

Frenikusstimulering hos patienter med höga ryggmärgsskador

NY SKONSAM METOD HAR ANVÄNTS PÅ TRE PATIENTER I SVERIGE

Charlotta Josefson, specialistläkare, rehabiliteringsmedicin
● charlotta.josefson@vregion.se

Erik Westin, speciallistläkare, kirurgi

Bengt Skoog, docent, överläkare, rehabiliteringsmedicin; samtliga Sahlgrenska universitetssjukhuset, Göteborg

Förvärvade, funktionellt mycket höga ryggmärgsskador med ett förväntat behov av ständigt andningsstöd/ventilator drabbar färre än 10 personer per år i Sverige [1]. Dessa patienter blir beroende av trakeostomi och hemventilator för att säkra andningsfunktionen, eftersom frenikusnervens funktion har påverkats. Det finns en chans att frenikusnerven är intakt och relativt oskadad hos patienter med en ryggmärgsskada ovan frenikusnervens utträde i nivå C3–C5, vilket ger en möjlighet att stimulera den och på så vis få rörelse i diafragma samt återge ett andningsmönster.

Tidigare har stimulering direkt på själva frenikusnerven [2, 3] erbjudits patienter med en verifierat neurofysiologiskt bevarad frenikusnerv. Operationen innebär ett stort kirurgiskt ingrepp med torakotomi och fripreparering av frenikusnerven, som bland annat löper genom perikardiet. Följden av ingreppet är en längre konvalescens.

En ny mer skonsam metod för frenikusstimulering, Neurx DPS, har utvecklats av Raymond Onders vid universitetssjukhuset och Case Western Reserve-universitetet i Cleveland, Ohio, USA [4]. Den första kliniska implantationen av Neurx DPS utfördes i mars 2000. Sedan dess har runt 2 500 implantationer gjorts världen över, varav cirka 60 procent på patienter med ryggmärgsskada.

Ingreppet är en kirurgiskt enkel laparoskopi, där 4 elektroder placeras vid frenikusnervens 4 förgreningspunkter: 2 på vardera sidan av diafragmas undersida. Stimulering sker under operationen för att se till att elektroderna hamnar på rätt ställe. Via dessa punkter förgrenar sig nerven, stimuleringsimpulsen sprids och diafragma kontraheras [5]. En 5:e elektrod placeras under huden som jord. Ledningarna tunneleras sedan genom huden och kopplas till en liten batteridrivna extern pulsgenerator. Denna programmeras avseende frekvens och strömstyrka, och ett träningschema upprättas för gradvis upptrappning. Redan dagen efter implantationen kan patienten andas några enstaka minuter ur ventilator, och den tiden kan sedan successivt ökas. Målet är att patienten blir fri från ventilatorn under hela eller större delen av dygnet. Eftersom det är frenikusnerven som stimuleras och i sin tur kontraherar diafragma krävs betydligt lägre strömstyrka än om stimuleringen skedde direkt på själva diafragmamuskeln. Detta innebär att även patienter med pacemaker tolererar metoden.

I december 2021 gjordes den första frenikusstimuleringen enligt denna metod i Sverige på Sahlgrenska universitetssjukhuset (SU) i Göteborg. I oktober 2022 opererades patient nummer två, också på SU. Nedan följer fallpresentationer av dessa 2 patienter. Sedan

manuset antogs har ytterligare en patient fått denna typ av frenikusstimulering, i april 2023 vid SU.

FALLBESKRIVNING

Patient 1 (december 2021)

En tidigare lungfrisk 69-årig man blev som cyklist påkörd av en bil i augusti 2021. Han fick då en dislokerad densfraktur samt C6–C7-fraktur och drabbades av en omedelbar förlust av andningsförmågan samt hjärtstopp på plats. Patienten lades så småningom i hemventilator, som han inte själv kunde trigga. 2 månader efter skadan förflyttades patienten till ryggmärgsskadeavdelningen på SU för fortsatt rehabilitering. Neurologisk nivå enligt ASIA-klassifikationen (Impairment scale, framtagen av American Spinal Injury Association) [6] var A, det vill säga en komplett ryggmärgsskada utan någon bevarad funktion vare sig motoriskt eller sensoriskt nedanför skadenivån, vilket hos denna patient var nivå C1. En komplett hög tetraplegi innebar att patienten behövde hjälp med samtliga aktiviteter i det dagliga livet. Han fick gastrostomi på grund av sväljsvårigheter.

4 månader efter sin skada erhöll patienten frenikusstimulering med Neurx DPS, vilket gav goda svar i diafragma peroperativt. Dagen därpå startade frenikusstimuleringen och ett träningschema planerades. Första dagen kunde patienten vara ur ventilatorn 3,5 minuter med frenikusstimuleringen innan syrgassaturationen sjönk till 90 procent. Försök till stimulering skedde 6 gånger/dag. Några dagar senare skrevs patienten ut från SU till sitt hemortssjukhus och sedermera till ett särskilt boende där stimuleringen fortsatte enligt träningsprogrammet. Efter cirka ett halvår hade patienten kommit upp till 20 timmar/dygn ur ventilator.

Patient 2 (oktober 2022)

En tidigare lungfrisk 68-årig man drabbades av en C2-fraktur till följd av en cykelolycka i juni 2022. Omedelbart efter skadan drabbades patienten av hjärt-

HUVUDBUDSKAP

- Neurx DPS är en skonsam metod för frenikusstimulering via diafragma hos personer med hög ryggmärgsskada.
- Artikeln beskriver de två första ingreppen med metoden som gjorts i Sverige. I april 2023 genomfördes det tredje, även det vid Sahlgrenska universitetssjukhuset i Göteborg.

stopp, och spontan cirkulation återkom efter hjärt-lungräddning i 15 minuter. Patienten fick problem efter skadan med autonom dysfunktion och upprepade episoder av reflexutlösta bradykardier/asystolier och ventrikeltakykardi. I juli erhöll han en pacemaker. Han trakeostomerades och lades så småningom i hemventilator. Inledningsvis fick han besvär med mycket slemproblematik och upprepade ventilationsassocierade pneumonier. Patienten flyttades över till ryggmärgsskadeavdelningen på SU en dryg månad efter olyckan. I hemventilator uppnådde patienten tidalvolym mellan 650 och 730 ml och en andningsfrekvens på 14/minut. Patienten triggade inte själv ventilatorn. Enligt ASIA-klassifikationen var neurologisk nivå A på nivå C1, det vill säga en komplett hög tetraplegi, vilket innebar hjälpbehov med samtliga aktiviteter i det dagliga livet. Patienten fick gastrostomi på grund av sväljsvårigheter.

4 månader efter olyckan erhöll patienten frenikusstimulering med Neurx DPS. Peroperativt uppnådde patienten tidalvolym på 400 ml med avslagen respirator och enbart frenikusstimulering.

Patienten fortsatte att träna enligt schema de följande dagarna, med pacing 5-6 gånger/dag där syrgas-

»Återhämtningen efter operationen är i princip omedelbar, och patienten kan skrivas ut snabbare.«

saturation styrde tiden. Patienten var åter i ventilator vid saturation <94 procent. Patienten klarade initialt några minuter per gång, och efter dryga 3 veckor klarade han att vara ur ventilatorn 2 timmar per dag med hjälp av frenikusstimuleringen. 4 månader efter operationen klarade patienten att vara ur hemventilatorn med enbart frenikusstimulering i 24 timmar. Han skrevs ut från sjukhuset till särskilt boende på grund av det omfattande hjälpbehovet.

DISKUSSION

Jämfört med torakotomi och frenikusstimulering i bröstkorgen är detta ingrepp att föredra med tanke på dess mindre invasiva art. Återhämtningen efter operationen är i princip omedelbar, och patienten kan skrivas ut snabbare. Fortsatt träning och upptrappning av tid ur ventilatorn kan ske även utanför sjukhuset. Fler personer kan komma i fråga för metoden.

Fördelarna med frenikusstimulering i stället för mekanisk ventilation med hemventilator och övertrycksventilation är många. Den ger ett mer naturligt andningsmönster med undertrycksventilation, vilket bidrar till färre pneumonier och atelektaser jämfört med hemventilator [5]. Med denna metod behöver bara en mindre del av frenikusnerven vara intakt, till skillnad från tidigare system som krävde fripreparering av nerven. Även om man vid neurofyσιologisk undersökning inte lyckas stimulera frenikusnerven ovanför nyckelbenet kan frenikusstimulering med Neurx DPS ändå fungera. Våra beskrivna patienter är äldre och har även tidigare sjukdomar i



Figur 1. Stimulering av diafragma peroperativt. Från vänster Erik Westin, Raymond Onders, Charlotta Josefson och Moustapha Diop. Foto: Paul Björkman

anamnesen, men de är dock lungfriska. Metoden är så pass skonsam att den passar även för sköra patienter.

I USA har man erfarenheter av mycket tidig implantation med denna typ av frenikusstimulering, bara några dagar efter en traumatisk ryggmärgsskada, vilket gjort att trakeostomi och längre tid med mekanisk ventilation har kunnat undvikas. En fördel med detta är att diafragma inte hinner atrofera under tiden muskeln inte används på grund av paralyt. Undvikande av trakeostomi och mekanisk ventilation underlättar också för patienten att snabbare flytta från Iva till en rehabiliteringsavdelning för att påbörja sin träning [7, 8].

SAMMANFATTNING

Frenikusstimulering med Neurx DPS är ett relativt enkelt och skonsamt ingrepp. Det kan hjälpa även sköra personer som har drabbats av en hög ryggmärgsskada att klara sig utan invasiv ventilation under hela eller delar av dygnet. ○

● Potentiella bindningar eller jävsförhållanden: Inga uppgivna.

Citera som: *Läkartidningen*. 2023;120:23004

REFERENSER

1. Svenskt register för rehabiliteringsmedicin. <https://sve-reh.registercentrum.se/>
2. Glenn WW, Hogan JF, Loke JS, et al. Ventilatory support by pacing of the conditioned diaphragm in quadriplegia. *N Engl J Med*. 1984;310(18):1150-5.
3. Fodstad H. The Swedish experience in phrenic nerve stimulation. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1987;10(1 Pt 2):246-51.
4. DiMarco AF, Onders RP, Ignagni A, et al. Phrenic nerve pacing via intramuscular diaphragm electrodes in tetraplegic subjects. *Chest*. 2005;127(2):671-8.
5. Onders RP. Functional electrical stimulation: restoration of respiratory function. *Handb Clin Neurol*. 2012;109:275-82.
6. Roberts TT, Leonard GR, Cepeda DJ. Classifications in brief: American Spinal Injury Association (ASIA) impairment scale. *Orthop Relat Res*. 2017;475(5):1499-504.
7. Onders RP, Elmo MJ, Kaplan C, et al. Long-term experience with diaphragm pacing for traumatic spinal cord injury: early implantation should be considered. *Surgery*. 2018;164(4):705-11.
8. Onders RP, Elmo M, Young B, et al. Observational study of early diaphragm pacing in cervical spinal cord injured patients to decrease mechanical ventilation during the COVID-19 pandemic. *Surgery*. 2023;173(3):870-5.