

*Zdenko Kosinac*

## **NEUROLOŠKO-FIZIOLOŠKE OSNOVE STVARANJA MOTORIČKOG PROGRAMA (ENGRAMA) I MOTORIČKOG UČENJA**

### **1. PROBLEM**

Jedan je od temeljnih kinezioloških znanstvenih problema težnja da se na što objektivniji način evaluira problem stvaranja motoričkih programa i sukladno tomu osigura učinkovito motoričko učenje i usavršavanje. Pitanje kako se ustanovljuju motorički programi (engrami) utemeljeni na neuro-fiziološkim znanstvenim osnovama i kako ih učinkovito primijeniti u procesu motoričkog učenja od presudne je važnosti za evoluciju koncepta kineziološke metodike pa tako i metodike kineziterapije.

### **2. CILJ RADA**

Da bismo uspješno razmotrili nazočni problem nužno je precizno, jasno i znanstveno utemeljeno odgovoriti barem na sljedeća pitanja: 1. Što je to motorički program?, 2. Kako se motorički program stvara, 3. Što je to motorička memorija?, 4. Što je to motorički plan? 5. Kako se uči motorička radnja? i 6. Kako se stvara motorička navika?

### **3. RASPRAVA**

**Neuro-fiziološke osnove stvaranja motoričkog programa.** Izvođenje pokreta je kompleksni proces koji zahtijeva precizan i usklađen rad mnogih mišića, živaca i kostiju. Osnovni je izvršilac i kontrolor svih pokreta, od najjednostavnijih do najsloženijih, neuromišićna jedinica. Bilo da je motorička radnja voljna (svjesna) ili nevoljna (nesvjesna) živčana kontrola mišića je uglavnom, automatska, tj. akcija mišića je najvećim dijelom regulirana refleksnim mehanizmima. Kad započne izvođenje programa, regije mozga, koje imaju sposobnost motorne kontrole, stalno primaju nove informacije o aktualnom pokretu iz receptora s periferije. Svaka razlika između željenog i izvedenog pokreta se otkriva, određuju se potrebne korekcije i novi program prosljeđuje motoneuronima. Na taj se način tijekom pokreta kontinuirano rade potrebne prilagodbe motoričkog programa. Kada se program nauči i pokreti postanu precizni, inicijalne informacije sa srednjeg hijerarhijskog nivoa postaju sve točnije pa je potrebno manje korekcija (Kottke, 1980., Evarts, E.V., Wise, P.S. (1985).

**Voljna mišićne kontrola.** Voljna kontrakcija mišićne mase pod direktnom kontrolom svijesti omogućava osnovu za razvitak automatskih modela engrama.

To je jedino sredstvo proizvođenja izoliranih, specifičnih mišićnih aktivnosti uz pomoć kojih se engrami razvijaju. Vježbanje pravilnog modela gibanja reducira pogreške izvođenja pa su tako ispravni engrami proizvedeni u najkraćem mogućem vremenu. Međutim, postoje ograničenja voljne mišićne kontrole. Osoba može opažati istovremeno samo jednu mišićnu akciju, gibanje ili poziciju. Ona može prebaciti pažnju samo 2 do 3 puta u sekundi. Ovo znači da za pravilno vježbanje pod svjesnom kontrolom aktivnost mora biti ograničena u složenosti i izvođena vrlo polako u usporedbi s izvođenjem normalne automatske aktivnosti. Osoba može percepirati doživljaj kao rezultat kontrakcije primarnog pokretača samo kad je taj mišić u izoliranoj akciji u sporijoj kontrakciji lišenoj sile.

To znači, da u vježbanju voljne kontrakcije pojedinog mišića primarnog pokretača pod direktnom svjesnom kontrolom mora postojati odgovarajuća senzorna povratna informacija da osoba može primijetiti gibanje ili napetost u zglobu, ili napetost mišića. Druge mišićne kontrakcije ne smiju se pojavljivati ako se želi precizan doživljaj izolirane aktivnosti. Uloga nastavnika/trenera iznimno je značajna da se ustvrdi da osoba proizvodi kontrakciju primarnog pokretača i inhibiciju svih aktivnosti ostale muskulature. Pri tomu on može znalački i učinkovito koristiti elektromiografiju ili proprioceptivni feedback.

Motoričko učenje javlja se samo uz aktivno i svjesno sudjelovanje. Promatranje aktivnosti bez provjeravanja kontrakcije ne rezultira učenjem. Svjesna reakcija postaje neophodna kada se želi mišićna kontrola. Kontrola postaje mogućom samo kada je subjekt svjestan senzacije udružene s voljnim izvođenjem i ima šansu da aktivnost vježba.

**Automatska neuromišićna aktivnost.** Ona predstavlja najviši nivo motorne aktivnosti. Javlja se u ekstrapiramidalnom sustavu, ne pod direktnom svjesnom kontrolom, ali kao rezultat inicijacije engrama. Kada je engram razvijen izvršava se brzinom i složenošću koja nadmašuje sposobnost svjesnog praćenja izvođača. Usavršeni se program (engram) voljno regulira samo u opsegu potrebnom da se započne, upravlja dok je to potrebno, i isključi na završetku zahtijevanog izvođenja. Ako je prepoznata greška koju treba ispraviti ili ako se zahtijeva izmjena u slijedu modela, ta izmjena može se ostvariti zamjenom pojedinačnih komponenti programa koje su prethodno ustanovljene vježbom, umje sto svjesnog praćenja svakog mišića u motoričkom aktu.

**Što je motorički program?** To je put međuneuronskih veza koje povlače za sobom specifične sekvence brzine, snage i gibanja, i istovremeno inhibiciju drugih nervnih putova te tako muskulatura, koja ne sudjeluje u modelu, ostaje neaktivna (Kottke, 1978, 1980). Motorički su programi bazirani na ranijim iskustvima što omogućuje da se korektno izvede željeni pokret. Ako je vježbana aktivnost bila precizna, razvijeni će programski model biti precizan. Ako je uvježbana aktivnost bila gruba, model programa će biti grub i neprecizan, i kao takav siromašan i nepouzdan.

Motorički su programi skupovi komandi koji su napravljene prije nego što se pokret počne izvoditi. One u mišić stižu po točnom vremenskom redosljedu tako da se čitava sekvenca može obuhvatiti bez perifernog feedbacka (koriste se da se korigiraju programirani pokreti). Periferni feedback stalno informira SŽS kako se izvodi program i kako se ispravljaju greške.

**Što je motorički plan?** Motorički se plan sastoji iz više motoričkih programa koji se sastoje iz manjih dijelova koji su naučeni, subprograma. Ovi programi šifriraju tekuću mišićnu aktivnost i pokreću aktiviranje drugih subprograma. Ova hijerarhija – motorički plan – program, subprogram na kraju završava u automatskom moduliranju i podešavanju.

**Što je to motorička memorija?** Motorička je memorija dvostruka. Dvostruki način komunikacije između senzornog i motoričkog sustava bitan je za normalno učenje novih zadataka. Mi pamtimo kako smo osjećali napor dok smo izvodili radnju i koji je bio rezultat toga napora. Točna percepcija sile koja je potrebna da se izvede pokret bitna je za stvaranje mišićne sile. Naš „osjećaj napora“ baziran je na informacijama koje stižu iz neuromišićnog vretena i Golgievog tetivnog organa. Ova se informacija koristi na dva načina – ona pomaže da se regulira motorna aktivnost koja je u tijeku i pomaže, kao dio memorije, izvođenje takvog zadatka u budućnosti. Na taj su način osjećaj napora i njegovo upamćivanje bitni za planiranje i izvođenje svih motoričkih radnji (Crane, 1998., Kosinac, 2005).

Kada je motorička radnja planirana, ona se organizira u manje komponente ili „subprograme“ koji se skupljaju u središnjem živčanom sustavu. Naučeni se zadaci izvode prema općem planu koji se zove kompleksni motorički program.

Kritični element svake programirane akcije je vremenski redosljed impulsa tj. promjena mišićne sile. U brzim pokretima planira se početak i trajanje aktivnosti u svim mišićima koji su uključeni za određenu radnju – i agonistima i sinergistima (stabilizatorima) i antagonistima. Detaljan plan sa svim informacijama se iz mozga feedbackom (eng. feed – hraniti, forward – naprijed) vezom (centrifugalno) prenosi do kralješnične moždine i mišića. Ovakav oblik brzog pokreta se naziva balističkim zato što je kretanje, koje će ekstremiteti imati, u potpunosti podređeno inicijalnom „punjenju“ mišićne aktivnosti kao što je let zrna-taneta određen inicijalnim punjenjem patrona.

**Kako se motorički program razvija?** Tek rođeno dijete je „refleksna životinja“. Rođeno je sa spinalnim refleksima, supraspinalnim refleksima i kortikospinalnim piramidarnim putem preko kojega se voljno mogu inicirati pojedinačna mišićna aktivnost ili refleksni model. Po sistemu pokušaj-pogreška dijete uči povezivati senzornu percepciju, refleksni motorički odgovor i percepciju pokušaja putem piramidalnog sustava jer piramidalni sustav facilitira refleksnu aktivnost. Kako se ovo povezivanje ponavlja mnogo puta, dijete postepeno postaje sposobno širiti voljne

pokrete preko piramidalnog sustava. Ovo učenje širenja, a poslije i iniciranja gibanja, javljaju se u prvih nekoliko mjeseci života tijekom čega je nesposobnost izvođenja obilježena greškama razumijevanja.

U kasnijoj fazi razvoja, od primitivnih, grubih modela gibanja slijedi napredovanje modeliranja i ulančavanja modela do sve više izražene rafinirane mišićne kontrakcije u slučaju normalnog razvoja koordinacije gornjih ekstremiteta tijekom prvih mjeseca djetetova života. Kasnije, kako program (engram) postaje precizniji, to je djetetu progresivno sve manje neophodna svjesna pažnja da bi se aktivnost izvela. Kada dijete može izvesti motorički zadatak tako lako i automatski da nije više zainteresiran njime, napreduje od uvježbavanja te aktivnosti k nekoj novoj ili složenijoj aktivnosti koja izaziva njegove sposobnosti percepcije i kontrole. Ponovljena facilitacija motoričkog modela voljno piramidalnim putem rezultira formiranjem jednostavnog engrama koji je preprogrami ran i automatski u piramidalnom sustavu. Korištenje tog programa zatim stvara ekscitaciju modela aktivnosti i inhibiciju bilo koje mišićne funkcije koja nije u modelu uključena. Time se stvaraju temeljne pretpostavke za motoričko učenje i usavršavanje (Kottke, 1980, Obradović, 2002., Kosinac, 2004).

Da bi se uvježbao novi motorički program (engram) neophodno je izdvojiti komponente aktivnosti na jedinice koje su dovoljno jednostavne da ih dijete može pravilno izvesti koristeći postojeću razinu koordinacije. Kontrolirano vježbanje pod svjesnom kontrolom koristi se za uvježbavanje pojedinačnih jedinica. Naravno, pritom je nužno uspostaviti adekvatne uvjete vježbanja u kojima se zadatak može postojano i uspješno izvoditi.

U sljedećoj etapi nužno je objasniti i demonstrirati djetetu zahtjevni zadatak, dakle senzornu stimulaciju. Dijete mora u potpunosti razumjeti zadatak da bi ga izvelo. Izvođenje motoričkog zadatka treba izvoditi polagano, precizno i bez učešća snage (minimalno učešće snage), uz ponekad dovoljno „asistencije“ tako da ne bude otpora voljnoj kontrakciji. Ovo vježbanje treba biti pod pažljivim nadzorom odgajateljice, stručno educiranog nastavnika, da se osigura aktivno učešće samo one muskulature koju zahtijeva model gibanja i da se isključi muskulatura koja nije nužna u modelu gibanja. Drugim riječima ne smije biti su-kontrakcije bilo kojeg mišića koji ne pripada modelu, jer je to istovjetno nekoordiniranoj akciji. Svaki dio u svakom modelu se precizno ponavlja, polako i bez snage i dobrom senzornom kontrolom kroz model gibanja. Zašto je neophodna senzorna kontrola u početnoj fazi učenja (razvijanja) motoričkog programa? Naprosto zbog činjenice jer je motorička memorija dvostruka. Naime, mi pamtimo kako smo osjećali napor dok smo izvodili radnju (pokret) i koji je bio rezultat toga napora. Točna percepcija sile koja je potrebna da se izvede pokret je bitna za stvaranje mišićne sile. Naš osjećaj napora je baziran na informacijama koje stižu iz NMV i GTA. Ova informacija se koristi na dva načina: 1, ona pomaže da se regulira motorička aktivnost koja je aktualna i pomaže, kao

dio memorije (izvođenje takvog zadatka je budućnost). Na taj način osjećaj napora i njegovo upamćivanje bitni su za planiranje i izvođenje svih motoričkih radnji.

S vremenom se u ovoj fazi može povećati brzina, a potom i snaga, samo ako se može održati preciznost. Potrebna su na tisuće ponavljanja da se razvije program (engram) koji se može precizno ponavljati s povećanom brzinom i snagom. Kada su elementarni zadaci uspješno savladani, slijedi njihovo kombiniranje i povezivanje u veće i složenije zadatke. Ponavljanjem nove kombinacije elementarnih zadataka s maksimalnom brzinom i snagom uz osiguranu preciznost osigurava formiranje uspješnog i učinkovitog programa. Međutim, povećanjem brzine i snage blizu vrha sposobnosti tijekom vježbanja unapređuje samo vještinu izvođenja. Za održavanje engrama neophodna je redovita vježba blizu vrha sposobnosti. Engrami se formiraju samo ponavljanjem precizne aktivnosti.

**Metodički aspekt motoričkog učenja.** Kod učenja motoričke radnje treba zapamtiti dvije stvari: prvo, što smo osjećali kada smo izvodili određeni pokret i drugo, koji je rezultat iz njega proizašao. Mi biramo željeni pokret prema zapamćenom rezultatu, npr. gdje je lopta otišla kada smo je „onako“ bacili. Brzina i vještina izvođenja pokreta unapređuje se samo vježbanjem ispod maksimalne sposobnosti izvođenja. To praktički znači da brzo i precizno ponavljajuće vježbanje razvija i usavršava motorički program (engram). Redovito vježbanje blizu maksimalnih sposobnosti je neophodno za održavanje programa (engrama). Pritom treba naglasiti da se samo ponavljanjem precizne aktivnosti prave engrami.

U svakom slučaju, najvažniji aspekt vježbanja u svrhu razvijanja motoričkih i koordinacijskih programa je izgradnja inhibicijske kontrole da bi mišićna, koja ne treba sudjelovati u modelu, bila inhibirana. Ponavljanje preciznog izvođenja pokreta jedini je način na koji se može razviti inhibicija neželjene mišićne (Kottke, 1978, 1980; Obradović, M. (2002).

**Stvaranje motoričke navike.** Osnovu motoričkog učenja čini uspoređivanje željenih i ostvarenih pokreta. Informacije o tome kako se pokret odvija dolazi perifernim inputom u moždane centre koji uspoređuju to što se događa s onim što se trebalo dogoditi. Ovo uspoređivanje omogućuje korekcijska podešavanja. Što su pokreti bolje naučeni, to imaju veću kontinuiranu brzinu pa im je potrebno manje korekcija i lakše se slažu u finu kombinaciju položaja i pokreta. Stvorena motorička navika predstavlja optimalno korištenje programiranih pokreta (Ruhl, H., Wittekopf, G. (1985); Baer, S.M., Rinzel, J. (1995). Motoričke navike najbolje se stvaraju uz pomoć senzorne kontrole u kojoj je glavni aferentni ulaz vizualni. Vizualni signal, daje povratnu informaciju, ima maksimalnu fiziološku snagu. U produžetku procesa formiranja navike postepeno opada značaj vizualnog signala, a raste uloga propriocepcije.

Izloženi koncept neurološko-fizioloških osnova motoričkog učenja i usavršavanja, otvara prostor za daljnju analizu i raspravu koja bi dala više svjetla, npr. na pitanje:

„U kojoj mjeri današnji koncept tjelesne i zdravstvene kulture u nas korespondira sa gore izloženim znanstvenim neurološko-fiziološkim osnovama razvijanja motoričkog programa (engrama)?

#### **4. ZAKLJUČAK**

Pitanjem kako se stvaraju motorički programi (engrami) bavi se kineziološka metodika oslanjajući se na neuro-fiziološke osnove. Motorički programi stvaraju se jedino ponavljanjem preciznih modela aktivnosti. U ponavljanju preciznog modela inhibicija muskulature koja nije uključena u model jednako je značajna kao i ekscitacija muskulature koja sudjeluje u modelu. Ponavljanje preciznog izvođenja jedini je način na koji se može razviti inhibicija neželjene muskulature. Precizno i brzo ponavljajuće vježbanje usavršava motorički program (engram). Redovito vježbanje blizu maksimalnih sposobnosti je neophodno za održavanje programa. Zahtijeva se tisuću ponavljanja da započne formiranje engrama, a stotine tisuća i milijune ponavljanja su potrebni da se dovede do perfekcije.

Normalna osoba vježbanjem može podignuti vrh izvođenja na višu razinu motoričke vještine, odnosno navike.

#### **5. LITERATURA**

1. Baer, S.M., Rinzal, J. (1995): Analysis of an autonomous phase model for neuronal parabolic bursting. *J. Mat. Biology*, 33:309-333.
2. Crane, B. (1998): *Reeflexologie. Guide illustre du bien-etre*, Könemann.
3. Evarts, E.V., Wise, P.S. (1985): *The motor system in neurobiology*. New York, Elsevier.
4. Kosinac, Z. (2005): Dvosmjerna komunikacija između senzornog i motoričkog sustava bitna pretpostavka u ustroju motoričkog programa – engrama. Fakultet prirodoslovno-matematičkih znanosti i odgojnih područja Sveučilišta u Splitu, str. 103-118.
5. Kosinac, Z. (2004): Neuromišićne funkcije i metodičke osnove uvježbavanja koordinacije. *Metodika*, Vol. 5, br. 8., 90-101.
6. Kottke, J. F. (1980): From reflex to skill: Training of coordination. *Archives of physical Medicine and Rehabilitation*. Published by American Congress of Rehabilitation Medicine.
7. Obradović, M. (2002): Opšta kineziterapija sa osnovama kineziologije. Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 321-333.
8. Ruhl, H., Wittekopf, G. (1985): Die motorische Koordination bei automatisierten Bewegungsabläufen. In: *Medizin und Sport*, 25, 5:138-142.