

MARTON MAGDA, SZIRTES JÓZSEF és DONAUER NÁNDOR

MTA Pszichológiai Intézete, Budapest

A SZEMMOZGÁSHOZ KÖTÖTT AGYI POTENCIÁLOK KÉSŐI ÖSSZETEVŐINEK LATENCIÁJA ÉS A REAKCIÓIDŐ

Korábbi vizsgálatunkban (MARTON, SZIRTES, DONAUER és BREUER, 1985) kimutattuk, hogy a perceptív információfeldolgozás során az inger értékelésének időigényét az inger megtekintését kísérő agyi potenciál (SZMP) késői pozitív összetevőjének latenciáidejével mérhetjük. Ebben a vizsgálatban a kísérleti személyek különböző összetettségi szemantikai osztályozást végeztek: hangtalanul számlálták az instrukcióban megjelölt kategóriába tartozó szavak előfordulását, nyílt, motoros választ nem kellett adniuk. Az információfeldolgozás egyes (részben párhuzamos) folyamatainak pontosabb elemzését végezhetjük el akkor, ha az agyi potenciálok latenciáidejét és a feladatban megkívánt válasz reakcióidejét (RI) egyidejűleg mérjük, s a két mutató közül nem csak az egyiket kísérjük figyelemmel.

A szenzoros eseményhez kötött potenciál (EKP) késői összetevőinek csúcslatenciája és a RI közti viszony jellemzése alapján már eddig is jelentős megállapításokat tettek az információfeldolgozási folyamatok sajátságairól. Az a felfogás, amely az információfeldolgozáson belül egymást követő, szekvenciális folyamatszakaszokat tételez fel, arra a következtetésre jutott, hogy az ingerléshez kötött agyi potenciál késői pozitív összetevőjének (P300 vagy P3b) csúcslatenciája minden olyan esetben együtt fog növekedni a RI-vel, amikor az ingerhelyzet értékelése nehezebbé, összetettebbé válik. Számos vizsgálat igazolta is ezt a feltevést (BOSTOCK és JARVIS, 1970; RITTER, SIMSON és VAUGHAN, 1972; ROHRBAUGH, DONCHIN és ERIKSEN, 1974; ROTH, FORD és KOPELL, 1978). Számunkra azonban ezúttal fontosabbak azok a vizsgálati adatok, amelyek a késői pozitív potenciálösszetevő latenciája és a RI között szétartást, disszociációt tártak fel. Ezt a szétartást a szerzők különböző elméleti kiindulópontból értelmezték.

DUNCAN-JOHNSON és DONCHIN (1980) olyan kísérlet keretében vizsgálta a P300 összetevő és a RI szétartását, amelyben az *ingerek elővételezhetőségét* (expektanciáját) változtatták. Feltételezték, hogy amennyiben jól elővételezhető ingereket alkalmaznak, akkor a válasz kivezérlése (RI) korábban megtörténhet, mint az inger teljes értékelése, amit a P300 jelez. Azt tapasztalták, hogy a nagyon valószínű inger megjelenésekor a válasz több ms-al megelőzte a P300 csúcslatenciáját, míg a kevésbé elővételezhető ingernél a reakció követte a P300-at. Az utóbbi esetben a válasz megindítására csak az inger teljes értékelése után került sor.

KUTAS, MCCARTHY és DONCHIN (1977) a EKP késői pozitivitása és a RI viselkedése között a szétartást a *személy beállítódásával* hozta összefüggésbe. Kísérletükben a személyek egyszerű és összetett szemantikai osztályozást végeztek. Kitűnt,

hogy amikor a feladat követelményei a válaszadás gyorsaságát hangsúlyozták, a RI megelőzte a P300 csúcslatenciáját. Amikor viszont a személyt pontosságra intették, a P300 latenciája és a RI együtt növekedett az osztályozás nehézségének fokozódásával.

DONCHIN és munkatársai (DONCHIN, RITTER és McCALLUM, 1978) rámutattak, hogy feladathelyzetben az instrukciótól függetlenül is érvényesülhet a *kísérleti személyek eltérő stratégiája*: spontán módon is törekedhetnek inkább pontosságra vagy inkább gyorsaságra. Az előbbi esetben a P300 megelőzi, az utóbbiban követheti a RI-t.

McCARTHY és DONCHIN (1981) kísérlete módot adott a *bekódolás*, illetve a *válasz-kiválasztás szelektív változtatására*. A kísérleti személyek próbánként négy inger-minta egyikét láthatták. Ezeken vagy a „Bal” vagy a „Jobb” szó volt olvasható, s az inger megkülönböztethetőségét környezetének változtatásával befolyásolták: a célíngerek körül vagy geometriai minták vagy az ábécéből véletlenszerűen vett betűk jelenhettek meg. A kísérletben a válasz-szelekció folyamatát úgy befolyásolták, hogy a válaszadó kéz (például a bal) vagy megfelelt az ingerszónak („Bal”) vagy nem egyezett vele (jobb kézzel választottak a „Bal” szóra). A szerzők azt tapasztalták, hogy a RI akkor is növekedett, amikor a célszó körül betűk voltak, és akkor is, amikor az ingerszóval nem-egyező választ kellett adni. Az inger „zajossága” és a válasz „össze-nem-illése” — együttes előfordulás esetén — összeadódva (additívan) növelte a RI-t. A P300 összetevő latenciája azonban csak akkor nőtt, ha az inger megkülönböztethetősége nehezebb lett, nem függött viszont az inger és a válasz összeállításától. McCARTHY és DONCHIN (1981) értelmezése szerint az inger megkülönböztethetősége a bekódolást nehezítette, s ez tükröződött a P300 latenciájának növekedésében. A RI-t viszont mind a bekódolás, mind a válasz-szelekció nehezebbé válása (az össze-nem-illő válasz kényszere) befolyásolta. Az eredmények tehát arra mutattak, hogy a nyílt válasz reakcióidejét befolyásoló tényezők közül csak némelyek hatnak a P300 összetevő latenciájára. Így módon McCarthy és Donchin el tudta választani az információfeldolgozáson belül az *inger-függő* és a *válasz-függő* folyamatok hatását (lásd még DUNCAN-JOHNSON és DONCHIN, 1982).

Az inger-, illetve a válasz-függő folyamatokat hasonló módon elemezték a „Stroop”-helyzetben is. (Ilyenkor a színt megnevező szó vagy összeillik a szót megjelenítő színnel — például „piros” szó piros betűkkel —, vagy nem.) A P300 és a RI viszonya azt mutatta, hogy a *Stroop-hatás** inkább a válasz össze-nem-illésével van kapcsolatban, mintsem perceptuális jellegű hatással (WARREN és MARSH, 1979; DUNCAN-JOHNSON és KOPELL, 1981).

Sternberg-típusú emlékezeti felkutatási paradigmát (lásd CZIGLER, 1980) alkalmazó kísérletekben is mértek agyi potenciált. Azt tapasztalták, hogy az emlékezetben tartandó elemek számának növekedése nem egyformán tükröződik a P300 latenciájában és a RI-ben: a P300 latenciája elemenként 25 ms-al, a RI viszont minden további elemnél 40 ms-al növekedett (GOMER, SPICUZZA és O'DONELL, 1976). Tekintve, hogy a P300 latenciája az inger teljes értékelésének időigényét jelzi, CHAP-

*Stroop-hatás: ha a színt megjelölő szó és e szó betűinek színe nem egyezik meg, akkor a reakcióidő nő.

MAN és munkatársai (CHAPMAN, McCRARY és CHAPMAN, 1981) úgy vélekedtek, hogy a P300 latenciája megfelelőbben méri az emlékezeti felkutatást, mint a RI.

A P300 latenciája és a RI közti viszonyt vizsgálták a *szavak eltérő gyakoriságának* függvényében is (POLICH és DONCHIN, kézirat). A kísérleti pszichológia jól ismert ténye, hogy a nyelvben – beszédben és írásban – gyakrabban előfordul (nagyobb általános valószínűségű) szavakra gyorsabban válaszolunk. Kimutatták továbbá, hogy a szavak sorozatában a gyakrabban előforduló (lokálisan valószínűbb) szavakra is rövidebb a RI. Polich és Donchin azt vizsgálta, vajon egy adott szó általános, illetve lokális valószínűsége miként érvényesül az információfeldolgozásban. Vajon a szó nagyobb általános valószínűsége azért vált-e ki gyorsabb választ, mivel annak bekódolása könnyebb, vagy azért, mert a valószínű szavakra könnyebb a választ kivezérelni? A kísérletben a személyek előtt betűsorok jelentek meg; ezek egy része szavakat alkotott, másik része nem állt össze szavakká. A szavak között voltak az angol nyelvben gyakori, illetve ritka szavak. A személyek feladata az volt, hogy a felvillantott betűsorokról megállapítsák, vajon azok értelmes szavak voltak-e vagy sem. Eközben mérték a P300 összetevő latenciáját és a RI-t. Amint az várható volt, a személyek gyorsabban válaszoltak a szavakra mint a betűsorokra, és a szavak esetében a RI kisebb volt a gyakori szavaknál mint a ritkán előfordulóknál. A P300 csúcslatenciáját elsősorban a szavak általános valószínűsége befolyásolta, míg a szavak sorozaton belüli valószínűsége kevésbé hatott rá. A szerzők e jelenséget úgy értelmezték, hogy a nyelv gyakori szavaira adott válaszok gyorsaságát a bekódolási folyamat befolyásolja, míg az adott sorozatban a szó nagyobb előfordulási valószínűsége inkább „válasz-hajlamot” kelt.

Összegezve megállapíthatjuk tehát, hogy a különböző információfeldolgozási folyamatszakaszok időigényét mérő EKP és RI adatok szétartása arra mutat, hogy az információfeldolgozás egyes, sajátos folyamatai időileg (részben) átfedik egymást, azaz párhuzamosan is leperereghetnek (lásd CZIGLER, 1984). Továbbá, a nyílt válasz RI-jét befolyásoló tényezők közül csak némelyek hatnak az EKP késői pozitív összetevőjének latenciájára.

A szakirodalom azonban ismer olyan adatokat is, amelyek arra mutatnak, hogy az EKP-ban a P2 és a P300 (vagy P3b) összetevő között megjelenő, endogén negatív csúcs, az N200 (másként N2 vagy az „össze-nem-illési negativitás”) csúcslatenciája is szoros kapcsolatban van az inger értékelésével. Ez az összefüggés annál is inkább figyelemre méltó, mivel az N2 eloszlása a fejbőrön azt mutatja, hogy ez az összetevő az inger modalitására specifikus kérgi területek felett a legnagyobb (SIMSON, VAUGHAN és RITTER, 1977). (A témakör áttekintését lásd RITTER, 1981; HILLYARD és KUTAS, 1983; magyar nyelven: MARTON, 1984.)

Számunkra ezúttal azok az eredmények fontosak, amelyek szoros korrelációt tártak fel az N2 és a RI között (RITTER, VAUGHAN és FRIEDMAN, 1979; RE-NAULT és LESÈVRE, 1979; TOWEY, RIST, HAKEREM, RUCHKIN és SUTTON, 1980). Mivel az N2 is szoros összefüggésben van az inger értékelésével, e komponens és a P300 viszonyáról DONCHIN (1979) a következőképpen vélekedett: az N2 az inger (modalitására jellemző) diszkriminációját jelzi, és mint ilyen, beindítja a P300 folyamatot. A P300 összetevő pedig az adott ingerre vonatkozó, emlékezetileg rögzített jelentés felfrissítésének (vagy módosulásának) („context updating”) folyamatát jelzi, s ezzel mintegy lezárja a teljes inger-értékelést.

Az N2 összetevőt általában azokban a kísérletekben mérték, ahol a gyakori ingerek sorozatába véletlenszerű eloszlásban (ritka) célingereket kevertek. S mivel ilyen helyzetben az N2 mind a figyelemmel követett célingerre, mind a gyakori háttéringerre megjelenő agyi válaszban látható volt (NÄÄTÄNEN és MICHIE, 1979), úgy vélték, hogy az N2 automatikus jellegű (lásd SHIFFRIN és SCHNEIDER, 1977) ingerértékelést (is) jelez. RITTER, SIMSON és VAUGHAN (1983) szavak szemantikai osztályozása során azt találta, hogy az N2 egyaránt megjelenhet automatikus és figyelmi-
leg ellenőrzött diszkrimináció esetében.

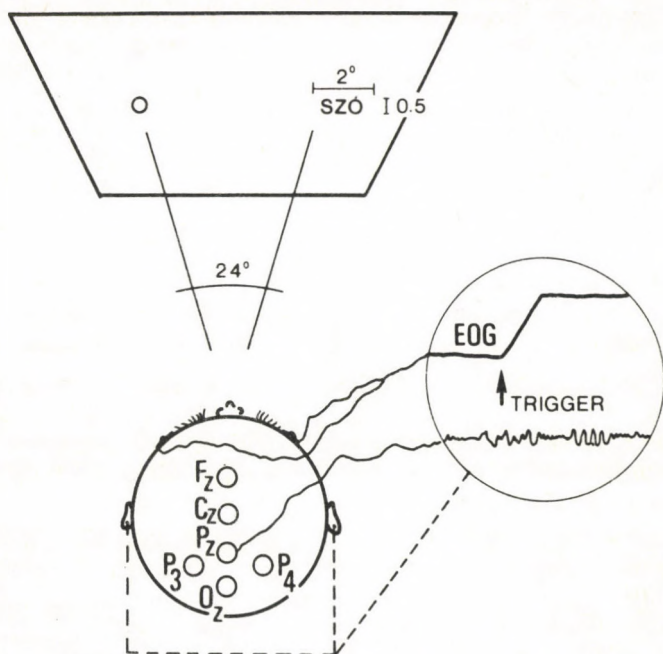
Több szerző az N2 folyamaton belül további összetevőket különített el. RE-NAULT, RAGOT, LESÈVRE és RÉMOND (1982) adatai arra mutattak, hogy a parieto-okcipitális N220 csúcs kezdete az inger azonosítását jelzi, míg az összetevő megszűnése (visszatérése az alapvonalhoz) a „mintával való összemérés”, illetve a válasz-szelekció folyamatával jár együtt. A szerzők szerint a parieto-okcipitális N220 tartama szoros kapcsolatot mutat a RI-vel. (Ezzel szemben az N265 az azonosítást esetleg követő orientáció jele lehet.) RITTER, SIMSON, VAUGHAN és MACHT (1982) ugyancsak két N2 összetevőt írt le. Feltételezésük szerint az N_A jelzi a „minta felismerését”, míg az utána következő N2 a „pontos megkülönböztetés” jele lehet. FITZGERALD és PICTON (1983) a frontális területen maximális amplitúdóval megjelenő összetevőről azt állítja, hogy az az inger értékelési folyamatával kapcsolatos erőfeszítés (effort) jele. E szerzők az N2b összetevő latenciájának felső értékét 350 ms-nál jelölték meg! RITTER, SIMSON és VAUGHAN (1983) cikke ugyancsak fontos adatot ismertetett az N2 latenciájával kapcsolatosan. A szerzők arról adtak hírt, hogy a szemantikai megkülönböztetés esetén a RI-vel korreláló N2 hullám 380 ms táján adott csúcst. Eredményük arra mutat, hogy a fizikai jellegű szignál ingereket alkalmazó kísérletben 200 ms táján csúcst formáló negatív összetevő (N2) a szemantikai-verbális folyamatokat mozgósító helyzetben csak 400 ms táján éri el csúcsát. A rendelkezésünkre álló szakirodalmi adatok azonban nem tisztázzák, hogy mi a viszony a 380 ms latenciával megjelenő N2 és az „N400”-nak nevezett késői negativitás között. Az N400 összetevőt a mondat kontextusától elütő szavak észlelése alkalmával írták le először (KUTAS és HILLYARD, 1980a, b). (Az N400 összetevőt előhívó helyzeteket korábban röviden már ismertettük: MARTON és mtsai, 1985.)

A bemutatott kísérleti adatok arról győztek meg, hogy a szemantikai osztályozás helyzetében mért RI adatok, továbbá a késői negatív és pozitív potenciál-összetevők latenciájának együttes elemzése jelentős segítséget nyújthat a szemantikai információfeldolgozás tanulmányozásához.

Ismertetendő kísérletünkben a vizuális minőségben észlelt szemantikai ingerek feldolgozásának idői jellemzőit a szemmozgáshoz kötött agyi potenciál (SZMP) méréseivel vizsgáltuk. Hasonlóan korábbi vizsgálatunkhoz, ugyancsak a különböző nehézségű, illetve összetettségű szemantikai osztályozás paradigmáját (KUTAS, MCCARTHY és DONCHIN, 1977) használtuk fel. *Célunk ezúttal az volt, hogy eltérő összetettségű információfeldolgozási folyamat során elemezzük a késői potenciál-összetevők latenciájának és a reakcióidő változásának viszonyát.* Továbbá arra törekedtünk, hogy a SZMP-ban vizsgáljuk a motoros válasz kivezérlését kísérő potenciálösszetevő(ke)t. Ez utóbbi elemzés céljaira összehasonlításként felhasználtuk korábbi vizsgálatunk eredményét, melynek során a szemantikai osztályozási feladatban nyílt választ nem kívántunk meg.

A kísérleti módszer és az eredmények

Kísérletünkben a korábban ismertetett (MARTON, SZIRTES, DONAUER és BREUER, 1985) kísérleti helyzetet alkalmaztuk. (1. ábra) A kísérleti feladatok három



1. ábra

A kísérleti elrendezés vázlata

— eltérő összetettségű — szemantikai osztályozást kívántak meg. A kísérleti személynek a szakkádikus szemmozgással megtekintett szavakról el kellett döntenie, hogy azok két ingerosztály közül melyikbe tartoznak. Egy-egy kategóriába tartozó szavak eltérő (20, illetve 80%-os) gyakorisággal jelentek meg. Az I. helyzetben mindössze két név, egy férfi és egy női név szerepelt az említett valószínűséggel. A II. helyzetben férfi és női neveket kellett osztályozni, míg a III. kísérleti helyzetben az egyik szemantikai kategóriát az „ember” szó szinonímái képezték (20%); a másik osztályba tárgynevek tartoztak. Az instrukcióban megjelölt kategóriába tartozó szavakra a kísérleti személyek gombnyomással válaszoltak. Utasításunk arra hívta fel a személyek figyelmét, hogy válaszuk pontosságára ügyeljenek.

A kísérleti eljárás és a mérési módszerek részleteit ezúttal nem közöljük; az erre vonatkozó adatokat idézett közleményünkben ismertettük.

A vizsgálatot újabb 9 személlyel végeztük el (5 férfival és 4 nővel; korhatár: 21–39 év; átlag: 28 év). Egyik személy sem vett részt a korábbi kísérletben.

A viselkedés-adatok elemzése

A kísérleti személyek kevés hibát ejtettek. A gyakori ingereknél a téves igenlő válasz, illetve a célingereknél a reakció kimaradása helyzetenként (sorrendben említve) 0,8, 1,2, 1,6% volt. A hibás reakciót kísérő agyi válaszokat a statisztikai elemzésből és az átlagolásból kihagytuk. A RI adatoknál az egyszempontos ANOVA a feladathelyzetek között szignifikáns eltérést jelzett ($F/2,24/ = 5,27, p < 0,05$). A RI átlaga az I. helyzetben 613 ms, a II. helyzetben 740 ms, s a III. helyzetben 868 ms volt. A RI-k személyeken belüli szórása a helyzetek között szignifikánsan nem különbözött. (Az SD-k átlaga az I. helyzetben 120,92, a II. helyzetben 117,00, a III. helyzetben 144,28 volt; $F/2,24/ = 1,19, n.s.$)

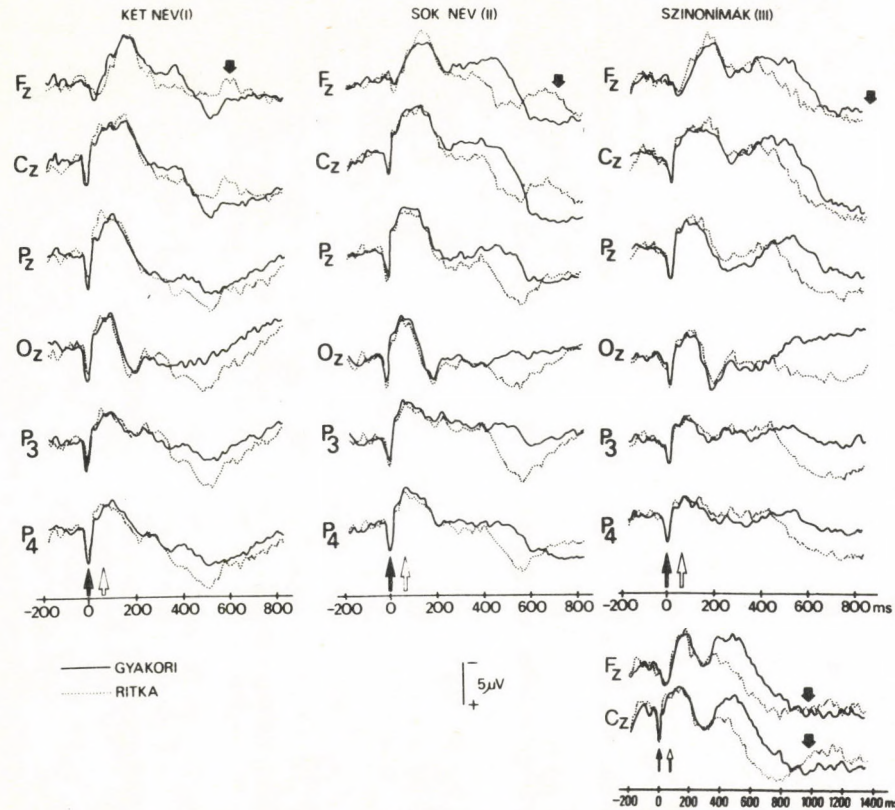
A célingereknél és a gyakori ingereknél mért SZMP-ok a három kísérleti helyzetben

A három kísérleti helyzetben a ritka (cél)ingerek és a gyakori ingerek megtekintését kísérő SZMP-okat a 2. ábra tünteti fel. A célingerre vivő vízszintes szakkád időtartama (átlagosan 60,4 ms) a helyzetek között szignifikánsan nem különbözött. A szemmozgás megindulását kísérő pozitív éles hullám és a korai (30–115 ms) negatív együttes után jelent meg a SZMP-okban (170–200 ms között) a „lambda hullám”, amely főként az okcipitális elvezetéssel mért SZMP-okban volt jól megfigyelhető. Kísérletünk adatainak értékelése során azonban elsősorban a SZMP-ban 200 ms után megjelenő, késői összetevőkre fordítottunk figyelmet.

Az I. („Két név”) helyzetben az első késői pozitív összetevő (P3) a szakkád megindulásától számított 380 ms-nál képezett csúcsot. Az elülső elvezetésekben a P3 összetevő már 260 ms-tól pozitív irányba haladt. A P3 pozitív hullámára 245–306 ms között kis negatív kitérés rakódott rá (N2), amely főként az okcipitális és a parietális elvezetéssel mért SZMP-okban volt látható. Az egyedi átlaggörbék vizsgálata azt mutatta, hogy a 260–380 ms között csúcsot alkotó P3 kilenc személy közül öt esetében jelentősen nagyobb volt a célingereknél fellépő SZMP-ban, mint ahogyan azt a gyakori ingerek potenciáljaiban megfigyelhettük. Az egyedi P3 összetevők amplitúdója a Pz pontnál volt a legnagyobb. (A SZMP-ok kétszempontos varianciaanalízise szerint azonban az I. helyzetben sem az elvezetés helye, sem az inger-osztály hatása nem volt szignifikáns.)

A SZMP-ok átlagaiban a következő összetevő a 382–418 ms között tetőző negatív hullám (N3) volt. Az N3 összetevő amplitúdója az elektród elhelyezésétől függően szignifikánsan különbözött ($F/5,96/ = 6,60, p < 0,001$): legnagyobb negativitás a frontális elvezetésnél mutatkozott. Noha az N3 nagyobb volt a gyakori ingereknél, mint a célingereknél, a különbség nem érte el a szignifikancia szintjét. Az N3 csúcslatenciája az ANOVA szerint jelentős eltérést mutatott az elvezetés helyétől ($F/5,96/ = 2,97, p < 0,05$), továbbá az ingerek kategóriájától (célinger vs gyakori inger) függően ($F/1,96/ = 16,41, p < 0,001$): az N3 összetevő a gyakori ingerek esetében később képezett csúcsot a fejbőr elülső területein.

A második késői pozitív hullám (a P4) 475–562 ms között érte el legnagyobb amplitúdó-értékét mind a gyakori, mind a célingerek esetében. Bár a P4 összetevő amplitúdója nagyobb volt a célingereknél mért parieto-okcipitális SZMP-okban, az ANOVA nem jelzett szignifikáns eltérést, illetve interakciót.



2. ábra

A három kísérleti helyzetben a ritka (pontosított vonal) és a gyakori (folytonos vonal) ingerek megtekintésekor, 6 különböző elvezetéssel mért SZMP-ok csoportátlagai (9 személynél). Fekete nyíl jelzi a szakkádikus szemmozgás megindulását; fehér nyíl a szem leállításának időpontját tünteti fel. Jobb oldalon alul: a III. helyzetben a frontális és a centrális elvezetéssel regisztrált és hosszabb elemzési szakaszban átlagolt SZMP-ok. A lefelé mutató, vastag nyíl a gombnyomás megkezdésének átlag reakcióidejét jelzi.

A célingereknél regisztrált potenciálokban a szakkád megindulása után 590–648 ms-al negatív összetevő jelent meg a frontális és a centrális elvezetésekben. E negativitás fellépése egybeesett az I. helyzetben mért R1 átlaggal, s ezért ezt az összetevőt *mozgás-függő komponensnek* (MFK) tekintettük.

A II. („Sok név”) helyzetben az első késői pozitivitás (P3) csúcsa 260–380 ms között jelentkezett. A P3 amplitúdójának nagysága az ANOVA szerint szignifikánsan függött az ingerosztálytól ($F/1,96/ = 13,37$, $p < 0,001$) és az elvezetés helyétől ($F/5,96/ = 31,45$, $p < 0,001$): a P3 nagyobb volt a célingerekénél, és maximális kitérést a Pz elvezetésben mutatott.

A késői negatív összetevő (N3) mindkét ingerosztályban 400–420 ms között jelent meg. A gyakori ingereket kísérő SZMP-ok N3 komponensének amplitúdója nagyobb volt, mint a célingereket kísérő SZMP-okban ($F/1,96/ = 19,28$, $p < 0,001$). Az elvezetések között is jelentős különbség mutatkozott ($F/5,96/ = 5,20$, $p < 0,001$): az N3 amplitúdója az Fz és P3 elvezetésekben jelentősen nagyobb volt, mint a többi agyi terület felett. Míg a célingernél mért SZMP-okban az N3 összetevő után az agyi válasz pozitivitásba fordult, addig a gyakori ingereket kísérő SZMP-okban egy további késői negativitás jelent meg 480–520 ms táján. E második késői negativitás (N4) amplitúdó-eloszlása hasonló volt az N3 komponenséhez: legnagyobb kitéréssel a frontális terület felett jelent meg.

A második késői pozitivitás (P4) a célingerek osztályában 583 ms-os csúcslatenciával jelent meg, míg a gyakori ingereknél 620 ms-nál mutatott csúcserőteket. A P4 amplitúdója az ANOVA szerint szignifikánsan eltért az elvezetés helyétől függően ($F/5,96/ = 3,48$, $p < 0,01$); szignifikáns volt az inger-kategória $\times$ elvezetés interakció is ($F/5,96/ = 2,46$, $p < 0,05$). A SZMP-ok csoportátlagai világosan jelzik a kölcsönhatás forrását: a gyakori ingereknél a frontális és centrális elvezetéssel mért potenciálokban a P4 összetevő nagyobb volt, mint a célingereknél regisztrált P4 összetevő. Ezzel szemben a hátsó elvezetésekénél az ellenkezője volt megfigyelhető. A P4 összetevő latenciája az ingerosztályok szerint ugyancsak szignifikánsan különbözött ($F/1,96/ = 224,52$, $p < 0,001$).

A II. helyzetben a célingerekénél mért potenciálokban ugyancsak megfigyelhető volt a P4 után (a szakkád megindulásától számított) 700 ms csúcslatenciával a frontális és centrális elvezetésekben fellépő negatív összetevő, vagyis a mozgás-függő potenciál.

A III., a „Szinonima” helyzetben az első késői pozitivitás, a P3 260–380 ms között tetőzött. A P3 összetevő amplitúdója az elvezetés helye szerint szignifikánsan eltérő volt ($F/5,96/ = 52,05$, $p < 0,001$): a P3 a középvonali parietális elvezetéssel mért potenciálokban volt a legnagyobb.

A III. helyzetben a késői negatív összetevő (az N3) mind a célingerekénél, mind a gyakori ingereknél 382 ms táján képezett csúcst a frontális és a centrális elvezetésekben míg a Pz és Oz pontokban 446 ms csúcslatenciával jelent meg. Hasonlóan a II. helyzetben kapott eredményhez, a gyakori ingereknél ezúttal is megjelent egy második késői negativitás, az N4 csúcs, de itt már 540 ms csúcslatenciával. Mind az N3, mind az N4 a frontális területen mutatta a legnagyobb amplitúdót.

A III. helyzetben a második késői pozitív összetevő (P4) elhúzódo pozitív kitérés alakját öltötte. A célingerekénél mért potenciálokban a P4 670–780 ms között ér-

te el a legnagyobb amplitúdó-értéket, s ettől kezdve egészen az átlagolási szakasz végéig pozitívásban maradt. A P4 amplitúdója szignifikánsan nagyobb volt a célingereknél ($F/1,96/ = 79,82, p < 0,01$). A P4 összetevő amplitúdója az elvezetés helye szerint is jelentősen különbözött: a centro-parietális területen volt a legnagyobb. A P4 amplitúdója emellett szignifikáns elektród-elhelyezés $\times$ inger-osztály interakciót mutatott ($F/5,96/ = 3,49, p < 0,01$). A kölcsönhatás forrása az volt, hogy ebben az idői tartományban az okcipitális elvezetéssel mért SZMP-ok a célingereknél pozitív irányú eltolódást mutattak, míg a gyakori ingereknél negatív irányba tolódott el a potenciál.

A III. kísérleti helyzetben a SZMP-ok csoportátalgaiban a mozgás-függő késői negatív potenciálösszetevő (MFK) nem volt látható. Az egyedi RI-k elemzése azt mutatta, hogy e helyzetben a kilenc kísérleti személyből csak három adott választ a potenciálok átlagolási idején belül (a szemmozgás megindulásától számított 852 ms alatt). A többi hat személy az átlagolási időnél nagyobb RI-vel válaszolt. Ezt figyelembe véve, a III. helyzetben a SZMP-okat hosszabb (1346 ms hosszúságú) időtartományban újra átlagoltuk. Ekkor a frontális és a centrális elvezetéssel mért (hosszan átlagolt) SZMP-okban 886–1090 ms közti latenciával már megjelent a mozgásfüggő összetevő (lásd a 2. ábra jobb alsó részét).

A három helyzetben mért késői komponensek összehasonlítása

Külön megvizsgáltuk, hogy az egyre nagyobb információfeldolgozási követelményt támasztó kísérleti helyzeteinkben vajon miként alakul a P3, N3, N4 és a P4 összetevő latenciája. A célingerek és a gyakori ingerek megtekintését kísérő SZMP adataival külön-külön elvégeztük a kétszemponos (Elektród elhelyezés $\times$ Kísérleti helyzet) varianciaanalízist. Az elemzés nyomán kitént, hogy a P3 és az N3 összetevő latenciája jelentősen nem halad együtt a feldolgozási követelmény növekedésével. Ezzel szemben a gyakori ingereknél mért potenciálok N4 összetevője, továbbá a célingereket és a gyakori ingereket kísérő agyi válaszokban a P4 összetevő latenciája szignifikánsan hosszabb volt, éspedig attól függően, hogy miként nőtt az osztályozási feladat összetettsége (mindegyik esetben $p < 0,001$). A három kísérleti helyzetben e komponensek latenciájának alakulását, továbbá a RI-eket a 3. ábra tünteti fel.

Elemzéseink során kiszámítottuk a három helyzetben rögzített késői összetevők latenciája és a RI-k korrelációs együtthatóit. A számításban a P3 és a P4 összetevők latenciáját (topográfiai eloszlásukat figyelembe véve) a Pz pontban mért érték, az N3 és N4 összetevők esetében pedig az Fz-ben mért csúcslatencia képviselte. Adataink szerint a célingereknél mért agyi válasz P3 összetevőjének latenciája nem mutatott együttjárást a RI-vel ($-0,06$). Ezzel szemben az N3 gyengén korrelált, míg a célingereknél rögzített potenciál P4 összetevőjének latenciája erősen korrelált a RI-vel ($0,69, t=4,77, p < 0,001$; FERGUSON, 1966, 186.o.). Meglepő módon a gyakori ingerek megtekintésekor mért agyi válasz N4 csúcsa ugyancsak együttjárást mutatott a RI-vel ($r=0,39, p < 0,05$).

A célingereknél mért SZMP esetében a latencia és a RI lineáris regressziója: $y=0,02 \times + 377,9$ a P3 összetevőnél (Pz pontban mérve); $y=0,06 \times + 363,4$ az N3 csúcánál (Fz-ben mérve); $y=0,37 \times + 299,7$ a P4 összetevőnél (Pz pontban). A gyakori ingereknél regisztrált agyi válasz N4 összetevőjénél (Fz-ben mérve) $y=0,10 \times + 364,5$.

A célingereknél rögzített SZMP-okban a mozgás-függő komponens (MFK) kezdete megelőzte a mozgásválasz megindulását. A MFK csúcslatenciája az I. és a III. helyzetben egybeesett az átlag RI-vel, míg a II. helyzetben némileg megelőzte a RI-t. Hogy a MFK latenciája és a RI közti összefüggést pontosabban tanulmányozhassuk, az agyi válaszokat a reakció megindulásával szinkronizálva is átlagoltuk (4. ábra). Az agyi választ a mozgás megindulásától „visszafelé” átlagoltuk. Ezekben a mozgáshoz kötött átlagokban a MFK megindulása megelőzte a gombnyomás-választ, csúcsa pedig 22–45 ms-al követte azt.

Mindhárom helyzetben és minden kísérleti személynél elemeztük a mozgásválasz megindulásával szinkronizált (az Fz pontban mért) agyi válasz MFK-ének latenciája és a RI közti korrelációt. A korrelációs együttható az I. helyzetben 0,96 ($p < 0,01$), a II. helyzetben 0,80 ($p < 0,01$), a III. helyzetben 0,68 ($p < 0,05$) volt.

Megvitatás

Kísérletünk eredményeit értékelve újólag megállapíthatjuk, hogy a SZMP késői összetevőinek latenciája ugyanúgy függ a feladat teljesítéséhez szükséges információfeldolgozás összetettségétől, mint ahogyan azt a hasonló kísérleti paradigma keretében rögzített eseményhez kötött (kiváltott) agyi válasz késői összetevőinél megfigyelhetjük (KUTAS és mtsai, 1977). Újabb adatokkal támasztottuk alá azt a korábbi megállapításunkat, hogy a SZMP késői összetevőinek latenciájával mérhetjük az információfeldolgozás időigényét. Kísérletünk során a P4 összetevő annál később jelent meg, minél összetettebbé vált a feldolgozási folyamat (1. ábra), a P4 latenciája pedig mindhárom kísérleti helyzetben szignifikáns együttjárást mutatott a RI-vel.

A SZMP késői összetevői közül az első késői pozitív komponens a P3. E komponens latenciája nem nőtt, midőn a szemantikai osztályozás nehezebbé vált. A P3 funkcionális jelentőségét — az irodalmi adatokkal összhangban — úgy értelmezzük, hogy ennek az összetevőnek a megjelenése a verbális ingerek fizikai mintájának diszkriminációját követi.

Az N3 összetevő latenciája sem követte a szemantikai osztályozás fokozódó követelményeit; latenciája az egyes kísérleti helyzetek között nem tért el szignifikánsan. Ez az eredmény ellentmondott a várakozásunknak. A gyakori ingereknél fellépő N4 latenciája — az N3 összetevő alakulásával szemben — együtt nőtt a feladat követelményeinek növekedésével. A továbbiakban e két késői negatív összetevő funkciójának értelmezésére módot adó támpontokat kerestünk a szakirodalomban.

STUSS, SARAZIN, LEECH és PICTON (1983) kiváltott potenciált mértek ábrák megnevezését, olvasást vagy ábrák mentális elforgatását igénylő helyzetekben. E szerzők két csúcsot mutató ($N_x - N_y$) késői negatív együtttest mértek mind a szemantikai feladatokban, mind a mentális elforgatáskor. Az N_y csúcs 400 ms táján jelent meg, és amplitúdója nőtt, amikor a szemantikai feldolgozás nehezebbé vált. Az N_y inkább frontális eloszlást mutatott, mint a más helyzetekben regisztrált (például KUTAS és HILLYARD, 1980a) N400 komponens. Stuss és munkatársai úgy gondolták,

hogy az N400 összetevő csak egyike lehet a több, némileg eltérő latenciával és topográfiai eloszlással megjelenő késői negatív összetevőknek. Figyelemre méltó továbbá KOK (1983) megállapítása. E szerző a vizuális ingerek megkülönböztethetőségét változtatta egyszerű diszkrimináció során. Vizsgálatában a kísérleti személynek betűket kellett megkülönböztetnie, majd – az összetettebb helyzetben – magánhangzó–mássalhangzó együttesek között kellett különbséget tennie. Igenlő válasz esetén a személyek gombnyomással válaszoltak, ellenkező esetben nem adtak választ (Go–Nogo paradigma). Azt tapasztalta, hogy amikor a helyes reakció a nem-válaszolás volt (Nogo), akkor az EKP-ban nagy frontális negatív hullám jelent meg, amely az egyszerűbb feladatban 400 ms táján, az összetett diszkrimináció során pedig 480 ms-nál képezett csúcsot. Kok felfogása szerint a frontális N400 összetevő a Nogo ingereknél fellépő motoros gátlás jele lehet. A szerző elképzelhetőnek tartja, hogy 400–500 ms között jelenik meg a szemantikai inger értékelésével összefüggő negatív hullám (N400), amelyet részben átfedhet a valamivel később csúcsot formáló és frontális maximumot mutató negativitás. Ez utóbbi motoros gátlást tükröz a válasz visszatartását kívánó ingerek észlelésekor.

Az idézett szakirodalmi eredmények tükrében kísérletet tettünk arra, hogy értékeljük a SZMP késői negatív összetevőinek funkcionális jelentőségét. Feltételeztük, hogy a SZMP N3 összetevője a verbális inger feldolgozása során a szemantikai értékelő folyamat aktiválódását jelzi. A gyakori ingereknél erre a hullámra részben ráépülhet egy további negatív folyamat (a negativitás tartós fentmaradása), illetve követheti az N4 összetevő. Erre akkor kerül sor, amikor az inger nem illik bele a célinger kategóriájába, illetve amikor az ingerre nem kell választ adni.

Az N4 összetevő értelmezésekor két alternatív lehetőség kínálkozik. A bevezetőben ismertetett EKP vizsgálatok adataiból kitűnt, hogy az N400 összetevő gyakorta akkor jelent meg, amikor a verbális inger a kontextushoz vagy a szavak sorozatához képest váratlan volt, vagy elütött a mondat értelmétől. Egyes szerzők szerint az N400 komponens egy „szemantikai össze-nem-illés detektor” működését jelzi (mások a „categorical mismatch” jelének tekintik) (lásd POLICH, VANASSE és DONCHIN, 1981; HILLYARD és KUTAS, 1983). Lehetséges tehát, hogy kísérletünkben a SZMP N4 összetevője azt jelzi, hogy a szavak sorozatában megjelenő ingerszó nem illik bele a célingerek kategóriájába.

Feltételezhető azonban az is, hogy a gyakori ingereknél megjelenő N4 a mi esetünkben is a válasz-visszatartásért felelős gátlási folyamat jele, amint azt KOK (1983) vélte. Kísérletünkben a válaszra vonatkozó döntés, illetve a gátlás mozgósítása – mivel az instrukció a válasz pontosságára, nem pedig a gyorsaságára készítetett – minden bizonnyal *követe* a szemantikai osztályozás folyamatát. Így, amennyiben az N4 összetevő valóban a válasz gátlásának folyamatát jelzi, érthető, hogy miért nőtt együtt az N4 latenciája a feladat nehézségének növekedésével.

Az N4 összetevő jelentőségét értékelhetjük végül a korábbi (többször idézett) vizsgálatunk eredményeinek tükrében is. Amikor a kísérleti személyek a megjelölt inger-osztályba tartozó szavakat csak magukban számlálták, akkor a gyakori ingereknél megjelenő késői negativitás (N3), főként a II. és a III. helyzetben, tartósan fentmaradt, de az agyi válaszban nem volt felismerhető egy jól körülírt, második negatív csúcs (N4). Vagyis a gyakori ingerek ennél a feltételnél (számlálás) is tartósabb negativi-

tást váltottak ki, mint a célingerek. Ezt úgy értelmezhetjük, hogy a célingerek kategóriájában nem illő szó észlelése ebben az esetben is kiváltotta ugyan az össze-nem-illés jelét (a negativitás tartósabban fentmaradt), de a nyílt válasz gátlására nem volt szükség. Ezért nem is láttunk elkülönült N4 összetevőt.

Mindezt figyelembe véve, azt gondoljuk, hogy kísérletünkben a gyakori ingereknél a tartósabb és nagyobb latenciával megjelenő N3, illetve e komponens tartósabb fentmaradása a *szemantikai aktiváció* és az ennek során fellépő össze-nem-illés értékelését jelzi (a negativitás elhúzódása), míg az erre ráakódó N4 csúcs már a *mozgásgátlás*/ kapcsolatos folyamat jele lehet. Értelmezésünk azonban további kísérleti igazolást igényel.

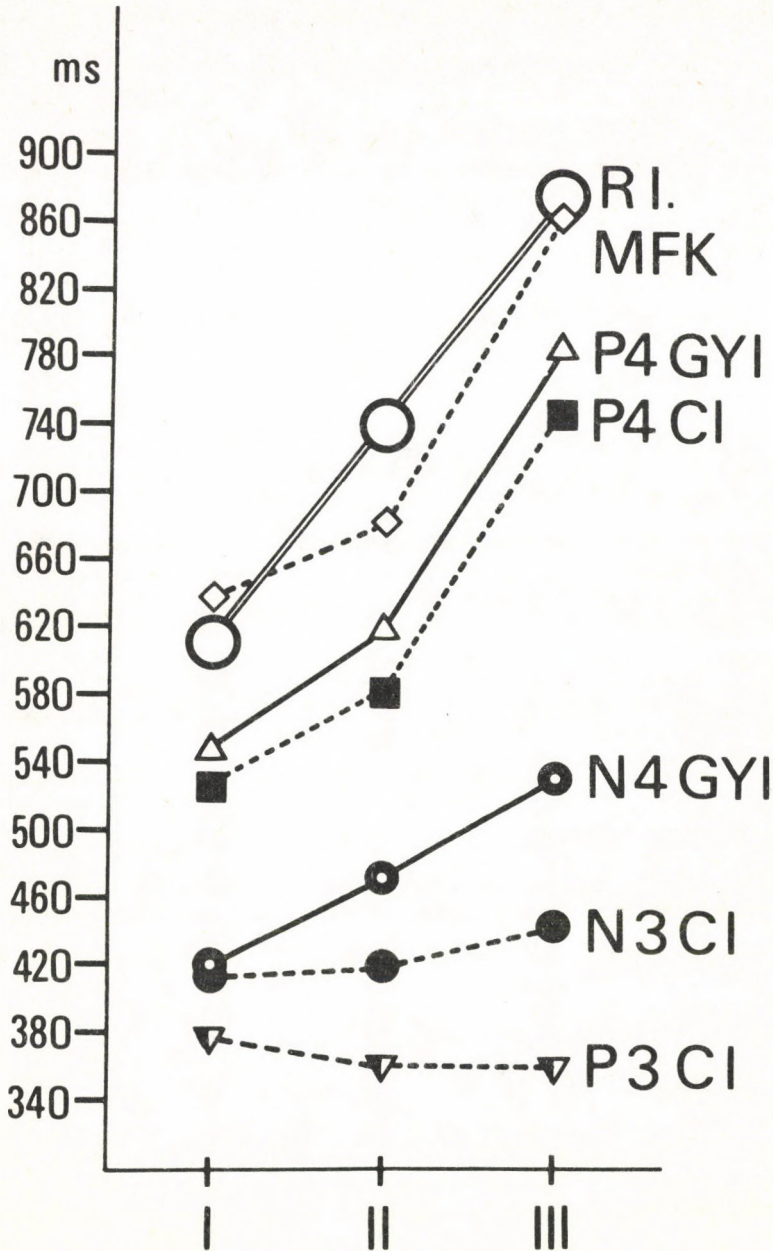
A célingerek megtekintésekor mért SZMP-okban az N4 csúcslatenciája idején már megjelenik a második késői pozitivitás, a P4.

A célingereknél mért SZMP-ban a P4 összetevő után a frontális és a centrális területen egy további negatív hullám volt látható. Ez a hullám igen erős korrelációt mutatott a RI-vel. Topográfiai jellegzetessége és a reakcióval való együttjárása miatt ezt az összetevőt mozgás-függő komponensnek (MFK) neveztük. E komponens szoros összefüggését a mozgásválasszal akkor figyelhettük meg legjobban, amikor az agyi választ a mozgás megindulásától (visszafelé) átlagoztuk (4. ábra). A MFK nem volt megfigyelhető korábbi vizsgálatunkban, amikor a kísérleti személyek a releváns szóingereket magukban számlálták.

A kísérletünkben regisztrált MFK-t közvetlenül nem azonosíthatjuk a szakirodalomban leírt motoros potenciálokkal. Mozdásválasszal kapcsolatban levő potenciálokat DEECKE, SCHEID és KORNUHBER (1969) ismertették. Közleményük a mozgásválasz előtt megjelenő premotoros pozitivitásról (PMP) és a rövid negatív motoros potenciálról (MP) számolt be, melyek a mozgás megkezdése előtt jelentek meg. Hasonló pozitív–negatív (P1–N2) potenciál-együttest jellemzett VAUGHAN, COSTA és RITTER (1968) is.

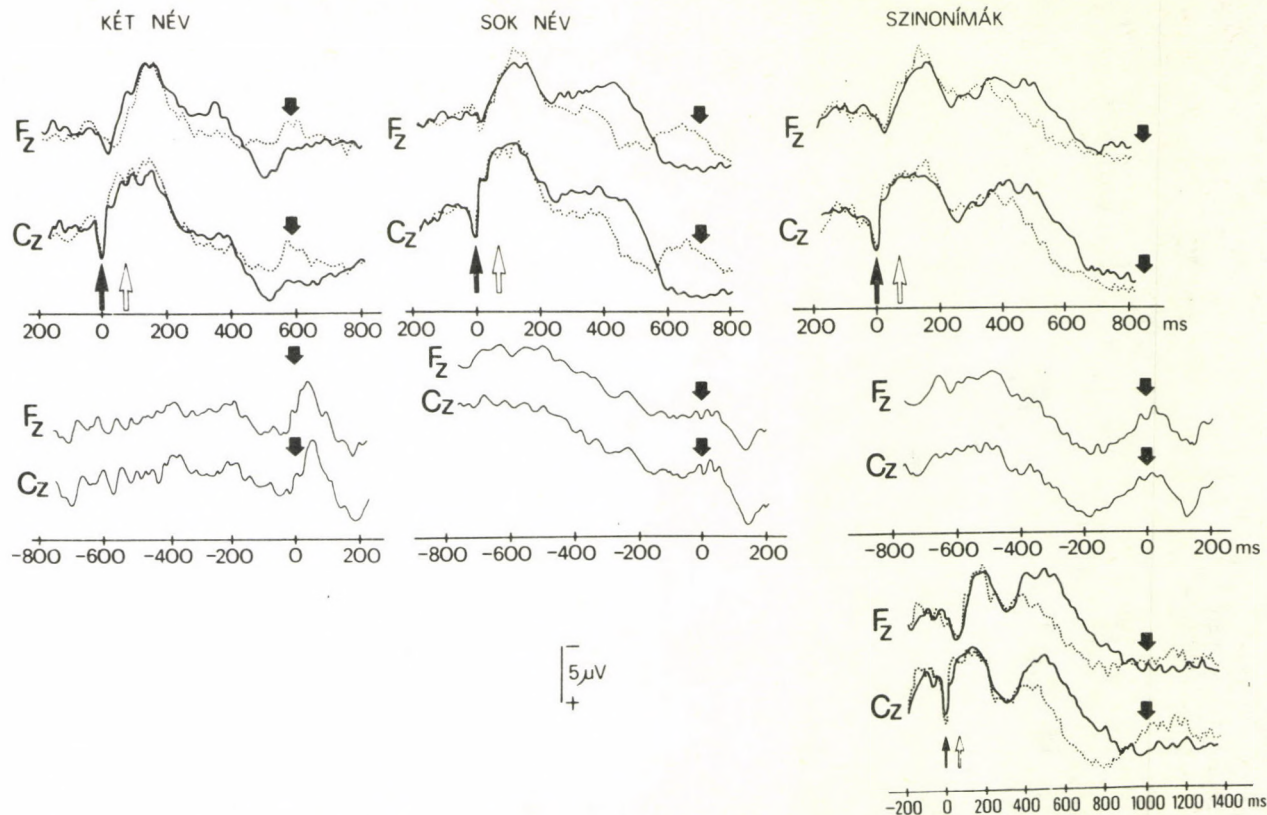
Voltak azonban olyan szerzők is, akik azt rögzítették, hogy az N2 a mozgás megindulása után jelenik meg (GERBRANDT, GOFF és SMITH, 1973; SHIBASAKI és KATO, 1975). Újabban SHIBASAKI és munkatársai (SHIBASAKI, BARRETT, HALLIDAY és HALLIDAY, 1980) elvégezték a mozgásválaszt kísérő összetevők részletes topográfiai elemzését. Ennek során ugyancsak megfigyelték a premotoros pozitivitást és a MP-t, de rajtuk kívül a mozgás megindulása után 50 ms-nál találtak egy frontálisan negatív hullámot is. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ezekben a vizsgálatokban a kísérleti személyek — ingerek hiányában — a maguk megszabta időpontban indították a mozgásválaszokat. Csak kevés olyan kísérletben mértek motoros potenciált, amelyben a mozgásválasz az ingerek differenciálásától függött. Újabban FRIEDMAN (1984) RI feladatban a mozgásválasz gyorsaságától függően elemezte a motoros potenciálokat, és elsősorban a választ megelőző negatív hullámokról számolt be.

A kísérletünkben mért MFK értelmezése szempontjából figyelemre méltóak a várakozási hullámot (CNV) vizsgáló kísérletek is, amelyekben a második ingerre (S2) mozgásválaszt kellett adni. E vizsgálatok közül is azok fontosak számunkra, amelyekben az S2 diszkriminációjától függött a kivezérlendő válasz jellege. PAKAKOSTOPOULOS és JONES (1980) CNV kísérletében a második ingerre adandó válasz „ereje” eltérő lehetett: magas hangra nagyobb erővel kellett válaszolni, mint az első ingerre (S1),



3. ábra

A három kísérleti helyzetben mért SZMP-ok késői összetevőinek átlag csúcslatenciája és a RI-k átlaga (CI = a célingerek megtekintésekor mért SZMP-ok; GYI = a gyakori ingereknél mért SZMP-ok komponensei; MFK = mozgás-függő komponens). A P3 és N3 összetevő értékei a célingereket, illetve a gyakori ingereket kísérő SZMP-ok kevésbé különböztek, ezért értékeiket csak a célingerek-nél tüntettük fel.



4. ábra

A felső sorokban: Három kísérleti helyzetben, 9 személynél frontális és centrális elvezetéssel regisztrált SZMP-ok csoportátlagai. Fekete nyíl a szakkád kezdetét, a fehér nyíl a szem leállításának időpontját tünteti fel. A lefelé irányuló, vastag nyíl a reakció megindulását jelzi. Középső sorokban: a mozgás-válasz megindulásától (visszafelé) átlagolt potenciálok csoportátlagai. A lefelé mutató, vastag nyíl a mozgásválasz megindulását jelzi. A jobb oldali alsó ábrarészlet: a hosszú elemzési idővel átlagolt SZMP-ok a RI-t feltüntető nyíllal.

míg alacsony hang megjelenésekor az S2-re változatlan erővel kellett reagálni. A szerzők azt találták, hogy ha az S2 a mozgás erejének változtatását kívánta meg, az EKP-ban egy negatív csúcs jelent meg, amelynek latenciája egybeesett a mozgáserő változtatásával.

Kísérletünkben a MFK szintén a frontális és a centrális területek felett mért SZMP-okban volt látható, éspedig úgy, hogy a válasz megindulása előtt már emelkedni kezdett, majd csúcsát a mozgás megindulása után érte el.* Úgy gondoljuk, hogy eredményünk kapcsolatba hozható az S2 diszkriminációja során az EKP-ban fellépő frontális negativitással, amely szintén a mozgás megindulása után képezett csúcsot.

Kísérletsorozatunkban eddig az eseményhez kötött potenciál késői összetevőinek vizsgálatában alkalmazott kísérleti paradigmákat használtuk fel. E kísérleti helyzetekben a szemmozgáshoz kötött agyi potenciál késői összetevőinek amplitúdója és latenciája hasonló módon függött a kísérleti változóktól, mint ahogy azt az eseményhez kötött potenciál késői összetevőinél megállapították. Ezek a kísérleti eredmények feljogosítanak bennünket annak megállapítására, hogy a SZMP-ban 200 ms után megjelenő összetevők valójában kiváltott válasz komponensek. A szemmozgással történő információvételnélkor a szakkád megindulásától mért, illetve a vizuális inger felvillantásától regisztrált agyi potenciál késői összetevőinek pontos megfeleltetése azonban csak olyan kísérleti eredmények alapján lehetséges, amikor a kétféle agyi választ azonos kísérleti személyeknél közvetlenül hasonlítjuk össze. E vizsgálat eredményéről következő közleményeinkben számolunk be.

Irodalom

- BOSTOCK, H., JARVIS, M. J., 1970, Changes in the form of the cerebral evoked response related to the speed of simple reaction time, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 29, 137–145.
- CHAPMAN, R. M., McCRARY, J. W., CHAPMAN, J. A., 1981, Memory processes and evoked potentials, *Canadian Journal of Psychology*, 35, 201–212.
- CZIGLER István, 1980, Nagysebességű emlékezeti letapogatás: Sternberg egység felismerés módszerének papír-ceruza változata, *Magyar Pszichológiai Szemle*, 37, 252–260.
- CZIGLER István, 1984, Figyelmi szelekció: kiváltott potenciál eredmények és pszichológiai értelmezések, *Pszichológia*, 4, 97–128.
- DEECKE, L., SCHEID, P., KORNUBER, H. H., 1969, Distribution of readiness potential, pre-motion positivity, and motor potential of human cerebral cortex preceding voluntary finger movements, *Experimental Brain Research*, 7, 158–168.
- DONCHIN, E., 1979, Event-related brain potentials: A tool in the study of human information processing. In: BEGLEITER, H. (ed.), *Evoked Brain Potentials and Behavior*, Plenum Press, New York, 13–88.

*Egyidejűleg az Fpz pontban mért SZMP-ok felfedték, hogy a késői negativitás nem lehetett pislogás okozta műtermék.

- DONCHIN, E., RITTER, W., McCALLUM, W. C., 1978, Cognitive psychophysiology: The endogenous components of the ERP. In: CALLAWAY, E., TUETING, P., KOSLOV, S. H. (eds.), *Event-related brain potentials in man*, Academic Press, New York, 349–411.
- DUNCAN-JOHNSON, C. C., DONCHIN, E., 1980, The relation of P300 latency to reaction time as a function of expectancy. In: KORNHUBER, H. H., DEECKE, L. (eds.), *Motivation, motor and sensory processes of the brain. Progress in brain research*, Vol. 54. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam. 717–722.
- DUNCAN-JOHNSON, C. C., DONCHIN, E., 1982, The P300 component of the event-related brain potential as an index of information processing, *Biological Psychology*, 14, 1–52.
- DUNCAN-JOHNSON, C. C., KOPELL, B.S., 1981, The Stroop-effect: Brain potentials localize the source of interference, *Science*, 214, 938–940.
- FERGUSON, G. A., 1966, *Statistical Analysis in Psychology and Education*, McGraw-Hill, New York.
- FITZGERALD, P. G., PICTON, T. W., 1983, Event-related potentials recorded during the discrimination of improbable stimuli, *Biological Psychology*, 17, 241–276.
- FRIEDMAN, D., 1984, P300 and slow wave: The effects of reaction time quartile, *Biological Psychology*, 18, 49–71.
- GERBRANDT, L. K., GOFF, W. R., SMITH, D. B., 1973, Distribution of the human average potential, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 34, 461–474.
- GOMER, F. E., SPICUZZA, R. J., O'DONNELL, R. D., 1976, Evoked potential correlates of visual item recognition during memory-scanning tasks. *Psychological Psychology*, 4, 61–65.
- HILLYARD, S. A., KUTAS, M., 1983, Electrophysiology of cognitive processing, *Annual Review of Psychology*, 34, 33–61.
- KOK, A., 1983, ERP components related to motor inhibition and motor facilitation in a visual go–nogo task, *VIIth International Conference on Event Related Potentials of the Brain*, EPIC VII, Firenze, 50–51.
- KUTAS, M., MCCARTHY, G., DONCHIN, E., 1977, Augmenting mental chronometry: The P300 as a measure of stimulus evaluation time, *Science*, 197, 792–795.
- KUTAS, M., HILLYARD, S. A., 1980a, Event-related potentials to semantically inappropriate and surprisingly large words, *Biological Psychology*, 11, 99–116.
- KUTAS, M., HILLYARD, S. A., 1980b, Reading between the lines: Event-related brain potentials during natural sentence processing, *Brain and Language*, 11, 354–373.
- MARTON Magda, 1984, A környezet valószínűségi értékelése és az átlagolt agyi potenciál (I.), *Pszichológia*, 4, 3–19.
- MARTON Magda, SZIRTES József, DONAUER Nándor, BREUER Péter, 1985, Szemantikai osztályozás jelei a szakkádikus szemmozgáshoz kötött agyi potenciálban, *Pszichológia* (megjelenés alatt).
- MCCARTHY, G., DONCHIN, E., 1981, A metric for thought: A comparison of P300 latency and reaction time, *Science*, 211, 77–80.

- NÄÄTÄNEN, R., MICHIE, P. T., 1979, Early selective-attention effect on the evoked potentials: A critical review and reinterpretation, *Biological Psychology*, 8, 81–136.
- PAPAKOSTOPOULOS, D., JONES, J. G., 1980, The impact of different levels of muscular force on the contingent negative variation (CNV). In: KORNHUBER, H. H., DEECKE, L. (eds.), *Motivation, motor and sensory processes of the brain. Progress in brain research*, Vol. 54, Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, 195–202.
- POLICH, J., VANASSE, L., DONCHIN, E., 1981, Category expectancy and the N200, *Psychophysiology*, 18, 142. (Abstract)
- POLICH, J., DONCHIN, E., (kézirat), P300 and the word frequency effect.
- RENAULT, B., RAGOT, R., LESÈVRE, N., RÉMOND, A., 1982, Onset and offset of brain events as indices of mental chronometry, *Science*, 215, 1413–1415.
- RENAULT, B., LESÈVRE, N., 1979, A trial by trial study of the visual omission response in reaction time situations. In: LEHMANN, D., CALLAWAY, E., (eds.), *Human evoked potentials: Application and problems*, New York, Plenum Press, 317–329.
- RITTER, W., VAUGHAN, H. G., Jr., FRIEDMAN, D., 1979, A brain event-related to the making of a sensory discrimination. *Science*, 203, 1358–1361.
- RITTER, W., 1981, Cognition and ERPs: The relation of poststimulus negative potentials and cognitive processes. In: *Sixth International Conference on Event-Related Slow Potentials in the Brain*, Lake Forest Chicago, Epic VI, 23–41.
- RITTER, W., SIMSON, R., VAUGHAN, H. G. Jr., 1983, Event-related potentials of two stages of information processing in physical and semantic discrimination tasks, *Psychophysiology*, 20, 168–179.
- RITTER, W., SIMSON, R., VAUGHAN, H. G. Jr., MACHT, M., 1982, Manipulation of event-related potential manifestation of information processing stages, *Science*, 218, 909–911.
- RITTER, W., SIMSON, R., VAUGHAN, H. G. Jr., 1972, Association cortex potentials and reaction time in auditory discrimination, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 33, 547–555.
- ROHRBAUGH, J. W., DONCHIN, E., ERIKSEN, C. W., 1974, Decision making and the P300 components of the cortical evoked response, *Perception and Psychophysics*, 15, 368–374.
- ROTH, W. T., FORD, J. M., KOPELL, B. S. (1978), Long-latency evoked potentials and reaction time, *Psychophysiology*, 15, 17–23.
- SHIBASAKI, H., KATO, M., 1975, Movement-associated cortical potentials with unilateral and bilateral simultaneous hand movement, *Journal of Neurology*, 208, 191–199.
- SHIBASAKI, H., BARRETT, G., HALLIDAY, A. M., HALLIDAY, E., 1980, Scalp topography of movement-related cortical potentials. In: KORNHUBER, H. H., DEECKE, L. (eds.), *Motivation, Motor and Sensory Processes of the Brain, Progress in Brain Research*, Vol. 54. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, 237–242.

- SHIFFRIN, R. M., SCHNEIDER, W., 1977, Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory, *Psychological Review*, **84**, 127–190.
- SIMSON, R., VAUGHAN, H. G. Jr., RITTER, W., 1977, Scalp topography of potentials in auditory and visual discrimination tasks, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **42**, 528–535.
- STUSS, D. T., SARAZIN, F. F., LEECH, E. E., PICTON, T. W., 1983, Event-related potentials during naming and mental rotation, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **56**, 133–146.
- TOWEY, J., RIST, F., HAKEREM, G., RUCHKIN, D. S., SUTTON, S., 1980, N250 latency and decision time, *Bulletin of the Psychonomic Society*, **15**, 365–368.
- VAUGHAN, H. G. Jr., COSTA, L. D., RITTER, W., 1968, Topography of the human motor potential, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **25**, 1–10.
- WARREN, L. R., MARSH, G. R., 1979, Changes in event-related potentials during processing of Stroop stimuli, *International Journal of Neurosciences*, **9**, 217–223.

MAGDA MARTON, JÓZSEF SZIRTES and NÁNDOR DONAUER

LATENCY OF THE LATE COMPONENTS OF THE SACCADRE-RELATED BRAIN POTENTIALS AND THE REACTION TIME

In the introduction the authors first review studies reporting about the relation between the late component (P300) of ERPs and the reaction time (RT). In the present study saccade-related brain potentials (SRPs) were recorded in a semantic categorization paradigm in which subjects had to perform a saccadic eye movement for perceiving the task relevant stimulus. In three conditions, representing differing degrees of complexity of categorization, the stimulus words belonged either to the target or non-target category (with respective probabilities of 0.20 vs 0.80). Subjects had to respond with a button-press to the target (infrequent) words. As the degree of complexity of stimulus evaluation increased (reflected in longer RTs) the second late positivity (P4) for both kinds of SRP appeared systematically later. In case of the target SRPs the P4 peaked at around 530 msec following saccade onset in the first condition which involved the simple identification of two names. In the second condition in which several names had to be categorized as belonging to one of the two categories (male vs female), the P4 emerged at around 580 msec in the SRPs to the infrequent (target) names. In the most complex condition (categorization according to synonymy), the late positivity peaked at around 700–750 msec in the target SRPs. Preceding this late positive component, in both target and non-target SRPs a negative component appeared between 380–440 msec. This negative component may

reflect the semantic evaluation process. Furthermore, in the SRPs to the non-target words in the second and third conditions a second late negativity emerged at around 470 and at 530 msec after saccade onset, respectively. This N4 peak showed significant correlation with RT and might be interpreted as a correlate of a repeated semantic checking „mismatch“ operation. In the fronto-central leads of SRPs associated with the target (to be responded to) stimuli a further late negative peak appeared at around the time of the behavioral response.