

RAZLAGE PSIHOMOTORIČNEGA UČENJA - TEORIJA MOTORIČNEGA PROGRAMA, TEORIJA SCHEME IN NEOPIAGETOVA TEORIJA

Simona Tancig

KLJUČNE BESEDE: shema, motorični program, motorično učenje, motorični razvoj

KEY WORDS: schema, motor program, motor learning, motor development

POVZETEK

Reprezentacijo in kognitivno kontrolo gibalne dejavnosti so razlagale številne teorije.

Pojem motoričnega programa je splošno sprejet pri teoretikih motoričnega vedenja. Predmet razprave je, kakšen je motorični program in kako deluje pri vodenju gibanja.

Sprva je bil motorični program opredeljen kot abstraktna reprezentacija načrtovanega gibanja, ki vsebuje vse potrebne podrobnosti nameravanega gibanja. Pri tem sta se pojavila problema novosti in uskladičenja motoričnega odgovora.

Schmidtova teorija sheme je s preoblikovanjem pojmovanja motoričnega programa odpravila omenjene težave. Teorija sheme omogoča predikcijo učenja motoričnega vedenja z oblikovanjem sheme prepoznavanja in sheme priklica.

Schmidtovo delo omogoča vključitev učenja motoričnih spretnosti v neopiagetov razvojni model. Obstajajo številne podobnosti med shemo in piagetovim pojmovanjem sheme.

Simona Tandig

ABSTRACT

Representation and cognitive control of motor movement performance has been explained by a number of theories.

The motor program concept seems to have a high degree of acceptance from motor behavior theorist. What is debated, however, is how does a motor program look like and how in operates movement.

At the beginning, a motor program was defined as an abstract representation of planned movement, containing all the details of the intended movement. But there were a few problems: novelty and storage of motor response.

In Schmidt's schema theory, motor program has been redefined to meet these difficulties. Schema theory predicts learning of motor behavior with formation of recognition and recall schemes.

The work of Schmidt allows to fit motor skill learning into overall developmental model of Neopiagetians. The similarities between the Schmidt's schema and the Piagetian schema are numerous.

UVOD

Vsaka uporaba kognicije vključuje motorični odgovor, bodisi da je to govor, pisanje, premikanje oči, pritisk na gumb ali rokovanje s predmeti objektivnega sveta. Morda ni pretirana trditev, da bi bila brez motoričnega odgovora vsa kognicija izolirana od resničnega sveta. Motorično vedenje je uporaba kognicije v najširšem pomenu besede.

Mnoge discipline so se zanimale za študij motorične dejavnosti: kognitivni psihologi, kineziologi, inženirji, fiziologi idr.

Glavni problem, ki so ga skušali rešiti raziskovalci pridobivanja motoričnih spretnosti, je transformacija znanja v motorično akcijo.

Danes so še vedno aktualna vprašanja reprezentacije znanja in akcije, njuna povezanost, značilnosti motoričnega učenja ter vloga metakognicije v učenju in razvoju motorične akcije.

Obstaja več teoretičnih pristopov k študiju gibalne akcije. Po mnenju nekaterih kognitivno usmerjenih teoretikov je gibanje vedeno s shemo. Obstajajo tudi robotsko usmerjene teorije (Hollerbach, 1990), konekcionistični pristopi (Mel, 1991) in ekološke teorije gibanja (Kugler in Turvey, 1987).

TEORIJA SHEME

ZGODNJE OPREDELITVE MOTORIČNEGA PROGRAMA

Zamisel o "motoričnem programu", ki naj bi reprezentiral in vodil gibalno dejavnost, je zelo stara. Najdemo jo že pri Jamesu (1890) in Lashleyu (1951), prepoznamo jo tudi v "načrtu" Millerja, Galantnerja in Pribrama (1960). Vendar je bil Henry (Henry in Rogers, 1960) prvi, ki je opravil več eksperimentov, s katerimi je poskušal raziskati programiranje motoričnih spretnosti. Henryjevo pojmovanje motoričnega programa je bilo podobno računalniškemu programu; sicer pa naj bi za vsak gib obstajal specifičen program. Podobno je opredelil motorični program tudi Keele (1968).

V glavnem vse zgodnje opredelitve soglašajo v tem, da je motorični program množica ukazov, ki gredo od CŽS do mišic (po a in g živčnih poteh) in ki so strukturirani že pred gibanjem. Ti gibalni ukazi naj bi se izvršili v celoti, tako kot so načrtani, celo tedaj, ko senzorična izkustvena informacija narekuje

spremembe v gibanju.

Tako pojmovanje implicitno zahteva, da mora za vsak posamezen gib obstajati motorični program. Ker imamo neskončno število različnih gibov, bi morali imeti tudi neskončno število motoričnih programov, uskladiščenih v CZŠ. To pa si težko zamislimo. Obstajati mora neka meja glede števila odgovorov, ki jih hranimo v spominu, že zato, ker je velikost možganov omejena. Tudi če ne bi bilo tako, si težko predstavljamo, kako bi v resnični situaciji potekala izbira med tako številnimi programi. Gotovo obstaja neka bolj varčna oblika strukture in operacij motoričnega programa v CZŠ.

Pri teh prvih opredelitvah motoričnih programov sta nastala predvsem dva problema: kako so v spominu uskladiščeni različni motorični programi in kako nastane motorični program za povsem nov motorični odgovor.

Jasno je, da mora biti sistem sposoben delovanja, ki je drugačno od izbiranja vnaprej pripravljenega odgovora iz množice implicitnih odgovorov. Če bi bilo to izključeno, bi bil vsak nov odgovor nemogoč. Bolj učinkovit način bi bil zasnovan na uskladiščenju funkcionalnih pravil in ne samo specifičnih odgovorov. Tak sistem bi omogočal uspešno posploševanje izkušenj na nove situacije, ki niso identične, ampak samo podobne prejšnjim.

Za razrešitev omenjenih vprašanj je bilo potrebno spremeniti pojmovanje motoričnega programa.

GENERALIZIRANI MOTORIČNI PROGRAM

Schmidt (1983) je opisal motorični program kot "abstraktno reprezentacijo gibanja". S tem je postal motorični program bolj generaliziran kot specifičen za določeno gibanje. Tak motorični program vsebuje samo splošno reprezentacijo gibanja, ki jo je potrebno v konkretnem primeru dopolniti s specifičnimi zahtevami gibanja.

Za generalizirani motorični program je značilno, da ima invariantne značilnosti, ki so konsistentne znotraj določenega razreda gibanja, in spremenljive parametre, ki se določajo sproti za vsak primer gibalnega odgovora. Zaporedje elementov gibanja, faznost in relativna sila gibanja predstavljajo invariantne značilnosti motoričnega programa. Spremenljivi parametri pa so: celotno trajanje gibanja, celotna sila ter izbor mišic, ki so

nosilci gibalne dejavnosti.

Parametre si lahko predstavljamo kot površinske poteze gibanja, ki se lahko spreminjajo znotraj določenega razreda gibanja. Tako je npr. metanje lahko izvedeno v krajšem ali daljšem času, z večjo ali manjšo silo in z vključitvijo različnih mišic (leve ali desne roke ali obeh). Pri tem pa ostaja konstantno zaporedje gibov, čas med dvema elementoma gibanja glede na totalni čas kot tudi relativna sila. Vse tri omenjene značilnosti gibanja predstavljajo invariante motoričnega programa.

Z generaliziranim motoričnim programom je bil razrešen problem uskladiščenja gibanja v spominu. Za posamezen razred gibanja, npr. metanja, je potreben en sam program. Ta program z določanjem parametrov lahko prilagodimo vsem možnim variacijam znotraj tega razreda gibanja.

To pomeni, da je bil rešen tudi problem novega motoričnega odgovora, saj generalizirani program omogoča (s specifikacijo ustreznih parametrov) izvesti gibanje, ki ga še nikoli nismo, znotraj določenega razreda gibanj.

Ostala pa so odprta vprašanja, kako na osnovi takega pojmovanja reprezentacije gibanja pojasniti motorično učenje in razvojne spremembe v gibanju.

TEORIJA SHEME

Nekatera od omenjenih vprašanj je skušal razrešiti Schmidt (1983) s teorijo sheme, ki temelji na treh glavnih metaforah: generaliziranem motoričnem programu, shemi priklica in shemi prepoznavanja.

Schmidt je že leta 1975 predlagal pojmovanje motoričnega učenja kot procesa oblikovanje sheme ali pravila, ki opredeljuje odnos med informacijami, vključenimi v generiranje, in evalvacijo motoričnega učenja. Pri tem ga je vodila ideja sheme, ki jo omenja že Bartlett (1932), kot tudi sodobnejša razmišljanja o abstraktnih pravilih v prepoznavanju vzorcev (Posner in Keele, 1970) ter novejša pojmovanja gibanja (Pew, 1974).

Po teoriji sheme so motorični programi generalizirani, za njihovo izvajanje pa morajo biti oblikovana sestavljena pravila. Taki pravili sta shema priklica in shema rekognicije. Glede na to, da se obe shemi oblikujeta na osnovi izkušenj

s preteklimi gibanji, sta pravili lahko posplošeni na novo gibalno situacijo. To pomeni, da lahko uspešno izvedemo in evalviramo povsem novo gibanje, ki ga še nikoli nismo izvedli.

Avtor teorije sheme je predvideval, da abstrahiramo štiri dejavnike, ko izvedemo neko gibanje, in jih nato uskladiščimo v spomin. To so: začetni pogoji, specifikacije gibalnega odgovora za motorični program, senzorične posledice in rezultat odgovora.

Začetne pogoje predstavljajo informacije o okolju, v katerem bo potekal motorični odgovor, in informacije o stanju mišičnega sistema pred gibanjem. Začetne pogoje sestavljajo informacije, ki nam jih posredujejo različni receptorji še pred odgovorom. To so proprioreptivne informacije o položaju okončin in celotnega telesa v prostoru kot tudi eksteroreptivne (vidne in slušne) informacije o stanju okolja. Po gibanju se ti začetni pogoji, ki jih uporabimo za načrtovanje gibanja, uskladiščijo v spominu.

Specifikacija gibanja - ker je motorični program za generiranje motoričnih ukazov relativno splošen in ga spreminjamo s sestavinami, kot so hitrost, moč ipd., je treba te elemente specificirati še pred gibanjem. Po gibanju se te specifikacije uskladiščijo z drugimi informacijami, ki jih dobimo po gibanju. Vse to je potrebno za zapis specifikacije izvedenega gibanja.

Senzorične posledice - po gibanju se uskladiščijo tudi senzorične informacije, ki jih dobimo med gibanjem. Te informacije so vrnitvene informacije, ki nam jih posredujejo proprioreceptorji in eksteroreceptorji. Senzorične posledice so torej motorična kopija aferentnih informacij, ki jih dobimo med gibanjem.

Rezultati odgovora - po gibanju se uskladišči tudi uspešnost odgovora glede na rezultat ali cilj, ki smo si ga postavili. To informacijo dobimo s poznavanjem rezultatov (PR), zato je njena natančnost neposredna funkcija količine in natančnosti objektivne vrnitvene informacije.

Shema priklica je vključena v generiranje motoričnega odgovora. Glede na cilj gibanja se s shemo priklica določijo parametri, ki so potrebni za pravilno izvedbo generaliziranega motoričnega programa. Shema priklica se oblikuje na osnovi treh vrst informacij: začetnih pogojev, informacije o rezultatu gibanja in parametrov, ki so bili določeni za izvršitev motoričnega programa. Pri izbiranju gibalnega odgovora dobi oseba senzorične informacije o začetnih pogojih, izberejo se parametri za generiranje gibanja in nato zabeleži njihov

rezultat. Z večkratnimi ponovitvami motoričnega odgovora se začne abstrahirati informacija o odnosih med vsemi tremi viri informacij. Shema sedaj vsebuje pravilo, ki določa odnose med omenjenimi tipi informacij.

Shema prepoznavanja je odgovorna za evalvacijo gibanja. Ta shema se oblikuje na osnovi treh vrst informacij: začetnih pogojev, preteklih rezultatov gibalnega odgovora in preteklih senzoričnih posledic. S ponavljanjem ali vadbo določenega razreda gibanja se postopoma oblikuje pravilo, ki določa odnos med tremi vrstami informacij.

"Moč" ali učinkovitost obeh shem ne narašča samo s številom ponovitev motoričnega odgovora določenega splošnega tipa (kvantiteta vadbe) in natančnostjo informacije o uspešnosti odgovora (poznavanje rezultatov), ampak predvsem z variabilnostjo ali pestrostjo vadbe. To pomeni, da vadimo, npr. metanje, z različnimi žogami, z različne razdalje, z različno velikostjo tarč itd.

Z "močjo" oz. učinkovitostjo sheme narašča uspešnost povsem novega motoričnega odgovora znotraj določenega razreda gibanj. Dobro razvita shema omogoča, da bomo uspešnejši v metanju s povsem drugačno žogo, tarčo in razdaljo metanja.

Pojem sheme v motoričnem učenju ima čisto konkretne implikacije za vadbo, ki so bile tudi empirično preverjene. Za uspešnost motoričnih odgovorov v novih situacijah je bistvenega pomena raznolikost izkušenj znotraj določenega tipa gibanja, ki jih lahko zagotavlja le pestra vadba.

TEORIJA SHEME IN NEOPIAGETOVA TEORIJA RAZVOJA

Pomembni so tudi poskusi kombiniranja obeh teorij za razumevanje in razlago psihomotoričnega razvoja.

Schmidt (1975) je našel trdnješe potrditve svoje teorije pri otrocih, ko se sheme gibanja šele razvijajo, kot pri odraslih, pri katerih gre verjetno bolj za prekombinacijo obstoječih shem oz. spretnosti. Zato je smiselno raziskovati pridobivanje novih shem v času najhitrejšega razvoja. Čeprav imajo otroci omejeno kapaciteto predelovanja informacij, ki s starostjo narašča, je ta razvojna značilnost tista, ki ima pomembno vlogo pri ocenjevanju razvoja in učenja.

Prav ta kapaciteta je ena pomembnih značilnosti, na katerih temelji neopiagetova teorija kognitivnega razvoja.

Pojem sheme, ki se pojavlja pri obeh teorijah, izhaja iz različnih tradicij. Pojmovanje sheme v neopiategievi teoriji ima korenine v kognitivni psihologiji Piageta, Rumelharta in Ortonyja (1977) ter Caseja (1974), medtem ko ima v teoriji sheme omenjeni pojem svoje izhodišče na področju raziskav motoričnih spretnosti (Pew, 1974; Schmidt, 1975). Ti orientaciji se ne razlikujeta pomembno v naravi stanja o akciji, ki je reprezentirana v strukturi sheme.

Čeprav ni nobenega dvoma, da je shema prototip za akcijo, obstajajo razlike v poudarkih, katere variable in značilnosti so reprezentirane v tem pojmu. Kognitivna znanost se je osredotočila predvsem na reprezentacijo samega akta (Rumelhart in Ortony, 1977) brez omembe podrobnosti gibanja kot takega. Nasprotno pa raziskovalci motoričnega učenja v pojmovanju sheme močno poudarjajo reprezentacijo raznih podrobnosti v specifikaciji motorične akcije (Schmidt, 1975), kot so kinematične in kinetične lastnosti gibanja. Potreba po povezavi obeh pojmovanj je več kot očitna.

Pascual-Leone (1970) je podal neopiagetov model razvoja, v katerem je orisal funkcionalne značilnosti Piagetovih stopenj razvoja. V tem modelu je Pascual-Leone skušal s kvantitativnimi parametri opredeliti kvalitativne spremembe, ki označujejo posamezno razvojno stopnjo. Osnovna pojma njegove teorije sta zbirka shem in osrednji mentalni prostor (*central computing space*).

Case (1974) je opredelil shemo kot subjektivno ali psihološko enoto znanja. V neopiategievi teoriji zasledimo tri vrste shem: figurativne, operativne in izvršilne.

Figurativne sheme predstavljajo dejstva ali perceptivne konfiguracije. Figurativne sheme so ekvivalentne enotam informacij, o katerih govori Miller (1956). Tako zbirka figurativnih shem predstavlja množico obstoječega znanja in pojmov o mentalnih objektih.

Operativne sheme so procesi (transformacije), ki jih lahko uporabimo na množici figurativnih shem, da jih prilagodimo ali tvorimo nove. Operativne sheme so odgovorne za sintezo in izboljšave v procesu učenja.

Izvršilne sheme so funkcionalne enote, ki nadzorujejo in vodijo načrtovane dejavnosti. Odgovorne so za sestavljanje in aktivacijo shem v določenem vrstnem redu. Izvršilne sheme so visokonivojske strategije učenja.

Razlikovanje figurativnih in operativnih shem zelo spominja na razlikovanje deklarativnega in proceduralnega znanja.

Podobno lahko najdemo vzporednice za izvršilne sheme, in sicer v metakogniciji. Tako Sternberg (1983, 1986) govori o metakognitivni komponenti, ki vključuje izvršilne spretnosti. Te so odgovorne za načrtovanje, nadzorovanje in evalvacijo intelektualnih dejavnosti. Njegove neizvršilne spretnosti so podobne proceduralnemu znanju oz. operativnim shemam. V osnovi so to kognitivne kategorije (strategije), ki se uporabljajo pri učenju, reševanju problemov in pomnjenju; so sredstva kognitivne dejavnosti.

Case (1974) govori o dveh procesih, ki sta pomembna za razumevanje učenja. To sta C-učenje in L-učenje. Z njima je mogoče razširiti zbirko shem. Nova shema lahko nastane z vključevanjem novih komponent v obstoječo figurativno shemo, tj. C-učenje. Lahko pa nastane s kombinacijo in konsolidacijo dveh ločenih shem v eno, tako imenovano nadredno shemo. Piaget je ta proces imenoval recipročna asimilacija. Case ga imenuje L-učenje in meni, da je v največji meri odgovorno za pridobivanje strategij in integracijo pojmov.

Pascual-Leone je s kvantifikacijo centralnega mentalnega prostora (M-prostor) skušal razložiti, kaj je tisto, kar omogoča, da posameznik napreduje na višjo stopnjo kognitivnega razvoja. Meni, da otrok na določeni stopnji razvoja ne bo mogel rešiti naloge naslednje višje stopnje, ker ne bo sposoben aktivirati zadostnega števila shem, ki jih ta zahteva.

Pojem centralnega mentalnega prostora (M-prostor) ima dve obliki: strukturno - M_S -prostor in funkcionalno - M_F -prostor (Pascual-Leone, 1970).

M_S -prostor predstavlja maksimalno število shem, s katerimi otrok operira v enem aktu na določeni stopnji razvoja. Posamezna Piagetova razvojna stopnja je kvantificirana z enačbo $M_S = e + k$. Pri tem "e" predstavlja neznano, toda konstantno komponento ne glede na starost in "k" numerično reprezentacijo števila shem, ki so lahko koordinirane med enim aktom (tabela 1).

RAZVOJ MENTALNEGA PROSTORA V NEOPIAGETOVİ TEORIJI

RAZVOJNE STOPNJE STAROST M-prostor (e + k)

| | | |
|--------------------------|---------|-------|
| zgodnja preoperacionalna | 3 - 4 | e + 1 |
| pozna preoperacionalna | 5 - 6 | e + 2 |
| zgodnja konkretna | 7 - 8 | e + 3 |
| pozna konkretna | 9 - 10 | e + 4 |
| zgodnja formalna | 11 - 12 | e + 5 |
| srednja formalna | 13 - 14 | e + 6 |
| pozna formalna | 15 - 16 | e + 7 |

Tabela 1

Zanimivo je, da je v pozni formalni stopnji posameznik sposoben koordinirati sedem shem pri posameznem aktu. Ta številka je zelo podobna Millerjevemu (1956) magičnemu številu 7 ± 2 , s katerim označuje kapaciteto obravnavanja informacij v trenutnem (delovnem) spominu.

M_f-prostor je tisti del M_s-prostora, ki ga otrok resnično uporabi v določenem trenutku oz. aktu. Tako so s tem prostorom pojasnjene individualne razlike v izkoriščanju M_s-prostora med otroki iste starosti. Tisti, ki imajo večjo sposobnost izkoristiti razpoložljivi M_s-prostor, so uspešnejši v reševanju problemov in izvajanju raznih nalog.

Gerson in Thomas (1977) sta opozorila, da obstajajo kljub razlikam številne podobnosti med teorijo sheme in neopiagetovo teorijo (tabela 2).

PODOBNOСТИ MED TEORIJO SHEME IN NEOPIAGETOVO TEORIJO

TEORIJA SHEME

- * začetni pogoji
- * specifikacija odgovora in rezultati
- * moč sheme narašča z vadbo
- * shema priklica (kratkoročni spomin)
- * maksimalna kapaciteta vskladiščenja

$$7 \pm 2$$

NEOPIAGETOVA TEORIJA

- * sprožilna komponenta
- * izvršilna komponenta
- * M-zahteve naloge se zmanjšujejo z vadbo
- * centralni mentalni prostor (M-prostor)
- * maksimalna kapaciteta M-prostora

$$e + 7$$

Tabela 2

Obe shemi sta splošna konstrukta, ki teorijama omogočata razložiti specifično vedenje, ki temelji na odnosu sedanjega in preteklega vedenja. Oba modela zagotavljata odgovarjajoče strukture, ki lahko služijo kot osnova za opis in predikcijo motorične dejavnosti.

Na osnovi podobnosti med obema modeloma sta Gerson in Thomas (1977) v svoji raziskavi uspešno kombinirala obe teoriji za razlago in predikcijo različnih razvojnih vidikov motoričnega vedenja.

LITERATURA

1. BARTLETT, F. (1932). Remembering. Cambridge, Cambridge University Press.
2. CASE, R. (1974). Structures and strictures: Some functional limitations on the course of cognitive growth. *Cognitive Psychology*, 6, 544 - 573.
3. GERSON, R.F., THOMAS, J.R. (1977). Schema theory and practice variability within a Neo-piagetian framework. *Journal of Motor Behavior*, 9(2), 127 - 133.
4. HENRY, F.M., ROGERS, D.E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor

- reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.
5. HOLLERBACH, J.M. (1990). Fundamentals of motor behavior. v D.N. OSHERSON, S.M. KOSSLYN, J.M. HOLLERBACH (ur.). *Visual cognition and action*. Cambridge, MA, MIT Press, 151 - 182.
 6. JAMES, W. (1890). *Principles of psychology*. New York, Henry Holt.
 7. KEELE, S.W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological Bulletin*, 70, 387 - 403.
 8. KUGLER, P.N., TURVEY, M.T. (1987). *Information, natural law, and the self-assembly of rhythmic movements*. New York, Lawrence Erlbaum.
 9. LASHLEY, K.S. (1951). The problem of serial order in behavior. v L.A. JEFFRIES (ur.). *Cerebral mechanisms in behavior*. New York, John Wiley.
 10. MILLER, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits to our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81 - 97.
 11. MILLER, G.A., GALANTNER, E., PRIBRAM, K.H. (1960). *Plans and structure of behavior*. New York, Henry Holt.
 12. MEL, B.W. (1991). A connectionist model may shed light on neural mechanisms for visually guided reaching. *Journal of Neuroscience*, 3, 273 - 292.
 13. PASCUAL-LEONE, J. (1970). A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301 - 345.
 14. PEW, R.W. (1974). Human perceptual motor performance. v B.H. KANTOWITZ (ur.). *Human information processing*. New York, Lawrence Erlbaum.
 15. POSNER, M.I., KEELE, S.W. (1970). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 353 - 363.
 16. RUMELHART, D.E., ORTONY, A. (1977). The representation of knowledge in memory. v R.C. ANDERSON, R.J. SPIRO, W.E. MONTAGUE (ur.). *Schooling and the acquisition of knowledge*. New York, Lawrence Erlbaum.
 17. SCHMIDT, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225 - 260.
 18. SCHMIDT, R.A. (1983). On the underlying structure of well-learned motor responses. v R.A. MAGILL (ur.). *Memory and control of an action*. Amsterdam, North-Holland, 145 - 165.
 19. STERNBERG, R.J. (1983). Criteria for intellectual skills training. *Educational Researcher*, 12, 6 - 12.
 20. STERNBERG, R.J. (1986). *Intelligence applied: Understanding and increasing your intellectual skills*. New York, Harcourt Brace Jovanovich.