

Tina Bregant, dr. med.

Klinični oddelek za otroško, mladostniško in razvojno nevrologijo

SPS Pediatrična klinika

Klinični center

Vrazov trg 1

1525 Ljubljana

## **Nova spoznanja o razvoju možganov – I.del** Marec 2007

Nova spoznanja o razvoju možganov (nevroznanost) so potrdila to, kar so intuitivno vedeli dobri starši in vzgojitelji. Globoko vrojena spoznanja o optimalnem razvoju naših potomcev, ukvarjanje in skrb zanje so namreč omogočili preživetje bitij, ki niso največja, najbolj trdoživa in najmočnejša na Zemlji -ljudi. Imamo pa ljudje čudovit organ, ki se je skozi evolucijo razvijal in nam omogočil, da smo, kar smo. To so MOŽGANI.

Za uvod, da se malo ogrejemo, naj navedem nekaj dejstev. Povprečni človeški možgani tehtajo 1400 gramov, kar je približno 2 odstotka telesne teže, in porabijo 20 odstotkov vsega kisika, ki je na voljo telesu. Polovica človeškega genoma, kar je približno 25000 genov, je namenjena možganom. V možganih so različne celice: nevroni, ki so odgovorni za večino električnih impulzov, ter celice, ki nevronom omogočajo delovanje: astrociti, mikroglia, oligodendrociti. Njihov obstoj podpira srčno-žilni sistem. V odraslih možganih je 100 milijard nevronov, kar je enako ali celo več kot je število zvezd v Rimski cesti. Število možnih povezav med možganskimi celicami pa verjetno presega število vseh delcev v vesolju.

Delovanje možganov je kompleksno in več kot le logični sistem kot je npr. računalnik. Je neke vrste selekcijski sistem, ki s prepoznavo vzorca vzpostavlja nove sisteme, ki pa so lahko vedno različni. Prav ta selekcijski sistem omogoča vsakemu posamezniku enkratnost in sposobnost ustvarjanja. Um pozna ogromno možnosti. Prav ta široka paleta omogoča izbor vzorcev mišljenja in delovanja, ki so bili skozi evolucijo koristni. Pred 300 milijoni leti, ko so se razvijale prve ptice in sesalci, se je pričel razvijati talamokortikalni sistem – eden glavnih sistemov v možganih. Do danes se je število celic in povezav med njimi znatno povečalo; ohranile in okrepile so se povezave, ki so v evoluciji, v določenem okolju pomenile večje možnosti preživetja. Kompleksna mrežja se po Darwinističnem populacijskem principu samoorganizirajo in tako skozi različne možnosti povezav omogočajo predstave: lahko si zamislimo prihodnost, se spominjamo, se zavedamo, da se zavedamo. Filozofi te predstave imenujejo kvalia. Poenostavljeno pravimo, da kvalia oblikujejo zavedanje. Možgani pa niso ločeni od ostalega telesa, prav tako kot telo ni ločeno od okolja. Zato se realnost in predstave v možganih sproti usklajujejo. Včasih je to usklajevanje zelo osnovno, na nivoju preživetja: Pojej namesto da si pojeden, ali pa zelo kompleksno kot npr. ustvarjanje slike Da Vincijeve Zadnje večerje ali Beethovnov 9. sinfonije.

Organizacija možganskih celic ni linearna, med sabo so povezane v kompleksni mreži. Primerjajo jo s telefonskim omrežjem: pravilne povezave med centralami so podobne pravilnim povezavam med čutili in možganskimi centri ter možganskimi centri med seboj; povezave so nato še bolj specifične: od central do hiš, torej med nevroni. Nevroni so medseboj povezani preko sinaps. Neuron si lahko predstavljamo kot drevo: ko je mlado, je nerazvejano, s starostjo se število vej in vejic veča, nekatere odpadejo, rastejo pa nove. Deblo je telo nevrona, veje so njegovi podaljški: aksoni in dendriti, ki vzpostavljajo med seboj stike preko sinaps. Ob rojstvu ima vsak nevron možganske skorje 2500 sinaps, do 2-3 let se število poveča na 15000. V prvem mesecu življenja število vseh sinaps poskoči s 50 trilijonov na 1 kvadrilijon. Če bi tako hitro raslo tudi dojenčkovo telo, bi se v tem času zredil s 4 na 80 kilogramov telesne teže. Sinapse, ki jih uporabljamo pogosteje, se ohranijo in lahko tudi okrepijo. Tiste, ki jih ne uporabljamo dovolj, izginejo. Sinapse, ki se uporabljajo istočasno, se med seboj povežejo. Nastanek in izginotje sinaps lahko primerjamo z obrezovanjem drevja: neuporabne veje obrežemo, ostale se okrepijo. Tako kot skrben vrtnar pridno obreže drevje vsako leto, če hoče imeti dober pridelek, tako se dogaja tudi v možganih. Novorojenčki lahko izgubijo že polovico svojih nevronov, še preden se rodijo. Ta proces imenujemo redčenje, pomeni pa propad nepotrebnih

nevronov, ki ne dobivajo dovolj signalov. Sinapse nastajajo, se krepijo ali izginjajo vse življenje, kar imenujemo plastičnost. Ti dinamični procesi na sinapsah nam omogočajo obdelavo informacij v otroštvu (razvojna plastičnost), učenje in pomnjenje še pozno v starost (plastičnost učenja in spomina) ter nadomestitev izgube funkcije ob npr. poškodbi (plastičnost, ki jo vzpodbudi poškodba). V grobem ločimo 3 vplive na nastanek in izginotje sinaps: preko glutamata inducirane NMDA aktivnosti, ki se aktivira ob bolečini; kaspazni kaskadi, ki se aktivira ob okužbi ali vnetju ter nevronske aktivnosti. Če torej vplivamo na aktivnost nevronov s spodbudnim okoljem, ki spodbuja učenje, se izogibamo bolečini, okužbi, in vnetju, lahko vplivamo na plastičnost in razvoj možganov.

Nevroni nastanejo pred rojstvom, le izjemoma lahko nastanejo na novo. Poznamo območja možganov, ki so bolj nagnjena k tvorbi novih nevronov. Možganske celice so ranljive. Njihova ranljivost je v različnih obdobjih različna. Pri nedonošenih otrocih so ranljivi oligodendrociti, ki omogočajo hitro povezavo med nevroni, saj jih obdajajo z izolacijskim plaščem maščobe – mielinom. Kasneje so oligodendrociti bistveno manj ranljivi. Nevroni so občutljivi za kakršnekoli spremembe: poškodba drugih nevronov ali podpornih celic vpliva nanje. Poškodovani so lahko tudi neposredno. Pri možganski kapi npr. lahko propade veliko nevronov. Glede na obseg in področje propada nevronov, je okrnjeno delovanje možganov, kar se kaže kot nezmožnost govora, hoje ali celo smrt. Ločimo primarno (direktno) poškodbo in sekundarno poškodbo, ki nastane kot posledica biokemičnih dogajanj v sicer z-dogodkom-oplazenih, a ne uničenih, celicah. Zato verjamemo, da bi sekundarno poškodbo lahko preprečili.

Odrasli in otroški možgani se razlikujejo. Razlikujejo se tako po teži, videzu, anatomskih kot biokemičnih značilnostih kot tudi po procesih, ki se odvijajo. Od 300 g ob rojstvu do 1400 g v odraslosti, od praktično gladkih do nagubanih, od nemieliziranih do mieliziranih možganov je kar dolga pot. Ni pa dolgočasna. Meritve možganske aktivnosti pri enoletnih otrocih kažejo, da njihova prefrontalna skorja, ki predstavlja sedež mišljenja in logike, takrat tvori stike med nevroni tako hitro, da porablja enkrat več energije kot pri odraslem človeku. V razvoju možganov so časovna obdobja, ki omogočajo v tistem času najbolj optimalen razvoj določenega področja možganov. Imenujemo jih kritična obdobja. Kar se naučimo v tistem času, se naučimo hitreje in bolj temeljito kot v kakšnem drugem obdobju. Žal to pomeni tudi, da zamujeno obdobje težje kasneje nadomestimo - nekatera področja možganov so pri v ranem otroštvu zlorabljenih ali hudo zanemarjenih otrocih lahko precej manjša kot enaka področja pri zdravih otrocih, ne glede na to, kaj se z otroci dogaja kasneje v mladosti. Da je temu tako smo videli pri romunskih sirotah. Za učenje je zelo pomemben vzgled, kar so pokazale raziskave, saj znajo otroci pri dveh letih tudi do 300 besed več od svojih vrstnikov, če se starši z njimi pogovarjajo bolj intenzivno. Branje na glas lahko spodbuja razvoj otrokovih možganov, prav tako se otrokova sposobnost učenja ob spodbujajočem okolju lahko poveča tudi za četrtno. Prehrana in ljubeča skrb za otroke je za razvoj možganov izredno pomembna, kar so pokazali z raziskavami pri dojenih otrocih, otrocih, ki niso bili optimalno prehranjeni oziroma so utrpeli pomanjkanje hrane.

Preveč dejstev naenkrat? Pojdimo počasi.

Razvoj možganov se začne takrat kot razvoj drugih tkiv. Torej čisto na začetku, z oploditvijo. Sprva si celice delijo iste lastnosti, s časom pa se število celic poveča, celice se med seboj pričnejo razlikovati. "Srček" v 4.tednu že bije, ektoderm (ena od treh vrst celic v zarodku) pa še ni nič podoben možganom, živcem, koži, lasem, nohtom, sredici nadledvičnice in povrhnjemu delu prebavil, bolj je podoben cevi. Ta cev se oblikuje/napihne v mehurčke, ki bodo kasneje veliki in mali možgani, podaljšana hrbtenjača in hrbtenjača. Temu pravimo nevrulacija in poteka od 4. tedna po oploditvi dalje. To je ključno obdobje za razvoj simetričnih, celostnih možganov. Napake iz tega obdobja so napake zapiranja nevrulne cevi. Od 6. tedna dalje se posamične celice že zelo razlikujejo – nastajajo nevroni in podporne celice, in to obdobje je ključno za to, kolikšno bo njihovo (grobo) končno število v 20.tednu. To obdobje imenujemo proliferacija. Kam se bodo te prave celice naselile, določa obdobje migracije od 8.tedna dalje do 24. tedna. Selijo se od znotraj navzven, od zadaj naprej, tiste, ki bodo najbolj zunaj v možganih se tja naselijo najkasneje. To določa grobi videz možganov. Od 17.do 30.tedna, z vrhom v 24.tednu, prihaja do prehodne populacije celic tik pod

možgansko skorje. Imenujemo jo podplošča. Tega sloja po 30.tednu ne vidimo več. Od 24.tedna dalje poteka organizacija nevronov, njihovo brstenje in intenzivno povezovanje-tvorba sinaps in od 24.tedna mielinizacija:organizacija podpornih celic, ter odlaganje mielina od 36. tedna dalje in omogoča hitre povezave med celicami. Ves čas je proces nadzorovan s strani posebnih molekul, hormonov, rastnih faktorjev, ki so v različnih obdobjih različni. Zato hormonsko ravnovesje matere, spol ploda, prehrana v nosečnosti, dodatki kot folna kislina ali pa prisotnost alkohola in težkih kovin, zlasti v najbolj občutljivem obdobju pomembno vpliva na razvoj možganov.

**Torej 1.dejstvo: Na razvoj možganov vplivamo že pred rojstvom. Zato poskrbimo za otroke najbolje tako, da poskrbimo za nosečnice.**

Prejšnje obdobje se zaključijo z rojstvom donošenega zdravega novorojenčka, z možgani, težkimi 300 g, kar je 10%telesne teže. Tekom razvoja bodo možgani zrasli do končne teže 1400 g, kar bo le še 2% telesne teže. Nevroni bodo predvsem zreli, torej se bodo biokemično pričeli razlikovati, razvijali se bodo dendriti in aksoni, povečevalo se bo število povezav- sinaps in bo največje v starosti 6-12 mesecev, nato pa se bo število povezav spreminjalo glede na njihovo uporabo po načelu: uporabi ali izgubi. V tem obdobju se izrazijo tudi manjše genetske posebnosti. Vpliv okolja v katerem rastemo, je izrazit. Radi rečemo, da na razvoj v tem obdobju vpliva tako biološka narava kot okolje. V občutljivem obdobju, ki ga uravnavajo posebne molekule, vezane na bilološko notranjo uro, izkušnje nepovratno vplivajo na razvoj posebnih predelov živčevja, pomembno vlogo igra vtisnjenje. Za različne predele možganov obstajajo različna občutljiva obdobja. Tako je za govor ključno obdobje do 4.letega starosti, glasbo 3-10let, logiko do 4.leta itd. Kritično obdobje omogoča kljub neusteznim izkušnjam v tej dobi še normalen razvoj živčevja. Kasneje po obdobju so spremembe težko izvedljive. Na gene težko vplivamo, lahko pa vplivamo na okužbe, poškodbe, prehrano in (ne)vzpodbudno okolje ter tako omogočimo optimalen razvoj. Tudi v bolnišnicah, kjer imamo opraviti z bolnimi otroki, se trudimo biti do njih nežni in prijazni. Bolnišnični stres je velik: zbadanje z injekcijami, preiskave, novo okolje s številnimi dražljaji skušamo čimbolj omiliti: želimo, da je skrbnik poleg otroka, uporabljamo manj boleče postopke, uporabljamo primerna zdravila, itd.

**2.dejstvo: Kar bomo počeli v zgodnjem otroštvu (oz. v občutljivem obdobju), bo trajno vplivalo na nas. Če bomo deležni ljubeče skrbi in prisotnosti odraslega, ki nas bo hranil, negoval, odvrčal od nas bolečino, bomo zreli v zdrave odrasle ljudi.**

Zdaj smo pa odrasli z odraslimi možgani. Če je bil naš razvoj optimalen, smo sposobni, zdravi odrasli, ki v vsakdanje življenje ne vlagamo večjih naporov. Če temu ni bilo tako, vlagamo večje napore v vsakdan. Vendar so naši možgani še vedno sposobni novega učenja, zaradi plastičnosti se vzpostavljajo nove povezave, lahko nastanejo celo novi nevroni. Vendar je to vezano na dolgotrajnejše procese kot v mladosti. Bolj kot v mladosti je pomembna vloga sprednjih delov možganov, ki so šele sedaj poponoma dozoreli in lahko uravnavajo motivacijo in t.i. eksekutivne funkcije. Delovanje celotnega telesa je zelo pomembno: zdrav srčno-žilni sistem (ki je vezan na zdrav življenski slog) pomembno vpliva na optimalno delovanje možganov.

**3.dejstvo: Možgani se razvijajo vse življenje. Naš življenski slog vliva tudi na delovanje naših možganov.**

K optimalnemu razvoju možganov lahko torej veliko prispevamo. Genov še ne znamo dovolj nadzorovati, lahko pa nadzorujemo okolje. Zdrava prehrana, ljubeča skrb, izpostavljenost vzpodbudnemu okolju – to lahko storimo za naše otroke. Predvsem starši/skrbniki to lahko storijo za svoje otroke. To pa ni nič novega – tudi Mozartov oče Leopold je počel podobno.Združene države Amerike so poskušale marsikaj. Projekt ameriške psihologinje iz 1930 - The Beth Lucy Wellman Neuroscience Project, naj bi počel prav to. Ameriški predsednik Johnson je 1965 osnoval projekt Head Start , ki pa se je precej izrodil. Tovrstni projekti so se po mojem mnenju izrodili zato, ker niso bili narejeni z resnično ljubeznijo do otrok. Bolj so bili

naravnani na koristi, ki jih bo država in družba imela od uspešnih posameznikov in so premalo vključili prav starše/skrbnike.

Morda res spominja na paradoks o kuri in jajcu, pa vendar: za otroke in tudi razvoj njihovih možganov so pomembni ljubeči starši/skrbniki in okolje, ki ljubeče in odgovorno starševstvo spodbuja. Vzodbuda je lahko tudi finančna in moralna. Vrtni skrbijo in vzgajajo otroke kar 8 ur dnevno in so hkrati enkratna priložnost za umestitev staršev v širše družbeno okolje, šola za starše, prav tako vzgojo staršev, sodelovanje s strokovnjaki itd.

Presenetljivo, kako zelo se sodobna spoznanja razvojne nevrologije približajo intuitivnim spoznanjem ljudi, ki so se ukvarjali z otroki. Jarrold je dejal:«Blagoslovljena naj bo roka, ki se pripravlja, da bo razveselila otroka, saj ni mogoče vedeti, kdaj in kje se bo to veselje razcvetelo naprej.»

#### **4.dejstvo: Bodite prijazni z otroki. To je najboljša vzodbuda za njihov razvoj.**

Naj povzamem najpomembnejša dejstva. Razvoj človeka je zmes vplivov narave in okolja - »nature and nurture« - to pomeni genska zasnova posameznika in hrana, okolje, skrb, stimulacija, učenje. Zgodnje otroštvo narekuje razvoj – močno, varno starševstvo in ustrezna čustvena stanja imajo zaščitno biološko funkcijo, saj oblikujejo biološke sisteme, ki se kasneje aktivirajo v vsakdanjem življenju, npr. stresu. V otroštvu so kritična obdobja, torej izjemna dovzetnost za specifično učenje ter večja sposobnost preoblikovanja in kompenziranja možganov kot kasneje v odraslosti. Žal slednje pomeni tudi izjemno dovzetnost za negativno stimulacijo kot je čustvena zloraba, ponavljajoča bolečina, zloraba drog, nikotina, alkohola, ki ima zato v določenem obdobju znatne in dolgotrajne posledice. Ekonomska prikrajšanost (prehrana, dostopnost medicinske oskrbe, varnost in predvidljivost fizičnega okolja, družinsko okolje, kvaliteta in dnevna skrb za otroka) v otroštvu pomembno vplivajo na razvoj otroka. Zato je pomembno skrbeti za osnovno zdravstveno stanje s preventivnimi pregledi, imunizacijo, skrbjo za nosečnice, dojenčke, spodbujati odgovorno starševstvo s podporni programi za družine, šola za starše, itd. Zaščititi je potrebno najbolj ranljive – naše najmlajše, saj prav zaradi kritičnih obdobj nosijo največje posledice. K temu najbolj pripomoremo, če ustvarimo okolje/družbo, katere član si želi biti vsak.

Tina Bregant, dr. med.

Klinični oddelek za otroško, mladostniško in razvojno nevrologijo

SPS Pediatrična klinika

Klinični center

Vrazov trg 1

1525 Ljubljana

## **Nova spoznanja o razvoju možganov – II.del** Marec 2007

V prvem delu sem opisala razvoj možganov pri posamezniku. Zanimiv pa je tudi razvoj možganov skozi oči evolucije. Dokazi iz evolucije nakazujejo na pravila v razvoju možganov. Ker je razvoj možganov določen tako genetsko kot z okoljem, bom navedla nekaj zanimivih odkritij iz genetike, nato pa še študijo o okoljskem vplivu. (Da, tudi računalniške igrice spadajo pod vliv okolja.) Ker smo se v prvem delu poigrali z razvojem možganov, spoznali nekatere ključne pojme: plastičnost, kritična obdobja, lahko sedaj pokukamo v razvoj možganov pri človeški vrsti. Najprej nekaj evolucijskih sprememb, ki so morda ključno vplivale na razvoj možganov.

Ptiči, sesalci, plazilci – vsi imajo možgane. Nekateri dinosavri so imeli celo 2-je možganov. Človeški možgani omogočajo vrsto aktivnosti: nadzor telesne temperature, tlaka, dihanja; sprejemanje informacij iz okolja s pomočjo čutil; telesno aktivnost; z njimi mislimo, sanjamo, čustvujemo. Možgani vso aktivnost nadzorujejo, usmerjajo in koordinirajo. Zanimivo je, kako je bil razvoj strukturiran.

V grobem ga lahko razdelimo v 3 dele. Najstarejši, »plazilski« možgani, ki so ostali skozi evolucijo precej enaki in jih ljudje delimo z vsemi živalmi s hrbtnico. Nadzorujejo predvsem telesne funkcije kot so dihanje, telesna temperatura in nagoni. Mlajši so »sesalski« možgani, ki omogočajo bolj specifične odzive na okolje in kontrolo telesa ter preko talamusa in avtonomnega živčevja uravnavajo prebavo, tekočinsko ravnovesje, temperaturo in tlak; omogočajo preko hipokampusu spomin ter prepoznavo in čustveno konotacijo dogodkom preko amigdale. Povezave med hipokampusom in amigdalo omogočajo nadzor nad instinkti; občutki jeze, strahu in pripadnosti pa se povezujejo z vedenjem kot je skrb, boj ali beg. Najmlajši del, t.i. neokorteks, ki omogoča najbolj kompleksno aktivnost, sestavlja kar 85% mase človeških možganov. Razdelitev možganov na dve funkcionalno različni polobli, ki sta med seboj povezani, povezani pa sta tudi z ostalimi, evolucijsko starejšimi predeli možganov, omogoča kompleksno delovanje možganov in telesa.

Etološke razlage razvoja inteligence so kompleksne, je pa zanimivo poznati koncept programov obnašanja. Programa obnašanja sta zaprti in odprti tip. Zaprti tip je podedovan, na dražljaje okolja se odziva posameznik stereotipno in instinktivno. Pri odprtem programu je obnašanje fleksibilno, kar pomeni prednost v spremenljivem, manj predvidljivem okolju. V filogenezi živali obstaja težnja po zamenjavi zaprtega tipa obnašanja z odprtim in doseže vrh pri človeku, ki je sposoben povsem prilagajati okolje sebi. Vplivi okolja so pomembno vplivali na razvoj možganov. Najverjetneje so ob doseganju kritične mase in dovoljšni organizaciji nato pričeli delovati možgani in kultura človeka preko pozitivne povratne zveze in tako vzpodbujali nove koncepte in razvoj inteligence. Ta prepletenost se kaže v zanimivih dejstvih razvoja možganov.

Možgani našega prednika, Homo Erectusa, ki je živel pred približno 1.6 milijona let, so tehtali v povprečju le 900 gramov. Ker so možgani sodobnega človeka težki 1400 gramov, to pomeni, da je vsaka človeška generacija povprečno pridobila trideset tisoč novih nevronov. Takega števila novih celic in njihovih povezav pa ne morejo določati naključne mutacije v genomu. Večino novih nevronov vsebuje možganska skorja, ki je po nastanku, gledano evolucijsko, najmlajša. Sestavljena je iz nevrnskih zank, ki prinašajo določeno evolucijsko prednost že s tem, da so številčnejše; določa jih tudi število podpornih celic in kvaliteta ter količina medsebojnih povezav. Nevronske zanke niso specifične za določene naloge, ampak delujejo večinoma neodvisno.

Genetiki so odkrili gen HAR1F, ki je eden izmed ključnih znanih genov, ki deluje na razvoj možganske skorje. Dejaven postane v zarodku v 7.tednu ter ugasne v 19.tednu. Gen HAR1 se je pojavil pred 300 milijoni leti in ga imajo tudi piščanci in opice. Toda od kar sta se ločili evolucijski poti opice in človeka, je ta gen pri ljudeh mutiral kar 18krat, pri opicah le 2-krat. Količina mutacij v tem času je prevelika, da bi bila naključna. Najverjetneje je posledica sestopa človečnjaka z drevesa in hoje po 2 nogah, ki je bila ključna v razvoju (in tudi verjetno zelo stresna). V času sprememb gena HAR1 je možganska skorja pridobila 3kratno maso, kar pomeni večjo količino možganskih celic, več in bolj kompleksne povezave ter kompleksnejše delovanje.

Kar polovica človeškega genoma uravnava nastanek, razvoj in delovanje možganov. Ohranili so se geni, ki so pomenili selekcijsko prednost. Zanimivo je, da so odkrili gen mikrocefalin MCPH1, ki uravnava velikost možganov in je njegova alelna D oblika prisotna pri 70% ljudi. Bolj pogost je v Evropi. Pojavil se je pred 1,1 milijonom let in dobil svojo današnjo alelno obliko pred 37.000 leti, kar je 2000 let pred izumrtjem Neandertalca. Ker se je pojavil v genotipu sodobnega Homo sapiensa in predvsem v Evropi, kjer so živeli Neandertalci, menijo, da so ga v naš genotip prispevali kar oni. To je zanimivo s stališča, da so bili Neandertalci bolj robustni, manjše rasti in okornejšega intelekta. Ker živimo v Sloveniji, kjer so odkrili prvi instrument napravljen s človeško roko, piščalko Neandertalca, si jo oglejte v Narodnem muzeju. Lahko se tudi poigrate z mislijo o drugačnosti Neandertalca.

Vendar velikost ni vse. Ženski možgani so praviloma manjši od moških, tudi če upoštevamo dejstvo, da je žensko telo praviloma manjše in lažje od moškega. Ženski možgani ne delujejo nič manj kot moški. Če vzamemo inteligenco kot sposobnost, merjeno s točkami na IQ testih, je IQ žensk primerljiv z IQ moških. Sklepamo lahko, da ne samo kaj, pač pa tudi kako možgani delujejo, pomembno vpliva na inteligenco.

Nove raziskave, predvsem fMR-funkcionalno magnetnoresonančno slikanje so pokazale, da IQ otrok in mladine določa razvoj (hitrost nastajanja novih povezav, rast) možganov in ne njihova velikost. Ključno vprašanje glede intelekta torej naj ne bi bilo kaj, ampak kako.

Toda inteligenca je izmuzljiv koncept. Še najbližje se približamo inteligenci kot vrednosti IQ, ki jo izmerimo na posebnih testih. James Flynn, profesor političnih ved na Univerzi v Otagu na Novi Zelandiji, je sredi 1980-ih let prvi pokazal, da se IQ vrednosti zvišujejo. Zaslovel pa je s svojim »Flynnovim učinkom« - zviševanju vrednosti IQ pri mlajših generacijah. Rezultati, ki jih je objavil v reviji Psihološki bilten, so pokazali, da so se vrednosti povišale za 25 točk na generacijo. Ker je rezultat tako osupljiv in sam od sebe napelje v ugibanja, raziskava zasluži opis.

Flynn je primerjal rezultate raziskav, v katerih so v 14 državah z različnimi testi merili sposobnost človeškega mišljenja. Najpodrobnejši podatki so bili iz držav kot sta Nizozemska in Belgija, kjer so sredi 1980-ih še vedno imeli obvezno služenje vojaškega roka. Skoraj vsak mlad moški (v nekaterih državah pa tudi vsaka mlada ženska) je moral opraviti inteligenčni preizkus, kar pomeni, da so testirali celotno populacijo. Testi so se po državah razlikovali, vendar je rezultate testov mogoče pretvoriti v IQ vrednosti in jih primerjati med seboj. Rezultati so pokazali, da so se vrednosti IQ povišale za 25 točk na generacijo. IQ testi so razdeljeni na sklope: verbalne, računske, vizualno-prostorske naloge itd. Zadnja skupina nalog običajno vsebuje Ravenove matrice – zaporedne vzorce z manjkajočim delom, ki ga mora preiskovanec nadomestiti z enim od možnih vzorcev, ki jih ima na razpolago. Skoraj v vseh primerih je bilo povišanje vrednosti najvišje prav pri Ravenovih maticah in njim podobnih nalogah, medtem ko je bilo pri verbalnih in računskih nalogah povišanje zmernejše. Kasneje je Flynn obdelal še podatke iz drugih držav, ki so prav tako potrdili največji delež dviga IQ vrednosti pri abstraktnih in vizualno-prostorskih nalogah. Ta pomemben dvig IQ vrednosti je Flynn komentiral: »Naši stari starši niso bili zaostali in mi nismo geniji. Bolj verjetno je, da smo preprosto razvili sposobnosti in navade, ki nam omogočajo boljše reševanje abstraktnih nalog, in, kar je prav tako pomembno, da takšne naloge jemljemo resno. Ljudje smo resnično postali boljši pri reševanju določenih nalog.« Trdi, da je družba ljudi spodbujala, da so te lastnosti razvili. Ko so odraščali današnji stari starši, so ljudje cenili miselne sposobnosti kot sta aritmetika in bogat besednjak. Naloge, ki jih danes jemljemo resno, so bile takrat nepomembne. Flynn je prepričan, da se je v družbah, v katerih smo s testiranjem inteligentnosti postali skoraj obsedeni, sposobnost reševanja abstraktnih nalog razvijala hitreje kot druge sposobnosti. Zahteve po dobrem reševanju vizualno-prostorskih nalog so se povečale tudi zaradi televizije,

računalnikov in vožnje avtomobilov.

Večina psihologov se strinja, da so se IQ vrednosti dvignile. Nekateri od njih, na primer, Robert Howard z Univerze v Sidneyu, trdijo, da je človeška inteligenca porasla na račun boljše prehrane, manjših družin, širšega in lažjega dostopa do izobrazbe in drugih dejavnikov okolja. John Rust z Londonske Univerze trdi, da za porast inteligence ni kriv le večji poudarek na vizualno-prostorskih nalogah pač pa večja kompleksnost naše družbe, v kateri morajo ljudje pri reševanju različnih težav in nalog več misliti. Trdi tudi, da je z naprednimi posamezniki, ki prvi dojemajo določen koncept, kot je Einstein s svojo teorijo relativnosti, ostalim pripadnikom družbe lažje razmišljati na bolj zahteven način.

V raziskavi, ki jo je Howard opravil leta 2001, je proučeval skupek kazalcev, vključno z znanstveno produktivnostjo in dosežki v intelektualnih igrah, kakršni so šah, bridž in go. Zaključil je, da ljudje zelo verjetno resnično postajamo vse pametnejši. Na primer, starost najmlajšega šahovskega velemejstra je od leta 1991 padla štirikrat, pri čemer je bila od 1950-ih let naprej ves čas ista. Vendar noben od pokazateljev ni prepričljiv dokaz dviga inteligence. Povečanje znanstvene produktivnosti, na primer, lahko odraža zgolj to, da so znanstveniki izpostavljeni vse večjim pritiskom, da objavljajo članke. Poleg tega pa nekateri kazalci, kot je število novih patentov, niso pokazali izrazitega porasta. Kljub zadržkom je Howard ocenil, da se nekaj vendarle dogaja, še posebej na področju vizualno-prostorskih sposobnosti, ki jih morajo obvladati tudi dobri igralci šaha. »Otroci postajajo pametnejši na vizualnem področju, ker se neprestano srečujejo z vizualnimi izzivi,« pravi. Tako kot Flynn je prepričan, da to povišuje njihove IQ vrednosti.

Ne glede na razloge, videti je, da je Flynnov učinek resničen. Pri reševanju vizualno-prostorskih nalog ste verjetno pametnejši od svojih staršev in še bolj pametni od svojih starih staršev. Toda ali se lahko to nadaljuje? Bo nekdo, ki je danes povprečne inteligence, leta 2050 veljal za manj inteligentnega? Morda le ne bo tako.

Howard se je s svojim raziskovanjem lotil novih vprašanj. Nekoliko presenetljivo je mnenja, da je inteligenca otrok v industrijskih državah že dosegla svoj vrhunec. »Če inteligenca raste, potem bi to morali opaziti tudi učitelji,« pravi. Nihče jih ni tega vprašal sistematično, zato je Howard v raziskavo vključil srednješolske učitelje iz Sydneya, ki učijo najmanj od leta 1979 naprej. Večina jih je odgovorila, da na splošno otroci niso bolj inteligentni.

Naslednji Howardov korak je bil, da je isto vprašanje zastavil izkušenim učiteljem v osnovnih šolah v Avstraliji, Singapurju in Južni Koreji. Razlika je bila presenetljiva. Osnovnošolski učitelji v Avstraliji so bili menja, da otroci v zadnjih letih niso postali bistrejši. Toda osnovnošolski učitelji v Singapurju in Južni Koreji so zatrdili, da so otroci v njihovih deželah postali pametnejši. Howard je prepričan, da ta razlika v mnenjih učiteljev ni artefakt. »Moja razlaga je, da se je zviševanje splošne inteligence otrok v industrijskih državah ustavilo že pred časom.« Howard je mnenja, da so se v industrijskih družbah socialne razmere, ki so spodbujale zviševanje inteligence, sedaj umirile, napredujejo le še vizualno-prostorske sposobnosti otrok. V azijskih državah pa se ekonomske razmere še vedno hitro razvijajo.

V podporo svojim trditvam Howard navaja podatke iz Danske. Na Danskem vojska še vedno skliče praktično vse mlade moške pred komisijo, čeprav je danes le redkim potrebno služiti vojaški rok proti svoji volji. Od leta 1957 vsi 17-letniki opravljajo natančno isti inteligenčni test – vključno teste, ki po podobni Ravenovim matricam. Kandidati morajo prav tako prepoznati osnovne geometrične like, ki sestavljajo zahtevnejše oblike. Odgovoriti morajo tudi na vprašanja kakršna je »Sonce je dnevu to, kar je luna...?« in opraviti računske naloge kot je »2 3 5 8 ?«.

Rezultate teh testov sta natančno preučila Thomas Teasdale, nevropsiholog na Univerzi v Copenhagenu, in David Owen, ki dela na Mestni univerzi New York. V 1960-ih in 1970-ih letih so rezultati testov pokazali podobna zvišanja, kot v ostalih državah. Toda do leta 1990 se je hitrost izboljševanja upočasnila do približno 1 IQ točke na desetletje in vrednosti so se zviševale le pri vizualno-prostorskih nalogah. Napredovanje v verbalnih in računskih sposobnostih pa se je ustavilo. Tako je Teasdale sklepal, da rezultati od leta 1999 naprej so v splošnem pričeli upadati. Morda obstaja meja pri opravljanju testov, ki so jo danski najstniki zdaj dosegli. Morda obstaja celo absolutna zgornja meja človeških sposobnosti za reševanje takšnih nalog, ne

glede na to, kako jih prevladujoča kultura spodbuja. Toda Teasdale pravi, da to ne more biti pravi odgovor. »Ne pojasni, zakaj so pričeli rezultati upadati,« pravi. Če so dosegli zgornjo mejo, bi se morali rezultati vrteti okoli nje, ne upadati.

Howard je mnenja, da je lahko umirjanje rasti rezultatov na IQ preizkusih znak težav z motivacijo. Pri svojem raziskovalnem delu z avstralskimi učitelji je spoznal, da po njihovem mnenju otroci niso ne pametnejši ne neumnejši, temveč da jih velika večina meni, da otroke šolanje manj zanima. Teasdale pa tudi v to ne verjame: mnenje učiteljev lahko samo odraža nagnjenje odraslih k temu, da si o mladini mislijo najslabše. Težava je v tem, da celo v Južni Koreji, kjer so učitelji mnenja, da so njihovi učenci pametnejši, učitelji v srednjih šolah menijo, da imajo učenci manj motivacije za učenje kot v preteklosti.

Največji manjkajoči kos pri odgovoru na to vprašanje pa so šolski rezultati otrok, ki so šolanje končali. Ali se rezultati po svetu izboljšujejo, poslabšujejo ali ostajajo enaki? Testi so se spreminjali, spreminjalo pa se je tudi število otrok, ki jih je opravljalo, zato je težko vedeti, kako uspešni so kandidati pri opravljanju testov. Najboljši odgovor je verjetno ta, da se rezultati ne spreminjajo ali celo upadajo. V ZDA, kjer se zaključni izpiti niso bistveno spremenili, se rezultati od 1950-ih let dalje niso zelo spremenili. V Veliki Britaniji se je število učencev, ki so dosegali višje rezultate, od leta 1990 dalje zelo zvišalo. Toda Rust meni, da gre to na račun znižanja zahtevnosti testov z namenom, da bi čim več ljudi doseglo visoko izobrazbo.

Sprehodili smo se od nendertalca do današnjega šolarja, ki dneve preživlja pred računalnikom. Nekaj spoznanj iz otroške nevrologije vas je gotovo spodbudilo k razmišljanju. Morda o nekaterih spoznanjih dvomite, druga se vam zdijo izredno resnična. Grinder je dejal: »Če bi bili človeški možgani tako preprosti, da bi jih lahko razumeli, bi bili mi tako preprosti, da jih ne bi mogli.« Znanost raziskuje, novih spoznanj je veliko, vsi se učimo. Morda boste sedaj prepoznali določene koncepte vzgoje, morda vam bo kakšno načelo pomagalo pri razumevanju otrok. Morda boste skomignili z rameni, ker je znanost tako zapletena. Predvsem pa si zapomnite dejstvo, ki ga je znanost potrdila: Imejte radi otroke. In jih res imejte radi.

Tina Bregant, dr. med.  
Klinični oddelek za otroško, mladostniško in razvojno nevrologijo  
SPS Pediatrična klinika  
Klinični center  
Vrazov trg 1  
1525 Ljubljana

## **Nova spoznanja o razvoju možganov – III.del** Marec 2007

Hoja se zdi samoumevna, dokler nimamo v rokah dojenčka. Kdaj bo shodil? Naj mu pomagamo? Pozabimo, da ima dojenček vrojene potenciale pokončne hoje, ki pa se razvijejo le z bivanjem v človeški skupnosti. Pozabimo, da se hoje ne naučimo prisilno, s pripomočki kot je hojca in držanje za roke, pač pa spontano, skladno z razvojem.

Zdrav in donošen novorojenček po rojstvu uravnoteženo leži na hrbtu, okončine lahko dvigne od podlage, značilen je položaj popolne fleksije. Ta je prisotna v vseh legah. Izkazuje tudi številne avtomatizme in refleksne odgovore. Ti so odraz delovanja filogenetsko starih predelov osrednjega živčevja, ki so omogočili v evoluciji preživetje ali zaščitno vlogo za novorojenčka. To so sesalni refleks, ki je nujen za učinkovito hranjenje, prijemalni in Morojev refleks, ki sta omogočala varen oprijem mame in refleks plazenja. Na hojo spominjajo naslednji refleksi: reakcija prestopanja, reakcija vzravnave in avtomatizem prvinskega stopanja. Somatosenzorična zaznava iz kože hrbtišča stopala povzroči, da novorojenček refleksno dvigne nogo – se prestopi. Presorepcija v podplatih povzroči, da izegne noge in se zravnava v hrbtu. Avtomatizem prvinskega stopanja, ki zaradi presorepcije v podpaltih izzove navidezno hojo pa dokazuje, da so nevronske krogi za stopanje prisotni že ob rojstvu. Refleksno in ritmično gibanje nastaja na nivoju možganskega debla in hrbtenjače in je filogenetsko najstarejše.

Ob tem se novorojenček tudi spontano giblje. Normalen vzorec spontanega gibanja je zvijanje, ki počasi zajame celo telo in nato usahne v nekaj sekundah do minutah. To je celostno gibanje udov, velikih amplitud in počasne, a spremenljive smeri in hitrosti. Gibi se javljajo v spremenljivem zaporedju, so tekoči in kompleksni ter zaradi sočasnih rotacij tudi elegantni. Občasno jih prekinjajo trzljaji. Telo se ob tem zvija in rotira, kar spominja na ples trebušnih plesalk. Gibi so značilni za novorojenčkovo obdobje in nastajajo najverjetneje v predelu bazalnih ganglijev, ki ga imenujemo palidum. Med 2. in 4. mesecem starosti je najizrazitejše drenčanje, ko zlasti distalno rotirajoči gibi vratu, trupa in okončin dajejo vtis nemira. Ti gibi naj bi odražali intenzivno sinaptogenezo, ko se v gibalne vzorce vključujejo tudi filogenetsko mlajši deli možganov, vključno z možgansko skorjo.

Razvoj zavestnega obvladovanja telesa pri dojenčku poteka po dveh načelih:

1. načelo kraniokavdalnega razvoja - od glave proti stopalom
2. načelo proksimodistalnega razvoja - od sredine proti periferiji

### **Obvladovanje telesa v hrbtni legi**

V legi na hrbtu novorojenček zavzame položaj popolne fleksije, glavica je obrnjena v eno ali drugo smer. To je normalen asimetrični položaj novorojenčka. Pri obratih glavice v eno ali drugo smer vidimo asimetrični tonični vratni refleks, ko se okončine na strani obrnjene glavice iztegnejo, na nasprotni strani pa pokrčijo. Zdrav novorojenček brez težav prekine ta refleks z obratom glavice v drugo smer. Refleks po 3. do 4. mesecu naglo usiha, po 6. mesecu ga normalno ne moremo več izzvati.

Pri dveh mesecih dojenček zmore za krajši čas zadržati sredinski položaj glave, med 3. in 4. mesecem to obvlada. Vse štiri okončine drži od podlage in je v tem položaju povsem stabilen. Nogice čedalje bolj dviga, pri 5. mesecu do vertikale in se prijemlje za kolena, pri 6. mesecih pa raziskuje svoja stopala. Pri 7. mesecih pride z nogicami do ust in sesa prstke na nogah.

Med 3. in 4. mesecem se obrača v bočni položaj, med 5. in 7. mesecem obvlada kotaljenje iz hrbtne v trebušno lego, med 6. in 8. mesecem pa se iz trebušne lege prekotali na hrbet.

Pri potegu iz ležečega položaja k sedenju pri novorojenčku izzovemo traksijski refleks. Ko otroka potegnemo za roke, glavica ves čas nekoliko zaostaja za telesom in se potem v vertikalnem položaju telesa nagne naprej,

hrbet pa je usločen v kifoza. Pri potegu se okončine pokrčijo v komolcih, kolkih, kolenih in gležnjih.

Pri 3. mesecih glavica v prvem delu poskusa zaostaja za trupom, v drugem delu poskusa pa jo dojenček poravnava v isto linijo s trupom in pokrči okončine. Pri sedenju je hrbet še vedno upognjen v kifoza, glavico pa otrok aktivno zadrži v pokončnem položaju. Pri 6. mesecih pa otrok aktivno sodeluje pri poskusu posedanja od vsega začetka. Glavica je ves čas v isti liniji s trupom, okončine pa pokrči takoj in aktivno sodeluje pri poskusu. Na koncu poskusa sedi ob opori.

### **Sedenje**

Pri 3. mesecih otrok sedi ob opori, hrbet je v položaju popolne kifoze, glavica še ni v pokončnem položaju. Pri 6. mesecih je otrok zmožen za nekaj trenutkov sedeti sam ali z minimalno oporo. Glavica je v pokončnem položaju, prisotna je že cervikalna lordoza. Hrbet pa ni več v položaju popolne kifoze, pač pa je prisotna lumbalna kifoza. Pri 9. mesecih otrok povsem samostojno sedi, z nogami rahlo upognjenimi v disociaciji, hrbet je zravnčan, prisotna je že lumbalna lordoza. Z razvojem sedenja se pojavijo tudi prestrezne reakcije, najprej stranske, nato pa še prestrezne reakcije navzpred in navzad.

Iz sedenja otrok prehaja v stransko sedenje, ter v kobacanje po štirih.

### **Obvladovanje telesa v legi na trebuhu**

Novorojenček v legi na trebuhu zavzame položaj popolne fleksije. S prsnim košem leži na podlagi, rahlo oprt na pokrčene roke. Medenica je dvignjena od podlage, nogice so v celoti pokrčene. Glavica leži na podlagi, obrnjena na eno ali drugo stran. Ta položaj glavic je rezultat zaščitnega refleksa, ki mu pravimo avtomatska reakcija. Če se novorojenček znajde v položaju z obrazom v podlago, bo refleksno obrnil glavico na stran, da bo lahko dihal. Novorojenček je zmožen dvigniti glavico od podlage in jo preložiti na drugo stran – pravimo, da »preloži glavico«.

V nadaljnjem razvoju obvladovanja telesa v tem položaju opazujemo proces kraniokavdalne ekstenzije, ter proces dviganja glavic in trupa od podlage, ob istočasnem spuščanju medenice na podlago in iztegovanju okončin. Pri dvomesečnem dojenčku se medenica že približuje podlagi, udi so še pokrčeni, a manj kot pri novorojenčku. Dojenček se opira na podlakti in dviga glavico do kota 45 stopinj, prsni koš je že nekoliko dvignjen od podlage. Z dviganjem glavic si širi obzorje za opazovanje okolice.

Štirimesečni dojenček ima medenico na podlagi, udje so še nekoliko pokrčeni. Dojenček se opira na podlakti, pri tem je prsni koš že povsem dvignjen od podlage, glavica pa v pokončnem položaju. Otrok je v tem položaju stabilen in že zmožen prenesti težo na eno roko in z drugo posegati po predmetih.

Pri šestih mesecih je proces kraniokavdalne ekstenzije končan. Šestmesečni dojenček je oprt na iztegnjene roke, ne le prsni koš, pač pa tudi zgornji del trebuha drži od podlage, medenica pa leži povsem na podlagi, noge so iztegnjene. Glavica in prsni koš sta v pokončnem položaju.

Za dojenčka je trebušna lega z razvojem obvladovanja telesa v tem položaju pomembna, ker razvija oporo na roke. Razvita opora na roke je nujen predpogoj za kobacanje po štirih, ki je fiziološki način učenja hoje.

### **Obvladovanje telesa v pokončnem položaju**

Če novorojenčka postavimo v pokončni položaj tako, da se s podplati opira na podlago in ga pri tem rahlo nagnemo naprej, sprožimo nastanek avtomatizma prvinskega stopanja, ki po 2. do 3. mesecu izgine. Če dojenčka med 4. in 6. mesecem postavimo v pokončni položaj, pokrči nogice, pravimo, da »sedi v zraku«. To je normalna, fiziološka astazija. Pri 6. mesecu, ko razvoj zavestnega obvladovanja telesa že doseže medenični obroč, dojenčka spet lahko postavimo na noge, ki pa so iztegnjene v kolenih, v kolkih pa je otrok nekoliko upognjen naprej. Pri 8. mesecih je otrok zmožen stati ob opori, a je še vedno s trupom nagnjen nekoliko naprej ob rahli semifleksiji v kolkih – ni še popolne vertikalizacije. Pri 10. mesecih stoji ob opori s popolno zravnavo v trupu. Pri 12. mesecih stoji prosto v prostoru brez opore.

Stoječ položaj je pomemben za bodočo hojo, ker se otrok nauči obvladovati svoje telo v pokončnem

položaju. V stoji razvija statično ravnotežje, ko pa se prične bočno prestopati ob opori, razvije tudi dinamično ravnotežje. S kobacanjem po štirih in bočnim prestopanjem ob opori se otrok na naraven način nauči pokončne hoje – ko je zrel, se spusti in gre.

## **Obvladovanje roke**

Novorojenček ima dobro razvit prijemalni refleks: če se dotaknemo otrokove dlani tik pod prsti, s tem sprožimo nastanek močnega prijema, ki je dovolj močan, da dvignemo otroka od podlage. V 1. mesecu ima novorojenček dlani pogosto stisnjene v pest, palec je večinoma izven pesti. Kljub temu novorojenček v budnem stanju in v času spontanega gibanja razpira dlani in prstke. Pri dveh mesecih je rokica večinoma razprta.

Med 2. in 3. mesecem se prične sklepanje rokič v sredinski liniji in igra z rokami. Otrok daje roke v usta in jih raziskuje z usti, čedalje več pa jih opazuje pred seboj – to predstavlja začetek procesa koordinacije oko-roka. Med 3. in 4. mesecem je otrok že zmožen zavestno poseči po predmetu in ga prijeti. Predmet drži z obema rokama pred seboj, ga opazuje in daje v usta. Do 6. meseca dojenček poseže po predmetu z eno roko le do sredinske linije, po 6. mesecu pa tudi preko sredinske linije. Med 6. in 7. mesecem predmet preprijema iz ene roke v drugo in ga raziskuje z roko.

Sprva otrok prijema s celo roko, z opozicijo vseh prstov na dlan. To je DIGITOPALMARNI PRIJEM ( šapast prijem ), značilen za šest mesečnega dojenčka. Pri 8. mesecih otrok razvije ŠKARJAST PRIJEM: to je prijem z opozicijo ulnarne površine palca in radialne površine kazalca. V 9. mesecu se pojavi PINCETNI PRIJEM, ki je sprva nezrel ( opozicija blazinice palca na lateralno površino kazalca ), temu sledi v 10. mesecu zrel pincetni prijem ( opozicija prstnih blazinic palca in kazalca). Ustrezen razvoj roke je zelo dober pokazatelj kognitivnega razvoja otroka.

## **Gibanje po prostoru**

Lokomocija je gibanje po prostoru. Novorojenček je glede tega zelo omejen in nemočen. Edini, zelo rudimentaren in malo učinkovit način premikanja novorojenčka po prostoru je refleks prvinskega plazenja. Prvi način učinkovitega premikanja po prostoru osvoji dojenček s kotaljenjem prek boka. Po 6. mesecu se dojenček premika po prostoru s plazenjem po trebuhu. Sprva se poteza naprej le z rokami, kmalu pa osvoji izmenično plazenje po trebuhu – otrok se plazi po trebuhu kot komandos.

Nekateri otroci izpustijo fazo plazenja po trebuhu in pričnejo kobacati po štirih. Kobacanje je hoja po štirih, to je lokomocija, ki jo imamo zapisano v genih. Kobacanje je za človeka značilen gibalni vzorec, s posebno kinematiko, ki je prilagojena telesnim proporcom pokonci hodečega človeka: oporno površino sprednjih okončin predstavljajo dlani rok, oporno površino zadnjih okončin pa kolena, goleni in hrbtišča stopal. Gibanje okončin je izmenično – recipročno. Kobacanje po štirih otrok osvoji med 8. in 10. mesecem. En mesec kasneje že obvlada vstajanje ob opori in se prične bočno prestopati ob opori. Po štirih mesecih tovrstnega gibanja otrok dozori za pokončno hojo in shodi spontano.

Hoja je stabilna in dobro koordinirana. Ob sicer redkih padcih se otrok varno prestreza na roke. Kmalu po začetku samostojne hoje osvoji tek, vzpenjanje po stopnicah s pristopanjem, hojo nazaj in pobiranje predmeta s tal s počepanjem.

## **Hoja**

Osnova hoje pri človeku je motorični vzorec stopanja, to je izmenično prenašanje teže telesa iz enega na drugo stopalo. Za to je potrebno kompleksno zaporedje mišičnih kontrakcij, ki obsega kontrakcijo sinergističnih mišic in istočasno inhibicijo antagonističnih mišic, v ustreznem prostorskem in časovnem zaporedju, kar uravnavajo nevrnska mrežja v hrbtenjači. Genetsko programirana, vrojena nevrnska mrežja generirajo ritmično in alternantno aktivnost flektornih in ekstenzornih mišic, senzorični dotok iz gibajočih se okončin pa regulira vzorec stopanja: propiocepcija omogoča ustrezno zaporedje in amplitudo stopanja, senzorični dotok iz kože pa omogoča, da se vzorec stopanja prilagodi nenadnim oviram. Mezencefalna lokomotorna regija preko descendente povezave, t.i. retikulospinalne poti motorična mrežja nadzoruje.

Motorični vzorec stopanja predstavlja tako imenovano avtomatsko hojo. Natančna in zavestna, sposobna prilagajanja pa je hoja pod vizualno kontrolo in je možna le pod nadzorom ustreznih predelov možganske skorje, ob sodelovanju dveh subkortikalnih vzporednih motoričnih sistemov, to so bazalni gangliji in mali možgani. Zaradi pokončne drže pri hoji, visokega težišča telesa in majhne podporne površine stopal je naloga vestibularnega sistema poskrbeti za ustrezno statično in dinamično ravnotežje. Ob tem je pomemben somatosenzorični dotok s periferije, zlasti je pomembna vidna informacija, ki s senzomotorično integracijo na različnih nivojih osrednjega živčevja regulira izvedbo gibov. Načrt za izvedbo giba nastane v različnih asociacijskih predelih možganske skorje, ki se integrira z informacijami iz bazalnih ganglijev in malih možganov v premotorični skorji, od koder se preko primarne motorične skorje nadaljuje v piramidno progo ter nato preko ustreznih mišic izvede gib(anje).

Gibalne veščine v otroškem obdobju so pomembne za dober razvoj. Omogočajo raziskovanje in spoznavanje svojega telesa in okolice. Otroci, ki so gibalno spretni in dobro obvladajo različne gibalne veščine so zmožni hitro in dobro osvajati nove, tudi zelo specifične veščine, ki jim olajšajo tudi kognitivni razvoj. Zato je pomembno omogočiti otrokom dovolj gibanja.

Naj povzamem pomembna spoznanja:

1. Osnova hoje je vrojen motorični vzorec stopanja, programiran na nivoju hrbtenjače.
2. Hoje se naučimo spontano, skladno z razvojem.
3. Najboljši trening hoje je kobacanje.
4. Gibanje pomembno vpliva na razvoj otroka.