

STAROSTNE RAZLIKE V MOŽGANSKI AKTIVNOSTI OB REŠEVANJU PROBLEMOM

Karin Bakračević

KLJUČNE BESEDE: reševanje problemov, možganska aktivnost, starostne razlike

KEYWORDS: problem solving, brain activity, age-related differences

POVZETEK

Analiza možganske aktivnosti ob reševanju problemov je pokazala zmanjšano aktivnost temporalnega dela desne hemisfere pri starejših ljudeh, kar nam pojasni starostni upad spacialnega, holističnega procesiranja (Johnson s sodelavci, 1984) in neverbalnega spomina (Janowski, 1993). Nakazujejo se tudi starostne težave pri prevajanju vizualnih impulzov (desnohemisferni premiki v okcipitalnem predelu, manj aktiviran levi frontalni predel) in tendenca k bolj avditornemu semantičnemu procesiranju (močnejša aktivnost v levem temporalnem predelu) ter morda manjši interes oz. manjša motivacija za reševanje problemov (manj aktiviran levi frontalni predel med reševanjem) kot pri mlajših.

ABSTRACT

The analysis of brain activity during problem-solving showed lower activity of right temporal area in older subjects, what could be explained as age-related decrease in spacial, holistic processing and non-verbal memory. There are also some indications of age-related difficulties with translation of visual stimuli (right-hemisphere shift in occipital area, less active left frontal lobe), a tendency to more auditory semantic processing (more active left temporal lobe) and probably lower interest or motivation respectively, for problem-solving (less active left frontal area), than in younger-adults' group.

POSKUSI LOKALIZACIJE MENTALNIH OPERACIJ

Raziskave, ki se ukvarjajo z lokalizacijo mentalnih operacij in poskušajo ugotoviti povezavo med izvrševanjem določene naloge in aktivacijo določenih predelov možganov, so v veliki meri preučevale percepcijo govora in branje (Raichle, 1987; Geschwind, 1979).

Posner (1991; Posner s sodelavci, 1988; Posner in McCandliss, 1993) v zvezi s tem ugotavlja, da pasivna prezentacija vizualnih besed aktivira področja ventralno-okcipitalnega lobusa, pretežno levega. Kako pride potem do kontakta z asociacijo, ki je povezana s pomenom? Pri tem se je pokazala aktivacija predela levega frontalnega lobusa in področja na frontalni srednji črti. Prva naj bi bila odgovorna za iskanje asociacij na določeno besedo in je značilna le za procesiranje jezika, druga pa naj bi bila povezana s selektivno pozornostjo. Posner (1991) se sprašuje, ali je semantična mreža za procesiranje besednih povezav res locirana tako daleč spredaj v frontalnih predelih. Študije afazij so to funkcijo ponavadi locirale v posteriorno temporalno-parietalno področje (Wernickejev predel). Zelo verjetno je, da je v semantično asociiranje vpleteno več kot le eno področje možganov; prvo bi bilo odgovorno za posamezne besedne asociacije, ki nastajajo že v zgodnjem otroštvu, drugo pa za strukturiranje besednih pomenov v fraze.

Zanimiva je tudi študija Janowskega (1993), ki poskuša lokalizirati različne vrste spomina v možganih. Opira se na nam znano delitev spomina na deklarativni in nedeklarativni (ki zajema npr. naučene veščine, navade...) spomin. Ob reševanju problemov prideta v poštev najbrž oba. Deklarativni spomin - semantični in epizodični ima po vsej verjetnosti sedež v

temporalnem lobusu, vendar pa na tem mestu ni sedeža za skladiščenje spomina. Squire in Zola-Morgan (1991) sta ugotovila, da čim več časa preteče od učenja, tem manjša postaja vloga temporalnega lobusa in se v približno enem letu po učenju popolnoma izgubi.

Morda je dobro, da se ob teh podatkih spomnimo še hipoteze diferencialne lateralizacije, ki je vezana na čustva. Podatki, ki slonijo na raziskavah, izvedenih z različnimi metodami na normalni in klinični populaciji, so začeli izpodbijati hipotezo, da je desna hemisfera specializirana za emocije nasploh. Rezultati so bolj konsistentni s hipotezo diferencialne lateralizacije, ki pravi, da so frontalne regije leve hemisfere specializirane za procesiranje določenih form pozitivnega afekta, pretežno frontalne regije desne hemisfere pa za procesiranje negativnega afekta (Davidson, 1984). Vendar pa pozitivno - negativna dihotomija ni najbolj sprejemljiva kot baza afektivne asimetrije, saj se pojavljajo določene anomalije v podatkih. Tako Davidson (1984) meni, da je "približevanje - izogibanje" morda bolj sprejemljiva dimenzija za afektivno lateralizacijo.

Anatomske podatke nam kažejo, da obstajajo pomembne kortikalne zveze med frontalnimi in temporalnimi ter frontalnimi in parietalnimi regijami (Nauta, 1971). Zdi se, da obstaja recipročna povezava med aktivacijskimi asimetrijami v anteriornih in posteriornih kortikalnih regijah. Tako je levostranska frontalna aktivacija uravnotežena z desnostransko, - npr. parietalno aktivacijo in obratno. Pomen tega dognanja o hemisferni organizaciji je zaenkrat še nejasen. Podatki so pokazali, da se spacialna kognicija in določeni pozitivni afekti (najraje interes) raje pokažejo skupaj kot pa npr. verbalna kognicija in pozitivni afekt. Kapaciteta za simultano aktivacijo centrov, povezana z vizuospatialno funkcijo in levo frontalno regijo, povezana z določenimi pozitivnimi afekti, kot npr. interes, lahko služi pomembni adaptivni funkciji v kontroli približevalnega vedenja.

FIZIOLOŠKI KORELATI RAZVOJNIH STADIJEV

Omeniti velja Fischerjevo (1987) hipotezo možganske rasti, ki govori o nevrološki bazi za spremembe v stadijih kognitivnega razvoja. Vsaka stopnja naj bi tako korelirala z nastankom novega tipa nevronske mreže. V adolescenci in odrasli dobi sicer niso vidne tako drastične spremembe v sinaptični gostoti v korteksu kot v zgodnjem otroštvu. Takrat je namreč dosežena dvakrat tolikšna stopnja gostote kot v korteksu odraslega, potem pa postopno upada skozi zelo dolgo obdobje do stopnje, ki je značilna za

odraslega. Največ podatkov o tem so raziskovalci dobili na opičjih mladičih (Goldman - Rakic, 1987; Rakic, Bourgeois, Eckenhoff, Zecevic in Goldman - Rakic, 1986). Za otroke se kažejo podobne tendence: sinaptična gostota v vizualnem korteksu naraste v prvem letu življenja na 200% eventualne stopnje odraslega (Huttenlocher, de Courten, Garey in van der Loos, 1982). Po tem vrhuncu počasi z leti upada, dokler ne doseže stopnje odraslega neke v času šolanja. V frontalnem predelu, ki je povezan z visokostopenjskim kognitivnim funkcioniranjem, doseže sinaptična gostota vrhunec pri 5-6 letih starosti in nato postopno upada na stopnjo, ki je značilna za odraslega (Huttenlocher, 1979).

Empirično še dokaj neutemeljena pa je Fischerjeva hipoteza, da so za vsako nastajajočo kognitivno stopnjo značilne diskontinuitete v krivulji sinaptične rasti.

Tudi v adolescenci nastopa nekaj sprememb v nevronskih mrežah. To je npr. mielinizacija aksonov, ki ni značilna le za otroštvo, ampak tudi za zgodnjo odraslo dobo (Yakovlev in Lecours, 1967). To in še nekateri drugi faktorji lahko povzročijo porast v formaciji mrež v tem obdobju.

Globalne mere možganske aktivnosti prav tako kažejo določene diskontinuitete v starostih, ko naj bi nastopile nove razvojne stopnje. Matousek in Petersen (1973) sta našla bistvene spremembe v energiji alfa valov na okcipitalno-parietalnem področju v starostih, ki so značilne za nastop razvojnih faz - od senzomotorne periode do izdelave abstraktnih sistemov. Za poznejše razvojne faze naj bi bile bistvene povezave med električno aktivnostjo v različnih delih korteksa - predvsem med aktivnostjo v frontalnem in aktivnostjo v okcipitalnem lobusu (Thatcher, Walker in Guidice, 1987).

STAROSTNE SPREMEMBE V MOŽGANSKI AKTIVNOSTI

EEG študije normalnega staranja so dale precej kontradiktorne rezultate. Nekatere kažejo starostno povečanje počasne aktivnosti /v theta in delta pasu/ in upad frekvence in količine alfa aktivnosti (Obrist, 1976; Busse, 1983). Vsekakor je potrebno omeniti, da že od začetkov EEG raziskav domnevajo, da je alfa aktivnost inverzno povezana z mentalnim procesiranjem (Donchin, Kutas in McCarthy, 1977).

Drugi raziskovalci zopet poročajo, da se elektroencefalogram normalnih starejših oseb ne razlikuje veliko od elektroencefalograma mlajših oseb (Huges in Cayaffa, 1977; Katz in Horowitz, 1982). V Williamsonovi (Williamson s sodelavci, 1990) študiji se je pokazalo, da kognitivni dosežek pozitivno korelira z beta aktivnostjo, posebej v frontalnih predelih. Pri subjektih, ki so kazali zgodnji kognitivni upad, se je kazala redukcija beta aktivnosti, kar naj bi bila morda zgodnja indikacija intelektualne izgube. Staranje pa ni bilo povezano z naraščanjem počasne delta aktivnosti. Duffy s sodelavci (1984) je ugotovil, da bi bilo lahko staranje povezano z desinhronizacijo, torej upadom počasne in porastom beta aktivnosti. Možen razlog za take rezultate, ki so v nasprotju s prej opisanimi, bi lahko bilo zelo dobro zdravstveno stanje poskusnih oseb (izločili so namreč vse kakorkoli obolele subjekte). Pokazalo se je tudi zmanjšanje alfa reaktivnosti (redukcija alfa aktivnosti v okcipitalnem predelu, ko odpremo oči), kar je eden redkih indikatorjev, ki se obnaša enoznačno v vseh študijah.

Iz raziskav je tudi razvidno, da je največ starostnih sprememb možno najti v temporalnem lobusu in veliko več jih izhaja iz desne kot iz leve hemisfere. Pretežna funkcija desnega temporalnega lobusa pa naj bi bil neverbalni spomin. Je torej to funkcija, ki se najbolj izrazito spreminja s starostjo. Vsekakor lahko zaključimo, da staranje ni povsem linearen in tudi ne popolnoma simetričen proces.

V zvezi s tem so zanimive tudi študije hemisferne lateralizacije Johnsona s sodelavci (1979, 1984), v katerih poskuša testirati hipotezo, da desnohemisferne kapacitete /nelingvistično, spacialno in holistično kognitivno procesiranje/ upadajo s starostjo, levohemisferne /procesiranje verbalnega, sekvenčnega in analitičnega materiala/ pa ostajajo bolj ali manj konstantne. V rezultatih se je resnično pokazal splošen starostni upad za dosežke desne hemisfere, levohemisferni dosežki pa naj bi ostali nespremenjeni za levohemisferno dominantne naloge. Johnson pri tem vleče korelate s Cattellovo delitvijo inteligentnosti na fluidno in kristalizirano. Prva začne upadati sredi dvajsetih let, je fiksna, zajema bolj spacialne sposobnosti in je bolj povezana z desno hemisfero. Kristalizirana inteligentnost pa ne kaže upada s starostjo, je pridobljena, zajema npr. besednjak, aritmetične sposobnosti... in je bolj povezana z levo hemisfero. Upad fluidne inteligentnosti s starostjo ima torej nevrofiziološko podlago. Večinoma pa so študije, ki povezujejo kognitivni razvoj in nevrofiziološka dognanja, žal, še vedno polne ugibanj in meglenih interpretacij.

NAMEN RAZISKAVE

je bil ugotoviti, ali obstajajo starostne razlike v aktivnosti posameznih možganskih predelov in hemisferni specializaciji med reševanjem problemov.

Metodologija

PRIPOMOČKI

1. Trije problemi:

POSODE - dobro definiran problem, ki zahteva logično interpolacijo (Atwood in Polson, 1976).

KAJ BI SE ZGODILO, ČE... - slabo definiran problem, ki zahteva divergentno produkcijo (prirejeno po Torrance-u, 1974).

BABICA - slabo definiran dialektični problem s področja družinskih odnosov (prirejeno po Sinnottovi, 1985).

2. Elektroencefalograf za snemanje možganske aktivnosti

POSKUSNE OSEBE

8 študentov, starih 19 do 23 let; 5 žensk, 3 moški;

8 starejših odraslih, starih 55 do 60 let; 4 ženske, 4 moški.

Postopek

Poskusnim osebam smo snemali možgansko aktivnost ob reševanju treh različnih problemov (interpolacijski, divergentna produkcija, dialektični) in v stanju relaksacije.

Snemana je bila aktivnost v pasu od 1 do 35 Hz leve in desne hemisfere na naslednjih predelih: frontalnem (F3, F4), temporalnem (T3, T4), parietalnem (P3, P4) in okcipitalnem (O1, O2) /Jasper (1958) Ten-twenty Electrode Placement System of the International Federation /. EEG podatke smo ves čas snemali s Compaq 486/66M PC in FlexComp softverom.

Za obdelavo smo izdvojili alfa valove (8 do 12 Hz) in poskusili z vizualnim pregledom izločiti predele z artefakti. Iz teh podatkov smo računali naslednje indekse (O'Boyle, Alexander in Benbow, 1991):

1. Indeks lateralnosti:

$$L = (R - L)/(R + L) ;$$

R je povprečna alfa aktivnost izbranega predela (RMS = root-mean-square, izražen v mikrovoltih) desne hemisfere; L je povprečna alfa aktivnost (RMS) izbranega predela leve hemisfere; za frontalni, parietalni, temporalni in okcipitalni predel; za mirovanje z odprtimi in zaprtimi očmi ter vsakega od problemov. Če je vrednost indeksa pozitivna, prevladuje delo leve hemisfere in obratno.

2. Indeks premika:

$$A = (R - L)/(R + L) \quad - \quad (R - L)/(R + L)$$

mirovanje (oči odprte)

naloga

za vse prej naštete lege, za vsakega od problemov.

Če je vrednost indeksa pozitivna, to pomeni desnohemisferni premik v času reševanja, če je vrednost negativna, pa levohemisferni premik.

Izračunavali smo tudi RMS vrednosti v alfa pasu za vsak položaj elektrode /leva frontalna, desna frontalna, leva temporalna, desna temporalna, leva parietalna, desna parietalna, leva okcipitalna, desna okcipitalna/ za mirovanje in ob reševanju vsakega od problemov. Drug parameter so predstavljale difference med RMS vrednostjo ob reševanju vsakega od problemov in ustrezno RMS vrednostjo v mirovanju / za vsak položaj elektrode - tip / (Glass, Butler in Carter, 1984).

Večja diferenca nakazuje višjo aktivacijo ustreznega predela, manjša ali negativna diferenca pa nižjo aktivacijo določenega predela ob reševanju problema.

Rezultati z interpretacijo

TABELA 1: F - testi za razlike med skupinama v indeksih asimetrije za mirovanje in vsakega od problemov:

POGOJ	FAKTOR					
	SKUPINA		LEGA		SKUPINA X LEGA	
	F	p	F	p	F	p
MIROV.,O.O.	1.10	N.S.	4.86	.005	77	N.S.
MIROV.,O.Z.	3.90	N.S.	5.68	.002	2.12	N.S.
INTERP.P.	.68	N.S.	.27	N.S.	5.96	.002
DIVERG.P.	.80	N.S.	2.28	N.S.	4.83	.006
DIALEKT.P.	.30	N.S.	3.35	.028	1.72	N.S.

df = 1, 14

df= 3, 42

TABELA 2: t - testi za razlike med skupinama v indeksih asimetrije v mirovanju in ob reševanju problemov (za posamezne lege) :

POGOJ	LEGA ELEKTRODE							
	FRONT.		TEMPOR.		PARIET.		OKCIP.	
	t	p	t	p	t	p	t	p
MIROV.,O.O.	-1.26	N.S.	-.65	N.S.	-2.48	.026	.40	N.S.
MIROV.,O.Z.	-1.50	N.S.	-1.89	N.S.	-1.97	N.S.	.30	N.S.
INTERP.P.	1.79	N.S.	1.62	N.S.	-2.65	.019	-3.19	.007
DIVERG.P.	-.80	N.S.	1.91	N.S.	-1.96	N.S.	-2.64	.020
DIALEKT.P.	.16	N.S.	.67	N.S.	-1.28	N.S.	-2.68	.018

df = 14

TABELA 3: F - testi za razlike med skupinama v alfa aktivnosti (RMS) za vsakega od problemov, merjeno na osmih elektrodah:

POGOJ	FAKTOR					
	SKUPINA		TIP		SKUPINA X TIP	
	F	p	F	p	F	p
MIROV.,O.O.	1.49	N.S.	4.17	.000	3.74	.001
INTERP.P.	.88	N.S.	13.65	.000	4.88	.000
DIVERG.P.	.00	N.S.	9.66	.000	4.51	.000
DIALEKT.P.	.45	N.S.	13.93	.000	3.16	.005

df = 1, 14

df = 7, 98

TABELA 4: t - testi za razlike med skupinama v alfa aktivnosti (RMS) za vsakega od problemov, merjeno na osmih elektrodah:

POGOJ		LEGA ELEKTRODE							
		F3	F4	P3	P4	T3	T4	O1	O2
INTERP.P.	t	.48	-.34	1.20	1.22	.90	-2.07	.96	2.66
	p	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	.050	N.S.	.019
DIVERG.P.	tp	-1.46	-1.77	.96	.34	.83	-2.01	.62	2.43
		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	.050	N.S.	.029
DIALEKT.P	t	-.90	-1.53	1.13	.66	.50	-.99	.88	2.68
	p	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	.019

df=14

TABELA 5: F - testi razlik med skupinama za diferenco v alfa aktivnosti (RMS) med mirovanjem in reševanjem posameznega problema (merjeno na osmih elektrodah) :

POGOJ (razlika)	FAKTOR					
	SKUPINA		TIP		SKUPINA X TIP	
	F	p	F	p	F	p
MIROV. O.Z.-O.O.	2.05	N.S.	21.07	.000	.92	N.S.
INTERP.P. O.Z.-INT.	1.74	N.S.	11.11	.000	.89	N.S.
DIVERG.P. O.Z.-DIV.	2.44	N.S.	11.07	.000	.88	N.S.
DIALEKT.P. O.Z.-DIAL.	1.72	N.S.	9.02	.000	.81	N.S.

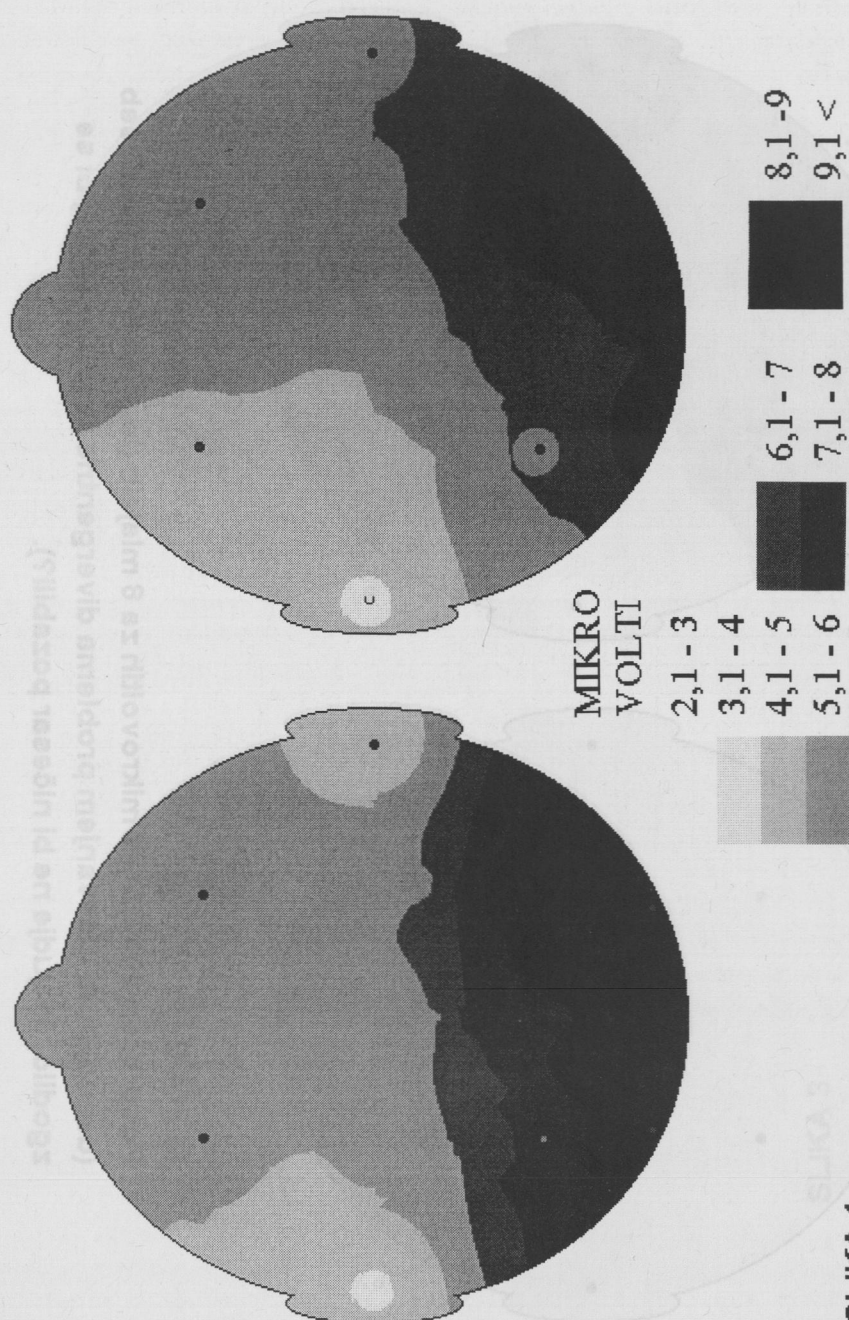
df = 1, 14

df = 7, 98

TABELA 6: t - testi razlik med skupinama za diferenco v alfa aktivnosti (RMS) med mirovanjem in reševanjem posameznega problema (merjeno na osmih elektrodah) :

POGOJ		LEGA ELEKTRODE							
		F3	F4	P3	P4	T3	T4	O1	O2
INTERP.P. O.Z.-INT.	t	1.48	1.16	1.35	.94	1.35	1.69	1.48	.70
	p	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
DIVERG.P. O.Z.-DIV.	t	2.52	1.83	1.41	1.13	.73	1.82	1.53	.75
	p	.025	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
DIALEKT.P O.Z.-DIAL.	t	2.20	1.67	1.30	1.03	1.63	.53	1.37	.72
	p	.045	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S	N.S.

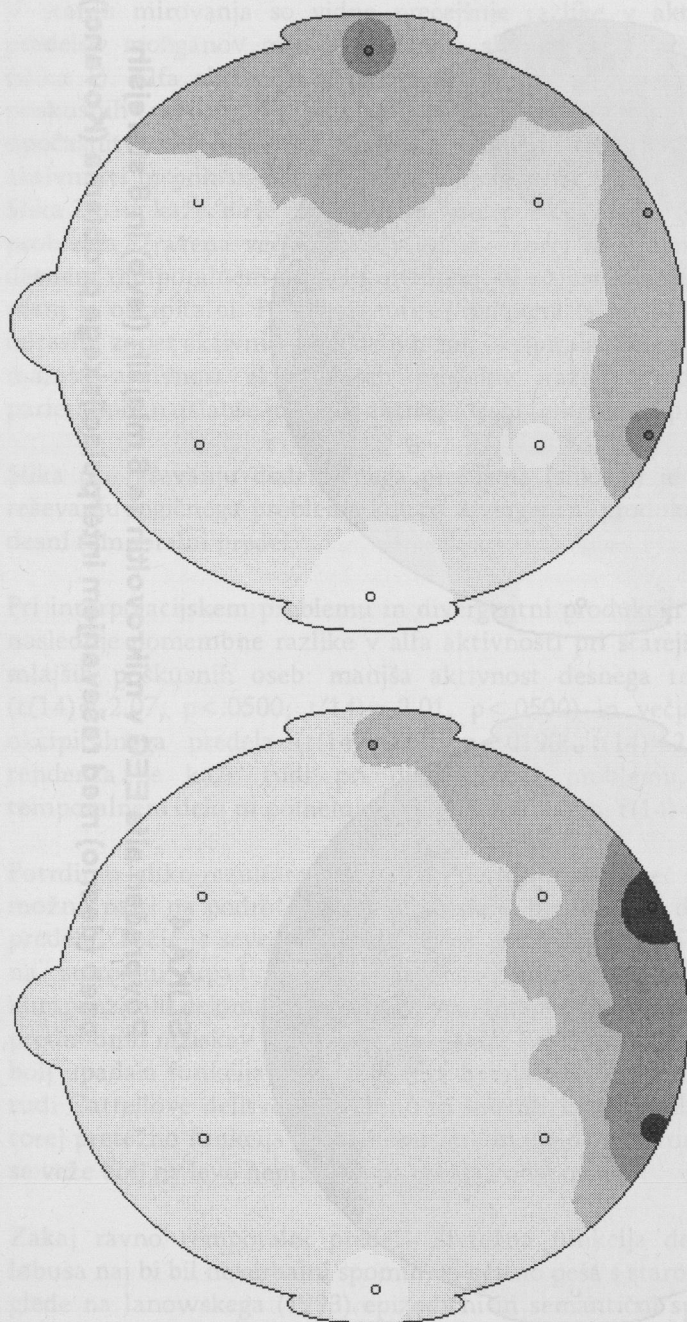
df=14



SLIKA 1

Povprečen alfa EEG v mikrovoltih za 8 mlajših (levo) in 8 starejših oseb (desno) v stanju mirovanja z zaprtimi očmi.



**SLIKA 3**

Povprečen alfa EEG v mikrovoltih za 8 mlajših (levo) in 8 starejših oseb (desno) med reševanjem vsakodnevne problema (Babica)

**SLIKA 4**

Povprečen alfa EEG v mikrovoltih za 8 mlajših (levo) in 8 starejših oseb (desno) med reševanjem interpolacijskega problema (Kovanci).

V stanju mirovanja so vidne precejšnje razlike v aktivnosti posameznih predelov možganov med starostnima skupinama mlajših in starejših oseb (slika 1). Alfa aktivnost v okcipitalnem predelu je dosti višja pri mlajših poskusnih osebah. Ti rezultati so v skladu z ugotovitvami o splošni upočasnitvi aktivnosti oz. znižanju frekvenc možganskih valov (upad alfa aktivnosti in porast delta in theta valov) pri starejših osebah (Busse, 1983). Slika 2 nam kaže, da je pri reševanju interpolacijskega logično-matematičnega problema izražena večja alfa aktivnost - torej nedejavnost - pri starejših v desnem temporalnem predelu, medtem ko so pri mlajših aktivni vsi predeli, manj le okcipitalni. Pri divergentni produkciji (slika 3) so v skupini mlajših odraslih zopet aktivni vsi predeli, razen okcipitalnega, pri starejših pa je vidna manjša aktivnost skoraj vseh predelov, razen levega temporalnega in parietalnih, najslabše je zopet aktiven desni temporalni predel.

Slika pri reševanju dialektičnega problema (slika 4) je zopet bolj podobna reševanju logičnega problema kot pa divergentni produkciji - manj aktiven je desni temporalni predel.

Pri interpolacijskem problemu in divergentni produkciji so se torej pokazale naslednje pomembne razlike v alfa aktivnosti pri starejših glede na skupino mlajših poskusnih oseb: manjša aktivnost desnega temporalnega predela ($t(14)=-2.07$, $p<.0500$; $t(14)=-2.01$, $p<.0500$) in večja aktivnost desnega okcipitalnega predela ($t(14)=2.66$, $p<.0190$; $t(14)=2.43$, $p<.0290$). Ista tendenca se kaže tudi pri dialektičnem problemu, le da razlika na temporalnem delu ni pomembna (na okcipitalnem: $t(14)=2.68$, $p<.0190$).

Potrdimo lahko rezultate raziskav, ki poročajo, da je več starostnih sprememb možno najti na področju desne hemisfere, predvsem v desnem temporalnem predelu. Težje je seveda razložiti, zakaj se to dogaja. Ali bi ti rezultati kazali na starostni upad funkcije desnega temporalnega predela, kar bi se kompenziralo deloma s povečano levo - temporalno aktivnostjo? Iz nekaterih predhodnih raziskav (Johnson s sodelavci, 1983) je znano, da naj bi s starostjo bolj upadala funkcija desne kot leve hemisfere. Ob tem se lahko spomnimo tudi Cattellove delitve na fluidno in kristalizirano inteligentnost. Fluidna je torej pretežno funkcija desne hemisfere in upada s starostjo, kristalizirana, ki se veže bolj na levo hemisfero, pa ostaja konstantna.

Zakaj ravno temporalni predel? Pretežna funkcija desnega temporalnega lobusa naj bi bil neverbalni spomin, ki očitno peša s starostjo. Pravzaprav je to glede na Janowskega (1993) epizodični in semantični spomin, ki se veže na pred kratkim naučen material (informacije, ki niso stare več kot npr. eno

leto). Vemo namreč, da starejši dokaj dobro pomnijo davno pretekle dogodke, da pa jim spomin na "sveže" stvari peša. In to je verjetno fenomen, ki pride do izraza v zmanjšani aktivnosti temporalnega lobusa ob reševanju problemov.

Naslednjo razliko sem našla v levem frontalnem predelu pri reševanju divergentne produkcije ($t(14)=2.52$, $p<.0250$) in dialektičnega problema ($t(14)=2.20$, $p<.0450$) - diferenco v alfa aktivnosti med mirovanjem in reševanjem problema. Levi frontalni predel se je pri reševanju teh dveh problemov bolj aktiviral pri mlajših subjektih kot pri starejših. Spomnimo se raziskav Davidsona (1984) o diferencialni lateralizaciji hemisfer: v procesiranje pozitivnega afekta so bolj vpletene frontalne regije leve hemisfere, v procesiranje negativnega pa desna hemisfera. Lahko bi torej predpostavili, da so študentje pristopali k reševanju odprtih problemov z več interesa ali morda z večjo motiviranostjo (pozitivno - negativna dihotomizacija je namreč bolj vezana na tendenci približevanja in izogibanja). Druga možna razlaga bi se vezala na Posnerjevo (1991) dognanje, da je v semantično procesiranje bistveno vpleten del levega frontalnega lobusa, ki naj bi bil odgovoren za posamezne asociacije vidno prezentiranih besed s pomenom (poleg Wernickejevega predela). Glede na rezultate bi pri starejših osebah ta funkcija upadala.

V indeksih asimetrije so se pokazale naslednje pomembne razlike med skupinama: v mirovanju na parietalnem predelu ($t(14)=-2.48$, $p<.0260$), pri logični interpolaciji na parietalnem ($t(14)=-2.65$, $p<.0190$) in okcipitalnem delu ($t(14)=-3.19$, $p<.0070$), pri divergentni produkciji na okcipitalnem ($t(14)=-2.64$, $p<.0200$) in prav tako pri dialektičnem problemu na okcipitalnem predelu ($t(14)=-2.68$, $p<.0180$). Za reševanje vseh navedenih problemov je bila torej značilna razlika v premiku na okcipitalnem delu.

V mirovanju se je pokazala pomembna razlika v parietalnem predelu: pri obeh skupinah sicer prevladuje delo leve hemisfere, vendar so pomembno bolj levohemisferni starejši subjekti. Pri reševanju logično - interpolacijskega problema kaže pomembna razlika v parietalnem predelu pri mlajših levohemisferni, pri starejših pa desnohemisferni premik.

Na okcipitalnem predelu prav tako opazimo pri mlajših levohemisferni, pri starejših desnohemisferni premik.

Pri divergentni produkciji in dialektičnem problemu se kaže enak fenomen: na okcipitalnem delu pri mlajših levohemisferni premik, pri starejših desnohemisferni premik.

Deloma bi premike v korist desne hemisfere pri starejših osebah morda lahko razložili s tem, da so te poskusne osebe bile že v mirovanju izrazito levohemisferne.

Vendar pa nam tudi slika lepo pokaže, da je ob reševanju problemov pri mlajših subjektih pretežno neaktiven desni okcipitalni predel, pri starejših pa je pretežno neaktiven levi okcipitalni predel. Zakaj naj bi torej starejši subjekti ob reševanju aktivirali desni okcipitalni predel namesto levega? Ugotovljeno je namreč, da vizualna prezentacija besed aktivira pretežno področja levega okcipitalnega lobusa (Posner & McCandliss, 1993). Morda je to v zvezi s fenomenom, ki smo ga omenili v uvodu, da imajo starejše osebe težave pri prevajanju vizualnih informacij. Najverjetneje gre za razlike v branju, drugačen način zaznavanja in prevajanja vizualnih informacij. Ob izvajanju eksperimenta smo namreč opazili, da so starejše osebe ob branju premikale ustnice, šepetale. Morda je nejasnost v rezultatih povzročila tudi dodatna motorika, premikanje obraznih mišic. Ali bi bilo lahko kognitivno procesiranje pri starejših bolj povezano z določenimi motoričnimi procesi, ki imajo po Zajoncu in Markusu (1984) lahko reprezentacijsko ali mnestično vlogo, ali na tak način starejše osebe poskušajo nadomestiti upad spominske funkcije?

Vsiljuje pa se mi še druga razlaga: manjša aktivacija levega frontalnega lobusa bi poleg manjše aktivnosti levega okcipitalnega predela lahko pomenila res drugačno semantično procesiranje. Težave pri prevajanju vizualnih informacij (slabše delovanje levega okcipitalnega predela) bi lahko silile starejše ljudi k procesiranju preko avditorne poti. To bi razložilo manjšo aktivnost levega frontalnega predela. Posner (1991) namreč navaja, da obstajata dve poti, po katerih lahko vizualno prezentirana beseda kontaktira z asociacijami, ki se vežejo na njen pomen. Prva je direktna pot od okcipitalnih vizualnih besednih formacij k asociacijam (levi frontalni lobus) in s to povezavo se ujema večina rezultatov kognitivnih študij (Coltheart, 1985; Posner, 1991). Druga možna pot, ki bi bila torej značilna za procesiranje naših starejših subjektov, pa bi bilo procesiranje vizualno prezentiranih besed s pomočjo področij, ki procesirajo tudi avditorno prezentirane besede (levi temporalni predel) in šele potem povezava s pomenom. Drugo pot omenjajo v glavnem v raziskavah na področju klinične nevrologije (Geschwind, 1979).

Tudi Thatcher, Walker in Guidice (1987) so ugotovili povezanost določenih sprememb v aktivnosti frontalnega in okcipitalnega predela z razvojnimi spremembami v kognitivnem funkcioniranju. Dobljeni rezultati nam lahko predstavljajo podlago za nadaljnje preciznejše raziskovanje.

VIRI

1. Davidson, R.J. (1984). AFFECT, COGNITION AND HEMISPHERIC SPECIALIZATION. In: C.E. Izard, J. Kagan & R.B. Zajonc (Eds.): Emotions, cognition and behavior. Cambridge, Univ. press
2. Duffy, F.H, Albert, M.S., McAnulty G. & Garvey A.J. (1984). AGE-RELATED DIFFERENCES IN BRAIN ELECTRICAL ACTIVITY OF HEALTHY SUBJECTS. *Ann Neurol.*, 16, 430-438
3. Fischer, K.W. & Farrar, M.J. (1987). GENERALIZATIONS ABOUT GENERALIZATION: HOW A THEORY OF SKILL DEVELOPMENT EXPLAINS BOTH GENERALITY AND SPECIFICITY. *International Journal of Psychology*, 22, 643-677
4. Geschwind, N. (1979). SPECIALIZATION OF THE HUMAN BRAIN. *Scientific American*, 241, 180-201
5. Glass, A., Butler, R. & Carter, J. (1984). HEMISPHERIC ASYMMETRY OF EEG ALPHA ACTIVATION: EFFECTS OF GENDER AND FAMILY HANDEDNESS. *Biological Psychology*, 19, 169-187
6. Goldman-Rakic, P. (1987). CONNECTIONIST THEORY AND THE BIOLOGICAL BASIS OF COGNITIVE DEVELOPMENT. *Child Development*, 58, 601-622
7. Huttenlocher, P. (1979). SYNAPTIC DENSITY IN HUMAN FRONTAL CORTEX - DEVELOPMENTAL CHANGES AND EFFECTS OF AGING. *Brain Research*, 163, 195-205
8. Huttenlocher, P., de Courten, C., Garey, L.J. & van der Loos, H. (1982). SYNAPTOGENESIS IN HUMAN VISUAL CORTEX - EVIDENCE FOR SYNAPSE ELIMINATION DURING NORMAL DEVELOPMENT. *Neuroscience Letters*, 33, 247-252
9. Janowski, J.S. (1993). THE DEVELOPMENT AND NEURAL BASIS OF MEMORY SYSTEMS. In: M.H. Johnson (Ed.): Brain development and cognition. (p.p.665-678), Blackwell, Oxford UK & Cambridge USA
10. Jasper, H.H. (1958). THE TEN-TWENTY ELECTRODE SYSTEM OF THE INTERNATIONAL FEDERATION FOR ELECTROENCEPHALOGRAPHY: Appendix to the report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *The J. of Electroenceph. and Clinical Neuropsychology*, 10, 371-375
11. Johnson, R.C., Cole R.E., Bowers, J.K., Foiles, S.V., Nikaido, A.M., Patrick, J.V. & Woliver, R.E. (1979). HEMISPHERIC EFFICIENCY IN MIDDLE AND LATE ADULTHOOD. *Cortex*, 15, 109-117
12. Johnson, R.C., Green, P., Ahren, F.M. & Cole, R.E. (1984). COGNITIVE CORRELATES OF HEMISPHERIC PERFORMANCE ON DIHOTIC TASKS. *Int. J. Aging and Human Development*, 18 (3)

13. Matousek, M. & Petersen, I. (1973). FREQUENCY ANALYSIS OF THE EEG IN NORMAL CHILDREN AND ADOLESCENTS. In: P. Kellaway & I. Petersen (Eds.): Automation of clinical electroencephalography. New York: Raven
14. Nauta, W.J.H. (1971). THE PROBLEM OF THE FRONTAL LOBE: A REINTERPRETATION. *Journal of Psychiatric Research*, 8, 167-187
15. O'Boyle, M. W., Alexander, J.E. & Benbow, C.P. (1991). ENHANCED RIGHT HEMISPHERE ACTIVATION IN THE MATHEMATICALLY PRECOCIOUS: A PRELIMINARY EEG INVESTIGATION. *Brain and Cognition*, 17, 138-153
16. Posner, M.I. (1991). COGNITIVE NEUROSCIENCE OF LEXICAL ACCES. *Perception Cognition and Brain*, Yakult International Symposium, Tokyo, Japan, 1991, 29-39
17. Posner, M.I. & McCandliss, B.D. (1993). CONVERGING METHODS FOR INVESTIGATING LEXICAL ACCES. *Psychological Science*, 4 (5), 305-309
18. Posner, M.I., Petersen, S.E., Fox, P.T. & Raichle, M.E. (1988). LOCALIZATION OF COGNITIVE FUNCTIONS IN THE HUMAN BRAIN. *Science*, 240, 1627-1631
19. Rakic, P., Bourgeois, J.P., Eckenhoff, M.F., Zecevic, N. & Goldman-Rakic, P. (1986). CONCURRENT OVERPRODUCTION OF SYNAPSES IN DIVERSE REGIONS OF THE PRIMATE CEREBRAL CORTEX. *Science*, 232, 232-235
20. Raichle, M.E. (1987). CIRCUITORY AND METABOLIC CORRELATES OF BRAIN FUNCTION IN NORMAL HUMANS. In: V.B. Mountcastle & F. Plum (Eds.): *Handbook of physiology*, Section 1: Higher Functions of the Nervous System. American Physiological Society: Bethesda, MD
21. Sinnott, J.D. (1989). LIFE-SPAN RELATIVISTIC POSTFORMAL THOUGHT: METHODOLOGY AND DATA FROM EVERYDAY PROBLEM-SOLVING STUDIES. In: M.L. Commons, J.D. Sinnott, F.A. Richards & C.Armon (Eds.): *Adult development: Vol.1, Comparisons and applications of developmental models* (p.p. 240-277). New York, Praeger
22. Squire, L.R. & Zola-Morgan, S. (1991). THE MEDIAL TEMPORAL LOBE MEMORY SYSTEM. *Science*, 253, 1380-1386
23. Thatcher, R.W., Walker, R.A. & Giudice, S. (1987). HUMAN CEREBRAL HEMISPHERES DEVELOP AT DIFFERENT RATES AND AGES. *Science*, 236, 1110-1113
24. Williamson, P.C. (1990). QUANTITATIVE EEG CORRELATES OF COGNITIVE DECLINE IN NORMAL ELDERLY SUBJECTS. *Arch. Neurol.*, 47, 1185-1188

25. Yakovlev, P. & Lecours, A.R. (1967). THE MYELOGENETIC CYCLES OF REGIONAL MATURATION OF THE BRAIN. In: A. Minkowski (Ed.): Regional development of the brain in early life. Oxford: Blackwell & Mott