

Beogradska defektološka škola –
Belgrade School of Special Education
and Rehabilitation
Vol. 26, No. 2 (2020), str. 53-73

UDK 001.814:[81'234:616.8-009
81'234:004

Pregledni rad – Literature reviews
Primljen – Received: 20.7.2020.
Prihvaćen – Accepted: 23.9.2020.

Primena metoda augmentativne i alternativne komunikacije kod osoba sa locked-in sindromom*

Nadica JOVANOVIĆ SIMIĆ**, Ivana ARSENIĆ, Zorica DANIČIĆ
Univerzitet u Beogradu – Fakultet za specijalnu edukaciju i rehabilitaciju, Srbija

Locked-in sindrom predstavlja stanje poput komekoje uključuje kvadriplegiju, očuvanu svest, anatrijui relativno očuvanu sposobnost razumevanja govora. Osobe sa locked-in sindromom predstavljaju populaciju sa najvećim oštećenjem nervnog i motoričkog sistema i veoma malom mogućnošću za ostvarivanje komunikacije verbalnim putem. Iz tog razloga, primena augmentativne i alternativne komunikacije predstavlja jedini izbor za uspostavljanje, razvijanje i održavanje komunikacionih sposobnosti ovih osoba.

Cilj ovog rada je da se, na osnovu pregleda savremene literature kao i ranijih istraživanja, prikazumetode za uspostavljanje komunikacije sa osobama sa locked-in sindromom koje su se primenjivale od perioda kada je sindrom otkriven, pa do danas. Pri ovom pregledu, korišćen je servis Konzorcijuma biblioteka Srbije za objedinjenu nabavku – KoBSON, kao i Google Scholar Advanced Search.

U cilju uspostavljanja i razvoja komunikacije osoba sa locked-in sindromom koriste se različiti nepotpomognuti i potpomognuti načini komuniciranja, kao i uređaji jednostavne i visoke asistivne tehnologije. Kao što je i očekivano, u ranijim istraživanjima ističe se značaj primene nepotpomognutih metoda komunikacije i uređaja jednostavne tehnologije kod osoba sa locked-in sindromom, kao i uređaja visoke tehnologije sa govornim autputom. U novijim istraživanjima poseban akcenat je stavljen na metode koje se zasnivaju

* Rad je proistekao iz projekta „Evaluacija tretmana stečenih poremećaja govora i jezika” br.179068 čiju realizaciju finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

** Nadica Jovanović Simić, nadicaj58@gmail.com

na registrovanju i tumačenju biohemijskih promena u mozgu. Ove metode su veoma značajne, a nekada predstavljaju i jedini izbor za osobe sa totalnim oblikom locked-in sindroma, kod kojih nisu mogući čak ni pokreti očiju.

Ključne reči: AAC, locked-in sindrom, savremene metode komunikacije

Uvod

Komunikacija, uopšteno govoreći, predstavlja razmenu ideja između odašiljaoca i primaoca. Cilj komunikacije je socijalizacija i prenos informacija (Jovanović-Simić & Slavnić, 2009). Kako bi prenos informacija bio uspešan mora postojati izvor informacija i odredište u koje te informacije stižu. Kada govorimo o verbalnoj komunikaciji, izvor informacija predstavlja čovek, koji vrši proces enkodiranja, tj. proces odašiljanja govornih signala. Odredište poruke predstavljaju centri u kori velikog mozga, u kojima se vrši proces dekodiranja, odnosno primanja signala. Govorni signali su prethodno primljeni, kao mehanička draž, u receptivnom telu, koje predstavlja uho drugog čoveka – sagovornika (Jovanović-Simić & sar., 2017). Čulo sluha predstavlja i sistem povratne sprege, koja govorniku omogućava da kontroliše način i kvalitet svog govora (Petrović-Lazić & Kosanović, 2008).

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da realizacija verbalne komunikacije podrazumeva razvoj i primenu spektra sposobnosti. Različiti etiološki faktori mogu dovesti do nemogućnosti ostvarivanja komunikacije pomoću prirodnog, konvencionalnog govora ili pisanja. U tom slučaju primena augmentativne i alternativne komunikacije (*Augmentative and Alternative Communication – AAC*) (u daljem tekstu: AAK) predstavlja jedini izbor za unapređenje komunikacionih sposobnosti (Jovanović-Simić, 2007). Augmentativna i alternativna komunikacija je dopuna i/ili zamena za prirodni govor i/ili pisanje upotrebom potpomognutih i/ili nepotpomognutih simbola i odgovarajućih načina selekcije i prenosa tih simbola (Jovanović-Simić, 2007). AAK je sistem koji uključuje različite metode i modalitete za uspostavljanje, razvoj i podršku komunikaciji i time omogućava ljudima da, u okviru svojih mogućnosti, maksimalno razviju potencijale i ostvare komunikaciju sa okolinom.

Cilj rada

Cilj rada je da se pregledom literature izdvoje i analiziraju radovi u kojima je obrađivana tema upotrebe metoda nepotpomognute i potpomognute komunikacije, kao i uređaja jednostavne i visoke asistivne tehnologije kod osoba sa locked-in sindromom sa posebnim osvrtom na savremene metode komunikacije koje se koriste kod osoba sa najtežim oblikom ovog sindroma.

Metod rada

Pri pregledu literature osnovna pretraga je obavljena preko pretraživača Google Scholar Advanced Search. U pretrazi su korišćene sledeće ključne reči i sintagme: locked-in sindrom, primena augmentativne i alternativne komunikacije kod osoba sa locked-in sindromom, brain computer interfaces, near-infrared spectroscopy. Dodatna pretraga vršena je na osnovu referenci izdvojenih iz prethodno odabranih radova. Dalji uvid u dostupnu literaturu izvršen je pregledom elektronskih baza podataka Konzorcijuma biblioteka Srbije za objedinjenu nabavku – KoBSON. U obzir su uzeti radovi koji su objavljeni od polovine 20.veka, kada je sindrom prvi put opisan, do 2020.godine. Literatura je pretraživana na srpskom i engleskom jeziku. Prikupljeni su i analizirani radovi u kojima je obrađivana problematika uspostavljanja komunikacije sa osobama sa locked-in sindromom, dizajniranja i odabira efikasnih metoda, razvoja savremenih metoda komunikacije. Analiza je obuhvatila veliki broj radova, ali je za potrebe ovog rada izdvojeno 37 preglednih i istraživačkih radova i pet monografija u kojima su prikazani teorijski i praktični aspekti uspostavljanja i razvoja komunikacije osoba sa locked-in sindromom različitog oblika i stepena težine.

Locked-in sindrom

Locked-in sindrom (u daljem tekstu: LIS) je poznat i kao sindrom „zaključanosti u sopstvenom telu” jer podrazumeva stanje poput kome (pseudokoma) čije su glavne karakteristike očuvana svest, kvadriplegija i anartrija uz relativno očuvanu sposobnost razumevanja govora. U sklopu sindroma se javlja nemogućnost voljne motoričke aktivnosti i kontrole pokreta celog tela, osim mišića koji kontrolišu pokrete očiju. Usled nemogućnosti da se

kontrolišu pokreti, osobe sa LIS ne mogu da ostvare verbalnu, ali i neverbalnu komunikaciju (Plum & Posner, 1966). Jedna od osnovnih odlika ovog sindroma jeste poremećaj ekspresivnog govora, a sa druge strane, u većini slučajeva, potpuna sposobnost registrovanja dešavanja i promena u okolini.

LIS su prvi put opisali Plum i Pozner (Plum & Posner, 1966) u svojoj monografiji „*The diagnosis of the stupor and coma*“, kao neurološko stanje koje nastaje kao posledica infarkta u ventralnom ponsu. Sami autori navode da su i pre 19. veka postojale studije slučaja koje su opisivale osobe sa kliničkom slikom koja odgovara ovom sindromu, ali su u ovoj monografiji prvi put objašnjene fiziološke i patoanatomske osnove sindroma, i prvi put je za ovakvu kliničku sliku upotrebljen termin „*Locked-in sindrom*“.

Bauer i saradnici (Bauer et al., 1979) su predložili podelu ovog sindroma u tri tipa: klasičan, nekompletan i totalan. Navedeni tipovi sindroma su kasnije podeljeni u dve kategorije: prolazna i hronična forma (Balami et al., 2013). Klinička slika i opis sindroma su redefinisani 1986. godine, kada su, kao osnovni simptomi navedeni kvadriplegija i anartrija sa očuvanom svesti, umesto mutizma, kako bi se razjasnilo da mutizam može predstavljati samo nespremnost da se govori (Smith & Delargy, 2004). S druge strane, anartrija označava odsustvo sposobnosti govorne produkcije usled smetnji i nemogućnosti ostvarivanja mišićne kontrole koja se javlja kao posledica oštećenja centralnog ili perifernog nervnog sistema. Uz anartriju se javlja i disfagija, kao i nemogućnost korišćenja facijalne ekspresije u komunikaciji (Balami et al., 2013).

Lezija koja je prouzrokovala sindrom najčešće je takva da postoje očuvani vertikalni pokreti očiju, kao i pokreti treptanja, što predstavlja način odgovaranja na spoljašnje stimulse (Plum & Posner, 1966), a nekada i jedini način komunikacije (Haig et al., 1987). Da bi osobe sa LIS mogle da ostvare funkcionalnu komunikaciju, potrebno je da budu motivisane i da imaju očuvanu sposobnost primanja i slanja informacija (Laureys et al., 2005).

Primena metoda nepotpomognute komunikacije kod osoba sa locked-in sindromom

Pregledom dostupne literature uočeno je da su kod osoba sa LIS, od perioda kada je sindrom otkriven, pa do danas, primenjivane različite metode potpomognute i nepotpomognute komunikacije, kao i mnogobrojni uređaji

jednostavne i visoke asistivne tehnologije. S obzirom na to da ove osobe imaju očuvane jezičke sposobnosti, inteligenciju, memoriju, kao i druge kognitivne funkcije, i da su u potpunosti svesne dešavanja oko sebe, od izuzetne je važnosti pronalaženje načina za uspostavljanje komunikacije sa njima, kao i načina da izrazemisle, emocije ipotrebe.

Zbog svoje jednostavnosti metoda treptanja za zatvorena „da/ne” pitanja se prva koristi u cilju uspostavljanja komunikacije sa osobama sa LIS (Bruno et al., 2009). Pored ove metode nepotpomognute komunikacije, koristi se takođe metoda spelovanja, u kojoj sagovornik izgovara glasove, a osoba sa LIS trepće za odabir željenog glasa. Način spelovanja ne mora da odgovara redosledu u alfabetu, već se započinje sa onim glasovima koji su najfrekventniji u datom jeziku. Osim toga, glasovi se, radi postizanja veće brzine, mogu podeliti u grupe (samoglasnici, frekventniji suglasnici, manje frekventni suglasnici) (Laureys et al., 2005). Slični principi podele su karakteristični i za izradu komunikacionih tabli i ETRAN okvira, koji su posebno dizajnirani za osobe sa LIS. Najveći broj autora (Bruno et al., 2009; Feldman, 1971; Gallo & Fontanarosa, 1989; Hawkes, 1974; Laureys et al., 2005; Verhagen et al., 1986) govori o metodi treptanja i horizontalnim i vertikalnim pokretima očiju, kao prvoj u nizu metoda koje se koriste za upostavljanje komunikacije sa ovim osobama. Gejdžer (Gauger, 1980) navodi upotrebu nepotpomognute metode u kombinaciji sa potpomognutom metodom komunikacije. U pitanju je metoda treptanja koja je korišćena za odgovaranje na zatvorena „da/ne” pitanja, dok je za pisanje poruka korišćen prekidač sa zvučnikom i osvetljenjem koji je bio osetljiv za vertikalne pokrete čela. Sporim i ponavljajućim pokretima čela, poruka je mogla biti napisana uz pomoć Morzeovog koda, za čiju upotrebu su korisnik i njegovi negovatelji bili obučeni. U studiji autora Hejga i saradnika (Haig et al., 1987) 14 od 27 ispitanika je koristilo metodu treptanja ili komunikacionu tablu, dok je 10 koristilo elektronske uređaje.

Metode treptanja i spelovanja zahtevaju motivaciju i strpljenje osobe sa LIS i njenih sagovornika. Pri tome, ovakav način komunikacije podrazumeva znatno manju brzinu govora i generisanja poruka. Naravno da brzina prenosa poruka kroz vežbu i poznavanje komunikatora postaje veća, ali svakako ne odgovara brzini prirodne verbalne komunikacije. Iz tog razloga, upotreba kompjutera i visoke tehnologije od presudne je važnosti za ove osobe.

Primena kompjutera u komunikaciji osoba sa locked-in sindromom

Grattan i saradnici (Grattan et al., 1986) govore o značaju dizajniranja kompjuterskog sistema za osobe sa značajnim oštećenjima motoričkog sistema. Oni opisuju mogućnost dizajniranja kompjutera, načina selekcije i autputa za ovu populaciju. Iako ne govore specifično o LIS, govore o populacijama koje su „motorička oštećenja i invalidnost toliko izraženi, da su oči jedino potencijalno sredstvo komunikacije” (Grattan, 1986: 977). Takođe, navodi se da uređaji koji se koriste moraju da budu jednostavni za upotrebu i rukovanje, da se na efikasan način moraju koristiti inputi kako bi se maksimalno povećala brzina komunikacije, a istovremeno i fleksibilni, kako bi se omogućilo prilagođavanje individualnim potrebama. Autori koji su se 1982. godine bavili ovom problematikom (Rosen & Goodenough-Trepagnier, 1982) navode da je u tom momentu širom sveta postojalo oko 20 kompanija koje su proizvodile otprilike 40 namenskih uređaja za glasovnu komunikaciju.

Kao mogućnost za osobe sa LIS navodi se upotreba i kontrola kompjutera pomoću nastavaka za usta, pozitivnog i negativnog pritiska vazduha i kontrola pokretima glave. Kompjuteri se mogu koristiti uz najmanje pokrete ručnog zgloba, glave, ili pokretima brade. Koristi se bilo koji pokret koji osoba može voljno kontrolisati u svakoj situaciji. Ako osoba sa LIS može da kontroliše pokrete glave, mogu da se koriste različite ulazne jedinice kompjutera kao što su infracrveni ili ultrazvučni nastavci za usta. Sintetizatori govora, koji pretvaraju pisani tekst u govor, takođe, mogu da se koriste za ostvarivanje ili poboljšanje komunikacije. Ako osoba ima problema sa usmeravanjem pogleda ili vidom uopšte, mogu da se koriste specijalno dizajnirane tastature koje se mogu kombinovati sa glasovnim fidbekom ili skeniranjem, čime se upotreba kompjutera može učiniti korisnijom (Soderholm et al., 2001).

U radu grupe autora (Soederholm et al., 2001) prikazano je 17 ispitanika koji su praćeni i lećeni u rehabilitacionom centru u Helsinkiju, u Finskoj u vremenskom periodu od 1979. godine do 2000. godine. Najmlađi ispitanik je imao 17, dok je najstariji imao 57 godina u momentu nastanka oštećenja centralnog nervnog sistema i nastajanja ovog sindroma. Glavni cilj studije je bio da se procene augmentativne i alternativne komunikacione metode, kao i sposobnosti ispitanika da ih upotrebljavaju i na taj način poboljšaju kvalitet svog života. Rehabilitacioni program je u proseku trajao tri do četiri

meseca. Tokom tog perioda, svi praćeni ispitanici su bili obučavani da upotrebljavaju izabrano sredstvo komunikacije, u skladu sa prethodnom procedurom tima. Pregledom upotrebljenih metoda i učestalosti njihovog korišćenja može se zaključiti da je komunikaciona tabla sa alfabetom bila najčešće u upotrebi. Pored toga, ispitanici su koristili kompjutere sa specijalizovanim softverom za tastaturama, sa predikcijom reči. Kod ispitanika iz 1979. godine je korišćen kompjuter sa softverom sa Morzeovim kodom, dok je ispitanik iz 1986. godine uspešno završio svoje studije, zahvaljujući uređaju za komunikaciju sa govornim autputom (*Voice Output Communication Aid - VOCA*). Elektronski uređaj za skeniranje (*Zygo 100*) koji je bio priključen za pisaću mašinu je upotrebljen 1980. godine. Od 1992. godine u upotrebi je često bio Makintoš kompjuter sa softverom za auditivno skeniranje i sa auditivnim fidbekom. Devet od 17 ispitanika je koristilo svoje kompjutere svakodnevno, kontakte su održavali putem elektronske pošte, koristili su internet za kupovinu, za čitanje dnevne štampe i za zadovoljavanje ostalih potreba za informisanjem. Njih četvoro je imalo dizartričan govor, ali su samo dva ispitanika koristili svoj govor kao sredstvo komunikacije. Kao sredstva selekcije simbola i načina upravljanja komunikacionim uređajima korišćeni su pokreti glave, očuvani pokreti ruku, ramena, šake ili samo nekog od prstiju, kao i pokreti brade, i infrared miševi, džojstici i pneumatski prekidači (Soederholm et al., 2001).

Reklin (Rechlin, 1993) navodi upotrebu kompjutera konkretno za osobu sa LIS, s tim što detaljno ne opisuje izgled, vrstu kompjutera i način njegove primene. On, takođe, govori o problemu prethodno objavljenih studija slučaja, koji načinu komunikacije ovih osoba nisu davale značaj i o tome su izveštavali ukratko i površno. U dve najveće studije, koje su obuhvatile više od 130 slučajeva osoba sa LIS (Haig et al., 1986; Patterson & Grabois, 1986) vrlo malo se govori o načinu njihove komunikacije. Jedan od mogućih razloga zbog čega su izveštaji o rehabilitaciji u literaturi retki je velika stopa smrtnosti, koja je u tom momentu bila prisutna među ovom populacijom (McGann & Paslawski, 1991). U tom periodu se navodi stopa smrtnosti od 60%, od kojih je 87% ispitanika umrlo u prva četiri meseca (Patterson & Grabois, 1986). I Soederholm i saradnici (Soderholm et al., 2001) navode da, iako je ovaj sindrom već dosta dugo poznat u medicini i među stručnjacima, pronalazak i primena sofisticiranih sredstava koja bi ovim osobama omogućila da se izraze nije toliko poznat, iako su već tada postojala istraživanja koja pokazuju u kojoj meri je njihov život poboljšan uz upotrebu specijalno dizajniranih kompjutera.

Izveštaje o upotrebi kompjuterske tehnologije nalazimo u radu autora Mekgana i Paslavskog (McGann & Paslawski, 1991) kod dva ispitanika koja su boravila u Institutu za rehabilitaciju Santa Barbara tokom 1987. godine i 1990. godine. Kako se oporavljala motorička funkcija, tako su korišćene složenije forme kompjutera, zasnovane na alfabetu i sintezi reči slovo po slovo. Brzina pisanja je iznosila tri i po slova u minuti. Jedan od ispitanika koji je predstavljen u ovom radu je koristio laptop računar, koji je sadržao sintetizator govora, uz skeniranje pomoću predviđanja reči.

Ričard i saradnici (Richard et al., 1995) u svom radu prikazuju 11 ispitanika koji su bili na rehabilitaciji između 1983. i 1993. godine. Ispitanici su bili uzrasta od 17 do 73 godine. Sindrom je kod svih nastao iznenada, bez prethodne istorije bolesti. Prema Bauerovoj klasifikaciji, dva ispitanika su imali nekompletan sindrom, osam klasični i jedan ispitanik je imao totalni sindrom. Ono što je važno za primenu AAK kod ovih ispitanika, a u sastavu je kliničke slike, je to da su četiri od sedam ispitanika, koji su svrstani u hroničan oblik ovog sindroma, imala nekontrolisanu emocionalnu ekspresiju. Kod četiri ispitanika je uspostavljena kontrola pokreta jezika i ždrele, ali i pored toga, ni jedan od njih nije bio u stanju da govori. Tri ispitanika su imali parezu lateralnih pokreta očiju, a nistagmus je bio prisutan kod dva. Jedan od njih je koristio električna invalidska kolica, kojima je upravljao zahvaljujući uređajima koji su bili postavljeni na glavi i služili su za kontrolu pravca. Svi drugi ispitanici su bili u potpunosti zavisni od tuđe pomoći. Tri ispitanika su koristili prekidač na glavi kako bi kontrolisali jednostavne uređaje u spoljašnjoj okolini. Ostala četiri su, uz pomoć očuvanih pokreta prsta, pokretali prekidače koji su se nalazili na prstenu. Ovo pokretanje je korišćeno za kontrolu uređaja, kao što su TV, radio, hitni pozivi, paljenje/gašenje svetla. Svi ispitanici su na samom početku komunicirali pomoću „da/ne” pitanja. Tri ispitanika, od njih četvoro, koji su bili motivisani za komunikaciju, a koji su hospitalizovani pre 1988. godine koristili su jednostavan sistem koji je baziran na spelovanju, implementiran na računaru Apple II E. Četvrti ispitanik je koristio mikrokompjuter sa komercijalnom softver tastaturom (*Handikey Sermia IBM, Issyles Moulineux, France*) da bi kasnije koristio elektronsku pisaću mašinu sa govornim autputom (*Communicator Canon, Proteor Dijon, France*). Kod ostalih ispitanika, koji su klasifikovani u grupu prelaznog oblika LIS se oporavila funkcija govora i komunikacije (Richard et al., 1995).

Studija iz 2015. godine (Lugo et al., 2015) obuhvatila je 88 osoba sa LIS koji su popunjavali upitnik koji se sastojao od sociodemografskih i kliničkih

pitanja i pitanja koja su u vezi sa komunikacijom (npr. mogućnost i stepen govorne produkcije, način komunikacije uopšte - komunikacija pokretima očiju ili upotreba nekog sredstva asistivne komunikacije). Rezultati su pokazali da je 55 od 88 osoba (63%) koristilo visoku asistivnu tehnologiju. PC računari su najčešće korišćeni (73%), praćeni različitim adaptacijama (npr. modifikovana tastatura, miš), kao i sintetizatori govora (24%). 90% korisnika uređaja visoke tehnologije je bilo zadovoljno opremom, dok su ostali smatrali da je upotreba veoma naporna, da ne daje dovoljnu autonomiju za pisanje teksta i da nije pouzdana.

Glavni problemi u dizajniranju kompjuterske komunikacione metode kod osoba sa LIS su nedostatak voljnih pokreta mišića i teškoće u vizuelnom fokusiranju. Upotreba kompjuterskog komunikacionog metoda takođe zahteva dobru memoriju i budnost, kao i dobru jezičku sposobnost. Efektivno korišćenje računara je moguće samo ako je metodu komunikacije planirao multidisciplinarni tim za rehabilitaciju. Odabir odgovarajućeg kompjuterskog metoda je proces koji zahteva mnogo vremena. Takođe je potrebna saradnja sa inženjerima i timom za rehabilitaciju (Soderholm, 2001).

Upotreba metoda koje se zasnivaju na registrovanju i tumačenju biohemijskih promena u mozgu

Najveći izazov u dizajniranju kompjutera za osobe sa LIS odnosi se na grupu koja pripada totalnom sindromu, kod kojih nisu mogući ni pokreti očiju. Za osobu sa totalnim LIS veoma su značajne, a nekada su i jedini izbor, metode koje koriste aktivnosti biohemijskih i drugih promena u mozgu i tumačenjem ih prevode u poruke, koje su najčešće predstavljene u vidu govornog outputa. Zato ove metode pripadaju grupi onih koje omogućavaju svojim korisnicima da „komuniciraju mozgom”. Tako se na najbolji način koriste očuvani kognitivni potencijali, dok se prevazilaze teškoće i nemogućnosti koje proističu iz totalne oduzetosti.

Jedna od tih metoda jeste BCI (*Brain-computer interfaces*) koja podrazumeva sisteme koji posreduju između mozga i različitih tehnoloških uređaja. Primarna upotreba i namena ovih sistema je da obezbedi mehanizme za pokretanje ili komunikaciju za osobe koje to ne mogu prirodnim putem. Ovakva upotreba podrazumeva tumačenje i prevodenje nervnih signala i aktivnosti povezanih sa senzornim ili ciljno usmerenim mehanizmima u navigaciju ili selekciju komandi. Pri tome se korisniku omogućava da se

pomera kroz virtuelno ili stvarno okruženje ili da vrši odabir slova i reči za komunikaciju. Koristi se kod osoba koje svojom voljom ne mogu da kontrolišu pokrete, kretanje i govor (Miranda et al., 2014).

Snimanje moždanih signala sa humanog vlasništva dobilo je određenu pažnju 1929. godine, kada je nemački naučnik Hans Berger zabeležio električnu moždanu aktivnost. Međutim, nije postojala potrebna tehnologija za merenje i obradu moždanih signala, a i razumevanje moždanih funkcija je još uvek bilo ograničeno (Graumann et al., 2009).

Upotreba snimljenih EEG signala je prvi put demonstrirana 1964. godine, za kontrolu projektora slajdova. Elektrode su bile direktno povezane sa motoričkim područjima mozga. Od ispitanika je traženo da pritisne dugme da bi pomerio projektor, dok je autor snimao moždanu aktivnost. Zatim je sistem povezan sa projektorom, tako da bi projektor radio kad god bi moždana aktivnost ispitanika indikovala da on želi da pritisne dugme. Pri tome je primećeno da je neophodno uvesti određeno kašnjenje od detekcije moždane aktivnosti do pokretanja projektora, jer bi projektor naglo napredovao pre nego što bi ispitanik pritisnuo dugme. Kontrola pre stvarnog pokretanja, odnosno, pokretanje bez pokreta – i jeste prvi BCI (Graumann, 2009).

Nakon toga je Fetz (Fetz, 1969) predstavio studiju o tehnikama uslovljavanja aktivnosti pojedinačnih kortikalnih ćelija budnih majmuna. On je smatrao da se životinje mogu trenirati da kontrahuju specifične mišiće uz integraciju i pojačanje pretvorenih elektromiograma. Termin BCI je prvi upotrebio Vidal (Vidal, 1971). On o BCI sistemu govori kao o prvom pokušaju procene praktičnosti i mogućnosti korišćenja moždanih signala u „dijalogu čovek – računar“, kao i o novom načinu za proučavanje neurofizioloških fenomena koji upravljaju produkcijom i kontrolom opaženih neuroelektričnih promena (Vidal, 1971).

Vremenom, ova metoda se sve više razvijala i usložnjavala, koristeći kako neinvazivna tako i invazivna snimanja moždanih aktivnosti, obuhvatajući nivo senzomotoričkih i kognitivnih funkcija i inkorporirajući nove fidbek mehanizme u ovim zatvorenim sistemima (Miranda et al., 2015). Sve više laboratorija je proučavalo mogućnosti ovog sistema, a ono što je naročito važno, više uspeha se postizalo u korišćenju ovog sistema za komunikaciju. Algoritmi za obradu signala napredovali su tako brzo da snimanje moždanih signala u realnom vremenu više ne zahteva skupu ili veliku opremu. BCI nudi alternativu prirodnoj komunikaciji, jer zaobilazi eferentne puteve, mereći direktno moždanu aktivnost povezanu sa korisnikovom namerom i

prevodi tu snimljenu aktivnost u odgovarajuće kontrolne signale za spoljašnje uređaje i aplikacije. Na taj način ovaj sistem postaje nezavisan od funkcije perifernih nerava i mišića (Graumann et al., 2009).

Jedan od prvih pokušaja upotrebe ovog sistema kod osoba sa LIS prikazan je 1999. godine (Birbaumer et al., 1999). U radu je predstavljena upotreba sporih kortikalnih potencijala (SCPs) elektroencefalograma dva ispitanika sa LIS nastalim usled amiotrofične lateralne skleroze. Ovi potencijali su se koristili u treningu ispitanika da ovladaju upotrebom uređaja za spe-lovanje uz pomoć moždanih signala i voljne kontrole moždanih odgovora. Pokretali su kursor na ekranu uređaja i mogli su da biraju željena slova. Ova studija je istovremeno prva koja je koristila SCPs signale kod osobasa LIS (Birbaumer et al., 1999). Ispitanici su obučavani da proizvedu voljne promene u moždanim potencijalima u trajanju od dve do četiri sekunde. Trening se sastojao od šest do 12 sesija (u zavisnosti od stanja ispitanika), od kojih je svaka imala oko 70 do 100 ispitivanja i trajala je otprilike pet do 10 minuta. Treninzi voljne kontrole moždanih odgovora, kao i rad sa uređajem za spe-lovanje su bili podeljeni u više nivoa, u zavisnosti od težine zadatka. Iako je ispitanicima bilo potrebno oko 300 do 400 sesija da bi ovladali kontrolom moždanih talasa i radom uređaja, oba ispitanika su uspešno obučeni. Iz tog razloga, zaključak ove studije je bio da podaci jasno govore o tome da se osobekoje nemaju voljnu mišićnu kontrolu mogu naučiti da precizno kontrolišu promene u SCPs potencijalima. Iako je pisanje rečenica zahtevalo mnogo vremena (jednom ispitaniku je trebalo 16 sati da napiše poruku) autori su smatrali da je ova metoda pouzdana i dovoljno precizna da omogući komunikaciju sa okruženjem (Birbaumer et al., 1999).

Međutim, druge studije ovih autora nisu pokazale pozitivne rezultate prilikom korišćenja BCI sistema kod osoba sa LIS, naročito kod onih sa totalnim oblikom. Tokom proteklih 10 godina, u različitim studijama ovih autora (Birbaumer et al., 1999; Birbaumer, 2006; Kubler et al., 2001; Kubler & Birbaumer, 2008) 28 ispitanika sa amiotrofičnom lateralnom sklerozom i pet ispitanika sa drugim teškim oštećenjima mozga osposobljeno je za BCI. Step en oštećenja i težina hendikepa se kretala od totalnog LIS do paralize ruke ili noge u početnoj fazi bolesti. Ispitanici su obučavani da koriste SCP, ili P300 i SMR, kao vrste BCI sistema. Većina njih je postigla značajnu kontrolu nad moždanom aktivnošću i bili su u mogućnosti da odaberu slova i napišu reči jednim od tri navedena BCI sistema. Njih šestoro je postiglo potpunu nezavisnost u korišćenju BCI sistema i komuniciranju uz pomoć njega. Međutim, najistaknutiji izuzetak bili su ispitanici sa totalnim LIS,

jer ni jedan od njih nije bio u stanju da komunicira uz pomoć BCI sistema. Pretpostavka autora (Birbaumer et al., 2008) je da, gubitak veze između voljnog odgovora i njegovog fidbeka sprečava ove osobe da uče i savladaju korišćenje ovog sistema, bez obzira na to što su kognitivni procesi (pažnja, memorija) i aferentni inputi očuvani. Ako je odgovor samo kognitivan, poput slika, koje nisu orijentisane prema ciljevima, fidbek ne sledi pouzdano promene u okruženju, i posledično se gasi.

Psihofizička istraživanja pokazuju da, ako se ponašanje izazove nezavisno od svesne odluke i namere, svest o nepredviđenim promenama i svesnom odlučivanju, tj. donošenju odluke nestaje. U totalnom LIS, upravo se gubi veza između ciljnog razmišljanja i namere, jer nijedan „izvršni sistem“ ne reaguje na određenu nameru. Iz tog razloga, autori smatraju da su za korišćenje BCI sistema za komunikaciju kod osobasa totalnim LIS potrebne eksperimentalne studije i potvrde (Birbaumer et al., 2008).

Efikasno merenje moždane aktivnosti je presudan i prvi korak za komunikaciju između mozga i računara. Međutim, merenje aktivnosti nije dovoljno, jer je jasno da BCI sistemi ne mogu „da čitaju“ um ili da dešifruju misli uopšte. BCI može samo da otkrije i klasifikuje specifične obrasce aktivnosti u tekućim signalima mozga, koji su povezani sa specifičnim zadacima ili događajima. Ono što BCI korisnik mora da učini da bi stvorio ove obrasce određuje se mentalnom strategijom, koja se ponekad naziva i eksperimentalnom strategijom ili pristupom. Mentalna strategija je temelj svake komunikacije između mozga i računara. Mentalna strategija određuje šta korisnik mora da učini da bi voljno proizveo promene u aktivnostima mozga koje potom BCI može da interpretira (Graumann et al., 2009). To je, upravo, jedan od potencijalnih problema za osobe sa LIS, naročito za one sa totalnim oblikom.

Još jedna mogućnost za osobe sa LIS je korišćenje NIRS sistema (*near-infrared spectroscopy*). Upotreba ove metode kod osoba sa LIS prikazana je u radu grupe autora (Naito et al., 2007). Ova metoda se zasniva na merenju promena u volumenu krvi u kori velikog mozga, koja je povezana sa aktivnošću centralnog nervnog sistema. NIRS otkriva spore promene u hemodinamskim odgovorima mozga. Ova metoda se može koristiti za prepoznavanje tačnih, tj. netačnih odgovora, odnosno za odgovaranje na „da/ne“ pitanja. Ovaj uređaj registruje promene koje se dešavaju u nivou kiseonika i ugljendioksida u hemoglobinu, kao posledica metaboličkih aktivnosti. Prati se regionalni protok krvi, dostava kiseonika i njegova upotreba. Na glavu korisnika se postavljaju senzori i prijemnici. Kada se izvor svetlosti

postavi na glavu, svetlost prodire u mozak, rasipa se i vraća na površinu glave. Merenjem inteziteta svetlosti koja je vraćena, može se otkriti aktivnost mozga (Naito et al., 2007). U ovoj studiji je učestvovalo 40 osoba sa amiotrofičnom lateralnom sklerozom, uzrasta od 22 do 80 godina, među kojima je bilo 17 sa LIS. Ispitanicima se davalo uputstvo da razmišljaju o odgovoru nakon što čuju pitanje. Kada je odgovor bio „da“ trebalo je da pevaju u svojoj glavi što je brže moguće, a da se opuste kada je odgovor „ne“. Merila se promena volumena krvi u frontalnom režnju. Rezultati su pokazali da je ovaj metod primenljiv za 70% osobakoje nisu imale LIS i za 40% onih sa LIS. Procenat je dobijen na osnovu uspešnosti odgovaranja na postavljena pitanja. Jedna od mogućnosti nižeg postignuća osoba sa LIS je smanjen nivo aktivacije mozga, zbog nedostatka komunikacije. Zato se naglašava značaj održavanja komunikacije sa ovim osobama, upotrebom bilo koje metode augmentativne i alternativne komunikacije.

Sellers sa saradnicima (Sellers et al., 2010) prikazuje uspešnu primenu BCI sistema za dugoročnu i samostalnu upotrebu u kući. U ovoj studiji se postavlja pitanje da li osoba s teškim invaliditetom, kojoj pomaže negovatelj, može da koristi BCI sistem u neograničenom roku kod kuće, da li sistem pruža važne komunikacijske funkcije i može li da se mesecima i godinama intenzivno koristi. Ispitanik je imao 51 godinu i uznapredovali stadijumamiotrofične lateralne skleroze, pa više nije mogao da koristi dotadašnja asistivna sredstva, jer su mišići očiju, a samim tim i njihova kontrola, postali suviše slabi. Rezultati ove studije daju pozitivne odgovore na sva postavljena pitanja pre započinjanja treninga. Naime, ispitanik je koristio BCI sistem i kod kuće i na poslu. Koristio ga je za pisanje i čitanje radova, slanje elektronske pošte, komunikaciju sa kolegama i prijateljima. U svim tim zadacima, BCI je kontrolisao standardne softverske programe, uključujući Microsoft Office, Eudora, Acrobat Reader. Pored ovoga, BCI je korišćen za kontrolu spoljašnje sredine, kao što je kontrola osvetljenja sobe i rada televizora. Korisnik i njegova porodica navode da je ovaj sistem omogućio povratak nezavisnosti u društvenim interakcijama i naučnim istraživanjima. Iz tog razloga, BCI sistem se u ovoj porodici svakodnevno i intezivno koristio uz pozitivne komentare samog korisnika i osoba iz njegove bliže i dalje okoline preko 2,5 godine od početka studije (Sellers et al., 2010).

Još jedna uspešna primena sistema zasnovanog na tumačenju moždanih signala kod osobe sa totalnim LIS, koji je nastao kao posledica amiotrofične lateralne skleroze, je prikazana u radu autora iz 2014. godine (Gallegos-Ayala et al., 2014). U ovoj studiji je korišćen NIRS sistem. U okviru obučavanja za

korišćenje ovog sistema, ispitaniku su prezentovane tačne i netačne rečenice sa intervalom od 25 sekundi između stimulusa, potrebnim za razvijanje odgovarajućeg hemodinamskog odgovora. Postavljana su poznata pitanja, kao što su npr. gde živi, ali i ona na koje ispitanik nije unapred znao odgovor kao npr. da li želi da se pomeri sa leve na desnu stranu. Nakon svake rečenice, sledilo je uputstvo da misli o tačnom ili netačnom odgovoru, odnosno na odgovore u formi „da“ ili „ne“. Rečenice su bile snimljene glasom supruga, koji je bio osnovni negovatelj, ali su se na nekim sesijama koristili i glasovi nepoznatih osoba. Specijalizovani softveri su davali fidbek u vidu odgovora „Vaše pitanje je prepoznato kao tačno“ odnosno „Vaše pitanje je prepoznato kao netačno“. Ukupni učinak od 76,3% u poslednjem periodu treninga i 100% tačan učinak na nekim sesijama sugerišu da je ovo pouzdana metoda za ponovno uspostavljanje komunikacije kod osoba sa totalnim oblikom LIS.

Prva studija u kojoj je uspešno upotrebljen BCI sistem bazirana EEG signalima kod osoba sa totalnim LIS objavljena je 2017. godine (Guger et al., 2017). Devet od 12 ispitanika je uspešno ovladalo ovom tehnikom i bili su u mogućnosti da je koriste i komuniciraju sa većom tačnošću nego što su rezultati svih prethodnih studija pokazali. Navedeni ispitanici su uspešno komunicirali pomoću vibro-taktilnog P300 sistema (u proseku su tačno odgovarali na osam od 10 pitanja), dok je troje ispitanika moglo da komunicira sa MI sistemom (*motor imagery system*) (odgovarali su tačno na četiri od pet pitanja). Najvažniji nalaz ove studije jeste onaj koji se odnosi na ispitanike sa totalnim LIS – dva od tri ispitanika sa LIS su uspešno koristili VT3 sistem za komunikaciju uz 90% i 70% tačnosti (Guger et al., 2017).

Milekovic i saradnici (Milekovic et al., 2018) prikazuju prvu upotrebu intrakortikalnog BCI sistema, sa upotrebom LFPs (*local field potentials*), moždanih signala koji predstavljaju sumiranu aktivnost grupe neurona u blizini mikroelektroda, i FlashSpeller aplikaciju za unošenje teksta. U ovoj studiji su učestvovali jedan ispitaniksa sindromom blokiranosti i jedan ispitanik sa progresivnom tetraplegijom, kao posledicom amiotrofične lateralne skleroze. Oni su FlashSpeller aplikaciju koristili kod kuće. Rezultati su pokazali da se ovaj intrakortikalni BCI sistem može pouzdano koristiti kod kuće duži vremenski period, uz minimalnu tehničku podršku i nadzor, koji su neophodni za neke druge komunikacione sisteme. Sa novim referentnim standardima za neurološku kontrolu zasnovanu na LFPs, koji su dobijeni u ovoj studiji, u budućnosti se može nastaviti sa razvijanjem složenijih kontrolnih modaliteta, kao i neuronskih signala veće rezolucije, za bolju kontrolu celokupnog „neuroprotetskog“ sistema. Ova studija je doprinela kreiranju

pouzdanog BCI sistema, koji ljudima sa LISomogućava da komuniciraju, i, samim tim, pruža mogućnost za veće, složenije i opsežnije interakcije sa prijateljima, porodicom i negovateljima (Milekovic et al., 2018).

Zaključak

LIS je veoma složen klinički entitet, koji zahteva interdisciplinarni pristup, koji mora obuhvatiti celokupno zbrinjavanje osobe. Jedan od ciljeva je i osposobljavanje ove populacije za komunikaciju.

U prvim decenijama po otkrivanju ovog sindroma, stopa smrtnosti osoba sa LIS je iznosila oko 60% (Patterson & Grabois, 1986). Današnje studije pokazuju da je stopa smrtnosti nakon 5, 10 i 20 godina 17%, 17%, 60% (Doble et al., 2003) ili još niža, oko 14%, ukoliko se sprovede rana i intenzivna rehabilitacija (Casanova et al., 2003). Osobe sa LIS koje uspešno prevaziđu sve komplikacije koje ovo stanje sa sobom nosi, imaju kontinuiranu i stalnu potrebu za uspostavljanjem komunikacije sa osobama iz svog okruženja i za obavljanjem aktivnosti, kao i pre početka bolesti.

Kao što pregled studija pokazuje, sve više studija se bavi aspektom komunikacije kod osoba sa LIS i mogućnostima njegovog unapređenja. Sada postoji čitav niz mogućnosti za upostavljanje komunikacije kod ovih osoba, kako iz domena nepotpomognute, tako i potpomognute komunikacije, jednostavne i visoke asistivne tehnologije. Nijedan AAK sistem ne može u potpunosti zameniti prirodan govor i nadomestiti nedostatak vrlo važne neverbalne, emocionalne komunikacije, ali zato obezbeđuje korisnicima ne samo izražavanje osnovnih zahteva i potreba, već i samostalnost u donošenju odluka i izražavanju različitih ideja.

Pretpostavlja se da će se, sprovođenjem sve većeg broja studija koje uključuju savremenu tehnologiju, sistemi usavršavati, a performanse povećavati. Pored toga, postaće jasno koji sistemi, u kojim okolnostima i uslovima, najbolje rade i kako ih prilagoditi za populaciju sa najvećim oštećenjem nervnog i motoričkog sistema i najmanjom mogućnošću za komuniciranje verbalnim putem.

Literatura

- Balami, J. S., Chen, R. L., & Buchan, A. M. (2013). Stroke syndromes and clinical management. *QJM: An International Journal of Medicine*, 106(7), 607-615. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hct057>
- Birbaumer, N., Ghanayim, N., Hinterberger, T., Iversen, I., Kotchoubey, B., Kübler, A., Perelmouter, J., Taub, E., & Flor, H. (1999). A spelling device for the paralysed. *Nature*, 398(6725), 297. <https://doi.org/10.1038/18581>
- Birbaumer, N., & Cohen, L. G. (2007). Brain–computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis. *The Journal of Physiology*, 579(3), 621-636. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.125633>
- Birbaumer, N., Murguialday, A. R., & Cohen, L. (2008). Brain–computer interface in paralysis. *Current Opinion in Neurology*, 21(6), 634-638. <https://doi.org/10.1097/WCO.0b013e328315ee2d>
- Birbaumer, N., Piccione, F., Silvoni, S., & Wildgruber, M. (2012). Ideomotor silence: the case of complete paralysis and brain–computer interfaces (BCI). *Psychological Research*, 76(2), 183-191. <https://doi.org/10.1007/s00426-012-0412-5>
- Bruno, M. A., Schnakers, C., Damas, F., Pellas, F., Lutte, I., Bernheim, J., Majerus, S., Moonen, G., Goldman, S., & Laureys, S. (2009). Locked-in syndrome in children: report of five cases and review of the literature. *Pediatric Neurology*, 41(4), 237-246. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2009.05.001>
- Casanova, E., Lazzari, R. E., Lotta, S., & Mazzucchi, A. (2003). Locked-in syndrome: improvement in the prognosis after an early intensive multidisciplinary rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(6), 862-867. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00008-X](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00008-X)
- Doble, J. E., Haig, A. J., Anderson, C., & Katz, R. (2003). Impairment, activity, participation, life satisfaction, and survival in persons with locked-in syndrome for over a decade: follow-up on a previously reported cohort. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 18(5), 435-444. <https://doi.org/10.1097/00001199-200309000-00005>

- Feldman, M. H. (1971). Physiological observations in a chronic case of "locked-in" syndrome. *Neurology*, 21(5), 459-459. <https://doi.org/10.1097/00001199-200309000-00005>
- Fetz, E. E. (1969). Operant conditioning of cortical unit activity. *Science*, 163(3870), 955-958. <https://doi.org/10.1126/science.163.3870.955>
- Gallegos-Ayala, G., Furdea, A., Takano, K., Ruf, C. A., Flor, H., & Birbaumer, N. (2014). Brain communication in a completely locked-in patient using bedside near-infrared spectroscopy. *Neurology*, 82(21), 1930-1932. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000449>
- Gallo, U. E., & Fontanarosa, P. B. (1989). Locked-in syndrome: report of a case. *The American Journal of Emergency Medicine*, 7(6), 581-583. [https://doi.org/10.1016/0735-6757\(89\)90278-7](https://doi.org/10.1016/0735-6757(89)90278-7)
- Gauger, G. E. (1980). Communication in Locked – in syndrome. *ASAIO Journal*, 26(1), 527-529.
- Graimann, B., Allison, B., & Pfurtscheller, G. (2009). Brain–computer interfaces: A gentle introduction. In B. Graimann, G. Pfurtscheller, B. Allison (Ed.), *Brain-Computer Interfaces* (pp. 1-27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02091-9_1
- Grattan, K. T. V., Palmer, A. W., & Sorrell, S. R. (1986). Communication by eye closure-a microcomputer-based system for the disabled. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, (10), 977-982. <https://doi.org/10.1109/TBME.1986.325671>
- Guger, C., Coyle, D., Mattia, D., De Lucia, M., Hochberg, L., Edlow, B. L., Peters, B., Eddy, B., Nam, C., Noirhomme, Q., & Allison, B. Z. (2017). Trends in BCI research I: Brain-computer interfaces for assessment of patients with locked-in syndrome or disorders of consciousness. In C. Guger, B. Allison, M. Lebedev (Ed.), *Brain-Computer Interface Research* (pp. 105-125). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64373-1_11
- Guger, C., Spataro, R., Allison, B. Z., Heilinger, A., Ortner, R., Cho, W., & La Bella, V. (2017). Complete locked-in and locked-in patients: command following assessment and communication with vibro-tactile P300 and motor imagery brain-computer interface tools. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 251. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00251>

- Haig, A. J., Katz, R. T., & Sahgal, V. (1987). Mortality and complications of the locked-in syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68(1), 24-27.
- Hawkes, C. H. (1974). "Locked-in" syndrome: report of seven cases. *BMJ*, 4(5941), 379-382. <https://doi.org/10.1136/bmj.4.5941.379>
- Jovanović-Simić, N. (2007). *Augmentativna i alternativna komunikacija: strategije i principi*. Društvo defektologa Srbije.
- Jovanović-Simić, N., & Slavnić, S. (2009). *Atipičan jezički razvoj*. Društvo defektologa Srbije.
- Jovanović-Simić, N., Duranović, M., & Petrović-Lazić, M. (2017). *Govor i glas*. Medicinski fakultet Foča.
- Kübler, A., & Birbaumer, N. (2008). Brain-computer interfaces and communication in paralysis: Extinction of goal directed thinking in completely paralysed patients? *Clinical Neurophysiology*, 119(11), 2658-2666. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.06.019>
- Laureys, S., Pellas, F., Van Eeckhout, P., Ghorbel, S., Schnakers, C., Perrin, F., Berre, J., Faymonville, M., Pantke, K., Damas, F., Lamy, M., Moonen, G., & Lamy, M. (2005). The locked-in syndrome: what is it like to be conscious but paralyzed and voiceless? *Progress in Brain Research*, 150, 495-611. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(05\)50034-7](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(05)50034-7)
- León-Carrión, J., Van Eeckhout, P., & Dominguez-Morales, M. R. (2005). The locked-in syndrome: a challenge for therapy. In K. R. H. von Wild (Ed.), *Re-Engineering of the Damaged Brain and Spinal Cord* (pp. 213-216). Springer. https://doi.org/10.1007/3-211-27577-0_39
- Lugo, Z. R., Bruno, M. A., Gosseries, O., Demertzi, A., Heine, L., Thonnard, M., Blandin, V., Pellas, F., & Laureys, S. (2015). Beyond the gaze: communicating in chronic locked-in syndrome. *Brain Injury*, 29(9), 1056-1061. <https://doi.org/10.3109/02699052.2015.1004750>
- McGann, W. M., & Paslawski, T. M. (1991). Incomplete locked-in syndrome: Two cases with successful communication outcomes. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 1(1), 32-37. <https://doi.org/10.1044/1058-0360.0101.32>
- Milekovic, T., Sarma, A. A., Bacher, D., Simeral, J. D., Saab, J., Pandarinath, C., ...& Eskandar, E. (2018). Stable long-term BCI-enabled communication in ALS and locked-in syndrome using LFP signals.

- Journal of Neurophysiology*, 120(7), 343-360. <https://doi.org/10.1152/jn.00493.2017>
- Miranda, R. A., Casebeer, W. D., Hein, A. M., Judy, J. W., Krotkov, E. P., Laabs, T. L., Manzo, J.E., Pankratz, K.G., Pratt, G.A., Sanchez, J.C., Weber, D.J., Wheeler, T.L., & Ling, G.S.F. (2015). DARPA-funded efforts in the development of novel brain-computer interface technologies. *Journal of Neuroscience Methods*, 244(1), 52-67. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2014.07.019>
- Naito, M., Michioka, Y., Ozawa, K., Ito, Y., Kiguchi, M., & Kanazawa, T. (2007). A communication means for totally locked-in ALS patients based on changes in cerebral blood volume measured with near-infrared light. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 90(7), 1028-1037. <https://doi.org/10.1093/ietisy/e90-d.7.1028>
- Patterson, J. R., & Grabois, M. (1986). Locked-in syndrome: a review of 139 cases. *Stroke*, 17(4), 758-764. <https://doi.org/10.1161/01.STR.17.4.758>
- Petrović-Lazić, M., & Kosanović, R. (2008). *Vokalna rehabilitacija glasa*. Nova naučna.
- Plum, F., & Posner, J. B. (1966). *Diagnosis of stupor and coma*. Oxford University Press.
- Rechlin, T. (1993). A communication system in cases of 'locked-in' syndrome. *International Journal of Rehabilitation Research*, 16(4), 340-342. <https://doi.org/10.1097/00004356-199312000-00015>
- Richard, I., Pereon, Y., Guiheneu, P., Nogues, B., Perrouin-Verbe, B., & Mathe, J. F. (1995). Persistence of distal motor control in the locked in syndrome. Review of 11 patients. *Spinal Cord*, 33(11), 640. <https://doi.org/10.1038/sc.1995.135>
- Rosen, M. J., & Goodenough-Trepagnier, C. (1982). Communication Systems for the Non-Vocal Motor Handicapped: Practice & Prospects. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 1(4), 31-35. <https://doi.org/10.1109/EMB-M.1982.5005844>
- Sellers, E. W., Vaughan, T. M., & Wolpaw, J. R. (2010). A brain-computer interface for long-term independent home use. *Amyotrophic Lateral Sclerosis*, 11(5), 449-455. <https://doi.org/10.3109/17482961003777470>
- Smith, E., & Delargy, M. (2005). Locked-in syndrome. *BMJ*, 330(7488), 406-409. <https://doi.org/10.1136/bmj.330.7488.406>

- Söderholm, S., Meinander, M., & Alaranta, H. (2001). Augmentative and alternative communication methods in locked-in syndrome. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 33(5), 235-239. <https://doi.org/10.1080/165019701750419644>
- Verhagen, W. I. M., Huygen, P. L. M., & Schulte, B. P. M. (1986). Clinical and electrophysiological study in a patient surviving from locked-in syndrome. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 88(1), 57-61. [https://doi.org/10.1016/0303-8467\(86\)90009-0](https://doi.org/10.1016/0303-8467(86)90009-0)
- Vidal, J. J. (1973). Toward direct brain-computer communication. *Annual review of Biophysics and Bioengineering*, 2(1), 157-180. <https://doi.org/10.1146/annurev.bb.02.060173.001105>
- Wilhelm, B., Jordan, M., & Birbaumer, N. (2006). Communication in locked-in syndrome: effects of imagery on salivary pH. *Neurology*, 67(3), 534-535. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000228226.86382.5f>

USE OF AUGMENTATIVE AND ALTERNATIVE COMMUNICATION METHODS IN PERSONS WITH LOCKED-IN SYNDROME

Nadica Jovanović Simić, Ivana Arsenić, & Zorica Daničić
University of Belgrade – Faculty of Special Education and Rehabilitation, Serbia

Abstract

Locked-in syndrome is a condition similar to pseudocoma and is characterized by quadriplegia, preserved consciousness, anarthria, and relatively preserved ability to understand speech. People with locked-in syndrome constitute a group of patients with the greatest damage to the nervous and motor system and the least capability to achieve verbal communication. For this reason, the application of augmentative and alternative communication is the only choice for establishing, developing and maintaining the communication skills of these individuals.

The aim of this paper is, based on a review of contemporary literature as well as previous research, to present methods for establishing communication with people with locked-in syndrome that applied since the time the syndrome was discovered until today. In this review we used the services of Serbian Library Consortium for Coordinated Acquisition – KoBSON, as well as Google Scholar Advanced Search.

In order to establish and develop communication of persons with locked-in syndrome various unaided and aided options of communication, as well as low tech and high tech assistive devices are used. As expected, previous research has highlighted the importance of using unaided communication methods and low technology devices in people with locked-in syndrome, as well as high-tech devices with speech output. In recent research, special emphasis has been placed on methods that register and interpret biochemical changes in the brain. These methods are very important, and sometimes they are the only choice for people with a total form of locked-in syndrome, with whom not even eye movements are possible.

Key words: AAC, contemporary communication methods, locked-in syndrome