

## Celostna obravnava novorojenčka in dojenčka z okvaro brahialnega pleteža – predlog slovenskih smernic

A comprehensive approach to newborns and infants with brachial plexus impairment – proposal of Slovenian guidelines

Katja Groleger Sršen,<sup>1</sup> Andrej Repež,<sup>2</sup> Peter Zorman,<sup>2</sup> Petja Fister,<sup>3</sup> Irena Štucin Gantar,<sup>4</sup> Darja Paro Panjan,<sup>3</sup> Matevž Kržan<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Univerzitetni rehabilitacijski inštitut RS Soča, Linhartova 51, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup> Klinični oddelek za plastično, rekonstrukcijsko, estetsko kirurgijo in opekline, Univerzitetni klinični center, Zaloška 1, Ljubljana

<sup>3</sup> Klinični oddelek za neonatologijo, Pediatrična klinika, Bohoričeva 20, Ljubljana, Slovenija

<sup>4</sup> Klinični oddelek za perinatologijo, Ginekološka klinika, UKC, Zaloška 11, Ljubljana

<sup>5</sup> Klinični oddelek za otroško, mladostniško in razvojno nevrologijo, Pediatrična klinika, Bohoričeva 20, Ljubljana

### Korespondenca/ Correspondence:

mag. Katja Groleger Sršen  
e: katja.groleger@mf.uni-lj.si

### Izvleček

Okvara brahialnega pleteža (OBP) pri novorojenčku in dojenčku tudi v sodobnem času ostaja pomemben problem. Dejavniki tveganja za OBP so poznani, mehanizmi nastanka okvare pa še niso povsem pojasnjeni. V procesu obravnave novorojenčka in dojenčka z OBP je pomembno zgodnje prepoznavanje znakov okvare in natančna ocena funkcije roke. V predlogu smernic za oceno funkcije roke na novo predlagamo uporabo Torontske lestvice. Po ugotovitvi OBP je novorojenčka potrebno vključiti v program fizioterapije, nato pa redno spremljati popravljane klinične slike in izboljševanje funkcije roke. Oceno je potrebno ponoviti enkrat mesečno. Če se funkcija roke, predvsem pa krčenje v komolcu ne popravlja, je dojenčka v starosti dveh mesecev potrebno napotiti na Univerzitetni rehabilitacijski inštitut RS Soča in konzilij za brahialni pletež na Univerzitetnem kliničnem centru v Ljubljani ter morda opraviti rekonstrukcijski poseg v starosti od treh do šestih mesecev. Po operaciji otrok potrebuje celostno habilitacijsko obravnavo, ki vključuje pasivno razgibavanje, spodbujanje razvoja občutenja različnih dražljajev, vaje za spodbujanje razvoja aktivnih hotenih gibov, soročnih aktivnosti, simetrične drže in gibanja.

### Abstract

The impairment of the brachial plexus (IBP) in neonates and infants remains an important problem. Risk factors for IBP are well known, but the mechanisms of impairment are not yet fully understood. It is important to identify early signs of IBP and to evaluate the hand function. In the guidelines we propose to use the Toronto scale for the evaluation of hand function. The newborn with IBP should be referred to physiotherapy, and then regularly followed-up once a month. If the arm and hand function, especially flexion of the elbow, is not improving at the age of two months, the infant should be referred to the tertiary level rehabilitation centre and to the department for plastic surgery at the University Medical Centre in Ljubljana. When necessary, the reconstructive procedure should be done by the age of three to six months. After reconstruction of the brachial plexus, the child needs a comprehensive therapy program, which involves passive stretching, sensory stimulation, exercises to promote the development of active voluntary movements, bimanual activities, and symmetrical posture and movement patterns.

**Ključne besede:**

dojenček; poškodba; brahialni pletež; celostna obravnava; smernice

**Key words:**

infant; impairment; brachial plexus; comprehensive approach; guidelines

**Citirajte kot/Cite as:**

Zdrav Vestn 2015; 84: 417–31

Prispelo: 8. avg. 2014,  
Sprejeto: 6. okt. 2014

**Uvod**

“Obporodna poškodba brahialnega pleteža” je v klinični praksi splošno uveljavljen izraz, ki pomeni okvaro brahialnega pleteža, ki jo ugotovimo pri novorojenčku. Ker so okvaro v nekaterih primerih našli že pred rojstvom in ni nujno povezana z dogajanjem ob porodu,<sup>1,2</sup> uporaba tega izraza lahko zavaja. Menimo, da je primernejši izraz “okvara brahialnega pleteža pri novorojenčku in dojenčku” (*krajše*: okvara brahialnega pleteža, v nadaljevanju OBP). To poimenovanje je skladno tudi z izrazjem Mednarodne klasifikacije funkcioniranja,<sup>3</sup> saj okvara telesnih zgradb vključuje nepravilnosti, poškodbe, izgubo ali druge večje odklone v telesnih zgradbah.

Za bolj natančno predstavo o razvoju medicinskega znanja in dandanes predlaganimi ali sprejetimi smernicami za obravnavo novorojenčkov in dojenčkov z OBP v svetovni literaturi začnimo najprej z zgodovinskim ozadjem. Prvi je o kliničnih primerih okvare brahialnega pleteža že pred tremi stoletji pisal angleški porodničar William Smellie<sup>4</sup> (1697–1763) in skoraj stoletje kasneje francoski porodničar Jean Marie Jacquemier.<sup>5</sup> Leta 1851 je sledil prvi anatomski zapis o okvari brahialnega pleteža.<sup>6</sup> Velika zasluga pri razumevanju vzrokov za OBP pri novorojenčku gre nevrologu; Guillaume Duchenne de Boulogne (1806–1875) je predstavil štiri primere avulzijske poškodbe korenin po rojstvu v medenični vstavi, kar je vodilo v uporabo izraza porodniška ali obporodna paraliza (*fr.* paralysie obstetricale) in razumevanje, da je okvara posledica poškodbe ob porodu.<sup>7</sup> Skoraj dvajset let kasneje je Wilhelm Heinrich Erb (1840–1921) v svoji doktorski tezi zagovarjal, da je pareza mišic deltoideus, biceps in subscapularis posledica poškodbe korenin C5 in C6 in ne izolirane poškodbe perifernega živca.<sup>8</sup> Pomemben delež pri raziskovanju simpatičnega sistema in povezave z delovanjem zenice je prispeval Francoz Claude Bernard<sup>9</sup> (1813–1878), hkrati pa je o ptozi veke pisal tudi Johann Friedrich Horner (1831–1886).<sup>10</sup> Dandanes ta znak v večini držav poimenujejo Claude-Bernard-Hornerjev sindrom ali le na kratko Hornerjev sindrom. Zanimivo pa je, da

je pravzaprav v Franciji živeča američanka Augusta Marie Klumpke (1859–1927) prva povezala ptozo veke z avulzijo korenine Th1. Zelo natančno je opisala tudi klinično sliko po poškodbi brahialnega pleteža s popolno parezo roke, ki se je razlikovala od opisa Duchenne-Erbove pareze.<sup>11</sup> V tem obdobju je Fieux že bolj natančno raziskoval tudi algoritem poškodbe brahialnega pleteža na živalskem modelu.<sup>12</sup>

O terapiji novorojenčkov in dojenčkov z OBP je bilo v tem zgodovinskem času malo zapisov, razvoj kirurgije pa je šele v zadnjih desetletjih prinesel nove možnosti za bolj uspešno zdravljenje. Za učinkovito načrtovanje celostne obravnave novorojenčka in dojenčka z OBP je najprej potrebno dobro poznavanje dejavnikov tveganja za nastanek okvare brahialnega pleteža, mehanizmov nastanka, pogostost ter poznavanje kliničnih posledic glede na mesto in stopnjo okvare. V nadaljevanju članka smo pripravili tudi predlog smernic za obravnavo novorojenčka in dojenčka z OBP, ki vključuje diagnostične preiskave, postopke (re)habilitacije in merila za odločitev o morebitni potrebni kirurški oskrbi.

## Dejavniki tveganja, mehanizmi nastanka in pojavnost OBP

O dejavnikih tveganja za nastanek OBP poročajo številni avtorji.<sup>13–17</sup> Najpomembnejši dejavniki so materina sladkorna bolezen ali njena velika telesna teža, mnogorodnost, prenošenost ploda, porodna teža ploda nad 4000 g, podaljšana druga faza poroda, dokončanje poroda z operacijo ter porod majhnega otroka v medenični vstavi. Skladni s tem so tudi rezultati obsežne študije Mollbergove s sodelavci<sup>18</sup> iz leta 2005. V analizo podatkov iz registra porodov na Švedskem med letoma 1987 in 1997 so vključili 2399 novorojenčkov z OBP. Analiza je potrdila pomen že naštetih dejavnikov tveganja za nastanek OBP, dodatno pa so potrdili še pomen distocije ramen, indukcije poroda, sekundarnega zastoja odpiranja porodnega kanala in epiduralne anestezije. Carski rez je bil povezan z zmanjšanim tveganjem za

OBP.<sup>18</sup> S tem so skladni tudi rezultati naše analize podatkov iz Perinatalnega informacijskega sistema Republike Slovenije (PIS) za obdobje od leta 2005 do 2009. Na pojav OBP je pomembno vplivala čezmerna telesna teža matere ( $p < 0,01$ ), porodna teža novorojenčka nad 4500 g ( $p < 0,01$ ), rojstvo otroka v medenični vstavi ( $p = 0,05$ ) in dokončanje poroda z operacijo ( $p < 0,01$ ).

Vzrok za OBP pri novorojenčku so dolgo pripisovali izključno čezmernemu lateralnemu potegu plodove glave v drugi fazi poroda iz aksialne osi v koronalni ravnini proti telesu in posledični poškodbi pleteža. Zaradi upogljivosti vratu v tem predelu in anatomije prečnih izrastkov vretenc je najbolj verjetno, da pride do poškodbe zgornjih vratnih korenin pleteža C5 in C6. Poškodba je posledica delovanja majhnih sil s počasnim delovanjem, v nasprotju s poškodbo brahialnega pleteža pri starejših otrocih in odraslih, ki je posledica delovanja velikih sil v kratkem času, t. i. visoko-energijska poškodba. Do poškodbe pleteža pri plodu naj bi torej prišlo zaradi zastoja plodovih ramen v porodnem kanalu, t. i. distocije ramen. Definicija distocije ramen se nekoliko razlikuje med različnimi ustanovami. Večina strokovnjakov pa se strinja, da je nastopila takrat, ko s standardnimi postopki vodenja poroda, z nežnim vlekem glave navzdol, ne dosežemo zaključka poroda.<sup>19,20</sup> O'Leary<sup>21</sup> v zadnji izdaji knjige o preprečevanju in obravnavi ploda z distocijo ramen opozarja, da je pri tej definiciji težko opredeliti stopnjo vleka in nadaljuje z opisom: "Kadar je distocija pomembna, sta lahko rameni zadržani visoko v medenici. Glava napreduje počasi in s težavami. Ko se glava porodi, jo potegne nazaj proti perineju, tako da je tudi obračanje glave oteženo. To je stanje nedvomne distocije ramen."

V zadnjem času v literaturi najdemo tudi članke, v katerih avtorji zagovarjajo mnenje, da je OBP lahko tudi posledica drugih mehanizmov. Sandmire in DeMott opisujeta, da do poškodbe brahialnega pleteža zadajšnje rame pride že v porodnem kanalu, še preden se porodničar lahko dotakne plodove glave.<sup>22</sup> Pri distociji ramen se rami ne obrneta iz krajše antero-posteriorne osi materine medenice v daljšo prečno os. Sile

poroda povzročijo, da se plodova glava in telo spustita, rami pa se zaustavita v materničnem izhodu. Možna je poškodba sprednje ali zadajšnje rame. Pri *poškodbi sprednje rame* je sila na vrat in živčni pletež največja, tik preden plodova glava zapusti porodni kanal. Nastane zato, ker se glava in telo spustita, sprednja rama pa se nekaj časa ne premika. Mehanizem *poškodbe zadajšnje rame* je posledica razlike med dimenzijami sprednjega in zadajšnjega dela materine medenice. Sprednja rama do medeničnega izhoda potuje le pet cm, zadajšnja, ki se zaustavi za promontorijem križnice, pa do izhoda potuje 12 do 13 cm. Sile poroda ali pa vrtenje v prečno os povzročijo, da se zadajšnja rama spusti proti izhodu.<sup>22</sup>

Jennet in Tarby sta leta 1997 v članku predstavila serijo 39 primerov novorojenčkov z OBP, v kateri pri 22 novorojenčkih med porodom niso videli znakov za distocijo ramen in ne dokazov za pretiran lateralni vlek glave ploda. Zaključila sta, da bi do OBP lahko prišlo zaradi sil znotraj maternice še pred rojstvom.<sup>23</sup> Temu je sledilo še več člankov, v katerih so avtorji poročali o primerih OBP brez dokaza o distociji ramen.<sup>24-26</sup> Morda gre del teh podatkov res na račun neprepoznane distocije ali pomanjkljivih podatkov v porodnih zapisnikih, kot to trdi Gonik s sodelavci,<sup>27</sup> čeprav izvedbi te študije oporekata tudi Sandmire in DeMott.<sup>28</sup> Gherman s sodelavci je primerjal dve skupini dojenčkov z OBP, eno z ugotovljeno distocijo rame in drugo brez distocije.<sup>29</sup> Otroci iz skupine brez distocije ramen so imeli bolj resne poškodbe pleteža, do izboljšanja stanja je preteklo dlje časa, pogosteje so imeli zlomljeno ključnico in pogosteje poškodovano zadajšnjo ramo. Sklepali so, da so mehanizmi poškodbe pri teh dveh skupinah različni. Sandmire in DeMott<sup>30</sup> menita, da pri skupini dojenčkov brez distocije igrajo pomembno vlogo že omenjene sile v maternici in do poškodbe rame pride ob promontoriju križnice.

Gonik<sup>31</sup> je nato leta 2000 s sodelavci razvil matematični model za oceno pritiska na vrat ploda, ko pride do distocije ramena na sramni kosti materine medenice. Z modelom so želeli izračunati, kako velike so zunanje sile na plod (sile osebja) in notranje sile (sile matere in maternice) v drugi fazi poro-

da. Izračuni na osnovi modela so pokazali, da naj bi bile notranje sile tudi do devetkrat večje od zunanjih sil. Le tri leta kasneje je Gonik s sodelavci<sup>32</sup> objavil še članek o vplivu zunanjih in notranjih sil na raztezanje brahialnega pleteža sprednje rame med porodom, ko pride do distocije ramen. Model je pokazal, da do raztezanja pleteža pride tako zaradi zunanjih kot notranjih sil. Raztezanje pleteža naj bi bilo odvisno od sile, ki je bila potrebna za porod, vira sile, položaja medenice in plodove glave. McRobertsov položaj, ki je sicer eden od manevrov za sprostitev ramena pri distociji, naj bi prispeval k manjši sili, ki je bila potrebna za porod, in manjšemu raztezanju pleteža za 53 %. Vendar pa ima ta model tudi nasprotnike, ki dvomijo v njegovo pravilnost.<sup>21</sup>

Prisotnost OBP so v nekaterih primerih ugotovili že pred porodom ter pri novorojenčkih, ki so bili rojeni s carskim rezom.<sup>1,2</sup> Vendar pa Gonik s sodelavci meni, da je glede na rezultate elektromiografije pri novorojenčku težje govoriti o času nastanka OBP. Študija znakov razživčenja pri novorojenih prašičkih in odraslih prašičih po kirurški prekinitvi pleteža na eni strani, je pokazala, da so spremembe, ki jih najdemo po razživčenju, povezane z dolžino distalnega segmenta perifernega živca in pri novorojenem prašičku nastopijo že v 24 do 48 urah in značilno prej kot pri odraslem prašiču.<sup>33</sup> Če bi do OBP prišlo že v času nosečnosti, bi morali ob kliničnem pregledu po rojstvu opaziti trofične spremembe mišic, morda tudi omejeno gibljivost sklepov.

Ob dobrem poznavanju dejavnikov tveganja za OBP in razumevanju mehanizma okvare pri večjem delu novorojenčkov, bi morda lahko pričakovali, da se bo pojavnost okvare postopno zmanjševala. Vendar pa podatki v dostopni literaturi te predpostavke ne podpirajo. Sandmire in DeMott poročata, da OBP pri novorojenčkih ni geografsko omejena, ni odvisna od izkušenj zdravstvenega osebja in da je njena pogostost enaka tako v majhnih bolnicah kot v univerzitetnih centrih.<sup>22</sup> Pogostost je po različnih virih od 0,1 do 5 primerov na 1000 živorojenih otrok.<sup>34</sup> Nekateri avtorji poročajo, da se pojavnost OBP v zadnjih desetletjih ni pomembno spremenila,<sup>35</sup> drugi spet, da se je

zmanjšala,<sup>36</sup> medtem ko je analiza podatkov na Švedskem<sup>18</sup> celo pokazala, da se je pojavnost OBP v desetih letih povečala od 0,17 % na 0,27 % ( $p = 0,002$ ). V istem obdobju se je na Švedskem povečala tudi povprečna porodna teža novorojenčkov od 3483 g na 3525 g. Po podatkih Perinatalnega informacijskega sistema Republike Slovenije je bila obdobju 2005–2009 v Sloveniji pogostost okvare 2 na 1000 živorojenih otrok.

## Klinična slika okvare brahialnega pleteža glede na mesto okvare

V večini primerov pri novorojenčku najdemo enostransko OBP (50 % primerov desno, 43 % levo), v zelo redkih primerih pa obojestransko OBP.<sup>1</sup> Al-Qattan poroča, da je obojestranska okvara pogosto povezana s porodom v medenični vstavi.<sup>37</sup>

Okvarjena je lahko ena ali več sosednjih korenin hrbtenjače, ki tvorijo brahialni pletež ali pa njegovi fascikli. V literaturi lahko najdemo več različnih sistemov za razvrščanje novorojenčkov in dojenčkov glede na anatomsko lokacijo okvare in posledično klinično obliko. Glede na klinični potek avtorji večinoma uporabljajo razdelitev na štiri skupine,<sup>38-41</sup> ki jih povzemamo v tabeli 1. V tabelo smo dodali še Dejerine-Klumpkejino OBP, ki je zelo redka, nekateri avtorji pa celo dvomijo o njenem obstoju.<sup>42-44</sup>

Omeniti velja še dodatno posebnost oživčenja mišice biceps in deltoideus pri novorojenčkih, na katero so opozorili Vredevelde in sodelavci.<sup>45</sup> Analizirali so odzive 14 dojenčkov in 19 odraslih s potrjenim popolnim iztrganjem korenin C5 in C6. Elektromiografija je pokazala normalno rekrutacijo mišičnih vlaken bicepsa in deltoideusa pri dojenčkih ter popolno razživčenje pri odraslih. To ugotovitev so pripisali oživčenju omenjenih mišic iz korenin C7, ki v primeru ohranjene oživčenja iz korenin C5-C6 postopno izzveni.<sup>45</sup> V tem primeru je klinična presoja o stopnji okvare korenin C5 in C6 otežena, saj dojenček lahko prikaže delno funkcijo krčenja v komolcu kljub iztrganim koreninam.

### Klinični pregled novorojenčka in dojenčka z OBP naj vključuje oceno:

- aktivnih gibov v vseh sklepkih zgornjega uda;
- obsega pasivnih gibov v sklepkih zgornjega uda;
- mišične moči (ocena obsega giba, kadar nanj vpliva sila težnosti in ocena obsega giba, kadar nanj ne vpliva sila težnosti);
- izvablјivost tetivnih refleksov;
- simetričnost oz. izvablјivost Morojevega refleksa, simetričnega in asimetričnega vratnega refleksa;
- odzivanja na dotik, pritisk, če je potrebno tudi na bolečinski dražljaj;
- barve kože, prekrvljenosti;
- velikosti zenice in odzivanja zenice na osvetlitev;
- gibanja veke in
- dihanja.

Poleg tega je po rojstvu novorojenčka z OBP potrebno izključiti morebiten zlom ključnice ali nadlahtnice. Dodatno lahko najdemo še tortikolis, kefalhematom, okvaro obraznega živca in paralizo diafragme. V primeru, da sumimo, da je prišlo do okvare že pred rojstvom, je potrebno oceniti tudi velikosti zgornjega uda v primerjavi z drugim, trofičnost mišic, predvsem pektoralne mišice in mišic palčeve kepe ter poiskati morebiti že prisotne kontrakture sklepov. *Diferencialnodiagnostično* je potrebno izključiti poškodbo ramenskega sklepa, ki povzroča psevdoparezo,<sup>46</sup> okvaro hrbtenjače,<sup>47</sup> nevropatijo pleteža zaradi sepse,<sup>48</sup> artogripoz<sup>49</sup> in tumorje, kot je na primer infantilna miofibromatoza.<sup>50</sup>

**Tabela 1:** Klinična slika glede na anatomsko umestitev okvare brahialnega pleteža.

Skupina	Okvara korenin hrbtenjače	Klinično poimenovanje	Pogostnost okvare	Oslabljene mišice	Klinične posebnosti	Aktivni gibi v sklepkih zg. uda in roke	Prisotnost neonatalnih in kitnih refleksov
I	C5–C6	Duchenne-Erbova paraliza	50 %	deltoideus infraspinatus supraspinatus biceps	AD in NR v rami; EXT v komolcu; PRON podlakti FL zapestja in prstov	ramenski sklep in komolec: 0 ali +/- zapestje: +	Morojev: 0 bicepsov: 0 tricepsov: + prijemalni: +
II	C5–C7	Duchenne-Erbova paraliza plus	35 %	dodatno še triceps	dodatno blaga FL v komolcu drža natakarjeve roke	ramenski sklep: 0 komolec: 0 zapestje: +/-	Morojev: 0 bicepsov: 0 tricepsov: 0 prijemalni: +
III	C5–Th1		10–15 %	vse mišice zgornjega uda	popolna paraliza zg. uda	ramenski sklep: 0 komolec: 0 zapestje: 0	Morojev: 0 bicepsov: 0 tricepsov: 0 prijemalni: 0
IV	C5–Th1 ganglion stellatum dodatno C3, C4	dodatno še Hornerjev sindrom		vse mišice zgornjega uda dihalna prepona	dodatno še ptoza, mioza, enoftalmus in anhidroza težave pri dihanju zaradi okvare freničnega živca	ramenski sklep: 0 komolec: 0 zapestje: 0	Morojev: 0 bicepsov: 0 tricepsov: 0 prijemalni: 0
Neuvrščene okvare	C8–Th1 ganglion stellatum	Dejerine-Klumpkejeva okvara	izjemno redka <sup>44</sup> -0,6 %	interosalne in lumbrikalne	izolirana paraliza roke (krempljasta roka), lahko pridružen Hornerjev sindrom	ramenski sklep: + komolec: + zapestje: 0	Morojev: + bicepsov: + tricepsov: + prijemalni: 0

*Legenda:* addukcija (AD), notranja rotacija (NR), izteg (EXT), krčenje (FL), pronacija (PRO), supinacija (SUP); ni aktivnega giba ali refleksa (0), šibek gib ali refleks (+/-), prisoten gib ali refleks (+);

## Zgodnja celostna (re)habilitacija novorojenčka in spremljanje funkcije roke

Od leta 1998 je osnova za načrtovanje celostne (re)habilitacije novorojenčka in dojenčka z OBP v Sloveniji predstavljala knjižica z naslovom Obporodna poškodba brahialnega pleteža.<sup>34</sup> Glede na nove možnosti kirurškega zdravljenja dojenčkov z OBP v Sloveniji (od leta 2011) menimo, da je sedaj pravi čas za posodobitev smernic za zgodnjo obravnavo novorojenčka in dojenčka z OBP. Predlog smernic je predstavljen tudi shematsko v Diagramu 1.

### Pomen zgodnje prepoznavne in spremljanja dojenčka z OBP

Osnova za načrtovanje ustreznega terapevtskega programa je zgodnja prepoznavna kliničnih znakov OBP (glej Tabelo 1) in ocena funkcije roke. Natančna ocena, ki jo **ponovimo enkrat mesečno**, je pogoj za spremljanje učinkovitosti terapevtskega programa in pravočasno napotitev k specialistu plastične kirurgije, kadar je to potrebno.

### Zgodnji ukrepi obravnave novorojenčka z OBP

Osnova zgodnje obravnave po OBP *pasivno razgibavanje*, saj se v sklepkih, ki jih novorojenček ne more aktivno premikati, lahko razvijejo kontrakture.<sup>38</sup> Nekateri avtorji predlagajo, da v prvih dveh do treh tednih otrokovo okvarjeno roko pripnemo, pokrčeno ob prsnem košu, na njegova oblachila,<sup>51</sup> nato pa svetujejo začetek razgibavanja. Drugi avtorji pa trdijo, da imobilizacija ni potrebna<sup>52</sup> in je potrebno s previdnim razgibavanjem začeti takoj,<sup>53</sup> najkasneje pa v treh tednih.<sup>38</sup> Začetek razgibavanja je odvisen tudi od morebitnih pridruženih okvar (na primer zlom ključnice), zaradi katerih je potrebno odložiti začetek terapevtskega programa. Ostale tehnike zgodnje obravnave naj vključujejo:<sup>38,51,54</sup>

- spodbujanje aktivnih gibov okvarjene roke (najprej brez vpliva sile težnosti, nato proti sili težnosti) z aktivnostmi, ki so primerne otrokovi starosti;

- spodbujanje soročnih aktivnosti;
- spodbujanje razvoja simetrične drže in gibanja ter
- spodbujanje občutenja različnih modalitet (dotik, pritisk, vibracije, položaj sklepa, toplo, hladno) z uporabo različnih materialov.

Cilj takega terapevtskega programa, ki naj teče v pristojnem zdravstvenem domu ali bolnišnici, je ohranjanje pasivnega obsega gibov v sklepkih, izboljšanje mišične moči in povrnitev občutenja okvarjene roke. Dodatno je v terapevtskem programu potrebno zagotoviti razvoj dobre koordinacije gibanja in telesne sheme. Teh aktivnosti in vaj, ki jih sicer izvajajo terapevti, se morajo naučiti tudi otrokovi starši. Vaje je potrebno izvajati večkrat dnevno vse do izboljšanja funkcijskega stanja.<sup>38</sup>

Na kratko se ustavimo pri pomenu senzorne reedukacije. Danes je vedno več dokazov, da je plastičnost možganov pomemben ključni dejavnik, ki vpliva na izid po poškodbi perifernega živca.<sup>55,46</sup> Lundborg je že leta 2003 pisal o tem, zakaj je centralno živčevje, ko govorimo o funkcijskem izidu po poškodbi perifernega živčevja, vsaj tako pomembno kot periferno. Ponovna vzpostavitve funkcionalnega občutenja dražljajev naj bi bila povezana s:

- specifičnimi kognitivnimi sposobnostmi (sposobnost verbalnega učenja, vidno-prostorska kognitivna sposobnost);
- starostjo (popravljanje po poškodbi perifernega živca je boljše pri otrocih kot pri odraslih);
- obsežno in dolgotrajno reorganizacijo možganske skorje in subkortikalnih struktur.<sup>55,56</sup>

Walt in Merzenich trdita, da do sprememb v možganih pride že v nekaj minutah po poškodbi perifernega živčevja in so prisotne še dolgo po tem.<sup>57-59</sup> Rosen in Lundborg zato menita, da bi tudi s senzorno reedukacijo morali začeti takoj, torej že pred začetkom reinervacije.<sup>60</sup>

Osnovni princip senzorne reedukacije, ki izvira iz 60. let prejšnjega stoletja, je poskus reprogramiranja možganov v procesu ponovnega učenja. Osebi po poškodbi pe-

rifernega živca ponujamo različne materiale in predmete, ki se jih dotika in jih raziskuje s pomočjo otipa in vida. Na ta način preko alternativnega čutila (vid) vadi in izboljšuje čutilo, ki je okvarjeno (dotik). Pregledni članek študij, v katerih so avtorji skušali dokazati učinek senzorne reedukacije, opisuje sedem študij, pet od teh je metodološko slabih, ena sprejemljiva, ena pa zelo dobra. V tej randomizirani in kontrolirani študiji so našli dokaze za značilno izboljšanje občutenja po izvajanju programa senzorne reedukacije.<sup>61</sup>

Podobno pomen zgodnje obravnave podpirajo rezultati raziskave o motoričnih izvabljenih odzivih pri petih dojenčkih z OBP, ki so jo izpeljali Colon in sodelavci<sup>62</sup> leta 2007. Pri dojenčkih v starosti od štiri do sedem mesecev, ki so imeli enostransko okvaro korenin C5 in C6, so analizirali motorične izvabljene odzive ob draženju s transkraniialno magnetno stimulacijo. Pri vseh so našli odgovore v mišici biceps tudi na okvarjeni strani. Glede na skoraj normalne rezultate elektromiografske preiskave in izvabljenih somatosenzoričnih odzivov pri dojenčkih s pretrganimi koreninami C5 in C6 ali popolnim pretrganjem zgornjega debla brahialnega pleteža menijo, da paraliza pri teh otrocih ni le posledica okvare perifernega živčevja temveč, da igra pri tem pomembno vlogo tudi plastičnost možganov. Kot smo že omenili, je Vredevel<sup>45</sup> poročal o dodatnem oživčenju mišice biceps iz korenine C7, ki jo lahko najdemo pri dojenčkih. Ob obstoječi somatosenzorni povezavi se torej postavlja vprašanje, zakaj dojenčki ne uporabljajo funkcij, ki so na voljo. Colon s sodelavci meni, da je to lahko posledica tega, da dražljaji prihajajo v predel možganov, ki ni optimalen, zato teh dražljajev dojenček ne zna uporabiti (moten je proces zgodnjega učenja). Enako naj bi veljalo tudi za motorični odgovor, zato je Colon s sodelavci prepričan, da je za dober funkcijski izid po OBP pomembno, da otroka z OBP čim prej vključimo v terapevtski program. Zaradi odtegnitve dražljajev odsvetuje tudi imobilizacijo v začetnih mesecih po okvari.<sup>62</sup>

## Slodenje dojenčka z OBP

V literaturi je na voljo precej podatkov o spontanem okrevanju po OBP. Avtorji starejših člankov poročajo o spontanem okrevanju OBP pri 75–95 % otrok.<sup>38,63,64</sup> Nasprotno pa v novejših objavah avtorji navajajo spontano okrevanje le pri približno 66 % otrok.<sup>65–68</sup> Prav tako je znano, da je boljše spontano okrevanje mogoče pričakovati pri okvarah zgornjega dela pleteža (Tabela 1, skupina I in II), medtem ko je funkcijski izid pri popolnih okvarah manj ugoden (Tabela 1, skupina III in IV). Ob napovedi izida je potrebno poznavanje stopnje okvare živca. Naj spomnimo, da glede na stopnjo okvare perifernega živca po Seddonu ločimo:<sup>69</sup>

1. **Nevrapraksijo** (prehodna, pogosto nepopolna izguba prevajanja zaradi blagega pritiska ali tope poškodbe; pogosteje je moteno delovanje motoričnih aksonov; spontano popraviljanje je popolno).
2. **Aksonotmezo** (popolna prekinitvev aksonov in mielinske ovojnice ob ohranjeni bazalni lamini, ki vodi obnavljanje živca; največkrat nastane zaradi poškodbe ob zlomu kosti, zmernem vleku, pritisku na živec, vse modalitete delovanja živca so enako prizadete; nastopi Wallerjeva degeneracija; prvi znaki ponovnega oživčenja se lahko pojavijo že po treh tednih; popraviljanje traja več mesecev, večinoma je popolno).
3. **Nevrotmezo** (anatomska popolna prekinitvev vseh struktur živca, ki se spontano ne popravi; na proksimalnem krnu aksona nastane nevrom; taka poškodba je posledica raztrganine).

Dojenček z OBP, pri katerem se *funkcija roke ne povrne v celoti do starosti dveh mesecev*, sodi v specializirano ustanovo s celostnim programom rehabilitacije<sup>38,70</sup> kot je v slovenski zdravstveni mreži Univerzitetni rehabilitacijski inštitut RS Soča (URI Soča). Poleg kliničnega nevrološkega pregleda dojenčka z OBP se je v tujini uveljavila uporaba *Torontske lestvice*<sup>71</sup> za oceno aktivnega gibanja v različnih sklepih roke (tabela 2). Od leta 2011 to lestvico uporabljamo tudi na URI Soča.

V Tabeli 3 so zapisana klinična merila za oceno z numeričnimi rezultati. Michelow in sodelavci<sup>71</sup> so poročali, da je z izračunom na podlagi linearnega regresijskega modela za dojenčka v starosti treh mesecev *mogoče napovedati funkcijski izid v starosti enega leta*. Predstavljeni model vključuje izračun za spremenljivko X (X = krčenje komolca + izteg komolca + izteg zapestja + izteg palca + izteg prstov) in izračun po formuli  $Y = 3,3 - 0,94x$ . Vrednosti X, ki so večje od 3,5 pomenijo dober izid, pri čemer je napoved natančna v skoraj 95 % primerov. Hkrati dober izid napovedujejo tudi vrednosti Y, nižje od 0, slabo pa vrednosti, enake 0 ali višje. Michelow in sodelavci<sup>71</sup> so prepričani, da nam izračun napovedne vrednosti v klinični praksi lahko pomaga pri odločitvi o tem, kateri dojenčki z OBP so kandidati za kirurško rekonstrukcijo okvarjenega plečesa.

*Klinične elektrofiziološke preiskave* so vedno le nadaljevanje kliničnega nevrološkega pregleda. V obdobju novorojenčka in dojenčka imajo te meritve večji pomen, saj lahko klinični pregled zaradi omejenih zmožnosti dojenčka, da bi sodeloval med pregledom, izvedemo le deloma. Preiskave nam pomagajo odgovoriti na vprašanje o

fiziološki integriteti živčevja, stopnji okvare ter opredeliti verjetno lokalizacijo in s tem možen mehanizem okvare. Poleg tega nam ponovitve igelne elektromiografije (EMG) kasneje pokažejo odsotnost ali napredovanje oživčenja posameznih mišic in nam s tem pomagajo pri odločanju za morebitni kirurški poseg.<sup>72,73</sup>

Pri izvedbi EMG preiskave pri dojenčku veljajo določene posebnosti. Ob pripravi na preiskavo je zelo pomembno, da starši razumejo pomen preiskave in da jim potek meritve razložimo dovolj jasno. Tako pridobimo njihovo sodelovanje in olajšamo potek preiskave. V prvih mesecih življenja predstavlja večjo težavo pri preiskavi velikost prstov in rok dojenčka. Pomagamo si lahko s prilagojenimi, manjšimi elektrodami, ki pa so pogosto še bolj nerodne kot običajne. Poleg tega so dražilne elektrode z manjšimi površinami lahko tudi bolj boleče. Včasih težavo pri izvedbi preiskave predstavljajo tudi različna mazila na dojenčkovi koži, ki povečujejo upornost, redkeje tudi njegovo slabo sodelovanje.

Zelo pomembno je, da prilagodimo vrstni red preiskav: prehajamo od manj neprijetnih k bolj motečim ali bolečim. Začnemo

**Tabela 2:** Torontska lestvica za oceno aktivnega gibanja v sklepih roke (Michelow in sod.<sup>77</sup>).

	Addukcija ali krčenje				Abdukcija ali izteg			
Rama	0	+0-1	1	+1-2 2	0	+0-1	1	+1-2 2
Komolec	0	+0-1	1	+1-2 2	0	+0-1	1	+1-2 2
Zapestje	0	+0-1	1	+1-2 2	0	+0-1	1	+1-2 2
Palec	0	+0-1	1	+1-2 2	0	+0-1	1	+1-2 2
Prsti	0	+0-1	1	+1-2 2	0	+0-1	1	+1-2 2

**Tabela 3:** Merila za oceno aktivnega giba pri uporabi Torontske lestvice (Michelow in sod.<sup>77</sup>).

Aktivni gib proti gravitaciji	Klinična ocena	Numerični rezultat
Ni giba	0	0
Nakazan gib	+0	0,3
Manj kot pol obsega giba	-1	0,6
Pol obsega giba	1	1,0
Več kot pol obsega giba	+1	1,3
Skoraj poln obseg giba	-2	1,6
Poln obseg giba	2	2,0



z meritvami senzoričnega prevajanja, nadaljujemo z motoričnim in na koncu dodamo igelno EMG.<sup>73,74</sup> Za vse meritve je potreben skrben načrt, ki je najbolj ključen prav pri igelni EMG, saj moramo število pregledanih mišic pri dojenčku zelo omejiti.<sup>74</sup> Uporaba pomirjeval ali uspaval večinoma ni potrebna. V poštev pride pri zelo nemirnih dojenčkih ali pa ob predpripravi na operacijo, ko preiskave razširimo in poglobimo. Za vsako starostno skupino potrebujemo ustrezne referenčne vrednosti. Pomagamo si lahko z meritvami na zdravi roki, vendar to podaljša pregled in zato ni vedno izvedljivo. Zelo pomembno je, da imata tako klinični nevrofiziolog kot nevrofiziološki asistent dovolj izkušenj z meritvami pri dojenčkih. Vzeti si morata dovolj časa ter zelo spretno in prilagodljivo opraviti preiskave glede na trenutni potek meritev in stanje preiskovanca.<sup>73,74</sup>

Poglejmo si bolj natančno, katere so metode elektromiografije. Pod skupnim imenom EMG bolj natančno razumemo nevrografijo in igelno EMG. Pri nevrografiji s kratkimi električnimi dražljaji skozi kožo vzdražimo živčna vlakna posameznih perifernih živcev na enem ali več mestih in tako izmerimo hitrost prevajanja po senzoričnem in motoričnem nitju. Velikost vzdraženih valov je približno merilo za množino predvsem hitro prevajajočih živčnih vlaken. S pomočjo igelne elektrode v mišici zaznamo posebnosti, ki nastopijo po razživčenju (patološka spontana aktivnost – PSA, odsotnost ali zelo redki potenciali motoričnih enot – PME) in spremembe ob ponovnem oživčenju (izginjanje PSA, čedalje več PME, ki postajajo stabilnejši, krajši in višjih amplitud).<sup>72,74</sup>

Pri odločanju za EMG preiskavo se moramo zavedati, kaj nam lahko ponudi. Z EMG lahko opredelimo:

- Približno *umestitev okvare* (korenina, pletež, odsek perifernega živca). Tu so pomembni senzorični nevrogrami, valovi M in F, PSA in vzorec prizadetosti mišic. Prisotni senzorični nevrogrami in PSA v paravertebralnih mišicah so v skladu s prekinitvijo ali iztrganjem korenin.
- *Stopnja okvare* (delna, popolna) opišemo z amplitudami nevrogramov in valov M,

količino PSA, prisotnostjo PME in njih razredčenju. Nižje amplitude, več PSA in manj PME so sorazmerne s stopnjo okvare.

- *Vrsto okvare* (demielinizacija, okvara aksonov) določimo z merjenjem hitrosti prevajanja, amplitudami valov M in nevrogramov, opazovanjem PSA in PME. Nižje hitrosti, bloki prevajanja, odsotnost PSA govorijo v prid demielinizaciji.
- *Starost okvare* (sveža, progresivna, starejša) opredelimo s pomočjo PSA ter oblike in stabilnosti PME. Odsotnost PSA ob stabilnih, višje amplitudnih PME govori v prid starejši prizadetosti, obratno pa za svežo.<sup>72,74,75</sup>

Kaj pa omejitve preiskave? Pri okvarah brahialnega pleteža proksimalno mesto okvare zelo omeji preiskovalne možnosti. Slabo je mogoče razločiti, če je živčevje hkrati prizadeto na več mestih. Ne pove nam veliko o vzroku za okvaro. Pomembna omejitev je odvisnost podatkov od časa, ki je minil od poškodbe. Za razvoj vseh značilnosti okvare je potrebno več tednov, nato pa spremembe izzvenevajo. Ravno obratno pa nam, zelo enoličen, stereotipen razvoj elektrofizioloških posebnosti po okvari perifernega živčevja, pomaga določiti približen čas okvare.<sup>73</sup>

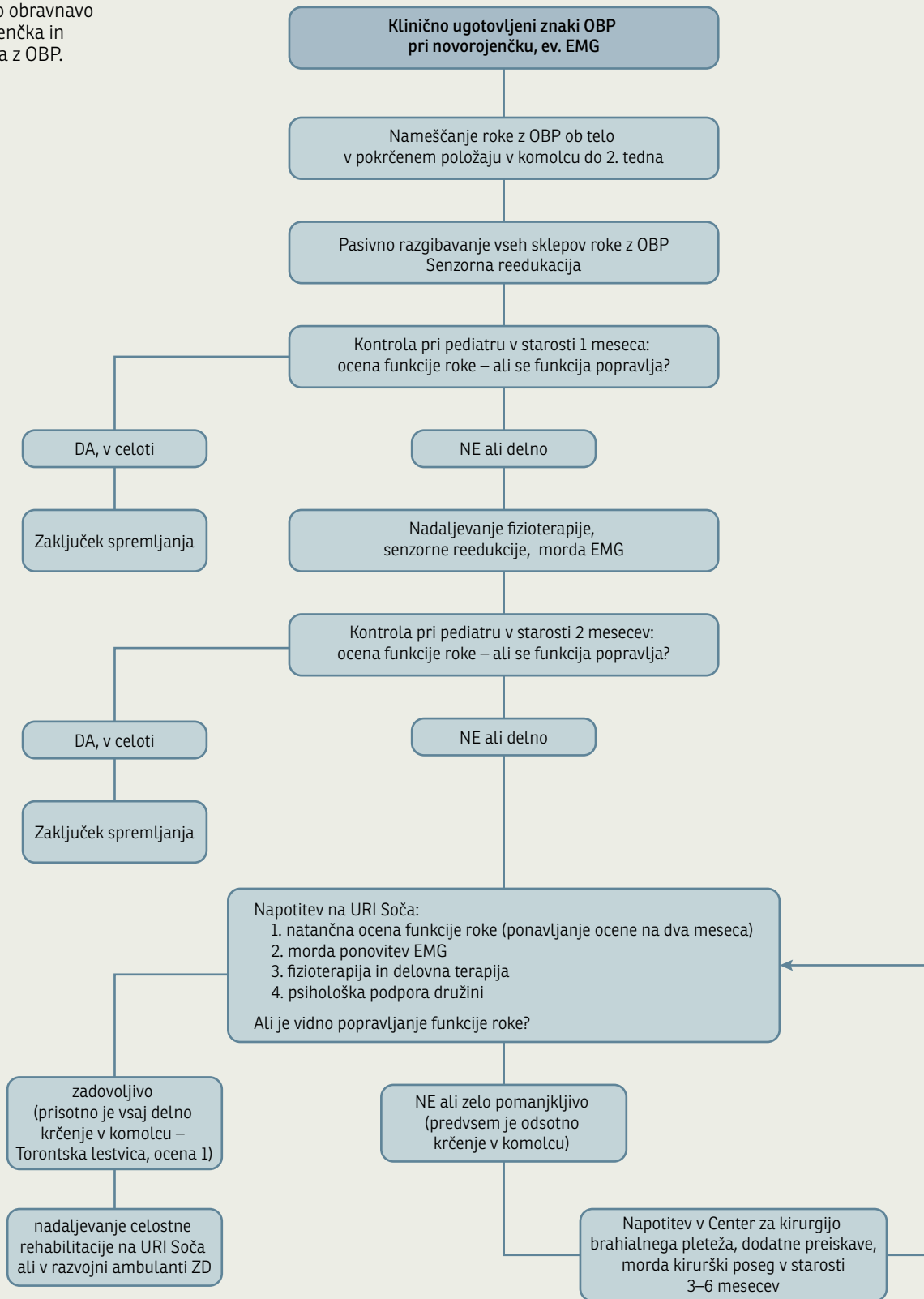
### Kdaj dojenčka z OBP napotimo na elektrofiziološke preiskave?

Ta del preiskav svetujemo, ko je okvara težja ter se funkcija roke malo ali sploh ne popravlja. Prva preiskava naj bo v takem primeru opravljena v prvem mesecu po rojstvu. Pitt meni, da je preiskava smiselna takoj po porodu predvsem iz pravnih razlogov in ob možnosti, da gre za okvaro, ki je nastala pred porodom in je stopnja okvare huda.<sup>76</sup> Kadar ne pride do kliničnega popravljanja funkcije roke ali ob načrtovanju operacije je preiskavo smiselno ponavljati v približno dvome-sečnih presledkih.<sup>73</sup>

### Slikovne preiskave

Med sodobnimi slikovnimi preiskavami lahko za vrednotenje OBP izberemo magnetno-resonančno slikanje (MRI) ali ra-

**Diagram 1:** Shematski prikaz priporočil za celostno obravnavo novorojenčka in dojenčka z OBP.



čunalniško tomografijo (CT). Slednja je za ugotavljanje okvare živcev veljala kot bolj občutljiva, še posebej ob uporabi kontrastnega sredstva. Ima pa tudi svoje slabosti, predvsem zaradi izpostavljenosti rentgenskemu sevanju in potrebe po sediranju dojenčka.<sup>77</sup> Nekateri centri so uporabo slikovnih preiskav celo opustili, saj se najdbe med operacijo niso skladale z ugotovitvami CT mielografije. Terzisova in Novikov sta poročala o zanesljivosti mielografije, CT mielografije in EMG. Natančnost, občutljivost in specifičnost pri napovedi dejansko iztrgane korenine je bila največja pri CT mielografiji (89,4 %, 83,2 % in 92,1 %),<sup>78</sup> vendar ne povsem natančna. Po drugi strani je MRI neinvazivna, otroka ne izpostavi sevanju in se lahko opravi tudi brez sedacije. Uporabna je predvsem za prikaz postganglionarnega dela brahialnega pleteža in psevdomeningokel ter prisotnosti korenin v foramnih hrbtenice.<sup>77</sup> Doi s sodelavci<sup>79</sup> je celo pokazal, da z novejšimi tehnikami slikanja MRI pri natančnosti ne zaostaja za CT mielografijo. Gilbert<sup>80</sup> je prepričan, da mora odločitev o potrebnih kirurških rekonstrukciji temeljiti na oceni klinične slike.

Klasično rentgensko slikanje nam lahko pomaga pri ugotavljanju morebitnega zloma ključnice ali nadlahtnice ter pareze prepone. V poštev pride tudi pri omejeni zunanji rotaciji v ramenskem sklepu zaradi izključitve pomika glave nadlahtnice navzad ali delne izpaha rame.<sup>81</sup>

## Kirurško zdravljenje in napotitev na konzilij za brahialni pletež v UKC Ljubljana

Kennedy<sup>82</sup> je že leta 1903 pisal o kirurški rekonstrukciji po poškodbi brahialnega pleteža, vendar rezultati takega zdravljenja še v sredini prejšnjega stoletja niso bili dobri.<sup>83</sup> Tassin<sup>84</sup> je poročal, da se pri dojenčkih po OBP, pri katerih se popravljanje funkcije roke začne pred drugim mesecem, funkcija povrne v celoti ali skoraj v celoti. Kadar se funkcija teh mišic začne popravljati po tretjem mesecu starosti, je izid slabši.<sup>84</sup> Podobne rezultate spremljanja otrok po OBP

smo našli pri 30 otrocih, ki so bili v obdobju od leta 2004 do leta 2010 obravnavani v SB Franca Derganca v Novi Gorici. Nihče izmed otrok ni bil operiran. Slabo popravljanje v starosti treh mesecev je kasneje pomenilo tudi slab funkcijski izid: v starosti okrog 5 let je imela 1/3 otrok dobro funkcijo, 2/3 otrok po OBP pa zmerno ali hudo okvaro funkcije roke.<sup>85</sup>

Gilbert in sodelavci<sup>86</sup> so zaradi teh poročil o slabem popravljanju funkcije roke po OBP začeli z operacijami pri vseh otrocih, kjer se funkcija mišice biceps ni začela popravljati do tretjega meseca starosti. Clarke in Curtis<sup>87</sup> sta spremljala 66 otrok z OBP, od katerih jih je pet potrebovalo kirurško rekonstrukcijo. Sposobnost krčenja komolca v starosti treh mesecev ni bila zadosten podatek za napoved izida. Napovedna vrednost pa se je izboljšala, ko so upoštevali še funkcijo drugih mišic roke. Strömbeckova in sodelavci<sup>88</sup> so analizirali funkcijski izid otrok z OBP v starosti petih let. Spremljali so skupino otrok z okvaro korenin C5-C6 in C5-C7, pri katerih ni prišlo do izboljšanja funkcije roke v prvih treh mesecih po okvari pleteža. Ugotovili so, da je bila funkcija rame pri otrocih, ki so bili operirani, značilno boljša, pri ostalih parametrih pa funkcijskih razlik med operiranimi in neoperiranimi otroki niso našli.

V Centru za kirurgijo brahialnega pleteža glede na predstavljene rezultate študij menimo, da je zgodnji kirurški poseg pri otrocih, ki imajo okvaro celotnega pleteža z znaki iztrganja korenin in pri otrocih, ki roke v komolcu sploh ne morejo pokrčiti, *potrebno opraviti v starosti od treh do šestih mesecev*. Če se je v tem času spontano izboljševanje funkcije roke že pričelo, a še ni popolno, nadaljujemo z rednimi kontrolnimi pregledi in se do devetega meseca starosti odločimo o morebitni operaciji. Če je operacija potrebna, je zelo pomembno, da jo opravimo čim prej oziroma najkasneje do starosti enega leta. V primeru, da zamudimo ta časovni okvir, so za izboljšanje funkcije na voljo le še t.i. sekundarni (paliativni) posegi. Za izboljšanje zunanje rotacije lahko naredimo prenos mišic ramenskega obroča ali korektivno osteotomijo. Funkcijo krčenja v komolcu lahko povrnemo s prostim funkcionalnim

prenosom mišice. Manjkajoče gibe zapestja in prstov obnovimo s prenosom kit.

## Obravnavna na URI Soča po operaciji

Dva tedna po operaciji starši nadaljujejo z nežnim razgibavanjem ter redno izvajajo masažo brazgotin. Šest tednov po operaciji se otrok vključi v nadaljevanje programov (re)habilitacije, s katerimi smo začeli že pred operacijo.

S programom na URI Soča nadaljujemo še dve leti dni po rekonstrukciji (ponovno oživčenje se vzpostavi v času od 6 do 12 mesecev). Običajno je otrok vključen v strnjen program dva do tri tedne s premori en in pol do dva meseca. V času, ko je otrok doma, se v terapevtski program vključuje v zdravstvenem domu, z vajami pa nadaljujejo tudi otrokovi starši. Funkcijo roke ponovno ocenimo s Torontsko lestvico ob vsaki strnjeni obravnavi na URI Soča.

### Dodatne terapevtske možnosti

Buesch<sup>89</sup> priporoča tudi uporabo *terapije z omejevanjem funkcije neokvarjene roke* (angl. Constraint-Induced Movement Therapy). Na ta način otroka pri izvajanju vsakodnevnih aktivnosti in njemu primerne igre spodbujamo, da uporablja okvarjeno roko. Na URI Soča za izvajanje tega programa izdelamo rokavičko, ki jo otroci uporabljajo po 45 minut dnevno. S to metodo pri

otročih po operaciji brahialnega pleteža na URI Soča še nimamo dovolj kliničnih izkušenj, medtem ko ta program za otroke s hemiparetično obliko cerebralne paralize teče že od leta 2006.<sup>90</sup>

Včasih se kljub rednemu pasivnemu razgibavanju razvijejo kontrakture v sklepkih. Basciani<sup>91</sup> v tem primeru priporoča uporabo botulinskega toksina (BT), ki zmanjša napetost mišic in olajša izvajanje razteznih vaj. DeMatteo s sodelavci<sup>92</sup> priporoča uporabo BT tudi za zmanjšanje neravnovesja aktivnosti mišic in bolj učinkovito izboljšanje funkcije roke v procesu motoričnega učenja (aplikacija BT v mišice triceps, pectoralis major in/ali latissimus dorsi). V primeru, da se ob šibki aktivnosti mišic razvijejo kontrakture, je ena od možnosti za izboljšanje obsega giba tudi serijsko mavčenje,<sup>93</sup> ki pa mora biti kratkotrajno in previdno zaradi okvare občutenja in vpliva na plastičnost možganov ob odvzeti/zmanjšani možnosti za občutenje dražljajev iz okolja.

### Zaključek

Glede na napredek medicinskega znanja na področju obravnave dojenčkov z OBP smo želeli osvežiti smernice za celostno obravnavo teh otrok v Sloveniji. Za dober funkcijski izid je pomembna zgodnja prepoznavna OBP in takojšen začetek terapevtskega programa. Za morebitno odločitev o operaciji je zelo pomembno redno spremljanje funkcije roke.

## Literatura

1. Evans-Jones G, Kay SP, Weindling AM, Cranny G, Ward A, Bradshaw A et al. Congenital brachial palsy: incidence, causes, and outcome in the United Kingdom and Republic of Ireland. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2003; 88: F185–9.
2. Gherman RB, Ouzounian JG, Goodwin TM. Brachial plexus palsy: an in utero injury? *Am J Obstet Gynecol* 1999; 180: 1303–7.
3. International classification of functioning, disability and health: ICF. Geneva, World Health Organization 2001: 12–7.
4. Smellie W. *Collection of Cases and Observation in Mid-Wifery*. London 1752; 2: 1754.
5. Jacquemier JM. Manuel des accouchements et des maladies des femmes grosses et accouchées: contenant les soins à donner aux nouveaux-nés. Paris 1846: 785–6.
6. Danyau M. Paralyse du membre supérieur, chez le nouveau-né *Bull Soc Chir*. 1851; 2: 148.
7. Duchenne de Boulogne GB. Paralyse obstétricales infantiles des membres supérieurs avec ou sans fractures, luxations ou autres complications. Paris: In: Duchenne de Boulogne GB. De l'électrisation localisée et de son application à la pathologie et à la thérapeutique; Baillière; 1872. pp. 353–66.
8. Bernard C. Des phénomènes oculo-pupillaires produits par la section du nerf sympathique cervical: ils sont indépendants des phénomènes vasculaires calorifiques de la tête. *CR Acad Sci Paris*. 1862; 55: 381–8.
9. Erb W. (1874). "Ueber eine eigentümliche Localisation von Lähmungen im Plexus brachialis". *Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg* 2: 130–7.

10. Horner JF. Über eine Form von Ptosis. *Klin Monatsblätter Augenheilkunde*, Stuttgart. 1869; 7: 193–8.
11. Klumpke A. Paralyties radicales du plexus brachial, paralyties radicales totales, paralyties radicales inferieures. De la participation des filets sympathiques oculo-pupillaires dans ces paralyties. *Rev Méd Paris*. 1885; 5: 591–616. 739–90.
12. Fieux G. De la pathologie des paralyties obstétricales chez le nouveau-né. *Paralyties obstétricales*. *Ann Gynecol*. 1897; 47: 52–64.
13. Doumouchsis SK, Arulkumaran S. Are all brachial plexus injuries caused by shoulder dystocia? *Obstet Gynecol Surv* 2009; 64: 615–23.
14. Jellicoe P, Parsons SJ. Brachial plexus birth palsy. *Curr Orthop* 2008; 22: 289–94.
15. Dunham EA. Obstetrical brachial plexus palsy. *Orthop Nurs* 2003; 22: 106–16.
16. Wolf H, Hoeksma AF, Oei SL, Bleker OP. Obstetric brachial plexus injury: risk factors related to recovery. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2000; 88: 133–8.
17. Bager B. Perinatally acquired brachial plexus palsy—a persisting challenge. *Acta Paediatr* 1997; 86: 1214–9.
18. Mollberg M, Hagberg H, Börje B, Häkan L, Ladfors L. High birthweight and shoulder dystocia: the strongest risk factors for obstetrical brachial plexus palsy in a Swedish population-based study. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2005; 84: 654–9.
19. Golditch IM, Kirkman K. The Large Fetus: Management and Outcome. *Obstetrics & Gynecology* 1978; 52(1): 26–31.
20. Levine MH, Holroyde J, Woods JR et al. Birth trauma: Incidence and predisposing factors. *Obstet Gynecol* 1984; 63: 792–7.
21. O’Leary JA. Introduction. In: *Shoulder dystocia and birth injury: prevention and treatment*, 3rd ed. O’Leary JA (ed), Humana Press, 2009: xvii.
22. Sandmire HF, DeMott RK. Newborn brachial plexus palsy. *J Obstet Gynecol* 2008; 28: 567–72.
23. Jennett RJ, Tarby TJ. Brachial plexus palsy: An old problem revisited again II. Cases in point. *Am J Obst and Gynec* 1997; 176 (6): 1354–13.
24. Graham EM, Forouzan I, Morgan MA. A retrospective analysis of Erb’s palsy cases and their relation to birth weight and trauma at delivery. *J Matern Fetal Med*. 1997 Jan-Feb; 6(1): 1–5.
25. Salonen IS, Uusitalo R. Birth injuries: incidence and predisposing factors. *Z Kinderchir* 1990; 45(3): 133–5.
26. Ouzounian JG, Phelan JP, Korst LM. Permanent Erb palsy: A traction-related injury? *Obstet Gynecol* 1997; 89: 139–41.
27. Gonik B, Hollyer V, Allen R. Shoulder dystocia recognition. *Am J Perinatol* 1991; 8: 31–4.
28. Sandmire HF, DeMott RK. Erb’s palsy without shoulder dystocia. *Int J Gynecol Obstet* 2002; 78: 253–6.
29. Gherman RB, Ouzounian JG, Miller DA, Kwok L, Goodwin TM. Spontaneous vaginal delivery; a risk factor for Erb’s Palsy? *Am Obstet Gynecol* 1998; 178 (3): 423–7.
30. Sandmire HF, DeMott RK. Erb’s palsy: concepts of causation. *Obstet Gynecol* 2000; 95 (6 pt 1): 941–2.
31. Gonik B, Walker A, Grimm M. Mathematic modeling of forces associated with shoulder dystocia: A comparison of endogenous and exogenous sources. *Am J Obstet Gynecol* 2000; 182 (3): 689–91.
32. Gonik B, Zhang N, Grimm MJ. Prediction of brachial plexus stretching during shoulder dystocia using a computer simulation model. *Am J Obstet Gynecol*. 2003 Oct; 189(4): 1168–72.
33. Gonik B, McCormick EM, Verweij BH, Rossman KM, Nigro MA. The timing of congenital brachial plexus injury: A study of electromyography findings in the newborn piglet. *Am J Obstet Gynecol* 1998; 178: 688–95.
34. Freljih J, Neubauer D, Kopač Š, Meglič-Pečarič N. Obporodna poškodba brahialnega pleteža. V: Veličkov H, Neubauer D. *Obporodna poškodba brahialnega pleteža*. Ljubljana. Knjižica otroške nevrologije 1998: 3–8.
35. Zafeiriou DI, Psychogiou K. Obstetrical brachial plexus palsy. *Pediatr Neurol* 2008; 38: 235–42.
36. Foad SL, Mehlman CT, Ying J. The Epidemiology of Neonatal Brachial Plexus Palsy in the United States. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 2008; 90 (6): 1258–64.
37. Al-Qattan MM. Obstetric brachial plexus palsy associated with breech delivery. *Ann Plastic Surg* 2003; 51: 257–64.
38. vanOuwkerk WJR, van der Sluijs JA, Nollet F, Barkhof F, Slooff ACJ. Management of obstetric brachial plexus lesions: state of the art and future developments. *Childs Nerv Syst* 2000; 16(10–11): 638–44.
39. Narakas AO. Obstetrical brachial plexus injuries. In: Lamb DW (ed): *The paralyzed hand*. Vol.2. Churchill Livingstone, Edinburgh 1987: 116–35.
40. Waters PM. Update on management of pediatric brachial plexus palsy. *J Pediatr Orthop B*. 2005, 14: 233–44.
41. van Dijk JG, Pondaag W, Mallesy MJA. Obstetric lesion of the brachial plexus. *Muscle Nerve* 2001; 24: 1451–61.
42. Bienstock A. et al. Brachial plexus hand surgery. Updated 2011. Dosegljivo na: [www.emedicine.com/article/1286947](http://www.emedicine.com/article/1286947).
43. Gilbert WM, Nesbitt TS, Danielsen B. Associated factors in 1611 cases of brachial plexus injury. *Obstet Gynecol* 1999; 93(4): 536–40.
44. Al-Qattan MM, Clarke HM, Curtis CG. Klumpke’s birth Palsy. Does it really exist? *Journal of Hand Surgery* 1995; 20B(1): 19–23.
45. Vredevelde JW, Blaauw G, Slooff BA, et al. The findings in paediatric obstetric brachial palsy differ from those in older patients: a suggested explanation. *Dev Med Child Neurol*. Mar 2000; 42(3): 158–61.
46. Kay SPJ. Obstetrical brachial palsy. *Br J Plast Surg* 1998; 51: 43–50.
47. Medlock MD, Hanigan WT. Neurologic birth trauma. *Clin Perinatol* 1997; 24: 845–57.
48. Sadleir LG, Connolly MB. Acquired brachial plexus neuropathy in the neonate: a rare presentation of late-onset group B streptococcal osteomyelitis. *Dev Med Child Neurol* 1998; 40: 496–9.
49. Birch R. Obstetrical brachial plexus palsy. In: Birch R, Bonney G, Wynne Parry CB, eds. *Surgical disorders of the peripheral nerves*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1998: 212–25.

50. Stewart RE, Grossman DM, Shulkin BL, et al. Iodine 131-meta-iodo-benzyl-guanidine uptake in infantile myofibromatosis. *Clin Nucl Med* 1989; 14: 344–6.
51. Muhlig RS, Blaauw G, Slooff ACJ, Kortleve JW, Tonino AJ. Conservative treatment of obstetrical brachial plexus palsy (OBPP) and rehabilitation. In: Gilbert A (ed). *Brachial Plexus Injuries*. Martin Dunitz Ltd 2001: 182–96.
52. Piatt HJ. Birth injuries of brachial plexus. *Pediatr Clin N Am* 2004; 51: 421–40.
53. Hale HB, Bae DS, Waters PM. Current Concepts in the Management of Brachial Plexus Birth Palsy. *J Hand Surg* 2010; 35A: 322–31.
54. Taniguchi M, Van Heest A, Partington M. Birth Brachial Plexus Injuries: An Update on Evaluation and Treatment. *Pediatr Persp* 2009; 18(3): 1–4.
55. Lundborg G, Richard P. Bunge memorial lecture. Nerve injury and repair – a challenge to the plastic brain. *J Peripher Nerv Syst* 2003; 8: 209–26.
56. Lundborg G. A 25-year perspective of peripheral nerve surgery: evolving neuroscientific concepts and clinical significance. *J Hand Surg (Am)* 2000; 25: 391–414.
57. Wall JT, Huerta MF, Kaas JH. Changes in the cortical map of the hand following postnatal ulnar and radial nerve injury in monkeys: organization and modification of nerve dominance aggregates. *J Neurosci*. 1992 Sep; 12 (9): 3456–65.
58. Wall JT, Xu J, Wang X. Human brain plasticity: an emerging view of the multiple substrates and mechanisms that cause cortical changes and related sensory dysfunctions after injuries of sensory inputs from the body. *Brain Res Brain Res Rev*. 2002 Sep; 39(2–3): 181–215.
59. Merzenich MM, Jenkins WM. Reorganization of cortical representation of hand following alternations of skin inputs induced by nerve injury, skins islands transfers, and experience. *J Hand Surg (Am)* 1992: 89–104.
60. Rosén B, Lundborg G. Sensory re-education after nerve repair: aspects of timing. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2004 Feb; 36(1): 8–12.
61. Oud T, Beelen A, Eijffinger E, Nollet F. Sensory re-education after nerve injury of the upper limb: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2007 Jun; 21(6): 483–94.
62. Colon AJ, Vredevelde JW, Blaauw G. *Journal of Clinical Neurophysiology* 2007; 24(1): 48–51.
63. Jackson ST, Hoffer MM, Parrish N. Brachial plexus palsy in newborn. *J Bone Joint Surg Am*. 1988; 70: 1217–1220.
64. Michelow BJ, Clarke HM, Curtis CG, Zuker RM, Seifu Y, Andrews DF. The Natural History of Obstetrical Brachial Plexus Palsy. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93(4): 675–80.
65. Foad SL, Mehlman CT, Foad MB, Lippert WC. Prognosis following neonatal brachial plexus palsy: an evidence-based review. *J Child Orthop* 2009; Dec. 3(6): 459–63.
66. Pondaag W, Malessy MJ, van Dijk JG, Thomeer RT. Natural history of obstetric brachial plexus palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46: 138–44.
67. Hoeksma AF, ter Steeg AM, Nelissen RG, van Ouwkerk WJ, Lankhorst GJ, de Jong BA. Neurological recovery in obstetric brachial plexus injuries: an historical cohort study. *Dev Med Child Neurol* 2004; 46: 76–83.
68. Noetzel MJ, Park TS, Robinson S, Kaufman B. Prospective study of recovery following neonatal brachial plexus injury 2001; *J Child Neurol* 16: 488–92.
69. Seddon H. Nerve injuries. *Med Bull (ann arbor)* 1965 Jan-Feb; 31: 4–10.
70. Bahm J, Ocampo-Pavez C, Disselhorst-Klug C, Sellhaus B, Weis J. Obstetric Brachial Plexus Palsy – Treatment Strategy, Long-term results, and Prognosis. *Dtsch Arztebl Int*. 2009; 106(6): 83–90.
71. Michelow BJ, Clarke HM, Curtis CG, Zuker RM, Seifu Y, Andrews DF. The Natural History of Obstetrical Brachial Plexus Palsy. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93(4): 675–80.
72. Jones RHJr. Plexus and nerve root lesions. V: Jones RHJr, Bolton C, Harper M. *Pediatric clinical electromyography*. Philadelphia, New York, Lippincott-Raven 1996: 123–46.
73. Podnar S, Vodusek DB. Elektrofiziološka obravnavava otrok z obporodno poškodbo brahialnega pleteža. V: Veličkov H, Neubauer D. *Obporodna poškodba brahialnega pleteža*. Ljubljana, Knjižnica otroške nevrologije. Letnik I, Številka 1/1998: 9–14.
74. Janko M. Elektromiografija v pediatriji. V: Neubauer D, Kopač Š. *Zbornik predavanj iz otroške nevrologije*. Med Razgl 1998; 37:Suppl 4: 193–8.
75. Gregorič M. Elektromiografija in sorodne preiskave v rehabilitaciji. Ljubljana, Inštitut RS za rehabilitacijo 1994: 4–31.
76. Pitt M. What we could be doing in brachial plexus palsy of the newborn: an unproven hypothesis. V: Improving the use of electromyography in pediatrics. 6th International conference. London, UCL Institute of Child Health 2007: 115–6.
77. Doods SD, Wolfe SW. Perinatal Brachial Plexus Palsy. Current opinion in Paediatrics 2000; 12: 40–7.
78. Terzis JK, Novikov ML. Radiological and Electrophysiological Detection of Nerve Roots Avulsion in Patients with Birth-Related Brachial Plexus Paralysis. *Semin Plast Surg* 2005 February; 19 (1): 24–41.
79. Doi K, Otsuka K, Okamoto Y, Fujii H, Hattori Y, Baliarsing AS. Cervical nerve root avulsion in brachial plexus injuries: magnetic resonance imaging classification and comparison with myelography and computerized tomography myelography. *Journal of Neurosurgery: Spine* 2002; 96(3): 277–84.
80. Gilbert A. Indications and strategy. In: *Brachial plexus injury*, Gilbert A, ed. Martin Dunitz Ltd: 205.
81. Semel-Concepcion J, Conway A. Neonatal brachial plexus palsies. *eMedicine Journal* 2001; 2(8): 9.
82. Kennedy MA. Suture of the brachial plexus in birth paralysis of the upper extremity, *BMJ* 1903; 7: 298–301.
83. Wickstrom J, Haslam ET, Hutchinson ET. The surgical management of residual deformities of the shoulder following birth injuries of the brachial plexus, *J Bone Joint Surg* 1955; 27A: 27–36.
84. Tassin JL. *Paralysies obstétricales du plexus brachial*. Thesis, Université Paris VII, 1984.
85. Jelerčič N, Groleger Sršen K, Vidmar G. Napovedni dejavniki okrevanja in funkcijsko stanje pet let starih otrok z obporodno poškodbo brahialnega

- pleteža po konservativni obravnavi. *Rehabilitacija* 2011; X(2): 23–9.
86. Gilbert A, Razaboni R, Amar-Khodja S. Indications and results of brachial plexus surgery in obstetrical palsy, *Orthop Clin North Am* 1988; 19(1): 91–105.
  87. Clarke HM, Curtis CG. An approach to obstetrical brachial plexus injuries, *Hand Clin* 1995; 11(4): 563–81.
  88. Strombeck C, Krumlinde-Sundholm L, Forssberg H. Functional outcome at 5 years in children with obstetrical brachial plexus palsy with and without microsurgical reconstruction, *Dev Med Child Neurol* 2000; 42(3): 148–57.
  89. Buesch FE, Schlaepfer B, de Bruin E, Wohlrab G, Ammann-Reiffer C, Meyer-Heim A. Constraint-induced movement therapy for children with obstetric brachial plexus palsy: two single-case series. *International Journal of Rehabilitation Research* 2010; 33(2): 187–92.
  90. Korelc S, Groleger K, Damjan H, Pihlar Z, Brezovar D. Constraint-induced therapy: a method for the hand function improvement in children with hemiplegic cerebral palsy. V: 16th European Congress of Physical and Rehabilitation Medicine, Brugge, Belgium, June 3–6, 2008. Abstracts, *J Rehab Med* 2008; suppl. 47: 198.
  91. Basciani M, Intiso D. Botulinum toxin type-A and plaster cast treatment in children with upper brachial plexus palsy. *Pediatr Rehabil.* 2006 Apr-Jun; 9(2): 165–70.
  92. DeMatteo C, Bain JR, Galea V, Gjertsen D. Botulinum toxin as an adjunct to motor learning therapy and surgery for obstetrical brachial plexus injury. *Dev Med Child Neurol* 2006 Apr; 48 (4): 245–52.
  93. Ho ES, Roy T, Stephens D, Clarke HM. Serial Casting and Splinting of Elbow Contractures in Children With Obstetric Brachial Plexus Palsy. *Journal of Hand Surgery* 2010; 35 (1): 84–91.