

# **IZBOLJŠANJE DIHALNE FUNKCIJE S KRATKIM BOLNIŠNIČNIM PROGRAMOM RESPIRATORNE TERAPIJE PRI OSEBI S KRONIČNO TETRAPLEGIJO – PRENOS METODE GLOSFARINGEALNEGA DIHANJA V KLINIČNO PRAKSO V SLOVENIJI**

## ***IMPROVEMENT OF RESPIRATORY FUNCTIONS WITH A BRIEF RESPIRATORY THERAPY PROGRAM IN A PERSON WITH CHRONIC TETRAPLEGIA – A CASE OF TRANSFERRING THE GLOSSOPHARYNGEAL BREATHING METHOD TO CLINICAL PRACTICE IN SLOVENIA***

asist. Nataša Puzić, dr. med., Irena Grošelj, dipl. fiziot., Tadej Černoš\*, prof. šp. vzg., Marijana Žen Jurančič, dr. med.

Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča, Ljubljana

\* Apnea Academy, Busto Arsizio (VA), Italija

### **Izvleček**

#### **Uvod:**

Pri osebah s kronično okvaro vratne hrbtenjače je zaradi ohromelosti interkostalnih in trebušnih mišic dihalna funkcija okvarjena, z leti pa se stanje zaradi zapletov in staranja še slabša. Tridesetletni moški s kronično tetraplegijo (ASIA A, nevrološka raven C3) in traheostomo je imel ohranjeno diafragmalno aktivnost in nizke dihalne volumne. Potreboval je več aspiracij na dan in imel pogoste dihalne okužbe. V Univerzitetnem rehabilitacijskem inštitutu Republike Slovenije – Soča (URI – Soča) je inštruktor potapljanja na vdih z licenco priučil šest fizioterapevtov uporabe metode glosofaringealnega dihanja. Izvedli smo kratek hospitalni program

### **Abstract**

#### **Introduction:**

*In persons with chronic cervical spinal cord injury, respiratory functions are impaired due to respiratory muscles paralysis and often worsen in time because of complications and ageing. A 30-year-old male with chronic tetraplegia (15 years, level C3, AIS A) and with a tracheotomy tube had preserved diaphragmal activity, but low respiratory volumes, needed several aspirations per day and had frequent respiratory tract infections. A certified apnea instructor previously transferred the glossopharyngeal breathing method to six physiotherapists at the University Rehabilitation Institute in Ljubljana. The aim of a comprehensive respiratory muscles training and*

Prispelo/Received: 7. 11. 2013

Sprejeto/Accepted: 15. 12. 2013

E-naslov za dopisovanje/E-mail for correspondence (NP):

natasa.puzic@ir-rs.si

respiratorne terapije za trening dihalnih mišic in učenje tehnike glosofaringealnega dihanja ter učenje uporabe insuflatorja-eksuflatorja za izboljšanje dihalne funkcije in znižanje stopnje zapletov.

#### Metode:

Pacienta smo v tritedenskem programu priučili metode glosofaringealnega dihanja in vaj za krepitev inspiratornih in ekspiratornih mišic ter redne uporabe insuflatorja-eksuflatorja. Izvajanje vaj je nadaljeval v domačem okolju.

#### Rezultati:

Ob koncu programa, po štirih mesecih in po enem letu so bile izboljšane vitalna kapaciteta, moč ekspiratornih, predvsem pa moč inspiratornih mišic. Izboljšal se je govor. Zmanjšalo se je število aspiracij, v jesensko-zimskem času ni imel okužbe dihal.

#### Zaključek:

Kratek bolnišnični program respiratorne terapije pri osebi s kronično okvaro vratne hrbtenjače lahko izboljša dihalno funkcijo in zmanjša stopnjo zapletov. V Slovenijo in na URI – Soča smo iz ekstremnega športa v klinično prakso prenesli metodo glosofaringealnega dihanja.

#### Ključne besede:

kronična tetraplegija, glosofaringealno dihanje, respiratorna terapija

*therapy program was to improve respiratory functions and decrease complication rates.*

#### Methods:

*A three-week in-patient respiratory program consisted of inspiration and expiration muscle training, learning and performing of the glossopharyngeal breathing and of regular use of mechanical insufflation–exsufflation. The patient continued the training at home, at least three times a week.*

#### Results:

*At the end of the program and at the 4 month follow-up there was an improvement in vital capacity, maximum inspiratory and expiratory pressures. The speech improved. The number of aspirations per day decreased and no respiratory tract infection occurred.*

#### Conclusion:

*In a patient with chronic C3 tetraplegia a short comprehensive inpatient respiratory therapy program followed by training at home can improve respiratory functions and decrease complication rates. From the world of extreme sports, the glossopharyngeal breathing method was transferred to clinical practice in Slovenia at the University Rehabilitation Institute in Ljubljana.*

#### Key words:

*chronic tetraplegia, glossopharyngeal breathing, respiratory therapy*

## UVOD

Posledica okvare hrbtenjače na ravni vratu je delna ali popolna ohromelost dihalnih mišic. Glavna inspiratorna mišica je diafragma, ki jo obojestransko oživčuje frenični živec (nitje izhaja iz 3. do 5. segmenta vratne hrbtenjače). Interkostalne mišice (interne in eksterne (T1–T11)) se aktivirajo pri vdihu pri nizkih dihalnih volumnih ali pri izdihu pri visokih dihalnih volumnih. Mišice trebušne stene (od T6 do L1) se aktivirajo med kašljem in pogojno med vdihom. Mišice vratu in ramenskega obroča (skalene mišice (C3–C8), sternokleidomastoidna mišica in trapezius (n. accessorius in C1–C4)) so pomožne inspiratorne mišice, ki se aktivirajo med večjim dihalnim delom. Pomožna ekspiratorna dihalna mišica je velika prsna mišica (C5–T1). Posledica okvare delovanja inspiratornih mišic so zmanjšani dihalni volumni, povišana frekvenca dihanja in zmanjšana inspiratorna mišična moč; posledica okvare ekspiratornih pa zmanjšana ekspiratorna mišična moč ter posledično zmanjšana zmožnost samostojnega in učinkovitega čiščenja sekreta iz dihalnih poti s

kašljem, kar osebo z okvaro hrbtenjače ogroža še posebej v času okužbe dihal. Pri osebah z okvaro hrbtenjače so zapleti na dihalih pogost vzrok obolevnosti in smrtnosti, sepsa ob pljučnici je še vedno na prvem mestu vzrokov smrti (1, 2).

Vitalna kapaciteta pri sicer zdravih po 20. letu starosti upada pri moških za 1 %, pri ženskah pa za 1,2 % (2). Pri osebah z ohromelostjo dihalnih mišic je zaradi okvare hrbtenjače ali živčno-mišične bolezni ta proces lahko pospešen zaradi osnovne bolezni in/ali zaradi zapletov: okužb dihal, atelektaz in nabiranja sekreta v dihalnih poteh zaradi neučinkovitega oziroma nezmožnosti izkašljevanja (2, 3). Zmanjšanje podajnosti (kompliance) je posledica kontraktur v prsnem košu zaradi skrajšanja mišic. Za ohranjanje podajnosti prsnega koša je treba neprenehoma preprečevati nastanek kontraktur prsnega koša in s tem povezanih manjših pljučnih volumnov. Mobilizacija prsnega koša se lahko doseže s pasivnim ali aktivnim vpihovanjem (insuflacijo) zraka v dihala. Primaren cilj insuflacije zraka v dihala je povečanje vitalne kapacitete in PCF (peak cough flow) (2).

Pasivno insuflacijo lahko izvajamo z napravami za neinvazivno dihalno podporo (ventilacijo), z aparatom insuflator-eksuflator (npr. CoughAssist) ali ročno, z zračnim balonom (ambu). Uporabljamo lahko tudi različne tehnike mobilizacije sekreta. Insuflaciji lahko nato sledi čiščenje sekreta iz dihalnih poti, kar lahko izvedemo invazivno, z aspiracijo skozi trahealno kanilo, in neinvazivno, z manualno asistiranim izkašljevanjem, s kompresijo prsnega koša ali abdominalna ali mehansko, z aparatom insuflator-eksuflator (4). Osebe z okvaro hrbtenjače ocenjujejo čiščenje dihalnih poti z insuflatorjem-eksuflatorjem (v primerjavi z endotrahealno aspiracijo) kot manj dražeče, manj boleče in utrujajoče ter neprijetno in bolj hitro, prirodno in učinkovito (4).

Aktivno insuflacijo oseba z okvaro hrbtenjače lahko izvede z metodo glosofaringealnega dihanja (sopomenke so: žabje dihanje, »air stacking«, pakiranje zraka, glosofaringealna insuflacija, »air pistonning«). Prvi članki z opisom metode segajo v 50. leta – v čas epidemij otroške paralize, ko je glosofaringealno dihanje omogočalo osebi krajša obdobja neodvisnosti od »jeklenih pljuč« (5, 6). Pogoj za izvajanje te metode je ohranjena aktivnost »bulbarnih« mišic in torej dober nadzor mišic ust, žrela, grla in vratu (2).

Tehnika glosofaringealnega dihanja obsega črpanje bolusov zraka v dihala po maksimalnem vdihu z orofaringealnimi mišicami z vmesnim zapiranjem glotisa. En »vdih« navadno obsega od 6 do 9 zaporednih črpanj od 40 do 200 ml bolusov (2).

Pri zdravih odraslih ženskah, ki so izvajale glosofaringealno dihanje, so ugotavljali pomembno povečanje vitalne kapacitete, ki je vztrajalo še 12 tednov po prekinitvi izvajanja (7). Reden trening glosofaringealnega dihanja pri osebah z okvaro vratne hrbtenjače izboljša pljučno funkcijo po parametrih spirometrije (vitalna kapaciteta, forsirana vitalna kapaciteta, totalna kapaciteta pljuč) in ekspanzijo prsnega koša (8). Tako dihanje se lahko uporablja kot dodatna oziroma podporna metoda pri osebah z visoko vratno okvaro hrbtenjače, ki uporabljajo neinvazivno ventilatorno podporo (9).

Zaradi zapletenosti učenja se tehnika redkeje uporablja pri osebah z okvaro hrbtenjače, ki imajo traheostomo in trahealno kanilo (2, 10).

Tehnika glosofaringealnega dihanja osebam z okvaro hrbtenjače, ki uporabljajo aparaturno dihalno podporo, omogoča krajše obdobje neodvisnosti od aparata ob naključni ali načrtovani prekinitvi delovanja aparata (2). Osebam z okvaro hrbtenjače, ki niso odvisne od aparaturne dihalne podpore, ta metoda omogoča doseganje večje vitalne kapacitete, ki ji sledi učinkovitejše čiščenje sekreta iz dihal z metodo manualno asistiranega izkašljevanja, ko tega aparaturno ni mogoče izpeljati, na primer zaradi nedosegljivosti aparata na poti ali zaradi okvare aparata. Tehnika omogoča tudi glasnejši govor in podaljšan maksimalen čas fonacije (11, 12).

## Uporaba tehnike glosofaringealnega dihanja v ekstremnem športu

Potapljači na vdih (apneja) uporabljajo to tehniko oziroma tako imenovano »pakiranje zraka« za povečanje volumna zraka med potopom tudi za 50 % totalne kapacitete pljuč (13). Tako preprečijo kompresijo pljuč v velikih globinah in povečajo pljučno zalogo kisika, kar jim omogoča daljši čas potopa (14, 15).

Pri potapljačih so po izvedbi glosofaringealnega dihanja ugotavljali povečano forsirano vitalno kapaciteto (FVC), forsiran volumen izdiha v prvi sekundi (FEV<sub>1</sub>) in maksimalno hoteno ventilacijo, kar kaže na to, da so dihalni volumni povečani (16). Hiperinflacija pljuč zaradi glosofaringealnega dihanja poviša intratorakalni tlak močno nad normalne vrednosti, kar povzroči zmanjšan venski priliv v srce, znižanje pretoka v pljučni arteriji, iztisnega deleža desnega ventrikla ter akceleracijskega časa v pljučni arteriji – vse te spremembe so sicer ultrazvočno značilne za pljučno arterijsko hipertenzijo, vendar v primeru treniranih potapljačev na dah reverzibilne (17, 18). Z ultrazvokom so med glosofaringealnim dihanjem ugotavljali znižano iztisno frakcijo levega in desnega ventrikla, abnormno gibanje stene obeh ventriklov, hipokinezijo interventrikularnega septuma in razširjeno spodnjo votlo veno (19). Čezmerno ekspanzijo pljuč povezujejo z visokim transpulmonarnim tlakom, ki lahko privede do barotravme s pnevnomediastinomom in s tem povezane arterijske plinske (zračne) embolije, ki lahko povzroči nevrolško okvaro (20–22). Redna večletna uporaba tehnike glosofaringealnega dihanja pri treniranih potapljačih na vdih ne spremeni podajnosti pljuč ali dihalnih pretokov in volumnov (H) (13). Med izvajanjem takega dihanja se zniža krvni tlak, kar lahko povzroči sinkopo (»packing blackout«), med katero so v enem primeru ugotavljali kratko asistolijo z istočasnim znižanjem sistolnega, diastolnega in pulznega tlaka ter posledičnim zvišanjem vrednosti serumskega mioglobina, kar je sicer značilno za ishemijo srčne mišice (23). Kot posledica znižanja krvnega tlaka pride do porasta srčne frekvence (19). Ob izvajanju glosofaringealnega dihanja poraste vrednost markerja možganske okvare (protein S100B), kar so pripisali verjetnim spremembam možgansko-žilne bariere ob spremembah krvnega tlaka, niso pa mogli izključiti dejanske okvare centralnega živčnega sistema, zato so izrazili skrb ob morebitnem kumulativnem učinku (24). Toda v fizikalno nenormalnih pogojih, na primer med potopom na vdih v globine, ki lahko presegajo 100 metrov, je hiperinflacija pljuč fiziološka in celo zaščitna akutna prilagoditev (14).

Potapljači na vdih uporabljajo tudi tehniko glosofaringealne ekspanzije za izdih pod rezidualnim volumnom (18). Tako med spuščanjem v globino črpajo zrak v žrelo za izenačevanje pritiska v srednjem ušesu (25). Tehniko glosofaringealnega dihanja v zadnjih letih uporabljajo tudi vrhunski plavalci (26).

Leta 2012 smo na URI – Soča izvedli tečaj pod vodstvom certificiranega (Apnea Academy) učitelja potapljanja na

vdih, ki je šest fizioterapevtov (od teh dva respiratorna fizioterapevta) naučil tehniko glosofaringealnega dihanja. Delavnica je obsegala učenje osnovnih tehnik dihanja in sproščanja, torakalno dihanje, abdominalno dihanje, abdominalno dihanje v različnih položajih, osnove diafragmatičnega dihanja, tehniko glosofaringealnega dihanja pri zdravih ljudeh ter povezovanje diafragmalnega in glosofaringealnega dihanja.

Namen prenosa metode iz ekstremnega športa v klinično prakso v Sloveniji je uporabiti tehniko glosofaringealnega dihanja za izboljšanje dihalne funkcije in znižati stopnjo zapletov na dihalih pri osebah z okvaro delovanja dihalnih mišic zaradi okvare centralnega ali perifernega živčevja ali zaradi živčno-mišične bolezni. V nadaljevanju prikazujemo primer mladega moškega z visoko vratno okvaro hrbtenjače, ki smo ga prvega naučili tehnike glosofaringealnega dihanja.

## METODE IN PRIKAZ PRIMERA

Tridesetletni moški s kronično tetraplegijo (ASIA stopnja A – popolna nevrološka okvara, nevrološka raven C3, 15 let od poškodbe hrbtenjače pri skoku v plitvo vodo), s traheostomo, govorno kanilo in ohranjeno aktivnostjo diafragme, z nizkimi dihalnimi volumni, potrebo po 6 do 8 aspiracij skozi kanilo na dan in s pogostimi okužbami dihal (od dve do štiri na leto, pogosteje v jesensko-zimskem času) je bil vključen v tritedenski bolnišnični program respiratorne fizioterapije. Program respiratorne fizioterapije je obsegal izvajanje vaj s pripomočki IMT (trening inspiratornih mišic), PEP (pozitivni pritisk ob izdihu), diafragmalno dihanje, uporabo aparata insuflator-eksuflator (CoughAssist) in vaje za koordinacijo dihanja in gibanja. Med celotnim programom respiratorne fizioterapije so se dodajale posamezne komponente glosofaringealnega dihanja. Protokol učenja je bil prilagojen bolniku, saj je učenje te tehnike pri bolnikih s kanilo zelo oteženo. V prvi fazi smo ga učili, kako pravilno izvajati globoki vdih in ga zadrževati. V drugi fazi smo ga učili, kako z gibanjem glave in vratu potisne zrak v nižje predele dihal. Tretja faza je obsegala združitev prve in druge faze. Pacient je tehniko glosofaringealnega dihanja usvojil. Na vrat čez kanilo smo med izvajanjem treninga namestili masko, ki je popolnoma tesnila. Ob koncu rehabilitacije smo pacientu dali natančna navodila o izvajanju vaj doma, starše pa smo naučili uporabe insuflatorja-eksuflatorja. Trening naučenih vaj in uporabo insuflatorja-eksuflatorja je nadaljeval v domačem okolju vsaj trikrat na teden.

Ob kontrolnem pregledu po štirih mesecih in po enem letu smo opravili spirometrijo, pa tudi meritve maksimalnega inspiratornega (MIP) in ekspiratornega tlaka (MEP).

## REZULTATI

Ob koncu tritedenskega bolnišničnega programa respiratorne fizioterapije in ob kontrolnem ambulantnem pregledu po štirih ter dvanajstih mesecih so meritve pri pacientu pokazale izboljšanje vitalne kapacitete ter maksimalnega inspiratornega (MIP) in ekspiratornega (MEP) tlaka (tabela 1). Znižalo se je število aspiracij na dan (2–4). V obdobju enega leta ni imel okužbe dihal. Izboljšal se je tudi govor, saj je zmožgal dalj časa govoriti, njegovi stavki pa so bili med enim in drugim vdihom daljši.

## RAZPRAVA

Namen prenosa metode glosofaringealnega dihanja v klinično prakso je integracija metode v program respiratorne terapije za paciente z okvaro dihanja, ki je posledica nevrološke okvare centralnega ali perifernega živčevja. Prvi pacient v Sloveniji, ki smo ga priučili metode glosofaringealnega dihanja, je mlad moški z visoko vratno okvaro hrbtenjače, pri katerem smo izboljšali dihalno funkcijo ter zmanjšali zaplete na dihalih v enem letu. Podobnega prikaza prenosa metode in študije primera v pregledani literaturi ni.

Prenos vseh dihalnih metod, ki jih uporabljajo potapljači na vdih, v klinično delo zaradi okvare delovanja dihalnih mišic zaradi nevrološke okvare in drugih pridruženih stanj (skolioza, deformacije prsnega koša, debelost, motnje senzibilitete) ni mogoč. Za učenje in izvajanje glosofaringealnega dihanja mora biti pacient sodelujoč in učljiv, razumeti mora tehniko in možne zaplete, ohranjeno mora imeti delovanje mišic obraza, ust, žrela, grla in vratu.

Metoda glosofaringealnega dihanja je le delček v mozaiku individualno prilagojene celovite respiratorne oskrbe posameznika z okvaro hrbtenjače. Kljub temu je to metoda, ki je v klinični praksi v Sloveniji razmeroma neznana in je zato ne uporabljajo, čeprav je, če je izvedena pravilno, ob pravem času in v pravi situaciji, učinkovita in koristna.

V enem letu po prenosu metode na URI – Soča smo tehniko glosofaringealnega dihanja začeli uporabljati pri nekaj pacientih na več oddelkih, od teh pri štirih pacientih z

**Tabela 1:** Vitalna kapaciteta (VC), maksimalni ekspiratorni (MEP) in inspiratorni tlak (MIP) v obdobju enega leta

|                           | Ob začetku programa                 | Po 2 tednih | Po 4 mesecih | Po 12 mesecih |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------|--------------|---------------|
| VC (liter)                | Nemerljivo zaradi šibkosti pacienta |             |              | 2,03          |
| MEP (cm H <sub>2</sub> O) | 50                                  | 74          | 56           | 54            |
| MIP (cm H <sub>2</sub> O) | 42                                  | 46          | 59           | 81            |

okvaro hrbtenjače. Opažamo, da smo s to tehniko izboljšali predihanost in čiščenje dihalnih poti ter tako znižali stopnjo zapletov (okužbe dihal) in potrebo po zdravstveni oskrbi. Žal nismo izdelali protokola za sistematično spremljanje učinkovitosti tehnike, zato nimamo ustreznih podatkov za analizo v seriji primerov.

V člankih opisani posamezni primeri zapletov, ki so posledica izvajanja glosofaringealnega dihanja pri potapljačih na vdih, so v klinični praksi dragocena informacija, ki še toliko bolj zahteva educirano zdravstveno osebje ter učenje in začetno izvajanje tehnike v bolnišničnem nadzorovanem terapevtskem okolju. V tujini (zahodnih državah) uporabljajo tehniko glosofaringealnega dihanja že vrsto let kot del respiratornega terapevtskega programa pri osebah z okvaro hrbtenjače (27, 2).

Tehniko smo v Sloveniji in na URI – Soča prvič uporabili pri pacientu s kronično okvaro hrbtenjače. Za pravilen izbor pacientov in ustrezno vpetje metode glosofaringealnega dihanja v program respiratorne terapije in rehabilitacijske obravnave v subakutnem obdobju po okvari hrbtenjače bi potrebovali še dodatno znanje in izkušnje iz primerljivih ustanov v tujini. Izdelati moramo protokol uvedbe metode pri posameznem pacientu, doreči moramo indikacije in kontraindikacije, program učenja metode, protokol meritev ob začetku in koncu učenja ter v kronični fazi za spremljanje respiratorne funkcije pri posamezniku.

Tehniko glosofaringealnega dihanja lahko kot del respiratorne terapevtske obravnave torej naučimo tudi paciente v akutnem in subakutnem obdobju po okvari hrbtenjače, osebe z živčno-mišičnimi boleznimi – tudi v napredovalem stadiju, ko so že odvisni od neinvazivne ali invazivne ventilatorne podpore, pa tudi osebe s perifernimi okvarami živčevja, ki so začasno odvisne od ventilatorne podpore (npr. nevromiopatija kritično bolnega in Guillain-Barréjev sindrom).

## ZAKLJUČEK

V Sloveniji in na URI – Soča smo iz ekstremnega športa v klinično prakso prenesli metodo glosofaringealnega dihanja, ki omogoča povečanje dihalnih volumnov in pri osebah z okvarjenim delovanjem dihalnih mišic zaradi okvare hrbtenjače boljše čiščenje dihalnih poti. Pri pacientu s kronično tetraplegijo (nevrolška raven C3) je kratek bolnišnični program respiratorne fizioterapije, ki mu je sledilo izvajanje naučenih vaj v domačem okolju, srednjeročno izboljšal dihalno funkcijo in zmanjšal stopnjo zapletov z dihalni. Metoda glosofaringealnega dihanja je znana že več kot 60 let, vendar v klinični praksi precej neznana in zato neuporabljena metoda. Kot del celovite individualno prilagojene respiratorne terapije lahko postane učinkovito orodje, s katerim si v primeru nenadnega prenehanja delovanja ventilatorja pacient reši življenje.

## Literatura:

1. Bach JR. Mechanical insufflation-exufflation: comparison of peak expiratory flows with manually assisted and unassisted coughing techniques. *Chest* 1993; 104: 1553–62.
2. Bach JR. Noninvasive respiratory management of high level spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 2012; 35: 72–80.
3. Bach JR, Bianchi C, Vidigal-Lopes M, Turi S, Felisari G. Lung inflation by glossopharyngeal breathing and »air stacking« in Duchenne muscular dystrophy. *Am J Phys Med Rehabil* 2007; 86: 295–300.
4. Garstang SV, Kirshblum SC, Wood KE. Patient preference for in-exsufflation for secretion management with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 2000; 23: 80–5.
5. Dail CW. »Glossopharyngeal breathing« by paralyzed patients: a preliminary report. *Calif Med* 1951; 75: 217–8.
6. Dail CW, Affeldt JE, Collier CR. Clinical aspects of glossopharyngeal breathing: report of use by one hundred postpoliomyelitic patients. *J Am Med Assoc* 1955; 158: 445–9.
7. Nygren-Bonnier M, Lindholm P, Markström A, Skedinger M, Mattsson E, Klefbeck B. Effects of glossopharyngeal pistoning for lung insufflation on vital capacity in healthy women. *Am J Phys Med Rehabil* 2007; 86: 290–4.
8. Nygren-Bonnier M, Wahman K, Lindholm P, Markström A, Westgren N, Klefbeck B. Glossopharyngeal pistoning for lung insufflation in patients with cervical spinal cord injury. *Spinal cord* 2009; 47: 418–22.
9. Toki A, Tamura R, Sumida M. Long-term ventilation for high-level tetraplegia: a report of 2 cases of noninvasive positive-pressure ventilation. *Arch Phys Med Rehabil* 2008; 89: 779–83.
10. Bianchi C, Grandi M, Felisari G. Efficacy of glossopharyngeal breathing for ventilator-dependent, high-level tetraplegic patient after cervical cord tumor resection and tracheotomy. *Am J Phys Med Rehabil* 2004; 83: 216–9.
11. Johansson KM, Nygren-Bonnier M, Schalling E. Effects of glossopharyngeal breathing on speech and respiration in multiple sclerosis: a case report. *Mult Scler* 2012; 18: 905–8.
12. Toyoda C, Ogawa M, Oya Y, Kawai M. Maximum phonation time as a tool of screening respiratory muscle

- weakness in myopathic patients. *No To Shinkei* 2004; 56: 873–6.
13. Walterspacher S, Scholz T, Tetzlaff K, Sorichter S. Breath-hold diving: respiratory function on the longer term. *Med Sci Sports Exerc* 2011; 43: 1214–9.
  14. Eichinger M, Walterspacher S, Scholz T, Tetzlaff K, Röcker K, Muth CM, et al. Lung hyperinflation: foe or friend? *Eur Respir J* 2008; 32: 1113–6.
  15. Tetzlaff K, Scholz T, Walterspacher S, Muth CM, Metzger J, Roecker K, Sorichter S. Characteristics of the respiratory mechanical and muscle function of competitive breath-hold divers. *Eur J Appl Physiol* 2008; 103: 469–75.
  16. Lemaitre F, Clua E, Andreani B, Castres I, Chollet D. Ventilatory function in breath-hold divers: effect of glossopharyngeal insufflation. *Eur J Appl Physiol* 2010; 108: 741–7.
  17. Eichinger M, Walterspacher S, Scholz T, Tetzlaff R, Puderbach M, Tetzlaff K, et al. Glossopharyngeal insufflation and pulmonary hemodynamics in elite breath hold divers. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42: 1688–95.
  18. Novalija J, Lindholm P, Loring SH, Diaz E, Fox JA, Ferrigno M. Cardiovascular aspects of glossopharyngeal insufflation and exsufflation. *Undersea Hyperb Med* 2007; 34: 415–23.
  19. Potkin R, Cheng V, Siegel R. Effects of glossopharyngeal insufflation on cardiac function: an echocardiographic study in elite breath-hold divers. *J Appl Physiol* (1985) 2007; 103: 823–7.
  20. Liner MH, Andersson JP. Suspected arterial gas embolism after glossopharyngeal insufflation in a breath-hold diver. *Aviat Space Environ Med* 2010; 81: 74–6.
  21. Chung SC, Seccombe LM, Jenkins CR, Frater CJ, Ridley LJ, Peters MJ. Glossopharyngeal insufflation causes lung injury in trained breath-hold divers. *Respirology* 2010; 15: 813–7.
  22. Jacobson FL, Loring SH, Ferrigno M. Pneumomediastinum after lung packing. *Undersea Hyperb Med* 2006; 33: 313–6.
  23. Andersson JP, Liner MH, Jonsson H. Asystole and increased serum myoglobin levels associated with 'packing blackout' in a competitive breath-hold diver. *Clin Physiol Funct Imaging* 2009; 29: 458–61.
  24. Andersson JP, Liner MH, Jonsson H. Increased serum levels of the brain damage marker S100B after apnea in trained breath-hold divers: a study including respiratory and cardiovascular observations. *J Appl Physiol* (1985) 2009; 107: 809–15.
  25. Loring SH, O'Donnell CR, Butler JP, Lindholm P, Jacobson F, Ferrigno M. Transpulmonary pressures and lung mechanics with glossopharyngeal insufflation and exsufflation beyond normal lung volumes in competitive breath-hold divers. *J Appl Physiol* (1985) 2007; 102: 841–6.
  26. Nygren-Bonnier M, Gullstrand L, Klefbeck B, Lindholm P. Effects of glossopharyngeal pistoning for lung insufflation in elite swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 836–41.
  27. Metcalf VA. Vital capacity and glossopharyngeal breathing in traumatic quadriplegia. *Phys Ther* 1966; 46: 835–8.