preservat, però el diafragma i els escalens només tindran una activació parcial. I, en canvi, els pectorals, intercostals i abdominals no tindran cap mena d'activació. En el nivell C3 si requeriran ventilació mecànica a llarg termini, mentre que els pacients afectats del nivell C4 la requeriran només un període curt en el moment agut de la lesió. En aquest nivell hi haurà poca capacitat per a tossir, es veurà una capacitat vital reduïda i una reserva espiratòria mínima.

En canvi, en el nivell C5 estarà preservat els músculs del ECOM i el diafragma, els escalens i els pectorals estaran preservats amb una activació parcial i els intercostals i abdominals continuaran sense tenir cap mena d'activació. Aquests pacients no requeriran ventilació mecànica. En aquest nivell, l'espiració forçada i la tos es compensen parcialment gràcies al pectoral major i el dorsal ample, per aquest motiu hi haurà una mínima capacitat per tossir.

5.1.1. Criteris d'inclusió

- Diagnosi confirmat de lesió medul·lar cervical entre els nivells C1-C5
- Pacients en la fase subaguda de la lesió (entre 6 setmanes i 6 mesos des de la lesió)
- Lesions traumàtiques o no traumàtiques
- Edat entre 18 i 65 anys
- Capacitat per a seguir ordres simples i col·laborar amb el protocol d'intervenció
- Estabilitat clínica
- Consentiment informat firmat pel pacient o tutor legal

5.1.2. Criteris d'exclusió

- Lesió medul·lar per sota del nivell C5
- Temps des de la lesió inferior a 6 setmanes o superior a 6 mesos
- Presència d'inestabilitat mèdica greu
- Diagnosi de trastorns cognitius severos o alteracions de la comunicació que impedeixin la participació activa en l'estudi
- Patologia respiratòria prèvia significativa (com per exemple; EPOC greu, fibrosi pulmonar) no relacionada amb la lesió medul·lar.
- Participació simultània en altres programes d'intervenció respiratòria que pugui interferir amb els resultats

5.2. Intervenció

Aquest projecte d'intervenció s'estructura en dos blocs complementaris: d'una banda, un programa d'entrenament dels músculs respiratoris (ERM) enfocat tant a la musculatura inspiratòria com a espiratòria, i de l'altra, un conjunt de tècniques de drenatge bronquial destinades a millorar l'eficàcia de la tos i l'eliminació de secrecions. Ambdós components s'adapten específicament a persones amb lesió medul·lar cervical en fase subaguda (6 setmanes a 6 mesos post-lesió), i es dissenyen sota criteris d'individualització i progressió, per permetre'n la realització a l'entorn domiciliari amb supervisió inicial.

Per estructurar correctament l'entrenament, s'aplicarà el principi FITT, que defineix els paràmetres principals de prescripció de l'exercici: freqüència, intensitat, temps i tipus d'activitat. Aquesta metodologia, permet establir programes d'exercici segurs, eficaços i adaptats a les característiques funcionals de cada usuari (17).

5.2.1. Entrenament dels músculs respiratoris (EMR)

L'enfortiment de la musculatura respiratòria es durà a terme mitjançant un dispositiu específic que permet treballar tant la inspiració com l'espiració per separat, gràcies a un sistema de doble vàlvula. El tractament es realitzarà mitjançant l'Orygen Dual Valve, el qual ofereix la possibilitat de regular amb precisió la càrrega que ha de vèncer el pacient, ja que incorporen un mecanisme

de ressort que manté una pressió constant durant tota la fase respiratòria, independentment de la velocitat a què es faci (10).

Atès que els pacients amb lesió medul·lar cervical presenten una reducció significativa a la força dels músculs respiratoris, aquest sistema permet començar amb càrregues baixes i progressar de forma individualitzada segons l'evolució de cada cas. Per fer-ho, abans d'iniciar l'entrenament, es durà a terme una valoració inicial de les pressions màximes generades durant la inspiració (PIM) i l'expiració (PEM), que servirà com a base per ajustar la càrrega inicial al 50% del valor registrat. A mesura que el pacient millori, aquesta càrrega s'anirà incrementant progressivament, per tal d'assolir intensitats properes al 80% del nou valor màxim.

A més del criteri objectiu basat en la pressió, es tindrà en compte la percepció subjectiva d'esforç, que es monitoritzarà mitjançant l'Escala de Borg modificada, i és recomanable mantenir un nivell mínim de 7 punts per garantir una intensitat adequada del treball.

Les sessions es desenvoluparan en posició asseguda i ús de pinça nasal per assegurar la direcció correcta del flux. L'entrenament s'iniciarà amb la part inspiratòria, en què s'indicarà al pacient que faci primer una expiració completa per després inhalar amb força, vencent la resistència del dispositiu. Es faran tres sèries de 8 a 10 respiracions, deixant entre 2 i 3 minuts de descans entre cada sèrie. A continuació, el dispositiu s'ajustarà per treballar la fase expiratòria, invertint el procés: s'inspirarà al màxim i s'expirarà amb esforç, repetint el mateix volum de treball.

El programa està dissenyat per realitzar-se amb una freqüència entre 5 dies per setmana, adaptant-se a les possibilitats del pacient i promovent la constància sense generar sobrecàrrega. Aquesta modalitat permet combinar eficàcia terapèutica amb flexibilitat, cosa que pot contribuir a una major adherència al tractament.

Amb l'objectiu de fomentar l'adherència i facilitar l'execució de l'entrenament d'una manera autònoma, cada pacient rebrà un manual explicatiu de les pautes del programa d'exercicis (Annex 3) i un registre diari (Annex 4) on es reflectirà el següent:

- Data
- Repeticions que ha fet
- Carga aplicada
- Esforç percebut durant l'exercici i després mitjançant l'escala Borg

5.2.2. Tècniques de drenatge bronquial

Com a part del programa d'intervenció, s'incorporaran dues tècniques de drenatge bronquial amb evidència en el maneig de secrecions en persones amb debilitat muscular respiratòria: la pressió expiratòria positiva (PEP) i l'expiració lenta amb glotis oberta en decúbit lateral (ETGOL) ambdues tècniques han demostrat ser eficients. L'aplicació d'aquestes tècniques tindrà com a objectiu principal la mobilització de secrecions, la prevenció d'infeccions respiratòries i la millora del patró ventilatori.

La tècnica PEP consisteix en espiracions actives contra una resistència ajustable mitjançant un filtre connectat a una vàlvula unidireccional. Aquesta resistència genera una pressió expiratòria

positiva, mantenint obertes les vies respiratòries durant l'expiració i afavorint el desplaçament de secrecions des de les zones perifèriques cap a les centrals.

Aquesta tècnica de drenatge s'aplicarà al pacient de la següent manera:

Freqüència	Duració	Posició	Dispositiu	Sèries	Esforç
3 dies a la setmana	15-20 minuts per sessió	Sedestació amb esquena recta o inclinada endavant	Filtre PEP amb vàlvula ajustable (5-20 cmH ₂ O)	3 blocs de 10 espiracions actives amb descans d'1-2 minuts	Espiracions lentes i perllongades, sense arribar a la fatiga

Després de cada bloc de 10 espiracions es farà una tècnica de tos assistida o huffing per a poder acabar d'evacuar les secrecions mobilitzades.

La tècnica huffing és una expiració forçada amb la glotis oberta que substitueix la tos en pacients amb debilitat muscular respiratòria. Es realitza simulant una exhalació forta, sovint s'explica com si s'estigués entelant un mirall o dient "ha".

La tècnica ELTGOL es basa en espiracions lentes i perllongades realitzades en posició de decúbit lateral, afavorint el buidament de secrecions d'un pulmó cap als bronquis principals sense generar col·lapses alveolars. És especialment útil en fases d'acumulació mucosa.

Aquesta tècnica s'aplicarà unes 4-5 vegades per setmana amb una duració total per sessió de 20-25 minuts. Pel que fa a la posició, es realitzarà de la següent manera:

- Primera part: decúbit lateral esquerre per a drenar les secrecions del pulmó dret
- Segona part: decúbit lateral dret per a drenar les secrecions del pulmó esquerre

Es treballaran dos blocs per a cada costat de 8 espiracions lentes. Les espiracions han de tenir una duració d'almenys 5 segons. Es donarà un descans al pacient d'1-2 minuts entre blocs.

Finalitzades les dues parts, també es realitzaran les tècniques de tos assistida o huffing per tal d'expulsar les secrecions mobilitzades amb la tècnica.

Aquesta tècnica la podria realitzar el pacient d'una manera autònoma si s'evités el canvi de posicions i es realitzés de manera unilateral amb sedestació inclinada, adaptant el posicionament.

Durant les primeres sessions, el fisioterapeuta ensenyarà i supervisarà la correcta execució de les dues tècniques, adaptant-les segons capacitats del pacient. De la mateixa manera, s'entregarà una guia amb instruccions (Annex 5) i un registre diari (Annex 6) on anotar el següent:

- Tècnica realitzada
- Nombre de repeticions
- Sensació subjectiva de l'eficàcia (0-10)
- Quantitat de secrecions expulsades
- Dificultats o símptomes durant o després de la sessió.

5.3. Instruments de valoració

Per garantir una intervenció individualitzada i monitoritzar objectivament l'evolució dels pacients, s'utilitzaran diferents eines d'avaluació. Aquestes permetran quantificar la força muscular respiratòria, l'efectivitat de l'entrenament i la mobilització de secrecions.

La pressió inspiratòria màxima (PIM) és la pressió màxima que el pacient pot generar quan intenta inhalar a través d'una embocadura després d'una espiració màxima. La pressió espiratòria màxima (PEM) és la pressió màxima, mesurada durant l'espiració forçada després d'una inhalació completa. La PIM i la PEM són mesures per veure la capacitat de generar força dels músculs inspiratoris i espiratoris, i, per tant, l'utilitzarem per la valoració inicial i durant el tractament per a veure si realment el nostre tractament té efectes beneficiosos (18).

Per altra banda, el Peak flow tos és una mesura que avalua l'eficàcia de la tos, indicant d'aquesta manera la capacitat del sistema respiratori en expulsar secrecions de manera efectiva.

Si la prova dona un valor entre 160 l/min i 270 l/min tindran un risc de retenció de secrecions i necessiten d'entrenament i assistència a la tos. Els valors inferior a 160 l/min, suggereix que hi ha un risc significatiu d'insuficiència respiratòria o una acumulació important de secrecions.

També s'utilitzarà l'auscultació pulmonar com a eina de valoració en aquest projecte. L'auscultació pulmonar és l'apreciació amb el sentit de l'oïda, mitjançant el fonendoscopi, dels fenòmens acústics que s'originen per l'entrada i sortida de l'aire en el sistema respiratori durant la fase de la respiració. L'objectiu és reconèixer els sorolls respiratoris normals però sobretot els patològics, els quals ens diran si hi ha secrecions retingudes o no. A més a més, que per la valoració inicial del pacient, amb aquesta tècnica podrem observar també si les tècniques de drenatge aplicades són beneficioses pel pacient (19).

Per a iniciar la intervenció de manera adequada i poder establir la intensitat de la càrrega de l'entrenament muscular es realitzarà una valoració inicial dels paràmetres de la PIM, PEM i el Peak flow tos. Posteriorment, es realitzaran valoracions periòdiques cada 3 setmanes durant el període de la intervenció, ja a les 2-4 setmanes es quan es veuen els beneficis o les progressions. Segons les guies de l'American College of Sports Medicine (ACSM), els canvis en la força muscular (incloent-hi els músculs respiratoris) poden ser objectivables a partir de les dues, tres setmanes d'entrenament regular, amb millores més clares a partir de la quarta setmana. Avaluar cada 3 setmanes ens permet adaptar progressivament la càrrega en l'exercici. Pel que fa l'auscultació pulmonar es realitzarà una valoració inicial anterior a la realització de les dues tècniques de drenatge, per així d'aquesta manera localitzar on hi ha major quantitat de secrecions. Posteriorment, cada dues setmanes es tornarà a realitzar la valoració.

Les avaluacions periòdiques permeten al pacient veure els seus progressos, el que reforçarà l'adherència al tractament i motivarà la seva continuïtat.

5.4. Pautes per la correcta realització de les proves de funció respiratòria

Per a mesurar la Pressió Inspiratòria Màxima (PIM) i la Pressió Espiratòria Màxima (PEM), l'*American Thoracic Society* (ATS) i l'*European Respiratory Society* (ERS) van publicar una declaració conjunta que estableix les directrius tècniques per a aquestes avaluacions (20).

La PIM representa la màxima pressió negativa generada durant una inspiració forçada contra una via aèria tancada, habitualment iniciada des del volum residual (VR). Per altra banda, la PEM correspon a la màxima pressió positiva generada durant una espiració forçada, habitualment realitzada des de la capacitat pulmonar total (CPT). Per tant, per a mesurar la PIM es demanarà al pacient que expiri el màxim d'aire que pugui i seguidament faci una inspiració amb el major esforç possible. Per a mesurar la PEM, serà el contrari, el pacient realitzarà una inspiració i posteriorment es demanarà una espiració amb l'esforç més gran possible.

Per obtenir una correcta obtenció d'aquests paràmetres, el pacient ha d'estar assegut, amb l'esquena recta, el cap en posició neutra i utilitzant una pinça nasal per evitar fuites d'aire. La maniobra es realitza a través d'un filtre rígid connectat a un manòmetre que registra pressions de fins a ± 200 cmH₂O.

S'han de fer almenys tres maniobres tècnicament acceptables, amb un màxim de deu intents. El valor final amb el qual ens quedarem, serà el més gran dels tres esforços, definits com aquells que diferencien en menys del 20% entre si. Cada maniobra s'ha de mantenir almenys un segon en el valor, sense fuites ni tos. Es recomana un descans d'almenys 30-60 segons entre cada repetició per evitar la fatiga muscular.

No hi ha uns valors estandarditzats establerts per la PIM i PEM, en la pràctica s'utilitzen les equacions de referència desenvolupades per Morales et al. (21), les quals es basen en mostres de la població sana. Aquestes equacions tenen en compte variables com l'edat, el sexe i la talla. Aquestes equacions són les següents:

	Homes	Dones
PIM	$133,07 - (1,03 \times \text{edat en anys}) + (0,59 \times \text{pes en kg})$	$125,18 - (0,64 \times \text{edat en anys})$
PEM	$263,12 - (1,31 \times \text{edat en anys})$	$116,23 - (0,57 \times \text{edat en anys}) + (0,65 \times \text{pes en kg})$

Per altra banda, per a mesurar el Peak Flow Tos (PCF), s'utilitza un mesurador de flux màxim. Per obtenir resultats vàlids en aquesta prova el pacient ha d'estar assegut i amb l'esquena recta. Es recomana també fer servir una pinça nasal per evitar fuites d'aire. El pacient haurà de realitzar una inspiració màxima per posteriorment realitzar una tos amb el major esforç possible dins del filtre del dispositiu.

S'han de realitzar almenys tres maniobres vàlides, amb descansos de 30 a 60 segons entre cadascun dels intents per evitar la fatiga. El valor més alt obtingut serà el vàlid.

En adults sans, els valors del PCF, solen superar els 360-400 L/min. Una PCF inferior a 270 L/min indicarà una tos ineficaç, la qual podrà suposar un compromís en l'eliminació de secrecions i augmentar el risc d'infeccions respiratòries (22).

Per últim, l'auscultació es realitza mitjançant un fonendoscopi. Aquesta tècnica es realitzarà amb el pacient assegut amb l'esquena descoberta. Es demanarà al pacient que realitzi una respiració pausada per la boca mentre se li demana una inspiració més llarga que la posterior espiració i s'aplicarà el fonendoscopi de manera simètrica en els dos hemitòrax. L'esquema a seguir serà el següent:

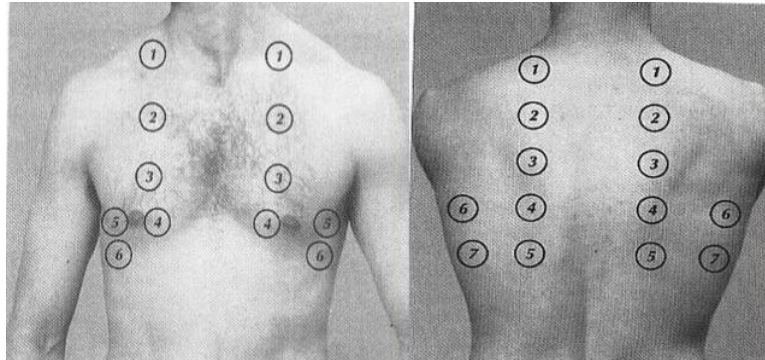


Figura 1. Esquema auscultació (23)

6. RESULTATS QUE ESPEREM OBTENIR

S'espera que la implementació del programa d'intervenció d'entrenament muscular respiratori (EMR), complementat amb tècniques de drenatge bronquial, en pacients amb lesió medul·lar cervical alta (C1–C5) en fase subaguda, generi una millora significativa en paràmetres funcionals respiratoris i en la prevenció de complicacions respiratòries.

En primer lloc, es preveu un augment de la Pressió Inspiratòria Màxima (PIM) i de la Pressió Espiratòria Màxima (PEM), el que ens indica una millora de la força dels músculs respiratoris. Diversos estudis han demostrat que l'EMR, tant amb dispositius de resistència com amb entrenament voluntari supervisat, és eficaç per millorar la força inspiratòria i espiratòria en persones amb lesió medul·lar, amb millores que poden oscil·lar entre el 20 i el 40% respecte als valors inicials (6,24).

Així mateix, s'espera una millora del flux de tos (PCF), paràmetre crucial en aquests pacients, ja que una tos ineficaç s'associa amb un risc més gran de retenció de secrecions i de complicacions respiratòries, com infeccions o atelectàsies (22). Assolir un PCF > 270 L/min és considerat el llindar mínim per a una tos funcional en adults, i valors per sota de 160 L/min s'associen amb una tos severament ineficaç (25).

Des del punt de vista clínic, s'espera que aquests canvis es relacionin amb una menor dependència de suport ventilatori (invasiu o no invasiu), una reducció de la freqüència d'infeccions respiratòries i una millora en l'evolució funcional del procés rehabilitador (6). A més, una funció respiratòria millorada pot repercutir positivament en la qualitat de vida del pacient, al mateix temps que pot millorar la tolerància a l'esforç i la sensació subjectiva de dispnea.

A nivell general, s'espera que la intervenció proposada tingui un impacte positiu en l'evolució del pacient durant la fase subaguda, optimitzant la rehabilitació, disminuint complicacions respiratòries i promovent l'autonomia funcional.

7. VALORACIÓ I CONCLUSIÓ DEL PROCÉS D'APRENTATGE

Al llarg d'aquest treball de fi de màster, he après molt sobre la importància de la funció respiratòria en persones amb lesió medul·lar cervical, així com també he après de l'efecte de l'entrenament muscular respiratori i les tècniques de drenatge bronquial. Aquest procés m'ha permès, no només consolidar coneixements teòrics, sinó també a desenvolupar habilitats per a la lectura crítica de la literatura científica, l'anàlisi metodològic de les intervencions i l'elaboració de propostes terapèutiques basades en l'evidència.

Durant aquest procés també he identificat importants limitacions en la literatura científica. En primer lloc, la majoria dels estudis inclosos presenten una mida de mostra bastant reduïda, una heterogeneïtat considerable en el tipus de lesió, en la fase evolutiva i en els protocols d'intervenció utilitzats, sent per aquests motius que es dificulta la generalització dels resultats. A més, moltes investigacions se centren en pacients amb lesions cròniques, mentre que l'evidència a la fase subaguda —que és el focus d'aquesta proposta— continua sent molt escassa. També s'ha observat una manca d'estudis longitudinals que avaluïn l'impacte a llarg termini de l'EMR en la qualitat de vida i la funcionalitat respiratòria.

Una altra limitació important que he pogut observar és la dificultat per estandarditzar protocols de tractament que siguin aplicables en diferents contextos clínics, cosa que posa de manifest la necessitat d'individualitzar les intervencions segons les característiques del pacient i els recursos disponibles.

Com a conclusió final, el disseny i l'aplicació de programes estructurats d'EMR en combinació amb tècniques de drenatge bronquial representen una estratègia terapèutica amb un potencial alt, l'eficàcia de la qual, ha de continuar investigant-se en futures línies de treball, tant des d'un enfocament clínic com des de la investigació aplicada.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Interdisciplinar AJE. Lesión medular.
2. Rupp R, Biering-Sørensen F, Burns SP, Graves DE, Guest J, Jones L, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2021;27(2):1–22.
3. Xie Y, Zhang L, Guo S, Peng R, Gong H, Yang M. Changes in respiratory structure and function after traumatic cervical spinal cord injury: observations from spinal cord and brain. *Front Neurol.* 2023;14.
4. Harvey, L. Tratamiento de la lesión medular. Vol. 4. 2010. 316 p.
5. Berlowitz DJ, Wadsworth B, Ross J. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury. *Breathe.* 2016;12(4):328–40.
6. Berlowitz D, Tamplin J. Respiratory muscle training for cervical spinal cord injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 2013 Jul 19;2013(7).
7. Rodrigues F de O, Padovani MMP, Lopes BP, de Moura JA, Gama ACC. Respiratory muscle training in people with cervical spinal cord injury—A systematic review. *J Spinal Cord Med.* 2025 Jan 14;
8. Reid WD, Brown JA, Konnyu KJ, Rurak JME, Sakakibara BM. Physiotherapy secretion removal techniques in people with spinal cord injury: A systematic review. *J Spinal Cord Med.* 2010;33(4):353–70.
9. Boswell-Ruys CL, Lewis CRH, Wijesuriya NS, McBain RA, Lee BB, McKenzie DK, et al. Impact of respiratory muscle training on respiratory muscle strength, respiratory function and quality of life in individuals with tetraplegia: A randomised clinical trial. *Thorax.* 2020 Mar 1;75(3):279–88.
10. Woods A, Gustafson O, Williams M, Stiger R. The effects of inspiratory muscle training on inspiratory muscle strength, lung function and quality of life in adults with spinal cord injuries: a systematic review and Meta-analysis. *Disabil Rehabil.* 2023;45(17):2703–14.
11. Strickland SL, Rubin BK, Drescher GS, Haas CF, O'Malley CA, Volsko TA, et al. AARC clinical practice guideline: Effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospitalized patients. *Respir Care.* 2013 Dec 1;58(12):2187–93.
12. Raab AM, Krebs J, Pfister M, Perret C, Hopman M, Mueller G. Respiratory muscle training in individuals with spinal cord injury: effect of training intensity and -volume on improvements in respiratory muscle strength. *Spinal Cord.* 2019 Jun 1;57(6):482–9.
13. Ehrlich M, Manns PJ, Poulin C. Respiratory training for a person with C3-C4 tetraplegia. *Aust J Physiother.* 2014 Jan 1;45(4):301–7.
14. Galeiras Vázquez R, Sedes PR, Fariña MM, Marqués AM, Elena M, Velasco F. Respiratory Management in the Patient with Spinal Cord Injury. *Biomed Res Int.* 2013;2013:12.
15. Berly M, Shem K. Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2016;30(4):309–18.

16. Doctorado En Cirugía P.; Garrido AG, Ángel González M, Prof V, Nardi Vilardaga J. Lesión medular y repercusión en el sistema respiratorio. TDX (Tesis Dr en Xarxa). 2014 Nov 25;
17. Liguori G, Feito Y, Fountaine C, Roy B.A. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed. 2014. J Can Chiropr Assoc. 2014;58(3):328.
18. Puente Maestú L, García de Pedro J. Las pruebas funcionales respiratorias en las decisiones clínicas. Arch Bronconeumol. 2012 May 1;48(5):161–9.
19. Respirat V. Persona assegurada amb esquena descoberta Respiració pausada per la boca Aplicar el fonendoscopi de manera simètrica en ambdós hemitòrax Inspiració i espiració profundes . Temps inspiratori (I) més > que l ' espiratori (E) Començar per la part apical , . (I).
20. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. Am J Respir Crit Care Med. 2002 Dec 20;166(4):518–624.
21. Morales P, Sanchis J, Cordero PJ, Díez JL. Maximum static respiratory pressures in adults. Reference values for a Caucasian Mediterranean population. Arch Bronconeumol. 1997;33(5):213–9.
22. Mellies U, Goebel C. Optimum insufflation capacity and peak cough flow in neuromuscular disorders. Ann Am Thorac Soc. 2014 Dec 1;11(10):1560–8.
23. Ex. ap. respiratorio 2 | PPT [Internet]. [cited 2025 May 22]. Available from: <https://es.slideshare.net/slideshow/ex-ap-respiratorio-2-26397005/26397005>
24. Aslan SC, Randall DC, Krassioukov A V., Phillips A, Ovechkin A V. Respiratory Training Improves Blood Pressure Regulation in Individuals With Chronic Spinal Cord Injury. Arch Phys Med Rehabil. 2016;97(6):964–73.
25. Chatwin M, Ross E, Hart N, Nickol AH, Polkey MI, Simonds AK. Cough augmentation with mechanical insufflation/exsufflation in patients with neuromuscular weakness. Eur Respir J. 2003 Mar 1;21(3):502–8.

ANNEX 1 – ESCALA ASIA



NORMAS INTERNACIONALES PARA LA CLASIFICACIÓN NEUROLÓGICA DE LESIONES DE LA MÚDULA ESPINAL (ISNCSCI)

Nombre del Paciente _____ Fecha/Hora del Examen _____

Nombre Examinador _____ Firma _____

DERECHO MOTOR SENSITIVO

MÚSCULOS CLAVE PUNTOS SENSITIVOS CLAVE

Tacto Fino (TFI) Pinchazo (PPI)

ESD (Extremidad Superior Derecha)

Flexores del codo C5

Extensores de muñeca C6

Extensores de codo C7

Flexores de los dedos de la mano C8

Abductores del dedo meñique T1

Comentarios (No músculo clave? Razon para NE? Dolor?, Condición No-LME?):

EID (Extremidad Inferior Derecha)

Flexores de cadera L2

Flexores de rodilla L3

Dorsiflexores de tobillo L4

Extensores del dedo gordo del pie L5

Plantiflexores de Tobillo S1

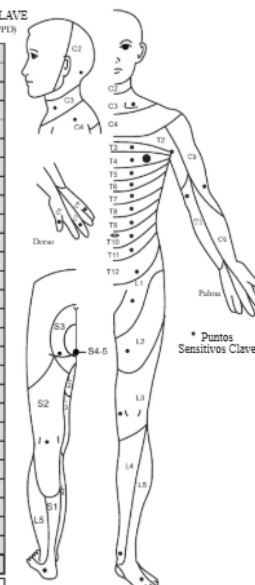
(CAV) Contracción Anal Voluntaria (Si/No) ☐ S4-5

TOTALES DERECHA (MAXIMO) (50) (56) (56)

PARCIALES MOTORES

ESD ☐ + ESI ☐ = RMES TOTAL ☐ (25) (50)

EID ☐ + EII ☐ = RMEI TOTAL ☐ (25) (50)



* Puntos Sensitivos Claves

SENSITIVO MOTOR IZQUIERDO

PUNTOS SENSITIVOS CLAVE MÚSCULOS CLAVE

Tacto Fino (TFI) Pinchazo (PPI)

ESI (Extremidad Superior Izquierda)

Flexores del codo C5

Extensores de muñeca C6

Extensores de codo C7

Flexores de los dedos de la mano C8

Abductores del dedo meñique T1

MOTOR (RESULTADOS EN EL REVERSO)

0 = Parálisis total

1 = Contracción o visible palpable

2 = Movimiento activo, gravedad eliminada

3 = Movimiento activo, contra gravedad

4 = Movimiento activo, contra resistencia moderada

5 = Movimiento activo, contra resistencia total

NE = No examinable

0*, 1*, 2*, 3*, 4*, 5* = Condición no relacionada con una LME presente

EII (Extremidad Inferior Izquierda)

Flexores de cadera L2

Extensores de rodilla L3

Dorsiflexores de tobillo L4

Extensores del dedo gordo del pie L5

Plantiflexores de tobillo S1

SENSITIVO (RESULTADOS EN EL REVERSO)

0 = Ausente

1 = Alterada

2 = Normal o intacta

NE = No examinable

0*, 1*, 2*, 3*, 4*, 5* = Presencia de una condición no relacionada a LME

(PAP) Presión Anal Profunda (Si/No) ☐ S4-5

TOTALES IZQUIERDA (MAXIMO) (50) (56) (56)

PARCIALES SENSITIVOS

TFD ☐ + TFI ☐ = TF TOTAL ☐ (112) (56)

PPD ☐ + PPI ☐ = PP TOTAL ☐ (56)

NIVELES NEUROLÓGICOS

1 SENSITIVO ☐ 2 MOTOR ☐ 3 NIVEL NEUROLÓGICO DE LA LESIÓN (NL) ☐ 4 COMPLETA O INCOMPLETA ☐ 5 ESCALA DEFICIENCIA DE ASIA (AIS) ☐

Pasos 1-6 para clasificación como en el reverso

Este formulario puede ser copiado libremente pero no puede ser alterado sin permiso de la American Spinal Injury Association. REV 04/19

Graduación Función Motora

- 0 = Parálisis total
- 1 = Contracción visible o palpable
- 2 = Movimiento activo, rango de movimiento (ROM) completo con eliminación de gravedad
- 3 = Movimiento activo, ROM completo contra la gravedad
- 4 = Movimiento activo, ROM contra resistencia moderada en una posición muscular específica
- 5 = (Normal) movimiento activo, ROM completo contra resistencia total en una posición muscular específica esperada en una persona sin deficiencia alguna
- NE = No examinable (por inmovilización, dolor intenso tal que impide calificar al paciente, amputación de una extremidad, o contractura de más del 50% del ROM)
- 0*, 1*, 2*, 3*, 4*, 5* = Condición no relacionada con una LME presente

Graduación Sensitiva

- 0 = Ausente
- 1 = Alterada, sea sensación disminuida o deficiente o hipersensibilidad
- 2 = Normal o intacta
- NE = No Examinable
- 0*, 1*, 2*, 3*, 4*, 5* = Presencia de una condición no relacionada a LME
- *Nota: Resultados motores o sensitivos anormales deben ser etiquetados con un "*" para indicar una deficiencia debida a una condición que no está relacionada a LME. La condición no relacionada a LME debería explicarse en el recuadro de comentarios junto con la información de cómo se determina el puntaje con fines de clasificación (al menos normal / no normal para clasificación).

Cuándo Examinar Músculos No-Clave:

En un paciente con una clasificación de un aparente AIS B, la función de músculos no clave en más de 3 niveles por debajo del nivel motor en cada lado deben ser examinados, para clasificar la lesión con más veracidad (diferenciar entre AIS B y C)

Movimiento	Nivel de raíz
Hombro: Flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna y externa	C5
Codo: Supinación	
Codo: Pronación	
Muñeca: Flexión	C6
Dedos: Flexión interfalángica proximal, extensión	
Pulgar: Flexión, extensión y abducción en el plano del pulgar	C7
Dedos: Flexión en articulación metacarpofalángica	
Pulgar: Oposición, aducción y abducción perpendicular a la palma	C8
Dedos: Abducción del índice	T1
Cadera: Aducción	L2
Cadera: Rotación externa	L3
Cadera: Extensión, abducción, rotación interna	L4
Rodilla: Flexión	
Tobillo: Inversión y evasión	
Dedos del pie: Extensión metacarpofalángica e interfalángica	
Hallux o dedo gordo del pie: flexión y abducción interfalángica proximal y distal	L5
Hallux: Aducción	S1

Escala de Deficiencia de ASIA (AIS)

A = Completa. No hay preservación de función motora ni sensitiva en los segmentos sacros S4-5.

B = Sensitiva Incompleta. Hay preservación de la función sensitiva pero no de la motora en los segmentos sacros más distales S4-5 (tacto fino o pinchazo en S4-5 o presión anal profunda), y no hay preservación de función motora en más de tres segmentos por debajo del nivel motor en uno u otro lado del cuerpo.

C = Motora Incompleta. Se preserva la función motora en los segmentos sacros más caudales durante la contracción anal voluntaria (CAV) O el paciente cumple con los criterios de lesión sensitiva incompleta (función sensitiva preservada en los segmentos sacros S4-5 al examinar TFI, PP o PAP), con presencia de función motora en más de tres segmentos por debajo del nivel motor ipsilateral en cualquiera de los lados del cuerpo. (Esto incluye funciones de músculos clave o no-clave en más de tres segmentos por debajo del nivel motor para determinar el estado motor incompleto). Para AIS C – menos de la mitad de las funciones de músculo clave por debajo del NNL único tienen una clasificación de $\geq$ mayor o igual que 3.

D = Motora Incompleta. El estado motor incompleto tal y como fue definido arriba, con al menos la mitad (la mitad o más) de la función de los músculos clave por debajo del NNL con una clasificación de músculo mayor o igual a $\geq$ 3.

E = Normal. Si la sensibilidad y la función motora que se examinan con el ISNCSCI se clasifican como normales en todos los segmentos, y el paciente tenía déficits previos, entonces la clasificación AIS es E. Alguien sin LME inicial no recibe grado AIS.

Usando NE: Para documentar los niveles sensitivo, motor, y al NNL, el grado de Escala de Deficiencia de ASIA (AIS), y la zona de preservación parcial (ZPP) cuando resulta imposible determinarlos basados en los resultados del examen.



NORMAS INTERNACIONALES PARA LA CLASIFICACIÓN NEUROLÓGICA DE LESIÓN DE LA MÚDULA ESPINAL



Pasos en la Clasificación

El siguiente orden es el recomendado para determinar la clasificación en individuos con LME

- Determinar el nivel sensitivo para el lado derecho e izquierdo. El nivel sensitivo es el dermatoma intacto más caudal, tanto para sensación de tacto fino como para tacto fino.
- Determinar el nivel motor para el lado derecho e izquierdo. Definido como el músculo más bajo que tiene al menos grado 3 (examinado en posición supina), siempre y cuando las funciones de los músculos clave representados en segmentos arriba de ese nivel se juzgan como intactos (grado 5).

Nota: en regiones en donde no hay dermatoma para examinar, el nivel motor se presiente que sea el mismo que el nivel sensitivo, si la función motora por arriba de ese nivel es también normal.

- Determinar el nivel neurológico de la lesión (NNL). Esto se refiere al nivel más caudal de la médula con sensibilidad intacta y fuerza en músculos antigravitatorios (3 o más) siempre y cuando la función sensitiva y motora rostralmente es normal (intacta) respectivamente. El NNL es el más cefálico de los niveles motor y sensitivo determinados en pasos 1 y 2.

- Determinar si la lesión es Completa o Incompleta. (i.e. ausencia o presencia de preservación sacra) Si la contracción anal voluntaria = No Y todos los resultados sensitivos S4-5 = 0 Y presión anal profunda = No, entonces la lesión es Completa. De otra forma, la lesión es Incompleta.

- Determinar el Grado de la Escala de Deficiencia de ASIA (AIS). Es la lesión Completa? si Si, AIS=A

No ↓

Es la lesión Motora Completa? si Si, AIS=B

No ↓

(No=contracción anal voluntaria O función motora en más de tres niveles por debajo del nivel motor en cualquier lado, si el paciente tiene una clasificación sensitiva incompleta)

Al menos la mitad (la mitad o más) de los músculos clave por debajo del nivel neurológico de la lesión están en grado 3 o mejor?

No ↓

AIS=C

SI ↓

AIS=D

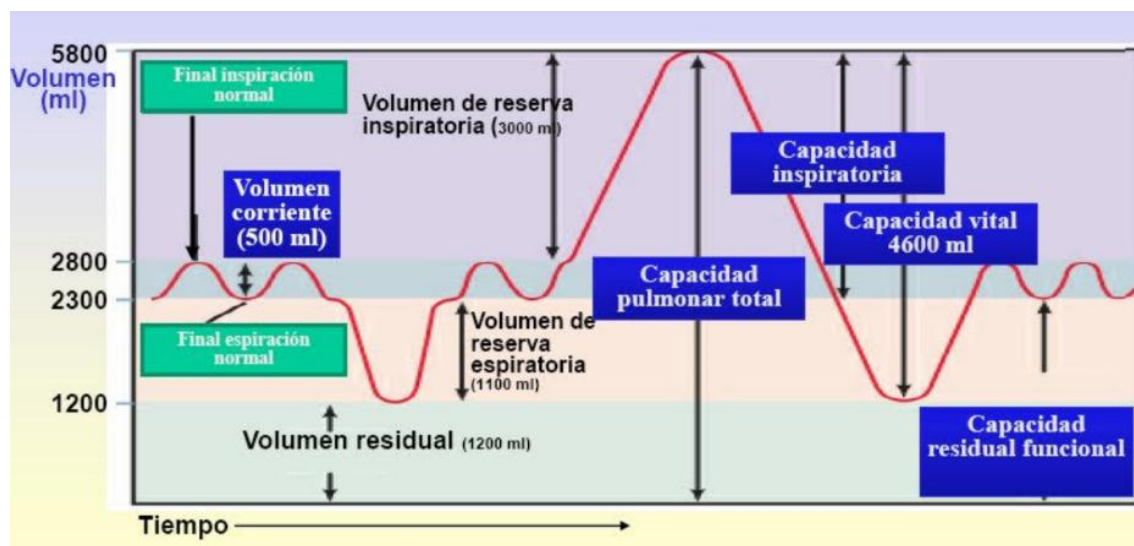
Si la sensibilidad y la función motora son normales en todos los segmentos, AIS = E

Nota: AIS E se usa en exámenes de seguimiento cuando una persona con una LME documentada ha recuperado función normal. Si durante el examen inicial no se encuentra déficit, la persona está neurológicamente intacta y la Escala de Deficiencia de ASIA no aplica.

- Determinar la zona de preservación parcial (ZPP). La ZPP se usa solo en lesiones con ausente función motora (no CAV) O función sensitiva (no SAP, no sensibilidad al TFI y Pinchazo) en los segmentos sacros más distales S4-5, y se refiere a aquellos dermatomas y miotomas distales a los niveles sensitivo y motor que permanecen parcialmente inervados. Con preservación sacra o función sensitiva, la ZPP sensitiva no es aplicable y por lo tanto "NA" se registra en la casilla de la hoja de trabajo. De igual manera, si CAV está presente, la ZPP no es aplicable y registrada como "NA"

ANNEX 2 – DEFINICIÓ DE VOLUMS, FLUX I CAPACITATS PULMONARS

- **Volum corrent (TV):** és la quantitat d'aire que entra als pulmons a cada inspiració durant una respiració en repòs. El valor d'aquest, en situació normal és de **500-750 ml**.
- **Volum de reserva inspiratori (IRV):** És l'aire inspirat amb el màxim esforç inspiratori. Normalment és de **2000 ml**.
- **Volum de reserva espiratòria (ERV):** El volum d'aire que s'exhala després d'una espiració normal. Aquest valor és de **1100 ml**.
- **Volum residual (RV):** L'aire que queda als pulmons després d'un esforç inspiratori màxim. El volum que queda és de **1300 ml**.
- **Capacitat pulmonar total (TLC):** El conjunt dels quatre conceptes anteriors. **5000 ml**.
- **Capacitat pulmonar vital (VC):** La quantitat màxima d'aire espirat d'un pulmó totalment inflat o el nivell inspiratori màxim. Es resumeix com la suma de el volum corrent + el volum de reserva inspiratori + el volum de reserva espiratori. **3500 ml**.
- **Capacitat inspiratòria (IC):** la quantitat d'aire inspirat des del final de l'espiració. És a dir, és la suma del volum de reserva inspiratori + el volum corrent. **2500 ml**.
- **Capacitat residual funcional (FRC):** És el volum d'aire que es queda als pulmons després d'una espiració en repòs. És la suma del volum residual + el volum de reserva espiratori. **2500 ml**.



Gràfica de volums i capacitats pulmonars.
Disponible a:
<https://fisiologiapulmonarumb.blogspot.com/>

MANUAL EXPLICATIU PER L'USUARI - PROGRAMA D'EXERCICIS RESPIRATORIS

Pacient: _____

Data inici: _____

Fisioterapeuta responsable: _____



Oxygen Dual Valve

1. Entrenament inspiratori

Objectiu	Millorar la força de la musculatura inspiratòria
Material necessari	Dispositiu Orygen Dual Valve
Posició del pacient	Sedestació, amb l'esquena recta i recolzada

Descripció:

- Col·locar l'embocadura a la boca, segellant bé amb els llavis.
- Inspirar profundament contra la resistència del dispositiu.
- Expirar de forma natural pel nas o per la boca (sense resistència).
- Evitar compensacions amb espatlles o coll.

****L'exercici es començarà amb una càrrega del 30% de PIM. Monitoritzar signes de fatiga.****

2. Entrenament espiratori

Objectiu	Millorar la força de la musculatura espiratòria
Material necessari	Dispositiu Orygen Dual Valve
Posició del pacient	Sedestació, amb l'esquena recta i recolzada

Descripció:

- Inspirar de manera normal.
- Espirar activament a través del dispositiu, mantenint una pressió constant.
- Repetir sense provocar tos entre les repeticions.

Tots dos programes d'entrenament es realitzaran amb una freqüència de cinc sessions setmanals de 3 sèries de 10 repeticions cada una, amb un descans entre ells de 2-3 minuts. Augmentar progressivament segons resistència.

ANNEX 4 – REGISTRE DIARI ENTRENAMENT MÚSCULS RESPIRATORIS

REGISTRE DIARI – ENTRENAMENT MÚSCULS RESPIRATORIS

Nom del pacient: _____

Període de registre: Del __/__/__ al __/__/__

Fisioterapeuta: _____

DATA	Entrenament inspiratori o expiratori	Repeticions	Carga aplicada (%)	Esforç percebut (Escala modificada de Borg del 0-10)
			cmH ₂ O	
			cmH ₂ O	
			cmH ₂ O	
			cmH ₂ O	
			cmH ₂ O	
			cmH ₂ O	
			cmH ₂ O	

MANUAL EXPLICATIU PER L'USUARI - PROGRAMA DE DRENATGE BRONQUIAL

Pacient: _____

Data inici: _____

Fisioterapeuta responsable: _____

3. ETGOL

Objectiu	Mobilitzar secrecions de les vies perifèriques cap a les centrals
Material necessari	Cap. Es pot utilitzar una tovallola per estabilitzar el tronc
Posició del pacient	Decúbit lateral, amb el cap lleugerament inclinat cap avall i el tronc alineat.

Descripció:

- El pacient realitza una espiració lenta, amb la boca oberta, com si buidés l'aire suaument sense fer força.
- Es recomana mantenir la glotis oberta durant tota l'espiració (com si es pronunciés una "F").
- Després de diverses espiracions, el pacient pot realitzar una tos si nota secrecions a la gola.

Aquesta tècnica s'aplicarà uns 4-5 dies a la setmana amb una duració d'uns 20-25 minuts per sessió. Es realitzaran 2 blocs de 8 espiracions lentes amb una duració de 5 segons amb un descans de 1-2 minuts entre blocs.

4. Tècnica de drenatge amb dispositiu PEP

Objectiu	Afavorir el desplaçament de secrecions cap a les vies centrals mitjançant la pressió espiratòria positiva.
Material necessari	Dispositiu PEP amb embocadura o màscara i resistència ajustable
Posició del pacient	Sedestació o semi incorporat, amb suport postural adequat

Descripció:

- Inspirar de manera normal per la boca.
- Espirar activament a través del dispositiu, mantenint una pressió constant entre 10-20 cmH₂O.
- Repetir diverses espiracions abans de realitzar una tos voluntària o assistida per eliminar secrecions.



Dispositiu PEP

Aquesta tècnica s'aplicarà 3 dies a la setmana amb una duració d'uns 15-20 minuts per sessió. Es realitzaran 3 blocs de 10 espiracions actives amb un descans de 1-2 minuts.

ANNEX 6 – REGISTRE DIARI DE LES TÈCNIQUES DE DRENATGE

REGISTRE DIARI – TÈCNIQUES DE DRENATGE BRONQUIAL

Nom del pacient: _____

Període de registre: Del __/__/__ al __/__/__

Fisioterapeuta: _____

DATA	Tècnica realitzada (ETGOL/PEP)	Núm. Repeticions	Eficàcia percebuda (0- 10)	Secrecions expulsades (baixa/mitjana/alta)	Dificultats o síntomes

ANNEX 7 – FULL DE RECOLLIDA DE DADES

ID pacient: _____

Diagnòstic: _____

Talla i pes: _____ cm, _____ kg

Data de la lesió: ____/____/____

Data valoració: ____/____/____

Data naixement: ____/____/____

ANAMNESI

Antecedents respiratoris:	Complicacions:
Dispnea/SaO ₂ :	Hàbits tòxics:
Mucositat:	Suport ventilatori:

PATRÓ RESPIRATÒRI

Intensitat: Superficial Profunda

Predomini: Costal superior Costal inferior Abdomino-diafragmàtica

Treball: Musculatura accessòria Si/No

Ritme: Rítmic Arrítmic Apnea

Moviment: Uniforme Fluid Patològic

Porta traqueotomia? Si/No Data:

Fenestrada o no fenestrada

Baló inflat o desinflat

Oclusió (si/no), vàlvula fonatòria, filtre, tap

VALORACIÓ DE LA FORÇA RESPIRATÒRIA (cmH₂O):

	1	2	3	4	5
PIM					
PEM					

PIC DEL FLUX DE TOS (ml/s):

	1	2	3	4	5
Peak Flow Tos					

ASCULTACIÓ (marcar sorolls patològics):

Anterior	D	E	Posterior	D	E
