

Herziene richtlijn ontwenning van de beademing voor volwassen patiënten op een intensive care

Gereviseerde versie mei 2018

Samenstelling NVIC werkgroep ontwenning van de beademing

Prof. dr. Leo Heunks, longarts-intensivist, Amsterdam UMC, locatie VUmc, Amsterdam, voorzitter

Dr. Rik Endeman, internist-intensivist, Erasmus MC, Rotterdam

Drs. Francisca. van der Velde, anesthesioloog-intensivist, LUMC, Leiden

Drs. Ronald Pauw, longarts-intensivist, Martini Ziekenhuis, Groningen

Dr. Michael Gaytant, internist, Centrum thuisbeademing, Utrecht

Drs. Rens van de Weyer, cardioloog-intensivist, Elkerliek, Helmond

Drs. Peter Egbers, anesthesioloog- intensivist, MCL, Leeuwarden

Dr. Marike van der Schaaf, fysiotherapeut, AMC, Amsterdam

Dhr. Frits van Beers, ventilation practitioner, ETZ ziekenhuis, Tilburg

Dr. Norbert Foudraine, internist-intensivist, liason NVIC RLcie, Viecuri, Venlo

Financiële ondersteuning: geen

Financiële belangen van de leden:

LH heeft sprekersvergoeding ontvangen van Getinge (Zweden), Orion Pharma en onderzoeksbeursen van Liberate Medical (VS) en Orion Pharma (Finland). De andere leden melden geen financiële belangen.

Lijst gebruikte afkortingen:

CAM-ICU	Confusion Assessment Method ICU
CSAS	Centraal Slaap Apneu Syndroom
CPAP	Continuous Positive Airway Pressure
CTB	Centrum voor ThuisBeademing
ICP	Intracraniële druk
IMT	Inspiratoire Ademspier Training
MIP	Maximale Inspiratoire Druk
NVIC	Nederlandse Vereniging voor Intensive Care
OSAS	Obstructief Slaap Apneu Syndroom
PEEP	Positive End Expiratoire Pressure
PS	Pressure Support
RCT	Randomised Controlled Trial
RSBI	Rapid Shallow Breathing Index
SR	Systematische Review
TSA	Trial Spontaan Ademen

Niveau van de conclusies op basis van het bewijs (Grade classificatie)

Conclusies

1 systematische review (SR) van tenminste 2 onafhankelijk van elkaar uitgevoerde onderzoeken van RCT

2a SR van cohort studies

2b individuele cohort studies, of lage(re) kwaliteit RCT

3 Case control studies

4 Case reports

5 Expert opinions

Aanbeveling

A Een systematische review van meerdere onderzoeken van niveau 1, waarbij de resultaten van afzonderlijke onderzoeken consistent zijn of gerandomiseerd vergelijkend klinisch onderzoek van goede kwaliteit (gerandomiseerde, dubbelblind gecontroleerde trials) van voldoende omvang en consistentie;

B gerandomiseerde klinische trials van matige kwaliteit of onvoldoende omvang of ander vergelijkend onderzoek (niet-gerandomiseerd, vergelijkend cohortonderzoek, patiënt-controleonderzoek);

C niet-vergelijkend onderzoek; (niveau 4 onderzoek of extrapolaties uit level 2);

D Niveau 5 of inconsistente conclusies uit studies (van welk niveau ook; o.a. expert opinion)

Zie voor uitgebreidere classificaties [1].

Inleiding

Voor u ligt de herziene richtlijn van de NVIC “ontwenning van de beademing” uit 2007. In de afgelopen jaren zijn nieuwe studies verschenen die een herziening van de richtlijn rechtvaardigen. Er is gekozen voor een brede werkgroep uit de academische en niet-academische centra in Nederland en een afvaardiging van andere relevante beroepsgroepen naast intensivisten, met expertise op dit gebied, zoals de centra voor thuisbeademing en fysiotherapie.

Het doel van dit document is het team, betrokken bij IC patiënten die ontwennen van beademing, een handzaam overzicht te geven van de relevante literatuur en daaruit voortvloeiende adviezen. Het document is nadrukkelijk geen volledige opsomming van de literatuur, hiervoor wordt verwezen naar recente overzichtsartikelen. De structuur van de richtlijn is grotendeels gelijk aan de richtlijn “*weaning from mechanical ventilation*” van de European Respiratory Society [2].

Samenvatting van de aanbevelingen

1} Diagnostiek in het kader van falende ontwenning

Aanbeveling 1 Grade C	Het verdient aanbeveling om bij patiënten met moeilijke ontwenning van de beademing gerichte diagnostische testen te verrichten naar ademspierzwakte, pulmonale afwijkingen en/of cardiale disfunctie
--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2} Voorspelling van succesvolle ontwenning en extubatie

Aanbeveling 2 B	Tenminste dagelijks wordt beoordeeld of een patiënt die met een gecontroleerde modus beademd wordt, overgezet kan worden naar een ondersteunende vorm van beademing (B) Bij patiënten beademd met een ondersteunende modus, wordt tenminste dagelijks beoordeeld of niveau van ondersteuning verminderd kan worden.
Aanbeveling 3 B	Indien patiënt voldoet aan prealabele voorwaarden wordt een trial spontaan ademen (TSA) uitgevoerd
Aanbeveling 4 B	De duur van de TSA is tenminste 30 minuten. Bij succesvolle TSA wordt extubatie overwogen.
Aanbeveling 5 B	Bij patiënten met verhoogd risico op een hoge luchtwegobstructie (o.a. traumatische intubatie, intubatieduur >6 dagen) wordt het gebruik van cufflek test geadviseerd.
Aanbeveling 6 B	Bij een negatieve cufflek test wordt toediening van systemische steroïden tenminste 4 uur voor extubatie geadviseerd.

3} Het gebruik van een ontwenprotocol

Aanbeveling 7 A	Het is zinvol om gebruik te maken van een protocol voor het ontwennen van de beademing.
--------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------

4} Rol van niet-invasieve beademing en High Flow Nasal Canula (HFNC)

Aanbeveling 8 A	Het wordt aanbevolen om NIV in te zetten aansluitend aan extubatie bij patiënten met een exacerbatie COPD die voldoen aan de criteria voor een TSA maar deze niet succesvol hebben afgerond
Aanbeveling 9 B	Het wordt aanbevolen NIV direct aansluitend aan extubatie te overwegen bij patiënten met een positieve TSA, maar een verhoogd risico op extubatie falen (hypercapnie bij COPD, obesitas en patiënten bekend met hartfalen).
Aanbeveling 10 A	Het wordt aanbevolen NIV niet te gebruiken bij extubatiefalen. Mogelijk geldt dit advies niet voor patiënten met hypercapnie en COPD.
Aanbeveling 11 C	HFNC kan ingezet worden om risico op reëntubatie te verminderen bij geselecteerde patiënten (laag á priori risico op reëntubatie en kortdurend beademd) .
Aanbeveling 12 D	De rol van HFNC bij patiënten die geëntubeerd worden na moeilijke ontwenning is niet onderzocht en moet daarom met terughoudendheid toegepast worden.

5} Specifieke interventies bij moeilijke ontwenning

Aanbeveling 13 C	De werkgroep adviseert voor de timing van tracheotomie een afweging te maken, waarbij verwachte beademingsduur, discomfort gerelateerd aan de endotracheale tube en risico's van een tracheotomie een rol spelen.
Aanbeveling 14 B	Er dient gestreefd te worden naar herstel van communicatie, in het bijzonder spreken bij de beademde patiënt.
Aanbeveling 15 B	Bij patiënten langer dan 48 uur beademd dient controle van de slikfunctie uitgevoerd te worden.
Aanbeveling 16 B	Het wordt aanbevolen om de ontwennende patiënt zo spoedig als mogelijk te mobiliseren

Aanbeveling 17 D	Om het ontwennen te bevorderen wordt aanbevolen om te starten met mobiliseren zodra de medische toestand van de patiënt dat toelaat.
Aanbeveling 18 B	Bij patiënten met inspiratoire ademspierzwakte en moeilijke ontwenning kan ademspierkrachttraining overwogen worden

Indeling

In deze richtlijn worden na het formuleren van definities en epidemiologie de volgende vragen en knelpunten, waarover doorgaans geen uniformiteit bestaat, beantwoord:

1. Wat is de pathofysiologie van een falende ontwen trial en welke diagnostiek is in dit kader relevant ?
2. Welke testen zijn bruikbaar om succes van ontwennen en extubatie te voorspellen?
3. Is het gebruik van een ontwen protocol zinvol?
4. Welke beademingsmodus heeft de voorkeur tijdens ontwenning van de beademing?
5. Welke specifieke interventies zijn mogelijk zinvol bij de moeilijk te ontwennen patiënt?
 - 5.1. De rol van tracheotomie bij ontwennen van de beademing
 - 5.1.1 Tracheotomie en de invloed op de methode van ontwennen
 - 5.1.2 Communicatie en “spreken tijdens beademing”
 - 5.2. Dysfagie, logopedie en de rol van een “tracheotomieteam”
 - 5.3 Voeding en de ontwennende patiënt
 - 5.4. Effecten van mobiliseren op ontwennen
 - 5.5. Gespecialiseerde ontwenafdelingen
 - 5.6. Wat is de rol van het Centrum voor Thuisbeademing (CTB)?

Conclusies en aanbevelingen zijn zoveel als mogelijk overeenkomstig de GRADE systematiek beoordeeld (Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluation (GRADE))

Definities en epidemiologie

De term “ontwenning van de beademing” omvat het gehele proces van afbouwen van de ondersteuning door de beademingsmachine tot en met het verwijderen van de endotracheale tube of tracheacanule [3]. De definitie van falende ontwenning is niet eenduidig. Falende ontwenning kan betekenen dat er sprake is van een falende trial spontaan ademen (TSA) of falende extubatie [2, 4].

Het falen van een TSA kenmerkt zich door;

1. *objectieve* tekenen van falen (tachycardie, tachypnoe, hypo- of hypertensie, hypoxie, respiratoire acidose, arrhythmieën)
2. *subjectieve* tekenen van falen (vermoeidheid, angst, agitatie, veranderde mentale toestand).

Op basis van de duur van de ontwenning en het falen van TSA wordt ontwenning in de huidige literatuur onderverdeeld in drie categorieën [2, 5] (tabel 1):

Tabel 1

Categorie	Definitie	Aandeel	Mortaliteit
Eenvoudig	betreft een ontwenning die vanaf het begin tot aan extubatie zonder problemen verloopt en in één poging leidt tot succesvolle extubatie.	55%	7%
Moeilijk	omvat een initieel falende ontwenning, waarbij meer dan 3 TSA's nodig zijn voor succesvolle extubatie of waarbij extubatie binnen 7 dagen na de eerste TSA plaatsvindt.	39%	7%
Langdurig	kenmerkt zich door falen van meer dan 3 TSA's of meer dan 7 dagen tussen de eerste TSA en extubatie.	6%	13%

Er zijn aanwijzingen in de literatuur dat het ontwennen of extubereren later plaatsvindt dan strikt noodzakelijk. Bijvoorbeeld, in een grote studie waarbij twee methodes van ontwennen vergeleken werden in een gespecialiseerd ontwencentrum, kon 32%

(160/500) van de patiënten niet geïncludeerd worden, omdat zij de eerste TSA al succesvol doorstonden, wat niet onderkend was door de verwijzer [6]. Een andere studie toonde aan dat bijna 23% van de patiënten bij wie nog niet begonnen was met ontwennen, re-intubatie niet nodig is in geval van accidentele extubatie. Dit aantal liep op tot 50% indien reeds begonnen was met ontwenning [7]. Dit is van belang omdat is aangetoond dat uitstel van extubatie gepaard gaat met verhoogde morbiditeit en mortaliteit. Dagelijkse screening of ontwenning mogelijk is, leidt tot een kortere ontwenduur, minder beademingsdagen en een betere overleving [8]. In Nederland zijn overigens geen betrouwbare getallen beschikbaar voor aantallen patiënten in de bovengenoemde categorieën (tabel 1). In de Verenigde Staten is de toename van patiënten die langdurig beademd wordt (categorie 3) ongeveer 5% per jaar.

Vraag 1. Wat is de pathofysiologie van een falende trial spontane ademhaling en welke diagnostiek is in dit kader relevant ?

1.1. Samenvatting van de literatuur pathofysiologie moeilijke ontwenning.

Fysiologische studies hebben aangetoond dat vele patiëntkenmerken kunnen bijdragen aan moeilijke ontwenning van de beademing [9-11].

1. Verhoogde ademarheid. De belasting op ademspieren is verhoogd bij toename in de luchtwegweerstand of afname in respiratoire compliantie. Verhoogde luchtwegweerstand leidt direct tot hogere ademarheid maar ook indirect door de ontwikkeling van intrinsieke PEEP. Verhoogde luchtweg weerstand wordt niet alleen gezien bij patiënten met obstructieve longziekten, maar ook ten gevolge van oedeem van de bronchuswand zoals bv bij patiënten met ARDS. [12, 13].
2. Ademspierzwakte. Disfunctie van de ademspieren kan veroorzaakt worden door een afwijking op elke plek tussen de respiratoire centra in de hersenstam en de contractiele eiwitten in de spiervezel. Centrale oorzaken zijn echter zeldzaam. Polyneuropathie en myopathie komen vaak gelijktijdig voor. De pathofysiologie is complex [14-16] en vaak wordt de omschrijvende term

“intensive care verworven spierzwakte” gebruikt. Risicofactoren hiervoor zijn onder andere sepsis, inactiviteit, corticosteroïden en langdurig gebruik van spierverslappers.

3. Cardiale disfunctie is een relatief frequente oorzaak voor moeilijke ontwenning van de beademing [17]. Zowel diastolisch hartfalen als systolisch hartfalen kan bijdragen aan moeilijke ontwenning. Ook klepafwijkingen en ischemie kunnen een rol spelen.
4. Cognitieve disfunctie, zoals stemmingsstoornissen en delier zijn geassocieerd met langdurige ontwenning. Instrueerbaarheid van de patiënt speelt hierbij een belangrijke rol [18].
5. Metabole disfunctie. Bij een selecte groep patiënten kan moeilijke ontwenning verklaard worden door metabole ontregelingen zoals relatieve bijnierschorsinsufficiëntie en hypothyreoïdie.

Een systematische analyse naar de oorzaken van moeilijke ontwenning van de beademing lijkt zinvol voor de individuele patiënt [11]. Er zijn geen studies verricht om het effect van deze systematische analyse op ontwen uitkomst te bepalen. Op basis van literatuur adviseert de werkgroep de volgende diagnostische testen te overwegen bij een patiënt die moeilijk ontwent van de beademing:

- Tracheoscopie tijdens losliggen van de beademing bij patiënt met tracheacanule. Doel is uitsluiten van malpositie van de canule, met name partiële occlusie van de canule door de dorsale tracheawand of granulatieweefsel [19].
- Maximale inspiratiedruk (MIP). Doel is het aantonen van ernstige inspiratiespierzwakte. Een MIP >40 cmH₂O sluit ernstige inspiratie spierzwakte uit. Een lage waarde kan veroorzaakt worden door ernstige ademspierzwakte, maar ook door verminderde respiratoire drive (bijvoorbeeld als gevolg van sedatie) en verminderde coöperatie van patiënt.
- Pro-BNP [17, 20] voor TSA en bij falen van de TSA. Bij toename van meer dan 12% na falende TSA, is verdere cardiale analyse zinvol [17, 21]. Overigens kan naast net pro-BNP ook een stijging in Hb, Ht of stijging van het extravasculair longwater (waarbij wegens hartfalen intravasculair vocht naar het

intrapulmonale interstitium weglekt) tijdens een TSA gebruikt worden als indicator voor een cardiaal gerelateerd falende TSA. [21]. Een afname in SvO₂ tijdens een TSA kan het gevolg zijn van inadequate zuurstoftransport, of verhoogd zuurstof gebruik [22].

- Echocardiografie terwijl patiënt beademd wordt en op moment van falen. Specifiek wordt gekeken naar systolisch hartfalen en diastolisch hartfalen. Daarnaast is beoordeling van klepfunctie van belang.
- Delirium screening, bijvoorbeeld met de CAM-ICU. Een delier draagt bij aan moeilijke ontwenning van de beademing, hoewel niet is aangetoond dat behandeling van delier de duur van de ontwenning verkort.

Indien deze screenende testen geen duidelijke oorzaak voor falende ontwenning opleveren, kan meer complexe analyse verricht worden. Voorbeelden hiervan kunnen zijn: Swan-Ganz catheter (quantificatie van systolische en diastolische functie tijdens TSA, tevens vaststellen pulmonale hypertensie en shuntfractie); echografie van het diafragma, elektromyografie diafragma (voor het bepalen van de respiratoire drive); kwantificeren van intrinsieke PEEP en ademarbeid door middel van oesophagus ballon. Gezien de complexiteit van de interpretatie zal deze analyse tijdens een ontwentrial zal deze analyse bij voorkeur plaatsvinden in centra met expertise op dit gebied. Verdere informatie is te vinden in de literatuur [11, 21].

CONCLUSIES:

1. Een falende TSA heeft een brede differentiaal diagnose die onder meer cardiale, respiratoire en neurologische oorzaken omvat (Niveau 1)

AANBEVELING:

1. Het verdient aanbeveling om bij patiënten met moeilijke ontwenning van de beademing gerichte diagnostische testen te verrichten, op aantonen/uitsluiten van ademspierzwakte, pulmonale afwijkingen en cardiale disfunctie (diastolisch hartfalen / systolisch hartfalen) (niveau C).

Vraag 2. Welke testen zijn bruikbaar om het succes van ontwennen en extubatie te voorspellen?

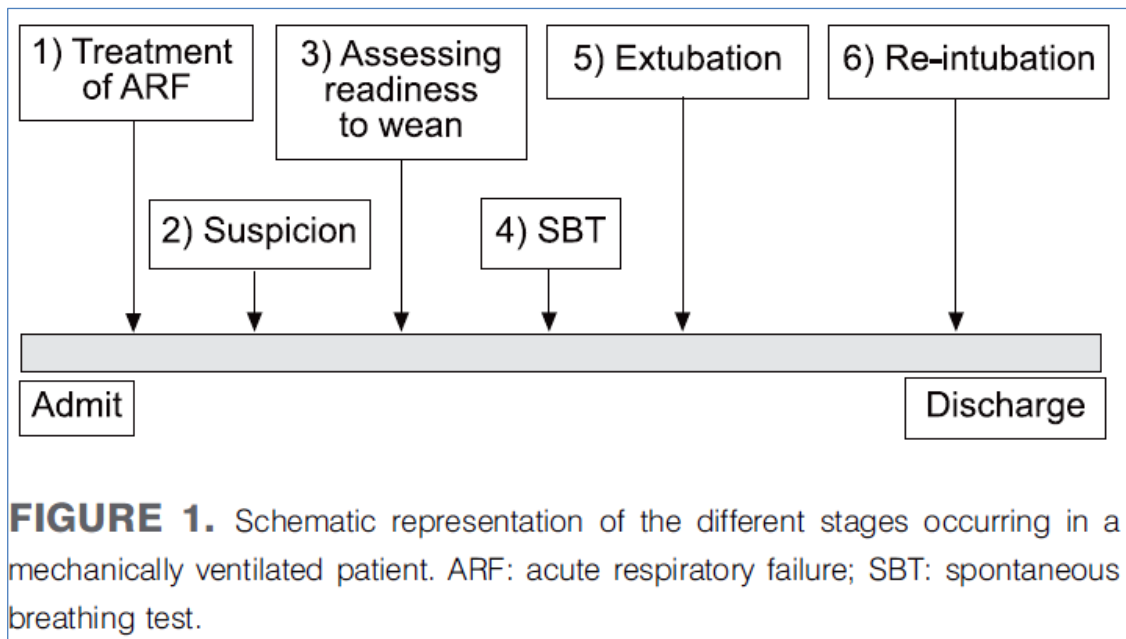
2.1 Initiële ontwenning van beademing

Ontwennen moet zo snel als mogelijk in het ziektebeloop overwogen worden en gestart worden. De meeste patiënten worden initieel gecontroleerd beademd en start het ontwennen bij de keuze voor een ondersteunende beademingsvorm zoals pressure support ventilation (zie “vraag 3” keuze van beademingsvorm). De ondersteuning door de beademingsmachine wordt afgebouwd op basis van klinische criteria, zoals teugvolume en ademfrequentie.

Indien de patiënt klinisch verbeterd is en gestart is met ontwennen wordt extubatie overwogen. Dit proces kan onderverdeeld worden in twee stappen:

- 1) Aanwezigheid van prealabele voorwaarden
- 2) Ontwentrial

Zo kan het verloop van een beademingspatiënt schematisch weergegeven worden als in Figuur 1. Redelijke prealabele voorwaarden voor ontwenning zijn opgesomd in tabel 2. Indien een patiënt aan deze voorwaarden voldoet wordt een trial spontaan ademen (TSA) uitgevoerd. De criteria in tabel 2 zijn overigens geen strikte criteria. Veel patiënten die nog niet aan alle criteria voldoen kunnen toch succesvol geëxtubeerd worden. De rapid shallow breathing index (RSBI) genoemd in tabel 2 is een screeningstest om succes van TSA te voorspellen. In de originele studie [23] werd deze uitgevoerd door patiënten los te koppelen van de ventilator en met een spirometer het ademminuutvolume en ademfrequentie te meten. Dan heeft een RSBI van ≤ 105 ademhalingen/min/l een *sensitiviteit* 0.97 en een *specificiteit* van 0.64 voor een succesvolle TSA. Overigens wordt de RSBI hiervoor in de praktijk weinig gebruikt. Het is van belang te benadrukken dat de RSBI gevalideerd is als voorspeller voor succesvolle ontwentrial en niet voor een succesvolle extubatie.



Tabel 2: Prealabele voorwaarden of patiënt klaar is om een trial spontaan ademen uit te voeren om zo de kans op een succesvolle extubatie te beoordelen (aangepast uit Boles et al Eur Respir J 2007 [2])

	Overweeg TSA bij volgende klinische condities (niet noodzakelijkerwijs allen aanwezig)
Klinische inschatting	adequate hoest en afwezigheid van grote hoeveelheden sputum
	Verbetering van ziektebeeld waarvoor patiënt werd geïntubeerd
Objectieve metingen	klinische stabiliteit:
	stabiele hemodynamiek:
	HF ≤ 140/min, Systolische bloeddruk 90-160mmHg Geen of lage dosis vasopressie
	stabiele metabole situatie
	adequate oxygenatie:
	SaO ₂ > 90% op FiO ₂ ≤ 0.4 (of PaO ₂ /FiO ₂ ≥ 150mmHg)
	PEEP ≤ 8cmH ₂ O

Criteria	adequate longfunctie:
	AF \leq 35 teugen/min
	MIP \leq -20-25 cmH ₂ O
	Vt > 5ml/kg
	AF/Vt <105 teugen/min/l (RSBI)
	geen respiratoire acidose
	Adequate cognitie
	Geen sedatie of adequate cognitie bij sedativa

Afkortingen: AF ademfrequentie; HF hartfrequentie; MIP maximale inspiratie druk; RSBI rapid shallow breathing index; TSA Trial Spontaan Ademen; VC vitale capaciteit; Vt teugvolume;

In stap 2) wordt een trial spontane ademhaling uitgevoerd met als doel de kans op een succesvolle extubatie te voorspellen. Technisch kan de ontwentrial op drie verschillende manieren uitgevoerd worden:

1. los van de beademingsmachine met een kunstneus op de tube of canule
2. met CPAP bijvoorbeeld 5-8 cmH₂O.
3. met laag pressure support (5-8 cmH₂O) zonder PEEP.

Het is belangrijk te realiseren dat bij de IC patiënt de ademarheid die geleverd moet worden met de endotracheale tube in situ ongeveer even hoog is als de ademarheid na extubatie, onder andere vanwege de aanwezigheid van oedeem in de bovenste luchtwegen na extubatie [24-27]. Het uitvoeren van een ontwentrial met PEEP en/of pressure support zal de kans op succesvolle ontwentrial doen toenemen [28], maar de ademarheid na extubatie onderschatten. In een klinische studie is overigens geen verschil in extubatie succes gevonden tussen de verschillende vormen van ontwentrials [29]. Bij gebruik van een ontwentrial is het risico op reëntubatie ongeveer 13% [4, 29-32]. Het is van belang te realiseren dat toevoegen van positieve druk tijdens de trial spontane ademhaling, gunstige effecten kan hebben op de cardiale functie, met name bij patiënten met een slechte linkerventrikelfunctie. Omdat deze positieve druk na extubatie niet meer aanwezig is, lijkt zeker vanuit cardiaal perspectief een TSA zonder additionele positieve druk fysiologischer. Een nadeel van de TSA is dat er mogelijk langer gewacht wordt vanwege praktische redenen (meer werk voor

verpleegkundige), terwijl CPAP-trial laagdrempeliger gedaan kan worden en dus waarschijnlijk sneller toegepast wordt in de kliniek. Op basis van deze (deels pragmatische) overwegingen adviseert de werkgroep een TSA voor geselecteerde patiënten (met name verminderde linkerventrikelfunctie en patiënten met spieraandoeningen), en voor de overige patiënten een CPAP-trial of ontwentrial aan machine zonder inspiratoire en expiratoire support. [27]. Het is van belang te realiseren dat veel beademingsmachines altijd enige inspiratoire support leveren (bv 3 cmH₂O), ondanks dat support in gesteld staat op 0 cmH₂O.

Er zijn enkele studies verricht naar de vereiste duur van een ontwentrial. Indien een patiënt faalt, zijn criteria vaak duidelijk in de eerste 30 minuten. Er is geen verschil in uitkomst als een initiële ontwen trial uitgevoerd wordt gedurende 30 minuten of 120 minuten [32, 33]. Echter bij patiënten waarbij een eerdere ontwentrial niet succesvol was of als de totale beademingsduur >2 weken bedraagt, is de optimale duur van de ontwentrial onbekend. Bij deze patiënten lijkt een langere duur redelijk (1 uur).

Patiënten met ernstige hersenschade, bijvoorbeeld ten gevolge van neurotrauma of intracraniële bloeding vormen een bijzondere categorie van moeilijk te ontwennen patiënten. Vaak wordt ondank succesvolle ontwentrial extubatie uitgesteld. In een recente studie is een eenvoudige score (VISAGE) gevalideerd die bijdraagt aan voorspellen van succesvolle extubatie in deze bijzondere categorie van patiënten [34]. Deze score omvat vier vragen, namelijk leeftijd <40 jaar, volgende oogbewegingen, adequaat slikken en EMV score >10. Indien 3 van de 4 vragen positief beantwoord wordt, is kans op succesvolle extubatie groot (90%).

2.2 Is een cufflek test voor extubatie zinvol?

Een endotracheale tube kan leiden tot oedeem van de bovenste luchtweg en zo tot postextubatiestridor. Hierdoor is er waarschijnlijk een hoger risico op reëntubatie. De cufflek test wordt gebruikt als voorspeller voor de aanwezigheid van oedeem van de bovenste luchtwegen, als alternatief voor meer invasieve directe visualisatie van de bovenste luchtwegen door middel van endoscopie. Er zijn tenminste 14 studies verricht naar de waarde van de cufflek test bij de geïntubeerde patiënt (voor review [35]). De studies zijn echter niet eenvoudig onderling te vergelijken, omdat de wijze van uitvoeren van de test en de uitkomstparameters verschillend waren in de studies.

Over het algemeen kan gezegd worden dat een falende cufflek test een lage sensitiviteit (± 0.26), maar hoge specificiteit (0.92) heeft voor aantonen van hoge luchtwegobstructie. Met andere woorden als de cufflek test negatief is (geen luchttek), is de kans op hoge luchtwegobstructie relatief hoog. Op basis van re-analyse van bestaande data toonde Girard et al [35] aan dat gebruik maken van de cufflek test leidt tot minder reïntubaties (2.4% vs. 4.2%), maar anderzijds ook tot onnodig uitstellen van extubatie, hoewel erkend moet worden dat er belangrijke aannames zijn gedaan in deze analyse. Op basis van deze data is het redelijk om een cufflek test alleen uit te voeren bij patiënten met verhoogd risico op post-extubatie stridor: traumatische intubatie, intubatie >6 dagen, tube met grote diameter, reïntubatie na ongeplande extubatie.

Drie gerandomiseerde studies hebben effecten van steroïden onderzocht bij volwassen patiënten met negatieve cufflek test. Steroïden verminderen het aantal reïntubaties (5.8% vs. 17%; 95%CI 0.14-0.76), maar het aantal patiënten in deze trials was klein en betrouwbaarheidsinterval groot [35]. In een andere trial werden steroïden voor extubatie gegeven, maar zonder dat een cufflek test uitgevoerd werd. In deze trial leidde toediening van steroïden (methylprednison 4 doses van 20 mg in de 12 uur voor extubatie) tot minder post-extubatiestridor, reïntubaties en reïntubaties ten gevolge van post-extubatiestridor [36].

Tabel 3 Faalcriteria voor een ontwentrial:

	Faalcriterium
Klinische inschatting en subjectieve indices	agitatie en angst
	somnolentie
	zweeten
	cyanose
	toename van ademarbeid
	toename van hulpademhalingspijpen
	dyspneu
Objectieve metingen	PaO ₂ ≤ 50-60mmHg op FiO ₂ ≥ 50% of sat ≤ 90%
	pH < 7.32

	AF >35 teugen/min of toename van $\geq 50\%$
	HF >140 slagen/min of toename $\geq 20\%$
	systolische bloeddruk > 180mmHg of toename $\geq 20\%$
	systolische bloeddruk ≤ 90 mmhg
	cardiale aritmie

Conclusies:

1. Een rapid shallow breathing Index (RSBI ($\leq 100-105$ f/Tv)) kan gemeten worden om het succes van een trial spontane ademhaling te voorspellen. (Niveau 2b)
2. Een goed uitgevoerde TSA verlaagt de kans op reïntubatie. (Niveau 2a)
3. Een TSA zonder inspiratoire support of PEEP benadert het beste de ademarbeid die geleverd moet worden na extubatie (Niveau 2b).
4. Een trial spontane ademhaling van 30 minuten volstaat als eerste ontwentrial indien patiënt niet langer dan 2 weken beademd is (Niveau 2b)
5. Een cuff lek test vermindert het aantal reïntubaties (Niveau 2a)
6. Toediening van steroïden bij patiënten met een negatieve cuff lek test vermindert aantal reïntubaties (Niveau 2b)

Aanbevelingen:

1. Tenminste dagelijks wordt beoordeeld of een patiënt beademd kan worden in een ondersteunende vorm van beademing (B)
2. Bij patiënten beademd met een ondersteunende modus, wordt tenminste dagelijks beoordeeld of niveau van ondersteuning verminderd kan worden. (B)
3. Indien patiënt voldoet aan prealabele voorwaarden wordt een trial spontaan ademen uitgevoerd, zonder PEEP of inspiratoire support. (B)
4. De duur van de TSA is tenminste 30 minuten. (B)
5. Bij succesvolle TSA wordt patiënt geëxtubeerd. (B)
6. Bij hoog risico patiënten (o.a. traumatische intubatie, intubatieduur >6 dagen) wordt het gebruik van cufflek test geadviseerd (B)

7. Bij een negatieve cuff lek test wordt toediening van systemische steroïden tenminste 4 uur voor extubatie geadviseerd. Hierna hoeft niet opnieuw een cuff lek test verricht te worden.(B)
8. Bij falende TSA wordt geadviseerd diagnostiek te verrichten naar de oorzaak hiervan (C)

Vraag 3: Is het gebruik van een ontwenprotocol zinvol?

Samenvatting van de literatuur

Een protocol beschrijft hoe ontwennen van de beademing kan plaatsvinden. Dit kan in de vorm van een protocol op papier, een elektronisch protocol, eventueel geïntegreerd in het EPD (elektronisch patiëntdossier of een automatisch ontwenprotocol gestuurd door de beademingsmachine [35]. Een recente Cochrane analyse [37] concludeert dat gebruik van een ontwenprotocol (papier of elektronisch) leidt tot afname van de totale beademingsduur (-26%), de duur van ontwenning (-70%) en ICU opnametijd, zonder een effect op de mortaliteit. Er geen goede literatuur beschikbaar aan welke eisen het protocol moet voldoen om uitkomst te verbeteren. Diverse moderne beademingsmachines zijn uitgerust met een automatisch ontwenprotocol. De techniek varieert, maar op basis van bijvoorbeeld teugvolume, ademfrequentie en geëxpireerd CO₂ bepaalt de machine het niveau van druk ondersteuning en kan een signaal geven indien de patiënt een TSA kan ondergaan of geëxtubeerd kan worden. De meeste studies zijn verricht met Smartcare[®]. In een Canadese multicenter studie waarbij Smartcare[®] vergeleken werd met papieren protocol was het primaire eindpunt (ontwen en sedatie protocol compliance) negatief. Wel was met Smartcare de tijd tot eerste succesvolle TSA, eerste succesvolle extubatie korter, maar was er geen effect op IC opnameduur [38]. Deze studie heeft overigens belangrijke beperkingen, waaronder zeer trage inclusie, met risico op selectiebias.

Conclusies:

1. Het gebruik van een ontwenprotocol verkort de totale beademingsduur en de ontwenduur (Niveau 2a).
2. Er is in de literatuur niet een specifiek protocol dat de voorkeur heeft. (Niveau 2b).
3. Automatische ontwenning in vergelijking met geprotocolleerde ontwenning verkort de ontwenduur, maar heeft geen effect op opnameduur (Niveau 3)

Aanbeveling:

Het verdient aanbeveling om gebruik te maken van een protocol voor het ontwennen van de beademing (A).

4.2. Non-invasieve ventilatie

Non-invasieve ventilatie (NIV) kan in kader van ontwenning op drie manieren ingezet worden:

- 1) Als een alternatieve beademingsmodus voor het ontwennen van beademing bij invasief beademde patiënten
- 2) Profylactisch na extubatie bij een patiënt met een hoog risico op extubatie falen
- 3) Als beademingsmodus in het geval van extubatie falen

4.2.1. Vraag: Is het mogelijk een patiënt met een negatieve TSA te ontwennen van mechanische beademing door gebruik te maken van NIV?

Ontwennen van invasieve beademing zou versneld kunnen worden door de patiënt vroeg te extubereren en met NIV verder te ontwennen. Het gaat dan om patiënten met falende TSA. Patiënten die d.m.v. een tracheacanule beademd worden zijn buiten deze beschouwing gelaten. In een systematische review over dit onderwerp wordt geconcludeerd dat een ontwenstrategie waarbij gebruik gemaakt wordt van NIV leidt tot lagere mortaliteit, kortere ontwenduur en minder lange opname duur op de IC, waarbij het effect vooral gezien wordt bij patiënten met exacerbatie COPD [39]. Dit is ook als zodanig opgenomen in de 2017 richtlijn van de ERS/ATS.

4.2.2. Vraag: Is NIV inzetbaar ter preventie van extubatie falen?

Diverse studies hebben de rol van NIV geëvalueerd bij patiënten met verhoogd risico op extubatie falen, na een succesvolle TSA. Er is geen uniforme definitie in de literatuur voor “hoog risico extubatie falen”, maar in het algemeen zijn dit patiënten >65 jaar met een cardiale en/of pulmonale voorgeschiedenis. Extubatie falen en reïntubaties waren minder frequent bij patiënten die profylactisch behandeld werden met NIV in vergelijking met de controlegroep [40-43]. Een meta-analyse verschenen na de publicatie van deze studies waarin ook eerdere kleinere trials zijn opgenomen laat een zelfde resultaat zien: reductie in reïntubaties (RR 0.65; CI 0.43-0.93) en ziekenhuis mortaliteit (RR 0.59, CI 0.38-0.93) [44].

Voorts zijn er studies die NIV hebben toegepast ter voorkoming van extubatiefalen bij invasief beademde patiënten die succesvol een TSA afronden en geen additieve risico hadden voor extubatiefalen. In deze groep werd bij de met NIV behandelde groep een significant lager aantal re-intubaties uitgevoerd, resulterend in een lagere ziekenhuismortaliteit. Dit gold vooral als de beademingsduur > 72 uur bedroeg [45]. Bij een kortere beademingsduur verdwijnt dit effect [46].

4.2.3. Vraag: Is NIV zinvol bij optreden van extubatie falen?

Er is geen bewijs voor het gebruik van NIV bij extubatiefalen. Er zijn twee relatief grote klinische studies gepubliceerd die NIV vergelijken met conventionele therapie in een gemengde intensive care populatie met extubatie falen. In beide studies wordt geen verschil gevonden in noodzaak tot re-intubatie, opnameduur op ICU of opnameduur in het ziekenhuis [47, 48]. In een van deze studies was de mortaliteit zelfs hoger in de patiënten met extubatiefalen die behandeld werden met NIV [48]. Een meta-analyse combineert de resultaten van beide studies en onderschrijft de individuele conclusies als boven beschreven [44]. In de 2017 richtlijn van de ERS/ATS wordt geadviseerd NIV niet te gebruiken in de setting van post-extubatie falen.

Conclusies:

1. NIV kan gebruikt worden bij patiënten met een exacerbatie COPD in het kader van ontwennen van mechanische beademing indien deze patiënten voldoen

aan de criteria voor een TSA, maar deze niet succesvol afronden, waarbij NIV resulteert in een verlaging van de mortaliteit, kortere invasieve ontwenduur en kortere ziekenhuis opname (Niveau 1).

2. NIV is mogelijk een zinvolle strategie ter *preventie* van extubatie falen bij patiënten die een succesvolle TSA afronden maar een verhoogd risico hebben op extubatie falen. Deze strategie lijkt met name zinvol in patiënten met hypercapnie bij COPD of obesitas (BMI > 35) ten tijde van extubatie (Niveau: 1b), of bij patiënten met een cardiale voorgeschiedenis (Niveau 2a).
3. Er is geen wetenschappelijke basis voor het *behandelen* van extubatie falen middels NIV. Er bestaat een risico op verhoogde mortaliteit en daarom dient NIV in deze setting niet toegepast te worden (Niveau 2a).

Aanbevelingen:

1. De werkgroep adviseert NIV aansluitend aan extubatie bij patiënten met een exacerbatie COPD die voldoen aan de criteria voor een TSA maar deze niet succesvol afronden door NIV. (A)
2. De werkgroep adviseert NIV direct aansluitend aan extubatie te overwegen bij patiënten met een positieve TSA, maar een verhoogd risico op extubatie falen (hypercapnie bij COPD, obesitas en patiënten bekend met hartfalen). (B)
3. De werkgroep adviseert NIV niet te gebruiken bij extubatie falen. (A)

4.3 Vraag: Is er een rol voor HFNC (High Flow Nasal Cannula) bij het ontwennen van de beademing?

Bij High Flow Nasal Canula (HFNC) wordt zuurstof, eventueel gemengd met buitenlucht toegediend met een hoge flow (tot 80 L/min) via een speciale neusbril. Potentiële voordelen van deze techniek in vergelijking met conventionele zuurstoftherapie zijn toename in comfort (door verwarming en bevochtiging), hogere F_iO_2 (doordat flow hoger is dan inspiratoire flow van de patiënt), afname in doderuimte ventilatie en enige PEEP (tot 2-4 cmH₂O).

Een aantal studies heeft de rol van HFNC na extubatie onderzocht [49-51]. Hernandez et al [52] vergeleken HFNC versus conventionele zuurstoftherapie bij 527 IC patiënten met laag risico op reëntubatie (o.a. <65 jaar, geen cardiopulmonale voorgeschiedenis)

na extubatie. Risico op reïntubatie was significant lager in de HFNC groep (5% versus 12% na 72 uur), maar er was geen verschil in ICU opnameduur of mortaliteit. Het is van belang te realiseren dat patiënten in deze studie slechts kort beademd waren voor extubatie (mediaan 1-2 dagen).

Conclusies:

1. Bij geëxtubeerde patiënten met een laag risico op reïntubatie kan HFNC het risico op reïntubatie binnen 72 uur reduceren (niveau 2b).

Aanbevelingen:

1. HFNC kan ingezet worden om risico op reïntubatie te verminderen bij geselecteerde patiënten (laag risico op reïntubatie (o.a. <65 jaar, geen cardiopulmonale voorgeschiedenis). (C)
2. De rol van HFNC bij patiënten die geëxtubeerd worden na moeilijke ontwenning is niet onderzocht en moet daarom met terughoudendheid toegepast worden (D)

Vraag 5: Welke specifieke interventies zijn mogelijk zinvol bij de moeilijk te ontwennen patiënt?

5.1. De rol van tracheotomie bij ontwennen van de beademing

5.1.1 Tracheotomie en de invloed op de methode van ontwennen

5.1.2 Communicatie en “spreken tijdens beademing”

5.2. Dysfagie, logopedie en de rol van een “tracheotomieteam”

5.3. Voeding en de ontwennende patiënt

5.4. Effecten van mobiliseren op ontwennen

5.5. Gespecialiseerde ontwenafdelingen

5.6. Wat is de rol van het Centrum voor Thuisbeademing (CTB)?

5.1 De rol van een tracheotomie bij ontwennen van de beademing

Voor de uitgebreide informatie over dit onderwerp verwijzen wij naar de NVIC-richtlijn-tracheostomie 2013 [53]. Deze richtlijn laat geen voordelen zien van een

tracheotomie op “harde eindpunten” zoals overleving of opnameduur. Na het uitbrengen van de NVIC-richtlijn -tracheostomie 2013 zijn enkele nieuwe studies verschenen. Over de voordelen van een vroege -, een late - of geen tracheotomie zijn deze studies tegenstrijdig [54-56]. Vroege tracheotomie leidt tot meer procedures maar kortere sedatieduur [56]. Uitstel tot na de 10^e dag lijkt verstandig om onnodig plaatsen te verminderen [57].

Conclusie:

1. Overgenomen uit de “NVIC richtlijn tracheotomie 2013”: Indien de beademing langer lijkt te gaan duren dan twee weken, dan valt een tracheostoma te overwegen (Niveau 2a). Studies na 2013 bevestigen dit advies en geven geen reden om bovenstaand advies aan te passen (Niveau 2a)

Aanbeveling:

1. De werkgroep adviseert voor de timing van tracheotomie een afweging te maken, waarbij verwachte beademingsduur, discomfort gerelateerd aan de endotracheale tube en risico's van een tracheotomie een rol spelen. (niveau C)

5.1.1 Tracheotomie en de invloed op de methode van ontwennen

Het verschil in dode ruimte en luchtwegweerstand tussen de endotracheale tube en een tracheacanule lijkt klinisch niet relevant [58, 59]. Een binnencanule vergroot de weerstand door de kleinere inwendige diameter, maar vaak wordt op de IC uit veiligheidsoverwegingen wel gekozen voor een binnencanule [60, 61]. Het effect van de maatvoering [62-64] steunt het pleidooi voor een zo groot mogelijke canule indien de cuff opgeblazen is tijdens het ontwennen.

Dit ligt anders bij ontwennen met lege cuff. Met een lege cuff wordt de inspanning van het diafragma verlaagd, de efficiëntie verhoogd [65] en lijkt het ontwennen sneller te verlopen [66, 67]. Het aantal studies naar een ontwenstrategie na tracheotomie is beperkt.

Conclusies:

1. Maatvoering, gebruik van een binnencanule en het gebruik van de cuff beïnvloeden de ontwenparameters (Niveau 2b).
2. Tijdens ontwennen met opgeblazen cuff heeft een zo groot mogelijke canule de voorkeur vanwege lagere luchtweg weerstand (Niveau 3)
3. Tijdens ontwennen met lege cuff lijkt een kleinere maat canule voordeel te bieden vooral als hier een spreekklep bij gebruikt wordt (Niveau 3)

Aanbeveling:

1. De werkgroep geeft geen specifiek advies over type en maat canule. Op basis van bovengenoemde overwegingen moet een individuele afweging gemaakt worden. (D)

5.1.2 Communicatie en “spreken tijdens beademing”

Herstel van communicatie met de wakkere beademde IC patiënt is belangrijk en hiervoor zijn verschillende mogelijkheden. Naast het gebruik van een spreekklep tijdens een TSA tonen recente studies dat spraakherstel mogelijk is tijdens beademing met een tracheacanule. Beademing met lege cuff is afkomstig uit de “chronische beademing”. Spraak wordt hersteld met een spreekklep en via het aanpassen van PEEP en/of drukondersteuning [68-72]. Het gebruik van de spreekklep is mogelijk en veilig bij IC patiënten tijdens positieve drukbeademing en leidt tot sneller herstel van communicatie [73-75]. Door “spreken tijdens beademing” verbeterde de eigen verzorging, de stemming en de kwaliteit van leven [76].

Conclusies:

1. “Spreken tijdens beademing” met een lege cuff, zo mogelijk gecombineerd met een spreekklep in het beademingscircuit, leidt tot eerder herstel van de communicatie. (Niveau 2b).
2. Deze therapie bevordert eigen verzorging, stemming en kwaliteit van leven (Niveau 3).
3. Spreken tijdens beademing leidt in kleine studiegroepen niet tot een grotere kans op luchtweginfecties, beademingsduur en IC verblijfsduur (Niveau 2b).

Aanbeveling:

1. Streef naar herstel van communicatie, in het bijzonder spreken bij de beademde patiënt (B)

5.2 Slikfunctie

Patiënten die langer dan 48 uur beademd zijn, hebben een hoog risico op dysfagie [77, 78]. Postdetubatie dysfagie heeft een relatie met intubatieduur [79], leeftijd [80], gegeneraliseerde spierzwakte [81] en een neurologische aandoening [82]. Persisteren van deze dysfagie is geassocieerd met een slechte uitkomst betreffende pneumonie, reïntubatie, morbiditeit, en ziekenhuis mortaliteit [83, 84]. Screenen op dysfagie na extubatie door IC verpleegkundigen / logopedie bevordert orale voeding en verminderde post-extubatie pneumonie [85, 86].

Bij patiënten met een tracheotomie: Bescherming tegen aspiratie door de cuff van de tracheacanule is beperkt [87] en hogere cuffdruk verslechtert de slikreflex [88]. Een “tracheotomieteam” waarin kennis over inbrengmethoden, canules, slikken, spreekkleppen en spreken verzameld wordt, kan leiden tot minder complicaties, eerder inbrengen van een kleinere maat canule, vaker gebruiken van de spreekklep en eerder decanuleren [89-92]. Voor gedetailleerder onderzoek en gericht behandelings van dysfagie wordt logopedische onderzoek eventueel gevolgd door endoscopische evaluatie (FEES) aanbevolen [93, 94].

Conclusies:

Slikstoornissen treden frequent op na > 48 uur endotracheale beademing (niveau 2a) Samenwerking binnen een “tracheotomie-team” waarin kennis over inbrengmethoden, canules, slikken, spreekkleppen en spreken verzameld wordt, kan leiden tot minder complicaties, eerder inbrengen van een kleinere maat canule, vaker gebruiken van de spreekklep en eerder decanuleren (Niveau 5).

Aanbevelingen:

De werkgroep adviseert bij alle patiënten die langer dan 48 uur zijn beademd:

1. Controle van de slikfunctie uit te voeren na extubatie door verpleegkundige en /of logopediste (B).
2. Bij patiënten met een tracheacanule gebruik te maken van professionals met specifieke expertise. (D)

5.3 Voeding en de ontwennende patiënt

Voeding op de intensive care, ook voor de moeilijk te ontwennen patiënt valt buiten het doel van deze richtlijn. Wij benoemen hier kort een aantal specifieke aandachtspunten.

Tijdens een ondersteunende beademingsvorm gebruiken patiënten meer energie dan tijdens gecontroleerde beademing, vanwege de ademarheid die door de patiënt geleverd wordt [95]. Trials spontaan ademen zullen energiebehoefte verder doen toenemen en het is redelijk hiermee rekening te houden in voedingsvoorschrift. Er is weinig onderzoek naar de effecten van een specifieke samenstelling van voeding (eiwit, antioxidanten) op uitkomst bij de moeilijk te ontwennende patiënt. Hoewel hogere eiwit intake redelijk lijkt is er onvoldoende bewijs voor de moeilijk ontwennende patiënt dat dit leidt tot betere klinische uitkomst [96].

Conclusies:

Tijdens ontwennen van beademing zal de energiebehoefte toenemen door hogere ademarheid (Niveau 2b)

Er is onvoldoende bewijs voor specifieke voedingsadviezen bij de moeilijk te ontwennen patiënt (Niveau 5)

Aanbeveling:

Wij adviseren tegen de toediening van hoge doses voedingssupplementen, zoals vitamines, antioxidanten. (D)

5.4. Effecten van mobiliseren op ontwennen

Vraag: Wat zijn de effecten van mobiliseren op het ontwennen?

In een aantal studies wordt, naast de positieve effecten op functioneel herstel, ook positieve effecten van het mobiliseren (uit bed) en vroege activatie op het ontwennen beschreven. Schweickert et al [97]. rapporteren n.a.v. een gerandomiseerd onderzoek naar de effectiviteit van dagelijkse sedatie interruptie met fysio- en ergotherapie (waaronder mobiliseren uit bed) een toename van het aantal ventilator vrije dagen in de interventiegroep.

Conclusie:

Het is aangetoond dat mobilisatie bijdraagt aan het aantal ventilator vrije dagen (niveau 2b)

Aanbeveling:

Het wordt aanbevolen om de ontwennende patiënt zo spoedig als mogelijk te mobiliseren (B)

Vraag: Wanneer is het veilig om te mobiliseren?

De incidentie van adverse events geassocieerd met het vroegtijdig mobiliseren van IC patiënten is laag ($\leq 4\%$) [98]. Desondanks is het belangrijk om voortdurend de afweging te maken tussen de toegevoegde waarde en de potentiële risico's van het mobiliseren. Om te voorkomen dat enerzijds te lang wordt gewacht met het mobiliseren van IC patiënten maar anderzijds er onnodige risico's worden genomen is het belangrijk om op basis van objectieve parameters een inschatting van de veiligheid te maken. Hodgson et al. geven aanbevelingen voor veiligheidscriteria welke zouden moeten worden overwogen bij het mobiliseren van beademde IC patiënten [99].

In de Nederlandse "*evidence statement voor IC fysiotherapie*" worden aanbevelingen gedaan met betrekking tot veiligheidscriteria voor tot mobiliseren uit bed [100], welke overkomen met Hodgson [99]. De volgende criteria (tabel 4) worden beschreven als (relatieve) contra indicaties voor het mobiliseren uit bed.

Conclusie:

Er zijn onvoldoende studies in de literatuur om de veiligheid van mobilisatie te kunnen beoordelen (2a)

Aanbeveling:

Om het ontwennen te bevorderen wordt geadviseerd om te starten met mobiliseren zodra de medische toestand van de patiënt dat toelaat. In tabel 4 worden de (relatieve)-contraïndicaties vermeld. (D)

Tabel 4. (relatieve) contra indicaties voor het mobiliseren uit bed [100].

Mobilisatie contra-indicaties		
Hartslag		
	Recent myocardischemie	
	Hartfrequentie <40/min of > 130/min	
Bloeddruk		
	MAP < 60 mmHg en > 110 mmHg	
Beademingsparameters		
	FiO ₂ > 0.6 PEEP ≥ 10 cmH ₂ O	
Ademhalingsfrequentie		
	>40/min	
Bewustzijnsniveau		
	Rass score: -5, -4, 3, 4.	
Dosis inotropica		
	Dopamine ≥ 10mcg/kg/min	
	Noradrenaline ≥ 1mcg/kg/min	
Temperatuur		
	≥ 38.5 graden Celsius	
	≤ 36 graden Celsius	
Overige		
	Chirurgische contra-indicaties	

	Katheters die mobilisatie onveilig maken	
	Verhoogde intracranieledruk	

5.5 De rol van inspiratoire ademspierkrachttraining (IMT) bij ontwennen

Vraag: Wat is het principe van inspiratoire ademspierkrachttraining (IMT)?

Ademspierzwakte komt frequent voor bij de intensive care patiënt [101] en is geassocieerd met moeilijke ontwenning van de beademing. Het is redelijk aan te nemen dat ademspiertraining ontwennen van de beademing positief beïnvloedt. Training kan onderverdeeld worden in duurtraining en krachttraining. Trials spontaan ademen kunnen beschouwd worden als een vorm van duurtraining. Krachttraining is mogelijk door opleggen van een relatief hoge weerstand tijdens de inspiratie. Hiervoor zijn diverse disposables beschikbaar, zoals Threshold IMT® en Powerbreath®.

Vraag: Verbetert inspiratoire ademspierkrachttraining (IMT) de inspiratoire spierkracht en uitkomst van moeilijk te ontwennen patiënten?

De kwalitatief beste studie is uitgevoerd door Martin et al [102]. Moeilijk te ontwennen patiënten werden gerandomiseerd tussen inspiratoire krachttraining. Er werd gebruik gemaakt van de "Threshold IMT", Respiroics™, 4 cycli van 6 tot maximaal 10 belaste ademteugen per dag, (dwz onbelast tot -20 cm H₂O). Tussen de cycli werd patiënt gedurende 2 minuten beademd.

In de trainingsgroep nam maximale inspiratiekracht significant toe (primaire uitkomst parameter) van $-44 \pm 18\text{cmH}_2\text{O}$ naar $-54 \pm 18\text{cmH}_2\text{O}$, terwijl er in de controlegroep ademspierkracht onveranderd bleef ($-44 \pm 18\text{cmH}_2\text{O}$ vs. $-45 \pm 20\text{cmH}_2\text{O}$). Ook was percentage patiënten dat succesvol ontwend kon worden significant hoger in de trainingsgroep (71% vs. 47%). Ook andere studies toonden aan dat ademspiertraining de kracht van de inspiratiespiers kan doen toenemen [103]. In de literatuur worden verschillende criteria toegepast voor ademspierkrachttraining. In de studie van Cader [103] werden alleen patiënten met ademspierzwakte geïnccludeerd (maximale inspiratiedruk $<20\text{cmH}_2\text{O}$), terwijl in andere studies moeilijke ontwenning van

beademing belangrijkste inclusie criterium was, zonder specifieke waarde voor maximale inspiratiedruk [102].

Conclusies:

1. Inspiratoire krachttraining kan de maximale kracht van de inspiratie spieren verbeteren (niveau 1)
2. Inspiratoire krachttraining kan beademingsduur verkorten (Niveau 2B)
3. Patiëntselectie en het optimale trainingsprotocol voor inspiratoire ademspiertraining is onvoldoende onderzocht.

Aanbevelingen:

1. Bij patiënten met inspiratoire ademspierzwakte kan ademspierkrachttraining overwogen worden (Niveau B)
2. De werkgroep adviseert gebruik te maken van het protocol zoals gepubliceerd door Martin [102].

5.6. Rol van specifieke ontwencentra

In het buitenland, met name Noord-Amerika, maar ook diverse Europese landen wordt gebruik gemaakt van gespecialiseerde ontwenunits [104, 105]. De gedachte is dat de acute IC units onvoldoende focus, kennis en uitrusting hebben om de beste zorg te kunnen leveren aan deze specifieke patiënten categorie.

Slechts een beperkt aantal studies heeft uitkomsten van ontwennen in gespecialiseerde units vergeleken met ontwennen op een reguliere IC afdeling. Gracey [106] toonde in studie met historische controle groep aan dat mortaliteit gecorrigeerd voor ziekte significant lager was in de ontwenunit. Uiteraard zijn uitkomsten van de ontwencentra sterk afhankelijk van de opnamecriteria. Echter, gezien de kosteneffectiviteit van deze units in het algemeen is het onwaarschijnlijk dat goed uitgevoerde RCTs naar de effectiviteit van ontwencentra verricht worden. In Nederland zijn momenteel enkele initiatieven voor gespecialiseerde ontwencentra.

Conclusies:

1. Studies uit onder andere de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk tonen aan dat toegeweide ontwencentra de ontwenduur verkorten en mortaliteit verlagen (niveau 3)
2. In Nederland zijn nog geen data beschikbaar met betrekking tot effectiviteit van gespecialiseerde ontwencentra.

5.7 Wat is de rol van het Centrum voor Thuisbeademing (CTB)?

De Centra voor Thuisbeademing kunnen worden benaderd voor patiënten die opgenomen zijn op een IC en niet kunnen worden ontwend van de beademing.

Hieronder wordt beschreven wat de algemene procedure is van verwijzing naar het CTB, welke aandoeningen dit doorgaans betreft, wat de doelen van chronische beademing zijn en welke criteria gehanteerd worden voor het instellen op chronische beademing. Voor uitgebreide informatie wordt verwezen naar de recente literatuur [107] en de “veldnorm thuisbeademing” .

<https://www.spierziekten.nl/zoeken/?q=veldnorm+thuisbeademing>.

5.7.1. Algemene procedure voor verwijzing naar CTB (niet specifiek vanuit IC)

Bekende aandoeningen die kunnen leiden tot chronische respiratoire insufficiëntie en daarom thuisbeademing zijn onder andere neuromusculaire ziekten, neurologische aandoeningen (waaronder hoog cervicale dwarslaesie), thoraxwandafwijkingen waaronder kyfoscoliose en obesitas-hypoventilatiesyndroom (OHS). Daarnaast zijn er patiënten met centraal slaapapneusyndroom (CSAS) of obstructief slaapapneusyndroom (OSAS) bij wie CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) niet effectief is en patiënten met overlapsyndroom (COPD + OSAS) bij wie chronische beademing mogelijk geïndiceerd is. Ook beademing als overbrugging naar een longtransplantatie ('bridge-to-transplant' (BTT)) kan reden voor consultatie van een CTB zijn.

5.7.2 Doelen van chronische beademing

Met het instellen op chronische beademing wordt gestreefd naar het behalen van belangrijke doelen:

- toename van kwaliteit van leven
- verbeteren van slaapduur en -kwaliteit
- herstel van gaswisseling
- afname van lichamelijke klachten en symptomen
- behoud en eventuele toename van zelfredzaamheid en fysieke belastbaarheid
- behoud of verbetering van communicatiemogelijkheden van de patiënt
- toename van de levensverwachting.

5.7.3 Criteria voor instellen op chronische beademing

Voor het instellen op chronische beademing dient aan een aantal voorwaarden te worden voldaan:

1. Er is met het instellen van chronische beademing sprake van medisch zinvol handelen.
2. Chronische beademing is medisch, technisch en veilig uitvoerbaar met apparatuur van het CTB.
3. De patiënt stemt in met chronische beademing na adequaat geïnformeerd te zijn door het CTB.
4. De patiënt is klinisch stabiel. Alle reversibele oorzaken zijn gecorrigeerd.
5. Andere behandelopties zoals medicamenten of CPAP zijn niet afdoende gebleken.
6. De patiënt is optimaal ontwend van de acute beademing.
7. Er is sprake van een veilige verblijfssituatie wat betreft zorg, alarmering en locatie

5.7.4 Op welk moment een IC patiënt aanmelden bij het CTB?

Als duidelijk wordt dat de patiënt respiratoir insufficiënt is en blijft ten gevolge van een aandoening die irreversibel is, dan kan het CTB geconsulteerd worden. Van belang is dat het CTB zo vroeg als mogelijk is, betrokken wordt. Dit is onder andere van belang om bijvoorbeeld longvolumerekrutering (airstacken, inzet hoestmachine: zie

paragraaf c.) te starten. Verder kan het CTB adviseren rondom het moment van extuberen en inschatten of dit wel haalbaar is in het licht van de onderliggende aandoening. Ook dient tijdens de IC opname beoordeeld te worden of tracheostomie-beademing wel geïndiceerd is, als non-invasieve beademing ook mogelijk blijkt.

5.7.5 “Chronische beademing” bij reversibele aandoeningen

Respiratoire insufficiëntie kan ook het gevolg zijn vanwege een aandoening die op de lange(re) termijn wellicht dusdanig kan genezen dat er geen respiratoire insufficiëntie meer is, zoals Guillain Barré, Myasthenia Gravis of een ernstige critical illness polyneuropathie. In principe is dat geen reden om patiënt in te stellen op chronische beademing. Immers, het betreft een langdurige klinische beademing. Echter, indien het herstel stagneert en patiënt niet van de beademing ontwend kan worden, is verwijzing naar een CTB geïndiceerd. Hierbij lijkt een termijn van 3 maanden reëel.

Ook kan het voorkomen dat een patiënt met boven beschreven aandoening ter revalidatie opgenomen zal moeten worden in een revalidatiecentrum. Echter, als patiënt nog zonder beademing kan, is dat een indicatie om patiënt in te stellen op chronische beademing. Na het revalidatietraject zal de patiënt opnieuw opgenomen dienen te worden om te beoordelen of deze dan volledig ontwend kan worden van de beademing. Indien dat niet haalbaar blijkt, zal patiënt blijvend beademd dienen te worden via het CTB.

5.7.6 Longvolumerekrutering

Veel patiënten die in paragraaf a. genoemd zijn hebben een verminderde hoestkracht ten gevolge van hun spierzwakte. Om die reden wordt deze patiënten door het CTB in een vroeg stadium het airstacken aangeleerd in het kader van longvolumerekrutering. Longvolumerekrutering (LVR) kan, zowel bij patiënten met als zonder (chronische) beademing, de hoeststroomsterkte en rekbaarheid van de borstkas en longen verbeteren. Bij patiënten met een gereduceerde hoestkracht, neiging tot atelectasevorming en recidiverende luchtweginfecties kunnen LVR-technieken pulmonale complicaties, ziekenhuisopname en tracheotomie voorkómen. Door chronische beademing te combineren met LVR is de prognose van chronisch respiratoir falen verder verbeterd. De belangrijkste LVR-technieken die door de CTB's

worden gebruikt zijn airstacken en het toepassen van de hoestmachine (cough-assist of mechanische in-exsufflatie: MI-E). Voor uitgebreide informatie wordt verwezen naar de veldnorm thuisbeademing

5.7.7 Airstacken

Airstacken is een insufflatietechniek waarbij een handbeademingsballon of een volumegecontroleerd beademingstoestel met mondstuk of masker wordt gebruikt. Met behulp van een handbeademingsballon of een beademingsmachine wordt lucht in de longen geblazen tot de grootst mogelijke longinhoud wordt bereikt. Met deze techniek leert de patiënt zijn luchtwegen open te houden en krachtiger te hoesten.

5.7.8 Hoestmachine

De hoestmachine is een drukgenerator die het hoesten ondersteunt door (onder positieve druk) lucht te insuffleren via een mond-neusmasker, endotracheale tube of tracheacanule en deze direct daarna weer (onder negatieve druk) uit te zuigen. Door de drukgradiënt die over de luchtwegen wordt aangebracht, kan mucus uit de distale luchtwegen worden gemobiliseerd en verwijderd [108-111].

Conclusie:

In geval van niet voortschrijdende weaning kunnen specifieke technieken als rekrutering, airstacking en gebruik van hoestmachine, zoals toegepast binnen het CTB, van nut zijn (Niveau 2b)

Aanbeveling:

Bij niet voortschrijdende weaning wordt aanbevolen in een vroeg stadium met het CTB te overleggen (Niveau C)

Referenties:

1. medicine, O.c.f.e.-b., 2009.
2. Boles, J.M., et al., *Weaning from mechanical ventilation*. Eur Respir J, 2007. **29**(5): p. 1033-56.
3. Esteban, A., et al., *Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study*. JAMA, 2002. **287**(3): p. 345-55.
4. Vallverdu, I., et al., *Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **158**(6): p. 1855-62.
5. Penuelas, O., et al., *Characteristics and outcomes of ventilated patients according to time to liberation from mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 2011. **184**(4): p. 430-7.
6. Jubran, A., et al., *Effect of pressure support vs unassisted breathing through a tracheostomy collar on weaning duration in patients requiring prolonged mechanical ventilation: a randomized trial*. JAMA, 2013. **309**(7): p. 671-7.
7. Epstein, S.K., *Weaning parameters*. Respir Care Clin N Am, 2000. **6**(2): p. 253-301,v-vi.
8. Girard, T.D., et al., *Efficacy and safety of a paired sedation and ventilator weaning protocol for mechanically ventilated patients in intensive care (Awakening and Breathing Controlled trial): a randomised controlled trial*. Lancet, 2008. **371**(9607): p. 126-34.
9. Vassilakopoulos, T., et al., *The combination of the load/force balance and the frequency/tidal volume can predict weaning outcome*. Intensive Care Med, 2006. **32**(5): p. 684-91.
10. Tobin, M.J., F. Laghi, and A. Jubran, *Ventilatory failure, ventilator support, and ventilator weaning*. Compr Physiol, 2012. **2**(4): p. 2871-921.
11. Heunks, L.M. and J.G. van der Hoeven, *Clinical review: the ABC of weaning failure--a structured approach*. Crit Care, 2010. **14**(6): p. 245.
12. Vassilakopoulos, T., S. Zakyntinos, and C. Roussos, *The tension-time index and the frequency/tidal volume ratio are the major pathophysiologic determinants of weaning failure and success*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **158**(2): p. 378-85.
13. Jubran, A. and M.J. Tobin, *Pathophysiologic basis of acute respiratory distress in patients who fail a trial of weaning from mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 1997. **155**(3): p. 906-15.
14. Hooijman, P.E., et al., *Diaphragm muscle fiber weakness and ubiquitin-proteasome activation in critically ill patients*. Am J Respir Crit Care Med, 2015. **191**(10): p. 1126-38.
15. Levine, S., et al., *Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans*. N Engl J Med, 2008. **358**(13): p. 1327-35.
16. Doorduyn, J., et al., *Monitoring of the respiratory muscles in the critically ill*. Am J Respir Crit Care Med, 2013. **187**(1): p. 20-7.
17. Dres, M., et al., *Extravascular lung water, B-type natriuretic peptide, and blood volume contraction enable diagnosis of weaning-induced pulmonary edema*. Crit Care Med, 2014. **42**(8): p. 1882-9.
18. Salam, A., et al., *Neurologic status, cough, secretions and extubation outcomes*. Intensive Care Med, 2004. **30**(7): p. 1334-9.

19. Rumbak, M.J., et al., *Significant tracheal obstruction causing failure to wean in patients requiring prolonged mechanical ventilation: a forgotten complication of long-term mechanical ventilation*. Chest, 1999. **115**(4): p. 1092-5.
20. Zapata, L., et al., *B-type natriuretic peptides for prediction and diagnosis of weaning failure from cardiac origin*. Intensive Care Med, 2011. **37**(3): p. 477-85.
21. Dres, M., J.L. Teboul, and X. Monnet, *Weaning the cardiac patient from mechanical ventilation*. Curr Opin Crit Care, 2014. **20**(5): p. 493-8.
22. Jubran, A., et al., *Continuous recordings of mixed venous oxygen saturation during weaning from mechanical ventilation and the ramifications thereof*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **158**(6): p. 1763-9.
23. Yang, K.L. and M.J. Tobin, *A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation*. N Engl J Med, 1991. **324**(21): p. 1445-50.
24. Straus, C., et al., *Contribution of the endotracheal tube and the upper airway to breathing workload*. Am J Respir Crit Care Med, 1998. **157**(1): p. 23-30.
25. Tadie, J.M., et al., *Post-intubation laryngeal injuries and extubation failure: a fiberoptic endoscopic study*. Intensive Care Med, 2010. **36**(6): p. 991-8.
26. Mehta, S., et al., *Prediction of post-extubation work of breathing*. Crit Care Med, 2000. **28**(5): p. 1341-6.
27. Sklar, M.C., et al., *Effort To Breathe With Various Spontaneous Breathing Trial Techniques. A Physiological Meta-analysis*. Am J Respir Crit Care Med, 2016.
28. Cabello, B., et al., *Physiological comparison of three spontaneous breathing trials in difficult-to-wean patients*. Intensive Care Med, 2010. **36**(7): p. 1171-9.
29. Esteban, A., et al., *Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group*. Am J Respir Crit Care Med, 1997. **156**(2 Pt 1): p. 459-65.
30. Esteban, A., et al., *A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group*. N Engl J Med, 1995. **332**(6): p. 345-50.
31. Brochard, L., et al., *Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation*. Am J Respir Crit Care Med, 1994. **150**(4): p. 896-903.
32. Esteban, A., et al., *Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group*. Am J Respir Crit Care Med, 1999. **159**(2): p. 512-8.
33. Perren, A., et al., *Protocol-directed weaning from mechanical ventilation: clinical outcome in patients randomized for a 30-min or 120-min trial with pressure support ventilation*. Intensive Care Med, 2002. **28**(8): p. 1058-63.
34. Asehnoune, K., et al., *Extubation Success Prediction in a Multicentric Cohort of Patients with Severe Brain Injury*. Anesthesiology, 2017. **127**(2): p. 338-346.

35. Girard, T.D., et al., *An Official American Thoracic Society/American College of Chest Physicians Clinical Practice Guideline: Liberation from Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults. Rehabilitation Protocols, Ventilator Liberation Protocols, and Cuff Leak Tests*. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017. **195**(1): p. 120-133.
36. Francois, B., et al., *12-h pretreatment with methylprednisolone versus placebo for prevention of postextubation laryngeal oedema: a randomised double-blind trial*. *Lancet*, 2007. **369**(9567): p. 1083-9.
37. Blackwood, B., et al., *Protocolized versus non-protocolized weaning for reducing the duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients*. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014(11): p. CD006904.
38. Burns, K.E., et al., *Wean earlier and automatically with new technology (the WEAN study). A multicenter, pilot randomized controlled trial*. *Am J Respir Crit Care Med*, 2013. **187**(11): p. 1203-11.
39. Burns, K.E., et al., *Noninvasive positive-pressure ventilation as a weaning strategy for intubated adults with respiratory failure*. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013(12): p. CD004127.
40. Nava, S., et al., *Noninvasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high-risk patients*. *Crit Care Med*, 2005. **33**(11): p. 2465-70.
41. Ferrer, M., et al., *Early noninvasive ventilation averts extubation failure in patients at risk: a randomized trial*. *Am J Respir Crit Care Med*, 2006. **173**(2): p. 164-70.
42. Thille, A.W., et al., *Easily identified at-risk patients for extubation failure may benefit from noninvasive ventilation: a prospective before-after study*. *Crit Care*, 2016. **20**: p. 48.
43. Schmidt, G.A., et al., *Official Executive Summary of an American Thoracic Society/American College of Chest Physicians Clinical Practice Guideline: Liberation from Mechanical Ventilation in Critically Ill Adults*. *Am J Respir Crit Care Med*, 2017. **195**(1): p. 115-119.
44. Lin, C., et al., *The efficacy of noninvasive ventilation in managing postextubation respiratory failure: a meta-analysis*. *Heart Lung*, 2014. **43**(2): p. 99-104.
45. Ornicco, S.R., et al., *Noninvasive ventilation immediately after extubation improves weaning outcome after acute respiratory failure: a randomized controlled trial*. *Crit Care*, 2013. **17**(2): p. R39.
46. Su, C.L., et al., *Preventive use of noninvasive ventilation after extubation: a prospective, multicenter randomized controlled trial*. *Respir Care*, 2012. **57**(2): p. 204-10.
47. Keenan, S.P., et al., *Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress: a randomized controlled trial*. *JAMA*, 2002. **287**(24): p. 3238-44.
48. Esteban, A., et al., *Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation*. *N Engl J Med*, 2004. **350**(24): p. 2452-60.
49. Tiruvoipati, R., et al., *High-flow nasal oxygen vs high-flow face mask: a randomized crossover trial in extubated patients*. *J Crit Care*, 2010. **25**(3): p. 463-8.
50. Rittayamai, N., et al., *Use of High-Flow Nasal Cannula for Acute Dyspnea and Hypoxemia in the Emergency Department*. *Respir Care*, 2015. **60**(10): p. 1377-82.

51. Maggiore, S.M., et al., *Nasal high-flow versus Venturi mask oxygen therapy after extubation. Effects on oxygenation, comfort, and clinical outcome.* Am J Respir Crit Care Med, 2014. **190**(3): p. 282-8.
52. Hernandez, G., et al., *Effect of Postextubation High-Flow Nasal Cannula vs Conventional Oxygen Therapy on Reintubation in Low-Risk Patients: A Randomized Clinical Trial.* JAMA, 2016. **315**(13): p. 1354-61.
53. NVIC. 2013; Available from: <https://nvic.nl/guideline-tracheostomy-2013>.
54. Andriolo, B.N., et al., *Early versus late tracheostomy for critically ill patients.* Cochrane Database Syst Rev, 2015. **1**: p. CD007271.
55. Siempos, II, et al., *Effect of early versus late or no tracheostomy on mortality and pneumonia of critically ill patients receiving mechanical ventilation: a systematic review and meta-analysis.* Lancet Respir Med, 2015. **3**(2): p. 150-158.
56. Szakmany, T., et al., *Effect of early tracheostomy on resource utilization and clinical outcomes in critically ill patients: meta-analysis of randomized controlled trials.* Br J Anaesth, 2015. **114**(3): p. 396-405.
57. Young, D., et al., *Effect of early vs late tracheostomy placement on survival in patients receiving mechanical ventilation: the TracMan randomized trial.* JAMA, 2013. **309**(20): p. 2121-9.
58. Lim, C.K., et al., *Effect of Tracheostomy on Weaning Parameters in Difficult-to-Wean Mechanically Ventilated Patients: A Prospective Observational Study.* PLoS One, 2015. **10**(9): p. e0138294.
59. Joseph, M.J., et al., *Tracheostomy in the critically ill: the myth of dead space.* Anaesth Intensive Care, 2013. **41**(2): p. 216-21.
60. Pierson, D.J., *Tracheostomy and weaning.* Respir Care, 2005. **50**(4): p. 526-33.
61. Wilson, A.M., D.M. Gray, and J.G. Thomas, *Increases in endotracheal tube resistance are unpredictable relative to duration of intubation.* Chest, 2009. **136**(4): p. 1006-1013.
62. Valentini, I., et al., *Different tracheotomy tube diameters influence diaphragmatic effort and indices of weanability in difficult to wean patients.* Respir Care, 2012. **57**(12): p. 2012-8.
63. Pryor, L.N., et al., *Tracheostomy Tube Type and Inner Cannula Selection Impact Pressure and Resistance to Air Flow.* Respir Care, 2016. **61**(5): p. 607-14.
64. Carter, A., S.J. Fletcher, and R. Tuffin, *The effect of inner tube placement on resistance and work of breathing through tracheostomy tubes: a bench test.* Anaesthesia, 2013. **68**(3): p. 276-82.
65. Ceriana, P., et al., *Physiological responses during a T-piece weaning trial with a deflated tube.* Intensive Care Med, 2006. **32**(9): p. 1399-403.
66. Bach, J.R. and A.S. Alba, *Tracheostomy ventilation. A study of efficacy with deflated cuffs and cuffless tubes.* Chest, 1990. **97**(3): p. 679-83.
67. Hernandez, G., et al., *The effects of increasing effective airway diameter on weaning from mechanical ventilation in tracheostomized patients: a randomized controlled trial.* Intensive Care Med, 2013. **39**(6): p. 1063-70.
68. Conway, D.H. and C. Mackie, *The effects of tracheostomy cuff deflation during continuous positive airway pressure.* Anaesthesia, 2004. **59**(7): p. 652-7.

69. Hess, D.R., *Facilitating speech in the patient with a tracheostomy*. *Respir Care*, 2005. **50**(4): p. 519-25.
70. Hoit, J.D., et al., *Clinical ventilator adjustments that improve speech*. *Chest*, 2003. **124**(4): p. 1512-21.
71. Prigent, H., et al., *Speech effects of a speaking valve versus external PEEP in tracheostomized ventilator-dependent neuromuscular patients*. *Intensive Care Med*, 2010. **36**(10): p. 1681-7.
72. Garguilo, M., et al., *Patient-controlled positive end-expiratory pressure with neuromuscular disease: effect on speech in patients with tracheostomy and mechanical ventilation support*. *Chest*, 2013. **143**(5): p. 1243-1251.
73. Sutt, A.L., et al., *The use of tracheostomy speaking valves in mechanically ventilated patients results in improved communication and does not prolong ventilation time in cardiothoracic intensive care unit patients*. *J Crit Care*, 2015. **30**(3): p. 491-4.
74. Egbers, P.H., et al., *Enabling speech in ICU patients during mechanical ventilation*. *Intensive Care Med*, 2014. **40**(7): p. 1057-8.
75. Freeman-Sanderson, A.L., et al., *Return of Voice for Ventilated Tracheostomy Patients in ICU: A Randomized Controlled Trial of Early-Targeted Intervention*. *Crit Care Med*, 2016. **44**(6): p. 1075-81.
76. Freeman-Sanderson, A.L., et al., *Quality of life improves with return of voice in tracheostomy patients in intensive care: An observational study*. *J Crit Care*, 2016. **33**: p. 186-91.
77. Skoretz, S.A., H.L. Flowers, and R. Martino, *The incidence of dysphagia following endotracheal intubation: a systematic review*. *Chest*, 2010. **137**(3): p. 665-73.
78. Ponfick, M., R. Linden, and D.A. Nowak, *Dysphagia--a common, transient symptom in critical illness polyneuropathy: a fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing study**. *Crit Care Med*, 2015. **43**(2): p. 365-72.
79. Brodsky, M.B., et al., *Duration of oral endotracheal intubation is associated with dysphagia symptoms in acute lung injury patients*. *J Crit Care*, 2014. **29**(4): p. 574-9.
80. Bordon, A., et al., *Swallowing dysfunction after prolonged intubation: analysis of risk factors in trauma patients*. *Am J Surg*, 2011. **202**(6): p. 679-82; discussion 682-3.
81. Mirzakhani, H., et al., *Muscle weakness predicts pharyngeal dysfunction and symptomatic aspiration in long-term ventilated patients*. *Anesthesiology*, 2013. **119**(2): p. 389-97.
82. Macht, M., et al., *ICU-acquired swallowing disorders*. *Crit Care Med*, 2013. **41**(10): p. 2396-405.
83. Macht, M., et al., *Post-extubation dysphagia is associated with longer hospitalization in survivors of critical illness with neurologic impairment*. *Crit Care*, 2013. **17**(3): p. R119.
84. Macht, M., et al., *Postextubation dysphagia is persistent and associated with poor outcomes in survivors of critical illness*. *Crit Care*, 2011. **15**(5): p. R231.
85. See, K.C., et al., *Nurse-performed screening for postextubation dysphagia: a retrospective cohort study in critically ill medical patients*. *Crit Care*, 2016. **20**(1): p. 326.

86. Brodsky, M.B., et al., *Factors associated with swallowing assessment after oral endotracheal intubation and mechanical ventilation for acute lung injury*. Ann Am Thorac Soc, 2014. **11**(10): p. 1545-52.
87. Ding, R. and J.A. Logemann, *Swallow physiology in patients with trach cuff inflated or deflated: a retrospective study*. Head Neck, 2005. **27**(9): p. 809-13.
88. Amathieu, R., et al., *Influence of the cuff pressure on the swallowing reflex in tracheostomized intensive care unit patients*. Br J Anaesth, 2012. **109**(4): p. 578-83.
89. McGrath, B.A. and S. Wallace, *The UK National Tracheostomy Safety Project and the role of speech and language therapists*. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg, 2014. **22**(3): p. 181-7.
90. de Mestral, C., et al., *Impact of a specialized multidisciplinary tracheostomy team on tracheostomy care in critically ill patients*. Can J Surg, 2011. **54**(3): p. 167-72.
91. Tobin, A.E. and J.D. Santamaria, *An intensivist-led tracheostomy review team is associated with shorter decannulation time and length of stay: a prospective cohort study*. Crit Care, 2008. **12**(2): p. R48.
92. Speed, L. and K.E. Harding, *Tracheostomy teams reduce total tracheostomy time and increase speaking valve use: a systematic review and meta-analysis*. J Crit Care, 2013. **28**(2): p. 216 e1-10.
93. Macht, M., S.D. White, and M. Moss, *Swallowing dysfunction after critical illness*. Chest, 2014. **146**(6): p. 1681-1689.
94. Scheel, R., et al., *Endoscopic Assessment of Swallowing After Prolonged Intubation in the ICU Setting*. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2016. **125**(1): p. 43-52.
95. Hoher, J.A., et al., *A comparison between ventilation modes: how does activity level affect energy expenditure estimates?* JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2008. **32**(2): p. 176-83.
96. Heyland, D.K., et al., *Combining nutrition and exercise to optimize survival and recovery from critical illness: Conceptual and methodological issues*. Clin Nutr, 2016. **35**(5): p. 1196-206.
97. Schweickert, W.D., et al., *Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial*. Lancet, 2009. **373**(9678): p. 1874-82.
98. Adler, J. and D. Malone, *Early mobilization in the intensive care unit: a systematic review*. Cardiopulm Phys Ther J, 2012. **23**(1): p. 5-13.
99. Hodgson, C.L., et al., *Expert consensus and recommendations on safety criteria for active mobilization of mechanically ventilated critically ill adults*. Crit Care, 2014. **18**(6): p. 658.
100. Sommers, J., et al., *Physiotherapy in the intensive care unit: an evidence-based, expert driven, practical statement and rehabilitation recommendations*. Clin Rehabil, 2015. **29**(11): p. 1051-63.
101. Dres, M., et al., *Coexistence and Impact of Limb Muscle and Diaphragm Weakness at Time of Liberation from Mechanical Ventilation in Medical Intensive Care Unit Patients*. Am J Respir Crit Care Med, 2017. **195**(1): p. 57-66.

102. Martin, A.D., et al., *Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean patients: a randomized trial*. Crit Care, 2011. **15**(2): p. R84.
103. Cader, S.A., et al., *Inspiratory muscle training improves maximal inspiratory pressure and may assist weaning in older intubated patients: a randomised trial*. J Physiother, 2010. **56**(3): p. 171-7.
104. Subbe, C.P., G.J. Criner, and S.V. Baudouin, *Weaning units: lessons from North America? Anaesthesia*, 2007. **62**(4): p. 374-80.
105. Mifsud Bonnici, D., et al., *Prospective observational cohort study of patients with weaning failure admitted to a specialist weaning, rehabilitation and home mechanical ventilation centre*. BMJ Open, 2016. **6**(3): p. e010025.
106. Gracey, D.R., et al., *The Mayo Ventilator-Dependent Rehabilitation Unit: a 5-year experience*. Mayo Clin Proc, 1997. **72**(1): p. 13-9.
107. Turkington, P.M. and M.W. Elliott, *Rationale for the use of non-invasive ventilation in chronic ventilatory failure*. Thorax, 2000. **55**(5): p. 417-23.
108. Chatwin, M., et al., *Cough augmentation with mechanical insufflation/exsufflation in patients with neuromuscular weakness*. Eur Respir J, 2003. **21**(3): p. 502-8.
109. Morrow, B., et al., *Mechanical insufflation-exsufflation for people with neuromuscular disorders*. Cochrane Database Syst Rev, 2013(12): p. CD010044.
110. Sancho, J., et al., *Mechanical insufflation-exsufflation vs. tracheal suctioning via tracheostomy tubes for patients with amyotrophic lateral sclerosis: a pilot study*. Am J Phys Med Rehabil, 2003. **82**(10): p. 750-3.
111. Sivasothy, P., et al., *Effect of manually assisted cough and mechanical insufflation on cough flow of normal subjects, patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and patients with respiratory muscle weakness*. Thorax, 2001. **56**(6): p. 438-44.