

Z. BUJAS, B. PETZ i A. KRKOVIĆ

## ELEKTRIČNA AKTIVNOST MOZGA U TOKU DUŽEG INTELEKTUALNOG RADA

Autori su ispitivali električnu aktivnost mozga, i to u različitim razdobljima kontinuiranog intelektualnog rada. Promjene, koje su našli u stupnju potiskivanja alfa-valova, tumače autori suprotnim djelovanjem različitih faktora, među kojima su najvažniji vježba i umor.

### *Uvod*

Od 1924. g., kada je *H. Berger* uspio registrirati periodičke promjene potencijala, koje se zbivaju u mozgovnim stanicama čovjeka, velik broj istraživača dao se na istraživanje »mozgovnih struja«, tog objektivnog znaka metabolične i funkcionalne aktivnosti mozga.

Nakon razdoblja velikog zanosa za tu novu metodu, koja je po analogiji na elektrokardiografiju nazvana elektroencefalografijom, slijedilo je razdoblje relativnog razočaranja. Osobito psihofiziolozi, koji su u prvi mah očekivali, da će između mozgovnih valova različitog tipa i različitih kategorija doživljaja naći jednoznačnu elektropsihološku korelaciju, bili su ubrzo dezorijentirani postignutim rezultatima. Mozgovni valovi, kakve dobivamo na elektroencefalogramu (EEG), koliko se god među sobom razlikovali po svojoj frekvenciji, amplitudi i pravilnosti, ni izdaleka ne odražavaju mnoštvo psihičnih procesa različite kvalitete i intenziteta.

Ipak je u proteklom periodu od trideset godina toliko usavršena tehnika snimanja električnih promjena potencijala mozgovnih stanica i sakupljen je tako obilan činjenični materijal o fiziološkom mehanizmu mozgovnih valova, da ta metoda ponovo postaje predmetom interesa velikog broja psihofiziologa.

Kako je poznato, promjene potencijala, koje se zbivaju u mozgovnim stanicama, možemo snimati ili direktno s površine mozga (elektrokortikografija) ili preko lubanjskih kostiju, kože i kose. Direktno snimanje površine čovječjeg mozga moguće je, dakako, samo za vrijeme neurokirurških

zahvata na mozgu te zbog toga ne predstavlja metodu, koja bi se mogla upotrebiti u širem opsegu za svrhe eksperimentiranja. Indirektno snimanje opet, zbog umetnutih velikih otpora, onemogućuje registriranje svih onih potencijala, koji su po svom intenzitetu ispod osjetljivosti mjernog instrumenta. Upravo ta tehnička poteškoća određuje i granice, u kojima se danas može indirektna elektroencefalografija upotrebiti pri rješavanju nekih psihofizioloških problema.

Gotovo sve vrste valova, koje možemo registrirati kod čovjeka preko lubanjskih kostiju, nijesu drugo do izraz *spontane*, i to *sinhronizirane aktivnosti* kortikalnih neurona. Za razliku od procesa, koji se zbivaju u perifernim dijelovima živčanog sistema, a koji su izazvani različitim podražajima, centralni neuroni pokazuju i neku spontanu aktivnost. Zbog uske međusobne povezanosti mozgovnih neurona dolazi do usklađivanja ritma te njihove spontane aktivnosti, a to se onda očituje u nizu više ili manje pravilnih valova. Što je stupanj sinhroniziranog depolariziranja veći, to je i amplituda mozgovnih valova veća, a frekvencija pravilnija.

*Specifičnu aktivnost* pojedinih mozgovnih areala, naprotiv, nije moguće adekvatno registrirati. Specifičnu aktivnost, koja bi bila objektivni izraz određene psihonervne aktivnosti, možemo opažati jedino indirektno, i to na osnovu njezina, nažalost, i opet nespecifičnog djelovanja na sinhronu spontanu aktivnost mozga. Kad su određena područja mozga u specifičnoj aktivnosti, kako je to na primjer pri pristizavanju većeg broja aferentnih živčanih impulsa iz osjetnih organa, zatim pri intenzivnijem intelektualnom radu, pri emocionalnim doživljajima i t. d., onda dolazi u tim područjima do desinhronizacije spontane aktivnosti. Ako je ta desinhronizacija dovoljno velika, na elektroencefalogramu nestaju ili se smanjuju relativno spori i veliki valovi »mirovanja« (alfa-valovi), a pojavljuju se često valovi manje amplitude i veće frekvencije (beta-valovi).

Na stupanj sinhronizacije i na spontanu aktivnost mozgovnih stanica utječe i opće stanje čovjeka. Na osnovu mnogih ispitivanja gotovo je sigurno, da alfa-valovi od oko 10/sek. predstavljaju normalni tonus velikih grupa mozgovnih stanica osobito zatiljnog dijela mozga, i to kod budna čovjeka, koji je u stanju osjetnog, intelektualnog i emocionalnog mira. Pri drijemanju i za vrijeme spavanja ta se spontana aktivnost smanjuje, što se očituje u usporenju ili smanjenju amplitude alfa-valova, u periodima sasvim prigušene električne aktivnosti, odnosno u pojavljivanju veoma sporih valova (delta-valovi).

Na taj način, iako nam mozgovni valovi ne daju podataka o specifičnoj psihonervnoj aktivnosti mozgovne kore, ipak njihova frekvencija, amplituda i manja ili veća pravilnost ukazuju s jedne strane na opći tonus mozgovnih stanica, a s druge strane na intenzitet i proširenost specifične uzbuđenosti.

### *Problem*

Naš problem: *kako utječe duži intelektualni rad na alfa-valove mozga*, nije, ako ga općenito uzmemo, neki nov problem.

Iako intelektualni rad nije moguće lokalizirati na ograničene mozgovne areale, ipak on predstavlja svojevrsnu povećanu aktivnost mozga, pa je sasvim razumljivo, da su se mnogi autori zanimali za njegov električni aspekt.

Već je *H. Berger* (1) opazio, da intelektualni rad, koji se na pr. sastoji u računanju napamet, potiskuje alfa-valove, koji mogu povremeno i potpuno nestati. Umjesto njih pojavljuju se na snimci brži i nepravilniji beta-valovi. Tek nakon riješenog zadatka pojavljuju se ponovo alfa-valovi. Što je neki rad bio naporniji za ispitanika, to je i takvo potiskivanje jače. Pomjene u strujama mozga, koje nastaju za vrijeme mentalnog rada, tumači *Berger* centralnom inhibicijom. Kod intelektualnog rada povećana je aktivnost u korespondentnim centrima, dok je istovremeno u ostalim područjima automatska aktivnost zakočena ili potpuno potisnuta. Pojavu, da se u toku dužeg mentalnog napora sporadično pojavljuju grupe alfa-valova, tumači *Berger* fluktuacijama pažnje, t. j. promjenama u mentalnoj napetosti.

To njegovo opažanje, da intelektualni rad povremeno potiskuje alfa-valove, potvrdio je niz autora, kao na pr. *U. Liberson* (2), *J. R. Knott* (3), *M. Hadley* (4) i t. d.

Ali pri ispitivanju utjecaja intelektualnog rada na alfa-ritam primijećene su i neke nove pojave. Tako je na pr. utvrđeno, da apstraktno mišljenje često povećava amplitudu alfa-valova namjesto da je smanjuje (*L. E. Travis* [5]), dok lagani intelektualni rad, kao što je to na pr. recitacija poznatih stihova ili rješavanje jednostavnih računa često uopće ne pormećuje alfa-ritam (*L. E. Travis* i *J. P. Egan* [6], *J. Delay* [7]).

Osim toga *J. L. Kennedy*, *R. M. Gottsdanker*, *J. C. Armington* i *F. E. Gray* (8) drže, da se za vrijeme intelektualnog rada pojavljuju posebni »kapa-valovi«, koji imaju istu frekvenciju kao alfa-valovi, ali znatno manju amplitudu. Njih je moguće naći pri odvodu iznad sljepoočnog lobusa, neposredno iza frontalnog dijela, i to samo onda, kad ispitanik misli ili se intelektualno napreže.

Za naš problem od osobite su važnosti ispitivanja *H. Rohrchera* (9, 10, 11, 12) i *B. Bjernerera* (13).

U mnogim svojim radovima, koje je posvetio tom problemu, utvrdio je *H. Rohrcher*, da pri intelektualnom radu, koji se sastoji u računanju napamet, u čitanju ili slušanju nekog teksta, dolazi doduše do potiskivanja alfa-valova, ali da to potiskivanje nije nikad potpuno i da je kod različitih individua nejednako izrazito. Za vrijeme intelektualnog rada povećava se amplituda valova visoke frekvencije (beta-valovi), ali se pojavljuju i alfa-valovi, i to tim češće, što sam rad duže traje. Kako s težinom rada raste i amplituda brzih valova, to *Rohrcher* misli, da postoji neka korelacija između povećanja tih valova i stupnja psihičnog napora.

S obzirom na otpornost alfa-valova pri intelektualnom radu dijeli *Rohrcher* ispitanike u dva glavna tipa. Kod nekih ispitanika pojavljuju se i za vrijeme intelektualnog rada mnogobrojni alfa-valovi, dok su oni kod drugih znatno smanjeni, odnosno potpuno potisnuti. Na osnovi nekih opažanja pripisuje *Rohrcher* tu pojavu različitoj priviknutosti ispi-

tanika na intelektualni rad. Kod onih, koji se općenito ne bave intelektualnim radom, alfa-ritam je izrazit, te za vrijeme rada dolazi do malih promjena; naprotiv kod onih, koji su općenito priviknuti da intelektualno rade, pri radu se samo rijetko pojavljuju alfa-valovi.

*Rohracher* drži, da su alfa-valovi – koje možemo osobito lako dobiti s mozga čovjeka, koji je u stanju psihične pasivnosti – električni izraz metaboličnih procesa u ganglijskim stanicama. Sve češće pojavljivanje alfa-valova, što intelektualni rad duže traje, pripisuje *Rohracher* povećanoj potrebi, da se nadoknade energetske tvari, koje su stanice potrošile u toku svoje funkcije. Zbog umora ne mogu ganglijske stanice više producirati uzbuđenja, koja su u osnovi psihične aktivnosti (beta-valovi), pa automatski dolazi do alfa-valova kao izraza procesa, kojima stanice nadoknađuju energetske tvari potrebne za svoju aktivnost. Prema *Rohracheru* te se provale alfa-valova u toku rada očituju na psihološkom planu u smanjenju uspješnosti rada, t. j. u prisilnim pauzama u toku psihične aktivnosti. Kratka razdoblja, u kojima je »jasnoća svijesti« znatno smanjena, bila bi tako alfa-razdoblja, a ona su, kako je poznato, to češća i duža, što je mentalni umor veći.

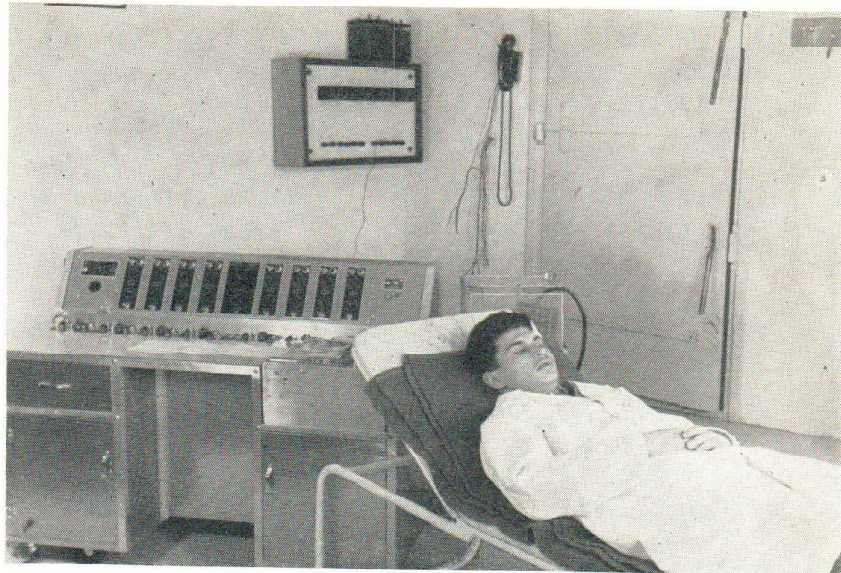
*B. Bjerner* je pri svojim ispitivanjima, kako utječe nespavanje na psihičnu aktivnost, obratio naročitu pažnju mozgovnim valovima za vrijeme prisilnih pauza, do kojih dolazi u toku rada.

Njegovi su ispitanici za vrijeme bdijenja, koje je trajalo 24 sata do 48 sati, morali izborno reagirati na 3 kategorije slušnih podražaja. Pokus se ponavljao nekoliko puta, a svaki je put trajao 12 minuta. Pošto je utvrdio sva vremena reakcije, koja su bila dva ili više puta duža od prosječnog vremena (delayed actions), *Bjerner* je brojio alfa-valove, koji se javljaju za takvih produženih reakcija, i uspoređivao ih s brojem alfa-valova u periodu od 3 sek., koji je neposredno prethodio i neposredno slijedio iza svake takve produžene reakcije. On je našao, da je broj alfa-valova za vrijeme produžene reakcije značajno manji od broja prije i poslije takve reakcije. Osim toga broj se alfa-valova u produženoj reakciji smanjuje s njezinim trajanjem, a nakon produžene reakcije je uvijek veći nego u periodu, koji joj prethodi.

Depresiju alfa-ritma u toku produženih reakcija *Bjerner* dovodi u vezu s djelovanjem sna na alfa-valove. On smatra, da su produžene reakcije, koje se pojavljuju u toku intelektualnog rada, prolazni fenomeni iste prirode kao i san.

Koliko god činjenice, koje su našli različiti autori, bile značajne, a predložena tumačenja zanimljiva, ipak odnos između intelektualnog rada i mozgovnih valova nije još ni izdaleka točno utvrđen.

Većina spomenutih autora ili se zadovoljila sporadičnim izoliranim opažanjima, ili je registrirala mozgovne valove samo u određenim kratkim razdobljima intelektualnog rada. Zbog toga, koliko je nama poznato, nema točnih podataka o ponašanju alfa-valova za vrijeme neprekidnog intelektualnog rada kroz duži vremenski period, nema, dalje, točnih podataka o promjenama, do kojih može doći u toku ponavljanja iste intelektualne aktivnosti, nema provjerenih podataka o utjecaju mentalnog



Sl. 1. Aparatura s ispitanikom. Kod eksperimenta ispitanik se nalazio u oklopljenom kavezu  
Fig. 1. The apparatus with the subject. During the experiment the subject was in the faradic cage



umora na alfa-ritam, dok su opažanja o alfa-valovima u prisilnim pauzama izvršena ili u nenormalnim prilikama (pospanost), ili su pak samo kvalitativna, i rezultati tih ispitivanja među sobom su kontradiktorni.

Te praznine i nejasnoće potaknule su nas da pokušamo pitanje odnosa između mozgovnih valova s jedne strane, a intelektualnog rada, vježbe i umora s druge strane zahvatiti na nešto drukčiji i sistematičiji način.

#### *Metoda*

Električnu aktivnost mozga naših ispitanika registrirali smo s pomoću elektroencefalografa tipa Grass, s mehaničkim pisalicama. Kod prvih pokusa snimali smo istovremeno promjene potencijala u tri odvoda, i to s frontalnog, parijetalnog i okcipitalnog dijela lubanje. Zbog toga, što su se na snimci s frontalnog dijela – kao posljedice »misaone mimike« i nehotičnih kontrakcija očnih kapaka – u znatnoj mjeri pojavljivale akcijske struje mišica, prešli smo kasnije na samo jedan parijetalno-okcipitalni odvod, i to s lijeve hemisfere. Kao elektrode služile su male srebrne pločice, koje su bile pričvršćene na kožu kolodijem; između pločice i alkoholom očišćenog mjesta na glavi nalazila se kontaktna pasta od bentonita. Odvođenje je bilo bipolarno. Jedna se elektroda nalazila oko 3 cm iza transversalne ravnine, koja prolazi kroz ušne otvore, dok je druga elektroda bila smještena za još oko 7 cm iza prve elektrode. Obje elektrode nalazile su se oko 3 cm nalijevo od fronto-okcipitalne medijalne linije. Pokusi su izvršeni na pet ispitanika u prostoriji, koja je bila umjereno osvijetljena. Za vrijeme pokusa ispitanik je zatvorenih očiju ležao ili je bio udobno smješten u ležaljci. Električnu aktivnost mozga snimali smo najprije kroz 5–10 min. mirovanja prije rada, zatim za vrijeme rada i konačno kroz 5–10 min. poslije rada. Snimanje je bilo kontinuirano. (Sl. 1)

Intelektualni rad sastojao se u zbrajanju parova dvoznamenkastih brojeva. Te je brojeve čitao eksperimentator, a čim bi ih ispitanik u glavi zbrojio, dao bi preko posebnog kontaktnog uređaja znak, koji se električki registrirao ispod same snimke. Čim bi ispitanik dao znak, eksperimentator bi pročitao novi par brojeva i t. d. Tempo rada bio je na taj način određen brzinom, kojom je ispitanik računao. Takvo kontinuirano zbrajanje trajalo je puni sat.

Odlučili smo se za tu vrstu rada, jer smo željeli da pratimo, kako se u toku rada razvija mentalni umor, a to je moguće jedino, ako su zadaci homogeni po svojoj težini.

Kako je poznato, različiti pokušaji da se slijedi razvoj mentalnog umora na osnovi promjena u kvantitetu ili kvalitetu izvršenih operacija u pojedinim radnim razdobljima, nisu imali očekivanog uspjeha. U toku intelektualnog rada dolazi do fluktuacije u tempu aktivnosti i do povremenih kratkotrajnih prekidova. Spontano usporavanje tempa i kratkotrajni prekidi predstavljaju odmore, nakon kojih je aktivnost opet ubrzana, tako da ukupni radni učinak redovno ne pokazuje nikakvo značajno smanjenje u toku rada.

Prema ispitivanjima *A. G. Billsa* (14, 15, 16, 17) i njegove škole jedino frekvencija i trajanje spontanih pauza, koje se očituju u značajno pro-

duženom vremenu rješavanja nekog zadatka, mogu poslužiti kao indeks radne sposobnosti u pojedinim razdobljima intelektualnog rada. Prisilne kratkotrajne pauze, do kojih dolazi u toku intelektualnog rada, zove *Bills* blokovima, a definira ih kao vremena reagiranja, koja su dva ili više puta duža od modalnog vremena reakcije. Frekvencija blokova i njihovo trajanje rastu prema *Billsu* s produživanjem rada, a na doživljajnom planu blokovi su karakterizirani časovitom konfuzijom, nesposobnošću koncentracije na zadatak, a nekad i čuvstvenom napetošću zbog »frustracije«.

Da bi se mogle utvrditi takve prisilne pauze, potrebno je, dakako, da zadaci budu homogeni po svojoj težini, jer kad oni to ne bi bili, onda bi vrijeme rješavanja nekog zadatka moglo zavisiti i od njegove specifične težine. Zgodnom kombinacijom brojeva uspjeli smo da u tom pogledu sastavimo vrlo homogeni materijal.

Blokovi u *Bills*ovom smislu odgovaraju donekle jasnim fluktuacijama t. zv. pažnje, t. j. onim periodima, kad je stupanj usmjerene psihične aktivnosti znatno smanjen. Kako smo vidjeli, prema *Bergeru*, a osobito prema *Rohracheru*, ti periodi bili bi karakterizirani pojavljivanjem alfa-valova, dok je naprotiv prema *Bjerneru*, koji ih smatra stanjima sličnim snu, za vrijeme takvih »delayed actions« alfa-ritam osobito slab. Upravo zbog tih suprotnih mišljenja obratili smo i mi naročitu pažnju alfa-valovima u blokovima.

Mjereći na snimci vrijeme, koje je ispitaniku bilo potrebno, da u glavi zbroji pojedine parove brojeva, mogli smo lako identificirati blokove. Kod naših ispitivanja smatrali smo blokom svako vrijeme rada, koje je bilo dva ili više od dva puta duže od prosječnog vremena svih ispitanikovih odgovora. Budući da mi nismo za osnovu uzeli modalnu vrijednost, nego aritmetičnu sredinu, naš je kriterij određivanja blokova bio nešto stroži od onog, što ga je upotrebio *Bills*.

Pri obradbi rezultata obazirali smo se zasad samo na alfa-valove i računali smo napose alfa-indeks prije rada, u toku rada i poslije rada. Alfa-indeks je procentni odnos između trajanja izrazitih alfa-valova i svih valova na snimci. Što alfa-valovi zauzimaju veći dio snimke, to je dakako alfa-indeks veći, i obrnuto.

Kako nismo imali automatski analizator frekvencija, to smo najprije na čitavoj snimci odoka identificirali i zabilježili sve izrazite alfa-valove – t. j. valove, koji imaju frekvenciju između 9 i 11 na sek., a amplitudu veću od 5  $\mu$ V – a zatim smo zbroj svih tih vremena, u toku kojih se pojavljuju alfa-valovi, izrazili u procentu trajanja čitave snimke. Pri određivanju amplitude služili smo se kao pomagalom i prozirnim papirom, na kojem su bile nacrtane dvije paralelne crte u razmaku, koji odgovara amplitudi od 5  $\mu$ V. Sa svrhom, da što je više moguće smanjimo ličnu pogrešku, koja je neizbježiva kod takve neautomatske metode, svaku su snimku pregledala dva eksperimentatora.

Na osnovu tako utvrđenog alfa-indeksa prije rada, u različitim vremenskim razmacima samoga rada i poslije rada, mogli smo pratiti, kako



se mijenja alfa-indeks u toku intelektualne aktivnosti. Računajući pak alfa-indeks u blokovima mogli smo taj indeks usporediti s općim alfa-indeksom u toku čitavog rada.

### Rezultati

U tablici I i na slici 2 prikazani su prosječni rezultati od 4 naša ispitanika, i to dvojice muškaraca i dviju žena. Rezultate petog ispitanika nismo uključili u te prosječne vrijednosti, jer oni, zbog specijalnih prilika, o kojima će kasnije biti govora, djelomično odstupaju od rezultata drugih ispitanika.

Budući da u prilikama mirovanja postoje znatne razlike u alfa-indeksu među našim ispitanicima, izjednačili smo te prosječne razlike na taj način, što smo za svakog ispitanika uzeli njegov alfa-indeks prije rada kao jedinicu mjerenja. Drugi alfa-indeksi izraženi su dijelovima korespondentnog alfa-indeksa prije rada.

Tablica I

Prosječni alfa-indeks od 4 ispitanika prije rada, za vrijeme intelektualnog rada i poslije rada. Rezultati su izraženi u dijelovima alfa-indeksa prije rada, koji je uzet kao jedinica (1,00).

Prije rada	U t o k u r a d a						Poslije rada
	0—10 min.	10—20 min.	20—30 min.	30—40 min.	40—50 min.	50—60 min.	
1,00	0,71	0,61	0,56	0,61	0,62	0,63	0,71

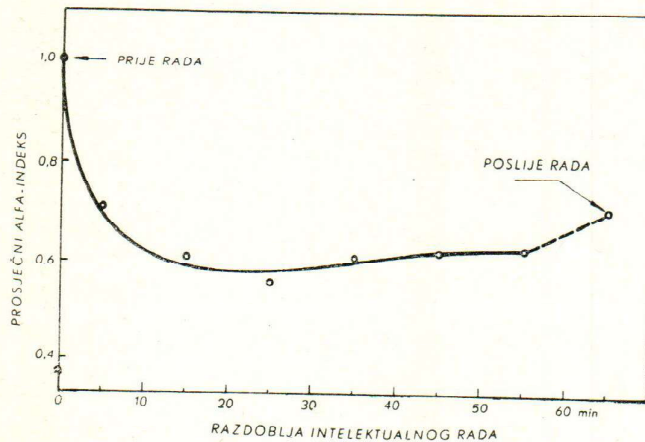
S obzirom na normalni alfa-indeks za vrijeme mirovanja – prema klasifikaciji *H. Davisa* i *P. A. Davisa* (18) – jedan naš ispitanik s alfa-indeksom od 94,6% ide među dominantne alfa-tipove, drugi s indeksom od 56,2% pripada subdominantnom tipu, treći s indeksom od 48,1% pripada u mješoviti tip, dok četvrti naš ispitanik s indeksom 19,2% ide među tipove s rijetkim alfa-valovima.

Kako se iz slike 2 vidi, alfa-indeks se u toku prvog radnog razdoblja relativno naglo smanjuje, zatim se to smanjivanje usporava do najniže vrijednosti u trećem razdoblju, a onda opet alfa-indeks pokazuje izvjesnu tendenciju da raste. Po prestanku rada alfa-indeks se povećava, ali u toku tih 5–10 min. počivanja još ne dostiže svoju početnu vrijednost.

Individualne krivulje naših ispitanika, iako po svom osnovnom obliku odgovaraju prosječnoj krivulji, ipak pokazuju i neke specifičnosti. U prvom redu pod utjecajem intelektualnog rada ne smanjuje se u podjednakoj mjeri alfa-indeks, t. j. potiskivanje alfa-valova kod različitih je ispitanika različito. Krajnje vrijednosti maksimalnog potiskivanja variraju od 0,29 za ispitanika Z. B. do samo 0,71 za ispitanika S. N. Osim toga najniža vrijednost alfa-indeksa nije kod svih ispitanika dostignuta

nakon podjednako dugog rada. Dok na pr. jedan ispitanik ima najnižu vrijednost u posljednjem radnom razdoblju, kod drugih ispitanika nalazimo najniže vrijednosti u prvom, odnosno drugom razdoblju rada. Nadalje, ni porast alfa-indeksa u kasnijim razdobljima rada nije jednako izrazit kod svih ispitanika. U tom pogledu alfa-indeks raste kod dvojice ispitanika od najniže vrijednosti, više ili manje kontinuirano, dok se kod druge dvojice uglavnom ustaljuje na određenoj razini.

Konačno smo našli izraziti porast alfa-indeksa po prestanku rada samo kod dvojice ispitanika. Za primjer nekih individualnih razlika donosimo



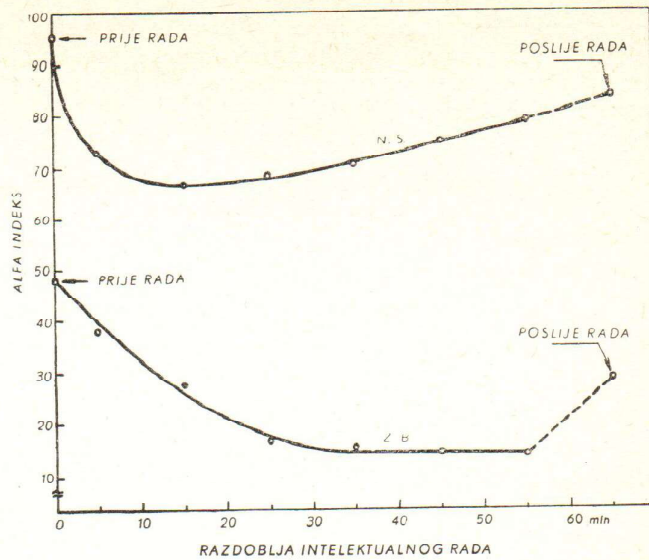
Sl. 2. Mijenjanje alfa indeksa u toku kontinuiranog rada. Prosječna krivulja od četiri ispitanika. Na ordinati: prosječni alfa-indeks, izražen u dijelovima alfa-indeksa prije rada, koji je uzet kao 1,0; na apscisi: trajanje intelektualnog rada u minutama

Fig. 2. The fluctuations of the alpha-index during continuous work. The average curve of four subjects. On the ordinate: the average alpha-index, expressed in parts of the alpha-index before work taken as 1.0; on the abscissa: the duration of mental work in minutes.

na slici 4 krivulje dvojice ispitanika, i to dvije krivulje, koje se najviše među sobom razlikuju po obliku i po apsolutnim vrijednostima.

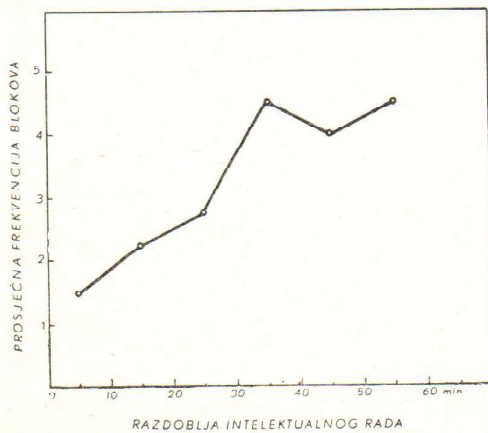
Za vrijeme intelektualnog rada pojavljivali su se kod svih naših ispitanika blokovi, t. j. periodi, kad je ispitanik bio nesposoban da se koncentrira na zadatke. Kako je već spomenuto, te su se praznine u kontinuiranom intelektualnom radu objektivno očitovale u osobito dugom vremenu, koje je bilo potrebno, da se riješi zadatak. Broj blokova u toku jednosatnog rada varira od 14 blokova kod ispitanika Z. B. do 27 blokova kod ispitanika B. L. Odnos između prosječnog broja blokova i pojedinih radnih razdoblja za sva četiri naša ispitanika prikazan je na slici 5.

Kako se iz slike vidi, prosječna frekvencija blokova raste u prvoj polovini rada, ali se kasnije više ili manje ustaljuje.



Sl. 4. Individualne razlike u promjenama alfa-indeksa u toku intelektualnog rada. Gornja krivulja prikazuje rezultate ispitanika N. S., a donja krivulja prikazuje rezultate ispitanika Z. B. Na ordinati: alfa-indeks; na apscisi: trajanje rada u minutama

Fig. 4. Individual differences in the changes of alpha-indices during mental work. The upper curve shows the results of subject N. S., the lower curve those of subject Z. B. On the ordinate: alpha-index; on the abscissa: duration of work in minutes.



Sl. 5. Porast frekvencije blokova u toku intelektualnog rada. Na ordinati: prosječna frekvencija blokova od četiri ispitanika; na apscisi: trajanje rada u minutama.

Fig. 5. The rise of the frequency of blocks during mental work. On the ordinate: the average frequency of blocks in four subjects; on the abscissa: duration of work in minutes.

Ako za svakog od naša četiri ispitanika izračunamo prosječni alfa-indeks u blokovima, i taj indeks usporedimo s njegovim općim alfa-indeksom za vrijeme čitavog rada, naći ćemo, da u prosjeku među njima nema značajne razlike (Tablica II).

Tablica II

Odnos između prosječnog alfa-indeksa u blokovima  
i općeg alfa-indeksa u toku rada

Prosječni alfa-indeks u blokovima	0,60
Opći alfa-indeks u toku rada	0,62

Kod dva je ispitanika alfa-indeks u blokovima nešto veći od njihovog općeg alfa-indeksa u toku čitavog rada, dok je kod druga dva ispitanika taj odnos obrnut.

### Diskusija

Intelektualni rad, kao i svaki drugi oblik specifične aktivnosti, ne može se očitovati drukčije na elektroencefalogramu nego kao dezorganizacija spontane ritmičke električne aktivnosti budnog mozga, koji miruje. Prema tome na osnovi same snimke nije moguće utvrditi, je li do potiskivanja alfa-valova došlo zbog intelektualnog napora, zbog osjetnih podražaja ili zbog čuvstvene uzbuđenosti. Ta činjenica primorava na oprez pri utvrđivanju promjena, koje *intelektualni rad* izazivlje u mozgovnim valovima.

Ipak možemo smatrati sigurnim, da naši rezultati potvrđuju ono, što su već utvrdili i drugi, a to je, da se alfa-indeks smanjuje kod intelektualnog rada. Usto naša mjerenja pokazuju i približan način tog potiskivanja u toku dužeg intelektualnog rada.

Nagli pad alfa-indeksa, koji smo našli u početku intelektualnog rada, i kasnije usporenje toga pada, mogu se dovesti u svezu s dobro poznatom činjenicom o djelovanju *uzastopnih* osjetnih podražaja na alfa-valove. Ako se podražuje neki osjetni organ serijom kratkih podražaja, onda podražaj, koji se ponavlja, postepeno sve slabije potiskuje alfa-valove. Taj fenomen »privikavanja« utvrđen je i izvan užeg osjetnog područja. Tako su na pr. C. Foerster i H. Altenburger (19), ispitujući, kako djeluje slušanje melodije na mozgovne valove, našli, da samo prva slušanja potiskuju alfa-valove, dok dalja više ne izazivaju reakciju potiskivanja.

Mehanizam takvog »privikavanja« na osjetne podražaje nije još točno utvrđen. Pokušaji, da se ta pojava objasni smanjivanjem »pažnje«, gubitkom interesa, odnosno sve boljom kanalizacijom živčanih impulsa, zasad su još samo hipoteze.

U našem slučaju moglo bi se mijenjanje alfa-indeksa u toku intelektualnog rada pripisati promjenama u stupnju i rasprostranjenosti uzbu-

đenja mozgovne kore. U početku intelektualnog rada, dok je ispitanik još u fazi urađivanja, on računa s više napora, nego u drugoj fazi, kad dolazi do neke automatizacije. Fiziološki korelat tog pojačanog napora u početku rada je jača uzbuđenost mozgovne kore, pa je i razumljivo, da u tom periodu nalazimo i relativno veliko potiskivanje alfa-valova. Osim intelektualnog napora moguće je, da na dezorganizaciju autonomnog ritma u početku djeluje i čuvstvena uzbuđenost ispitanika. Kasnije, u toku ponavljanja slične aktivnosti postepeno se ustaljuje tehnika rada, ispitanik se smiruje, a zbog vježbe rad postaje lakši. Korelativno s tim psihičnim promjenama stupanj se uzbuđenosti mozgovne kore smanjuje, a područje se uzbuđenosti koncentrira na određene areale.

Ali, kad bi na alfa-indeks djelovala samo vježba, onda bi alfa-indeks nakon naglog početnog pada morao odmah postepeno rasti do neke granične vrijednosti, koja je manja ili, najviše, jednaka alfa-indeksu za vrijeme mirovanja. Naprotiv, kako naši rezultati pokazuju, alfa-indeks ne raste, nego se najprije samo njegov dalji pad usporava, zatim se alfa-indeks ustaljuje na određenoj vrijednosti, a tek u završnoj fazi pokazuje neki porast. To složeno ponašanje alfa-indeksa može se pokušati protumačiti suprotnim djelovanjem dvaju različitih faktora na alfa-indeks, i to vježbe i umora. Dok *vježba* djeluje tako, da alfa-indeks povećava, dotle *umor* utječe na smanjivanje alfa-indeksa. Dobivena krivulja je rezultatna vrijednost početnog naglog smanjenja normalnog tonusa mozgovnih stanica, zatim vježbe, koja se razvija vjerojatno u obliku sigmoidalne krivulje i umora, do kojeg vjerojatno brzo dolazi, ali koji – zahvaljujući blokovima – sporo napreduje. Djelovanje umora na alfa-indeks nije dakako direktno, nego *indirektno*. U fazi umora postaje ispitanik smanjeno sposoban za rad, što može – već prema prilikama – ili u nekoj mjeri ili potpuno kompenzirati, odnosno prekompenzirati olakšavajući učinak vježbe.

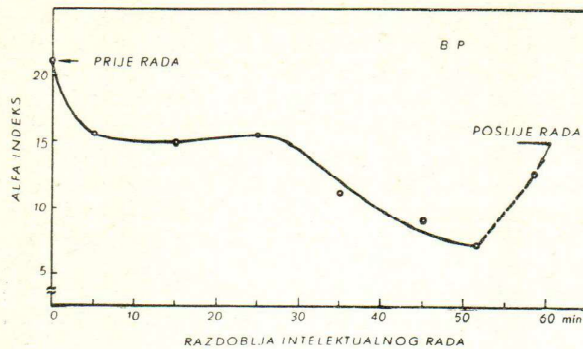
Nažalost ni individualne krivulje, a dakako još manje zajednička krivulja, ne dozvoljavaju, da se točnije razluči utjecaj pojedinih faktora. Zbog velikog varijabiliteta alfa-indeksa bili smo primorani računati prosječni alfa-indeks za relativno duga razdoblja rada od po 10 min., pa su sigurno već i prve vrijednosti pod utjecajem svih spomenutih faktora. Zbog toga treba, *osobito početni dio naših krivulja, uzeti s nekom rezervom.*

Ali bez obzira na to, kakav je stvarno početak krivulje, koja pokazuje odnos između alfa-indeksa i intelektualnog rada, nama se čini, da se promjene u alfa-indeksu mogu znatno jednostavnije protumačiti antagonističnim ili sinergičnim djelovanjem spomenutih faktora, negoli *Rohracherovom* hipotezom. Kako je već spomenuto, *Rohracher* drži, da se alfa-valovi pojavljuju češće u kasnijim fazama rada nego u početku, s razloga, što su mozgovne stanice iscrpljene pa prevladavaju asimilatorni procesi, kojih su električni izraz alfa-valovi. Ta je hipoteza osim toga i u suprotnosti s poznatom činjenicom, da za jednaki radni učinak u fazi umora organizam troši više energije nego kad je svjež.

U prilog naše interpretacije, koju dalji pokusi treba da potvrde ili opovrgnu, govore i neke snimke, koje smo dobili u prilikama, kod kojih

je opravdano pretpostaviti da je prevladavao bilo faktor *vježbe*, bilo faktor *umora*.

Tako na primjer, kad smo s ispitanikom A. K., koji je kod *prvog* pokusa dao tipičnu krivulju u obliku hiperbole, *ponovili* pokus, našli smo da alfa-indeks, nakon početnog pada, odmah kontinuirano i naglo raste.



Sl. 6. Promjene u alfa-indeksu u toku intelektualnog rada ispitanika B. P. Na ordinati: alfa-indeks; na apscisi: trajanje rada u minutama. – Ispitanik B. P. radio je 54 minute.

Fig. 6. Fluctuations of the alpha-index of subject B. P. during mental work. On the ordinate: alpha-index; on the abscissa: duration of work in minutes. Subject B. P. worked for 54 minutes.

– čije rezultate nismo uzeli u obzir pri konstrukciji prosječne krivulje – alfa-indeks se u početku smanjuje, zatim se njegova vrijednost neko vrijeme ustaljuje, a onda u drugoj polovici rada opet značajno pada i postiže svoj minimum u posljednjem radnom razdoblju. Taj je naš ispitanik radio s naporom, osjećao se vrlo nelagodno i morao se – također prema vlastitoj izjavi – jako naprezati, da izdrži do kraja rada. (Sl. 6.)

Protiv *Rohracherova* tumačenja alfa-valova govori i odnos između alfa-indeksa u blokovima i općeg alfa-indeksa u toku rada. Kad bi njegova hipoteza bila ispravna, onda bi alfa-indeks u bloku morao biti veći nego izvan bloka, a to, kako pokazuju naši rezultati, ne stoji.\*

Slično vrijedi i za *Bergerovo* tumačenje veze između fluktuacija pažnje i pojavljivanja alfa-ritma. Blok, nema sumnje, predstavlja smanjivanje stupnja aktivnosti, koja je usmjerena na određeni zadatak, ali je zato aktivnost u bloku usmjerena na savladavanje zapreke, koju blok predstavlja, a taj napor potiskuje alfa-valove jednako tako kao i intelektualni napor, kojim se rješava zadatak. O tim odnosima kaže *J. Delay*: »Kad znamo, da pažnja ili čuvstvo mogu izazvati reakciju zaustavljanja, onda moramo priznati, da je zasad nemoguće dovesti u vezu određeni električni

\* Čini se, da su naši rezultati o ponašanju alfa-valova u blokovima u skladu s podacima, do kojih je došao *B. M. Martinson*: A study of brain potentials during mental blocking – J. of exper. Ps., 24 (1939), 143. Nažalost nam je taj rad poznat samo prema kratkom referatu iz L'Année Psychologique, 1939, str. 274.

ritam s određenim oblikom više psihične djelatnosti. Postoji doduše neka korelacija između mozgovnog elektriciteta i »misli«, ali ona je veoma neodređena. Mentalni rad mijenja mozgovne valove, zaustavlja alfa-valove, ali ta je modifikacija nezavisna od kvaliteta toga rada.«\*

*Bjernerove* rezultate, a pogotovu njegovu interpretaciju »blokova«, treba također uzeti s velikom rezervom. Zbog prisilnog bdijenja njegovi su ispitanici bili pospani, i sasvim je razumljivo, da su imali kratkotrajne apsence, koje on neopravdano tretira kao prave »delayed actions«, t. j. blokove. Ali kratki nastupi sna, koji predstavljaju uvijek prekid aktivnosti, i promjene u smjeru aktivnosti, dvije su različite stvari.

Rezultati, koje smo iznijeli, i naš pokušaj tumačenja tih rezultata, predstavljaju samo prvu etapu u sistematskom istraživanju djelovanja intelektualnog rada na alfa-ritam. Novi pokusi, koji su u toku, treba da upotpune mnoge praznine i da preciziraju utjecaj vježbe s jedne strane, a umora s druge strane na alfa valove, i to ne samo na njihovo potiskivanje nego i na njihovu amplitudu.

Na kraju zahvaljujemo g. M. Vodanoviću na njegovoj tehničkoj i stručnoj pomoći, koju nam je pružio u toku ovog rada.

*Institut za higijenu rada,*  
*Zagreb*

#### LITERATURA

1. *Berger, H.*, Das Elektrenkephalogramm des Menschen und seine Bedeutung für die Psychophysologie. – Ztsch. f. Psychol., 126 (1932) H. 1–3, 1.
2. *Liberson, W.*, Recherches sur les électrencéphalogrammes transcraniens de l'homme. – Le travail humain, 5 (1937) 431.
3. *Knott, J. R.*, Brain potentials during silent and oral reading. – J. of gen. Psych., 18 (1938) 57.
4. *Hadley, J. M.*, Some relationships between electrical signs of central and peripheral activity. I. During rest. – J. of exp. Psych., 27 (1940) 640. – II. During »mental work«. – Ibid., 28 (1941) 53.
5. *Travis, L. E.*, Brain potentials and the temporal course of consciousness. – J. of exp. Psych., 21 (1937) 302.
6. *Travis, L. E. and Egan, J. P.*, Increase in frequency of alpha rhythm by verbal stimulation. – J. of exp. Psych., 23 (1938) 384.
7. *Delay, J.*, Les ondes cérébrales et la psychologie. – Paris, 1950, str. 81.
8. *Kennedy, J. L., Gottsdanker, R. M., Armington, J. C. and Gray, F. E.*, A new electroencephalogram associated with thinking. – Science, 108 (1948) 527.
9. *Rohracher, H.*, Die gehirnelektrischen Erscheinungen bei geistiger Arbeit. – Ztsch. f. Psychol., 136 (1935) 535.
10. *Rohracher, H.*, I fenomeni elettrici del cervello concomitanti ai processi psichici. – Contr. d. laborat. di psicol., 7 (1938) 25.
11. *Rohracher, H.*, Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die gehirnelektrischen Vorgänge. – Contr. d. laborat. di psicol., 8 (1940) 21.
12. *Rohracher, H.*, Die elektrischen Vorgänge im menschlichen Gehirn. – Leipzig, 1942.
13. *Bjerner, B.*, Alpha depression and lowered pulse rate during delayed actions in a serial reaction test. A study in sleep deprivation. – Acta physiol. Scand., 19 (1949) suppl. 65.
14. *Bills, A. G.*, Blocking: a new principle of mental fatigue. Amer. J. of Phys., 43 (1931) 230.
15. *Bills, A. G.*, Fatigue in mental work. – Physiol. Rev., 3 (1937) 436.

\* *J. Delay*: Les ondes cérébrales et la psychologie, Paris (1950), s. 82–83.

16. *Bills, A. G.*, Studying motor functions and efficiency; u *Andrews, T. G.*, Methods of Psychology, New York, 1948., str. 459.
17. *Bills, A. G.*, The psychology of efficiency, a discussion of the hygiene of mental work. - New York, 1943.
18. *Davis, H.* and *Davis, P. A.*, Action potentials of the brain in normal persons and in normal states of cerebral activity. - Arch. of Neurol. and Psych., 36 (1936) 1214.
19. *Foerster, O.* und *Altenburger, H.*, Elektrobiologische Vorgänge an der menschlichen Hirnrinde. - Dtsch. Ztsch. f. Nervenheilk., 135 (1935) 277.

#### SUMMARY

#### ELECTRIC ACTIVITY OF THE BRAIN DURING PROLONGED MENTAL WORK

The problem the authors desired to solve was to determine how prolonged mental work influences the alpha-waves of the brain. This problem is not new and much research work has been done in connection with it. However, the relation between mental work and brain waves has by far not been precisely established because the results of the different examinations were contradictory.

The authors have recorded brain waves of the parietal-occipital part of the left hemisphere by means of an electroencephalograph (type Grass). The recording was bipolar. The fluctuations of the brain potentials in 5 subjects were measured continuously: before, during and after mental work, consisting in adding pairs of two-digit numerals read out to them during one hour. The subject was able to signalize with one of the channels the moment when he completed the addition so that he was immediately given another addition. In computing the results the so-called alpha-index was taken into account (i. e. percentual relation between clearly perceptible alpha-waves and all waves registered within a period of time). The alpha-index was investigated also in the stage of the so-called »blocks« i. e. in additions lasting twice or more as long as the average of all additions.

The results showed that the alpha-index rapidly decreased at the beginning of mental work, its rate of decrease diminishing gradually with the progress of work; towards the end of mental work, a tendency of increasing of alpha-index was noticeable. After the end of the work the alpha-index rose again. Individual differences between various subjects have been noticed, especially with regard to the degree of depression of alpha-waves during mental work. In respect of blocks, their number increased on the average in the beginning and then stabilized. The alpha-index in blocks showed no significant differences from the general alpha-index during mental work.

The authors try to explain the average curve of the changes of the alpha-index during mental work by means of the antagonistic influence of two factors: exercise and fatigue. After the initial fall caused by mental strain and emotional disturbance, the alpha-index - under the influence of the exercise - has the tendency of rising; however, the fatigue, increasing during work, causes the fall of the alpha-index. The curve thus obtained is a result of the interaction of those two factors. This interpretation is supported by the authors' experience with some of the subjects tested, in whom the alpha-index showed during the second experiment a continuous rise after the initial fall, because the work by then represented a minor strain and the technique of the work became somewhat automatic. On the other hand, in another case the alpha-index decreased right down to the end of the work because the subject got very tired by the experiment.

The authors point out that the above results and their interpretation represent only the first stage in the systematic research of the influence of mental work on the alpha-rhythm. New experiments, now in progress, are to fill up various gaps and give more information on the influence of exercise and fatigue on alpha-waves, not only in regard to their depression, but also to their amplitude.

*Institute of Industrial Hygiene,  
Zagreb*