

SZEMLE

MARTON MAGDA

MTA Pszichológiai Intézete, Budapest

MENTÁLIS IDŐMÉRÉS HAGYOMÁNYOS ÉS PSZICHOFIZIOLÓGIAI KÍSÉRLETEK KERETÉBEN

Az 50-es évek során a kognitív pszichológiában kialakult információfeldolgozási szemlélet újszerűségét és sajátosságait már sokan és sokoldalúan jellemezték. Jóval kevésbé vált azonban nyilvánvalóvá, hogy e szemlélet keretében végzett vizsgálódás — minden sajátosságára ellenére — egyúttal *szerves folytatása* az általános lélektani kutatás egy korábbi vonulatának.

A kísérleti pszichológia alapítóiként számontartott kutatók már a századfordulón törekedtek arra, hogy az inger és a válasz közé ékelődő pszichikus folyamatok időbeli jellemzőire nézve a megfigyelhető válasz reakcióidejéből és pontosságából következtetéseket vonjanak le. E törekvéseket és az információfeldolgozási szemlélet alapján végzett hasonló kutatásokat átfogó névvel, együttesen — POSNER (1979) nyomán — mentális kronometriának (mentális időmérésnek) nevezik.

1. A HAGYOMÁNYOS MENTÁLIS IDŐMÉRÉS

Johannes Müllert sokan a kísérleti pszichológia egyik megteremtőjeként tartják számon. A vizuális ingervezetés sebességéről kialakított vélekedését mai szemmel azonban inkább furcsáljuk. Müller ugyanis úgy gondolta, hogy a vizuális ingervezetés sebessége megegyezik a fény sebességével (MÜLLER, 1826). S ma már joggal triviálisnak tűnhet Hermann von HELMHOLTZ (1850—1853) helyesbítő megállapítása: az idegi vezetés sebessége csak 50 m/s, tehát jóval kevesebb, mint az inger — így a hang és a fény — terjedési sebessége. Helmholtz ez utóbbi felismeréshez ve-

zető vizsgálata mégis mérföldkő lett a kísérleti pszichológiában. Ekkor alkalmazta ugyanis első ízben a reakcióidő mérését, s ezzel korszakot teremtő eljárást adott a megismerési (kognitív) és a válaszfolyamatok elemzéséhez. Talán érdemes utalni arra a tényre is, hogy Helmholtz valójában idegéletteni kutatási módszerével nyitott utat a pszichológiai kísérletezés új lehetőségei számára.

Helmholtz alapkísérletétől kezdve ötven éven át aranykorát élte a megismerési és a válaszfolyamatok dinamikájának vizsgálata. Az 1850 és 1900 között végzett időmérési kísérletek alapfeltevése az volt, hogy az ingerre adott nyílt válasz kialakulását különböző mentális folyamatok közvetítik, s e folyamatok lepergése meghatározott időt vesz igénybe. A kutatók e közvetítő folyamatok mibenlétét és időtartamát igyekeztek megállapítani.

A *mentális időmérés* jellegzetes *kísérleti elrendezése* (paradigmája) biztosítja, hogy az egymást követő próbákban először egy jelzőinger kelti fel a kísérleti személy figyelmét, majd ezt a vizsgálóinger (vagy minta) követi, amelyre a személy reakcióval (legtöbbször kézmozgással) válaszol. Az inger megjelenésétől a válasz megindulásáig eltelt időt nevezik reakcióidőnek (RI); az ilyen kísérletben mérik a válasz pontosságát (a hibák számát) is.

Helmholtz úttörő módszerét WOODWORTH (1899) a válasz gyorsasága (RI) és pontossága közti viszony elemzésére használta fel. Megállapította, hogy az akaratlagos mozgás téri pontossága csökken, ha a mozgás sebessége növekszik.

A mentális időmérés történetének kiemelkedő kutatója, Donders magát az RI-vizsgálatot módosította. Az ún. *kivonási módszer* keretében három különböző típusú RI-mérést alkalmazott. A hagyományos, egyszerű RI-helyzet (A feladat) — amint azt láttuk — egy ingert és egy választ foglal magában. Ezzel szemben a választási RI-helyzetben (B feladat) először több lehetséges inger között kell különbséget tenni (diszkrimináció), majd az egyes próbákban az ingerre adható lehetséges válaszok közül ki kell választani (szelektálni) a megfelelőt. Donders úgy gondolta, hogy ha a választási RI-ből kivonjuk az egyszerű helyzetben mért RI-t, akkor megkapjuk az ingerdiszkrimináció és a válaszszelekció együttes idejét (DONDERS, 1868/1969). E két folyamat időtartamát külön-külön egy újabb RI-helyzet kialakításával kívánta mérhetővé tenni.

A C feladatban — amit újabban go/no-go paradigmának neveznek — vizsgálóingerként ugyancsak többféle inger jelenhet meg, s ezért a vála-

szóláshoz itt is szükség van ingerdiszkriminációra, viszont csak az egyik ingerre kell választ adni, a többire nem. E feladattípus tehát nem igényel válaszszelekciós folyamatot. Donders a választási RI-ből kivonta a C feladatban mért RI-t, s az így kapott értéket tekintette a válaszkiválasztás időtartamának. Ha pedig a C feladat (go/no-go helyzet) RI-jéből vonta ki az egyszerű RI-t, akkor — felfogása szerint — az ingerdiszkrimináció időigényét jellemezte.

Donders eljárása azonban csak abban az esetben vezet helyes eredményhez, ha implicit feltételezései helytállóak (v.ö. STERNBERG, 1969; PACHELLA, 1974). A kivonási módszer ugyanis feltételezi, hogy az ingerdiszkrimináció, illetve a válaszkiválasztás időben egymást követő, soros (szukcesszív) folyamatok, melyeknek időigénye összeadódva (additíven) alakítja a RI-t. Feltételezi továbbá, hogy amikor a kísérleti személy az egyik RI-helyzetről a másik típusú helyzetre (például a C feladatról a B-re) tér át, a váltás során a diszkrimináció, illetve a válaszszelekció időbeli lefutása azonos marad, függetlenül attól, hogy e folyamatok más folyamatok közé ékelődnek.

Donders kivonási módszerét Wilhelm WUNDT (1880) bírálta és egyúttal kibővítette. Egy újabb RI-helyzetet vezetett be (D feladat). A D feladat próbái során is több lehetséges vizsgálóinger jelenik meg, de csak egy válaszlehetőség van: a személynek mindig ezzel kell reagálni, valahányszor az ingert azonosítja. A négyféle RI-helyzet segítségével Wundt különböző típusú történéseket különített el az inger—válasz folyamatsorban: reflexeket, észlelést, megértést, asszociációkat és ítéletet. Wundt laboratóriumában számos más kutató is alkalmazta az időmérési paradigmát (például CATTAL, 1886; LANGE, 1888; MERKLE, 1885).

E módszer alkalmazása során tapasztalt ellentmondó eredmények látán bírálták az időmérés kivonási eljárását. Elsősorban Wundt egyik tanítványát, Oswald KÜLPÉ-t (1893/1909) említhetjük. Kiderült ugyanis, hogy az időmérési adatokat a kísérleti személy tapasztaltsága, illetve a kísérletben megkívánt teljesítmény jellege erősen befolyásolja. A kutatók azt tapasztalták továbbá, hogy az egyik RI-helyzetről a másikra való áttéréskor a diszkrimináció, illetve a válaszszelekció időtartama különböző lesz. Ezért azt feltételezték, hogy a feladat megváltozásakor e folyamatok minősége is megváltozik (lásd ACH, 1905).

A vázolt felismerések nyomán a századforduló táján a kivonásos módszer jelentősen veszített hiteléből. Bár az elkövetkező évtizedek során továbbra is közöltek RI-mérési adatokat a pszichológiai refraktér szakaszra (TELFORD, 1931), továbbá az észlelés és a válasz összeállításának sze-

repére vonatkozóan (STROOP, 1935), mindent egybevetve azonban a RI-módszer — s vele a mentális időmérés jelentősége — elhalványult. Ezt tükrözik a korszak jeles kézikönyvei (STEVENS, 1951, OSGOOD, 1953) is, amelyek éppen csak érintik a különböző RI-mérési módszereket, s Donders próbálkozásait említésre sem méltatják.

Az 50-es évek második felétől kezdve a megismerési folyamatok kutatásának szemlélete jelentősen módosult. Ez az átalakulás több forrásból táplálkozott. Közvetlen előzményének tekinthető az a törekvés, hogy a pszichikus folyamatokat és az idegéletteni mechanizmusokat egyaránt a technikából merített szabályozási elvek, vezérlő rendszerek működésének mintájára értelmezzék. A kibernetikai szemlélet egyes elemei, fogalmi gyorsan meghonosodtak a pszichológiában; szervomechanikai és kibernetikai modelleket alkalmaztak a pszichikus jelenségek magyarázatában. Még jelentősebb volt azonban az a hatás, amelyet a számítógépek elterjedése és a kommunikáció tudományának előretörése keltett. A számítógépek információt vesznek fel, szimbólumokat kezelnek, a bemenő információt osztályozzák, alakot ismernek fel, adatokat őriznek az emlékezeti tárbán, amelyek onnan visszahívhatók stb. A számítógép-analógia új szó- és fogalomkészletet kínált a megismerési folyamatok elemzéséhez. Az inger-reakció folyamatsor részmozzanatait immár az információ, a bemenet, a kódolás, feldolgozás, összemérés az emlékezettel, az emlékezeti letapogatás stb. fogalmaival kezdték leírni. Ettől kezdve a megismerési folyamatok kutatóinak legfőbb célja az lett, hogy nyomonkövessék az emberi információfeldolgozás áramlását a pszichikus rendszerben, és ehhez megfelelő információfeldolgozási modelleket szerkesszenek. A modellek ellenőrzésére pedig ismét a RI-méréshez folyamodtak, új és új időmérési paradigmákat dolgoztak ki (NEISSER, 1967; SMITH, 1968; LACHMAN és mts., 1979; POSNER és McCLEOD, 1982; TOWNSEND és ASHBY, 1983; LUCE, 1986).

E fejlődési irány velejárójaként a válaszgyorsaság/hibaszám viszonyt a matematikai kommunikációelmélet alapján értelmezték, és olyan matematikai modelleket szerkesztettek, amelyek e viszonyt a valószínűségi folyamatok fogalmaiban kezelték (FITTS, 1954; 1966; LaBERG, 1962; LAMING, 1969). E sokirányú és újszerű tájékozódásból ezúttal csak a mentális időmérés alakulásának főbb állomásaira vetünk egy-egy pillantást.

2. MENTÁLIS IDŐMÉRÉS AZ INFORMÁCIÓFELDOLGOZÁSI SZEMLÉLET KERETÉBEN

A Donders kivonási módszerét ért bírálatok után a kísérletezők az információfeldolgozás szakaszait más megközelítések alapján kezdték vizsgálni. STERNBERG (1969; 1975, magyarul 1981) olyan mérési módszert alkalmazott, amelynek során az egyik RI-mérésről nem kellett áttérni egy más-fajta (például a választási) RI-mérésre; eljárása csak a kísérleti tényezők módszeres változtatását kívánja meg.

Sternberg a feldolgozási szakaszok jellemzésére az *összeadódó* (additív) *tényezők módszerét* alkalmazta. E módszer abból indul ki, hogy az információfeldolgozás időben egymást követő, szukcesszív szakaszok egész sorát foglalja magában, s e szakaszok időben nem fedik át egymást. Feltetelezi például a következőt: ha három különböző kísérleti tényező hat az információfeldolgozásra, s ezek közül egy a korai feldolgozási szakaszt (az inger kódolását, illetve emlékezeti előhívását), míg a további két tényező a későbbi szakaszokat befolyásolja (például a válaszkiválasztás folyamatát), akkor e tényezők sajátos összetett mintázattal befolyásolják a RI-t.

STERNBERG (1969) az RI-adatok értelmezésének két szabályát fogalmazta meg. Eszerint amennyiben két vagy több olyan kísérleti tényezőt találunk, amelyek összeadódva hatnak a RI-re, akkor valószínű, hogy befolyásuk legalább két különböző feldolgozási szakaszt érint. Ha pedig azt tapasztaljuk, hogy két vagy több kísérleti tényező hatása a RI-re interakciót mutat, arra következtethetünk, hogy e tényezők együttesen befolyásolnak egy feldolgozási szakaszt. Sternberg azt igyekezett bizonyítani, hogy ha figyelembe vesszük a kísérleti tényezők rendszeres változtatása során mért RI-mintázatok összeadódását, illetve interakcióját, akkor meghatározhatjuk a feldolgozási szakaszok számát, sőt jellegét is.

Így például a rövid távú emlékezeti felidézés vizsgálatokor STERNBERG (1969) szisztematikusan változtatta az inger vizuális minőségét, az emlékezetben tartandó ingeregyüttes nagyságát és az alternatív válaszok valószínűségét. Azt tapasztalta, hogy — egy meghatározott gyakorlottsági szint felett — e tényezők összeadódva befolyásolják a RI-t. Ez — véleménye szerint — arra mutat, hogy az emlékezeti felidézés folyamatában legalább három feldolgozási szakasz különíthető el: az inger bekódolása, az emlékezeti felidézés és a válasz kiválasztása.

Az információfeldolgozás kutatásában alkalmazott RI-mérés fejlődését jelentősen elősegítette a feldolgozási modellek két nyitott kérdésének

a világos megfogalmazása is. A kutatók egyre részletesebb időmérést alkalmaztak annak eldöntésére, vajon az emberi információfeldolgozás (a) soros vagy párhuzamos jellegű-e? (b) Vajon a feldolgozó rendszer az információt folyamatosan kezeli-e, azaz a feldolgozás végső kimenetét lassú áramlásként állítja elő, vagy pedig az egyes feldolgozási szakaszok elkülönülő információcsomagjaiból, intermittens módon szerveződik a végső kimenet?

(a) A 80-as évek időmérési vizsgálataiban elsősorban párhuzamos feldolgozásra valló eredményeket rögzítettek. Az adatok azt a feltevést támasztották alá, hogy már a feldolgozás különböző folyamatai részleges kimenetet (outputot) küldenek a válasz-rendszerhez, még mielőtt a feldolgozó folyamatok véget értek volna. Mintaértékű kísérletekben vizsgálták például azt a kérdést: amikor a kísérleti személy még csak felkészül az elővételezhető válaszra, vajon a megjelenő inger különböző szempontjairól (dimenzióiról) kialakulnak-e már részleges információ-kimenetek (MILLER, 1982; 1983; ROSENBAUM, 1980)? E kísérletek eredménye azt igazolta, hogy az ingerértékeléstől rendszerint egymást időben átfedő, részleges outputok jutnak el a válasz-előkészítés folyamatához. Az ilyen típusú eredmények a folyamatos, illetve a párhuzamos feldolgozást feltételező modelleket (McCLELLAND, 1979; ERIKSEN és SCHULTZ, 1979; McCLELLAND és RUMELHART, 1981) támasztották alá.

(b) A mentális időmérési kísérletek másik nyitott kérdése a következő volt. Annak eldöntése után, hogy az információfeldolgozás soros, illetve párhuzamos módon perog-e le, nyitva marad a kérdés, vajon az információkezelés elkülönülő (diszkrét) „információcsomagok” továbbításával megy-e végbe, vagy esetleg a folyamatos (kontinuus) kezelés alakját ölti. E kérdést a válaszszerződést vizsgáló kísérletek segítségével igyekeztek megválaszolni. A mintaértékű vizsgálatok egy részében (MEYER és mts., 1984, 1985) a „változó előfeszítés (priming)” módszerét alkalmazták. Minden próbában először figyelmeztető inger jelent meg, majd ezt különböző időtartamú (0—700 ms-ig) előfeszítő inger követte. Ez utóbbi lehetett értelmes szó vagy egyszerű betűsor. Az előfeszítő inger után igen rövid időre (85 ms-ra) egy „végső jelzőinger” tűnt fel, melynek rendeltetése az volt, hogy a válaszoláshoz azonos éberségi szintet biztosítson, függetlenül attól, hogy az előfeszítő szakasz milyen hosszú volt. Maga a vizsgálóinger jobbra vagy balra mutató nyilat ábrázolt; megjelenésekor a kísérleti személy jobb, illetve bal kezével jelzőgombot nyomott meg. A kísérlet felépítése az alábbi volt: ha az előfeszítő inger értelmes szó volt, akkor utóbb jobbra mutató nyíl jelent meg, míg a betűsort balra mutató nyíl követte. A kísérlet három eltérő feltételt foglalt magában. A „teljes előfeszítés”

helyzetben a priming 700 ms hosszú volt; ez lehetővé tette a válasz teljes előkészítését. Ezzel szemben az előfeszítés teljes hiányában (0-feltétel) a kísérleti személyt a specifikus válaszelőkészületben semmifajta inger sem segítette. S végül a kísérletben „részlegesen előfeszített” helyzet is szerepelt (200 ms-os előfeszítési szakasz).

A kísérleti személyek mindhárom feltétel esetén több száz próbában vettek részt; az RI-k eloszlása azt mutatta, hogy a válaszszerveződés különálló, „mindent vagy semmit” típusú folyamatok eredménye (MEYER és mts., 1985).

A mentális időmérés fejlődését jelentősen előmozdította az az átfogó bírálat, amely feltárta a válasz hagyományos gyorsaság/pontosság görbéiből levonható következtetések korlátait (MEYER és IRWIN, 1981; MEYER és mts., 1988; SCHMITT és SCHEIRER, 1977; WICKELGREN, 1977). A szerzők kimutatták, hogy a görbékben összerosódhatnak a különböző információs szintekhez kötődő teljesítmények. Rámutattak például arra, hogy azok a görbék, amelyek felületes szemlélet alapján a részleges információk folyamatos felhalmozódását feltételező modelleket támasztják alá, valójában az információ diszkrét (kétlépcsős) értékelési folyamatából is származhatnak (lásd MEYER és mts., 1988).

E vitatott probléma megoldása végett a mentális időmérés kutatói jelentős további erőfeszítéseket tettek. Annak érdekében, hogy a válasz gyakorisági és pontossági jellemzőit el tudják különíteni, új kísérleti eljárásokat vezettek be (MEYER és IRWIN, 1981; MEYER és mts., 1988).

E vizsgálatok egyik formája — a „szabályos próba” — igen hasonló a hagyományos választási RI-helyzethez. A jelzőingert (fixációs pont) itt is pozitív vagy negatív vizsgálóinger (általában szó, illetve betűsor) követi. A vizsgálat vezetője pedig azt hangsúlyozza, hogy a válasznak *pontosnak* kell lennie. A „válaszinger-próbában” viszont röviddel a vizsgálóinger megjelenése után egy további „válaszinger” (hanginger) is megjelenik. A „válaszingerre” a kísérleti személynek (tippelés alapján) akkor is azonnal válaszolni kell, ha a megelőző vizsgálóinger értékelésével még nem készült el. A kísérletben módszeresen változtatták a vizsgálóinger és a „válaszinger” megjelenése közti időközt. Ezáltal a személynek több, illetve kevesebb ideje maradt a vizsgálóinger értékelésére, hiszen a feldolgozást megszakító „válaszinger” megjelenési ideje eltérő volt. A kísérletben váltakozva adták a „szabályos” és a „válaszinger” próbákat; ennek következtében egy-egy próba megindulásakor a kísérleti személy nem tudta, vajon meg fog-e jelenni a válaszra jelt adó inger vagy sem. A „válaszinger” próbák eredményeinek feldolgozásakor a vizsgálóinger és a „válaszinger”

közti időköz függvényében elemezték a RI-eket és a hibák számát. Összevetették a „szabályos” és a „válaszinger” próbák adatait is. A szerzők (MEYER és mts., 1988) ettől az elemzéstől remélték, hogy mérni tudják: mennyi részleges információ gyűlt össze a vizsgálóingerre vonatkozóan a „válaszinger” megjelenéséig tartó (különböző) időtartam alatt? Úgy vélték, ilyen eljárás alkalmazásakor nem jön létre az adatoknak az az összehasonlódása, amelyet a szokásos gyorsaság/pontosság görbék esetében kimutattak.

A kísérleti adatok értékelése során feltételezték, hogy a vizsgálóinger megjelenésekor azonnal kezdetét veszi ennek értékelése, s ez az értékelő folyamat magában foglalja a válasz jellegére vonatkozó információ felhalmozódását is. Mivel a „válaszinger” próbában az inger megjelenése különböző időpontokban szakítja meg ezt a felhalmozódást, ezért azt az idő függvényében elemezték. Ezáltal kívánták eldönteni, hogy diszkrét vagy folytonos információkezelés valósult-e meg. MEYER és munkatársai (1988) különböző kognitív feladatok során kísérelték meg a gyorsaság és a pontosság jellemzőinek szétválasztását. Így például az „azonos-különböző (lexikai) döntés” helyzetében, a „szabályos”, illetve a „válaszinger” próbákban kapott adatokból a kutatók arra következtettek, hogy a feldolgozás során részleges információ-kimenetek diszkrét folyamataival kell számolni.

Meg kell azonban állapítanunk, hogy a mentális időmérés terén a 60-as évektől megindult számottevő fejlődés ellenére sem tudták a kutatók kísérleti paradigmákkal megbízhatóan azonosítani az emberi információfeldolgozási folyamat minden fontos szakaszát. A kogníció és a viselkedés teljesítmény dinamikájára vonatkozóan számos kérdés megválaszolatlan maradt. Egyre nyilvánvalóbbá vált e módszer alapvető korlátja: *a RI-mérés adatai több — egymással kapcsolatba lépő, adott esetben időben egymást átfedő és kombinációban megjelenő — folyamatszakasz működési összidejét és végső kimenetét tükrözik.*

Érthető hát, hogy az időmérési módszer korlátainak éles megfogalmazása növelte az érdeklődést az információfeldolgozás pszichofiziológiai mutatói iránt. Az időmérés hívei úgy gondolták, hogy a pszichofiziológiai mutatók (az agyi potenciálok, az elektromiogram stb.) *mérhetővé tehetik az információfeldolgozás közbülső állomásait, rejtett folyamatait*, különösen abban az esetben, ha e pszichofiziológiai történések sajátlagosan érzékenyek az egyes információfeldolgozási folyamatokra. Ez utóbbi esetben remény van arra, hogy e mutatók segítségével jobban megértjük, miként lépnek kapcsolatba az ingerfeldolgozás egyes részmozzanataival a viselkedéses kimenet folyamataival, vagyis megbízható mérési eljárásokkal közelít-

jük meg az ingerértékelés és a válaszszerződés folyamatai közötti kölcsönkapcsolatok jellegét (lásd COLES és GRATTON, 1986).

A mentális kronometria és a központi folyamatok pszichofiziológiai mérési módszereinek *együttes* alkalmazásáról *kognitív pszichofiziológiaként* szólnak a kutatók (DONCHIN, 1981, 1984). Ez a kapcsolat jelentős előnyökkel járt a pszichofiziológia számára is. A mentális időmérés paradigmái a kísérleti adatok gyűjtésének új módszereihez vezettek; a kognitív feladatok megoldása során mért nyílt válasz gyorsaságára és pontosságára vonatkozó adatok segítettek tisztázni a viszonyt a teljesítmény jellege és az agyi potenciálok között; az agyi válaszok funkcionális jelentőségét az információfeldolgozás fogalmaiban értelmező kutatás pedig birtokába vehette az információfeldolgozás alternatív modelljeit.

3. A MENTÁLIS IDŐMÉRÉS KOGNITÍV PSZICHOFIZIOLÓGIAI VIZSGÁLATAI

Az agy folyamatos bioelektromos tevékenysége az inger behatása, illetve valamilyen (jól körülhatárolható) esemény következtében jellegzetesen megváltozik. Az ilyen esemény ismétlődésekor mért, ún. eseményhez kötött potenciálok (EKP-k) átlagolása csökkenti a bioelektromos működés „alapzaját”, és felerősíti az eseményhez kötött változás hasznos jeleit. Az EKP kutatói rögzítik az ilyen átlagolt potenciál (kritériumok mentén jellemzett) összetevőit, alkalmi alakváltozásait és csúcsait vagy eltolódását valamelyik polaritás irányába. Majd értékeli a statisztikailag jellemezhető együttjárást a kísérleti feltételek módosulása és az EKP jellemzőinek változása között. A potenciálváltozások értékelésekor a kognitív pszichofiziológusok valójában olyan szabályokat követnek, amelyek nincsenek általánosan és egységesen kodifikálva. Sőt, gyakorta maguk a kutatók sem tartják e szabályokat kielégítően ellenőrizhetőnek. Ezeket a (sokszor implicit) szabályokat leginkább úgy mutathatjuk be, ha áttekintjük a kutatási irány néhány példaértékű vizsgálatában mért EKP-változások értelmezési módjait. A példákat a mentális időmérés pszichofiziológiai vizsgálatai köréből vesszük.

McCARTHY és DONCHIN (1981, 1983) *kísérleteiben* az egyik független változó az inger megkülönböztethetősége. A vizsgálóinger (szóinger) az egyik kísérleti helyzetben geometriai minták háttérén jelenik meg, máskor viszont (véletlen eloszlásban megjelenő) betűk háttérén villan fel, s ezért nehezen felismerhető. A másik független változó az inger és a válasz összeállése: az egyik kísérleti helyzetben a JOBB szóra a kísérleti személy a jobb kéznél lévő gombot nyomja meg, míg a BAL szóingerre a bal

oldalit. Ezzel szemben az „össze-nem-illő” feltételnél a JOBB szóra a bal kézzel kell válaszolnia és viszont. A kísérletben három függő változót mértek: az RI-t, a válasz pontosságát és az EKP 300 ms-nál megjelenő pozitív összetevőjének (a P300-nak) a latenciáját.

McCarthy és Donchin — STERNBERG (1969) kísérletének eredményével összhangban — azt találta, hogy az inger megkülönböztethetősége, továbbá az inger és a válasz összeillése összeadódva (additívan) járul hozzá az RI kialakulásához. Eredményük tehát megerősíti azt a következtetést, hogy e két kísérleti feltétel két különböző feldolgozási szakaszt befolyásol. Vizsgálatunkban a P300 összetevő latenciája oly módon függött az inger megkülönböztethetőségétől, mint az RI, viszont az inger és a válasz összeillése nem befolyásolta a P300 latenciáját.

A szerzők az EKP-összetevők funkcionális jelentőségének megállapításakor feltételezték, hogy amennyiben egy kísérleti tényező (ebben az esetben az inger megkülönböztethetősége) befolyásolja az éppen lezejlő mentális folyamatot (az ingerértékelést), valamint, hogy az EKP-összetevő paraméterei e tényezővel együtt változnak, akkor ebből arra lehet következtetni, hogy ez az összetevő (a P300) az adott folyamattal (az ingerértékeléssel) kapcsolatban áll, mintegy azt képviseli.

Mivel McCarthy és Donchin azt tapasztalta, hogy csak az egyik független változó — az inger megkülönböztethetősége — befolyásolta a P300 latenciáját, az inger és a válasz összeillése viszont nem, ezért arra gondoltak, hogy a P300 funkcionális jelentősége az ingerértékeléssel függ össze, de az utóbbi következő válasz-szelekcióval már nem.

Kísérletük jól példázza azt, hogy az EKP mérése alátámaszthatja a mentális időmérés egy adott modelljét, a viselkedés mutató (RI) pedig hozzájárulhat az EKP-összetevő funkcionális jelentőségének meghatározásához.

További példával szolgálhat FORD és *munkatársai* (1979) *kísérlete*. Ebben a vizsgálatban — STERNBERG (1966, 1969) kísérletéhez hasonlóan — emlékezeti felkutatás volt a kísérleti személyek feladata. Az ilyen típusú vizsgálatban először különböző hosszúságú számjegylistákat (emlékezeti együttest) mutatnak be a kísérleti személynek. Majd sorozatos próbákban gyors döntést kell hozniuk arra vonatkozóan, hogy vajon a megjelenő vizsgálóinger szerepelt-e az adott emlékezeti együttesben, vagy sem. A kutatók fiatal és idősebb felnőttek csoportjával végezték a vizsgálatot.

Ford és munkatársai az emlékezeti lista hosszúságának függvényében mérték a P300 összetevő csúcslatenciáját, a döntés RI-jét és a válaszponthosszát. Akárcsak Sternberg, ők is azt tapasztalták, hogy az emlékezeti lista hossza lineárisan hat az RI-re; ezt úgy értelmezték, hogy a vizsgálóingert soros folyamat formájában kutatjuk fel az emlékeztben. A lista hossza ugyancsak lineáris hatással volt a P300 latenciájára.

Az eredmények értékelése során a szerzők STERNBERG (1969) „összeadódó tényezők” módszerét kiterjesztették az EKP-összetevő latenciájának elemzésére is. Úgy vélekedtek, hogy mivel a két kísérleti tényező (az emlékezeti együttes nagysága és az életkor) változása összeadódva (bár nem egyenlő mértékben) befolyásolja az RI-t és a P300 latenciáját, ezért e két kísérleti tényező két feldolgozási szakaszra (az ingerértékelésre és a válasz kiválasztásra) gyakorol hatást. Emellett azt is feltételezték, hogy e feldolgozási szakaszok (esetleg még egy korábbi szakasz is) kapcsolatban állnak az RI-vel és a P300 latenciájával. Mivel azonban a lista hossza szignifikánsan nagyobb hatást gyakorolt a RI-re, mint a P300 latenciájára (különösen nagy volt ez az eltérés az öregebbeknél), a szerzők arra következtettek, hogy az RI együttesen tükrözi mind az ingerértékelés, mind a válaszfolyamatok időigényét, míg a P300 latenciája elsősorban az ingerértékelés folyamataival függ össze.

Ford és munkatársai azt a feltételezést is megkockáztatták, hogy az ingerértékelés a P300 csúcslatenciájának kialakulása előtt megy végbe. Adataik alapján arra is következtettek, hogy az életkor egy igen korai információkezelési szakaszra — a bekódolásra — fejt ki hatását.

RITTER és munkatársai (1983) a mintafelismerést és ingerosztályozást megkívánó teljesítmény háttérében végbemenő feldolgozási folyamatokat vizsgálták. Kísérletük egyszerű RI-, valamint választási (go/no-go) RI-feladatot tartalmazott. A go/no-go RI-helyzetben a vizsgálóinger két ingerosztály valamelyikébe tartozik; az egyik osztályban a pozitív (go) vizsgálóinger megjelenésének valószínűsége 0,2, míg a másik osztályban 0,8. (Erre nem kell válaszolni.) A feladat további változója a vizsgálóinger megkülönböztethetősége. A szerzők a megkülönböztethetőség, valamint az egyszerű, illetve a go/no-go feladat függvényében mérték a RI-t és a vizsgálóingerre megjelenő EKP-t.

Az említett kutatók az egyszerű RI-helyzetben mért EKP-t kivonták a választási RI-feladatban rögzített potenciálból. Az eredményül kapott negatív különbségi hullámot (a 250 ms körüli csúcslatenciájú N_A -t) a „kivonási módszer” eljárása szerint értékelték. Feltevésük az alábbi volt: a választási RI-helyzetben a válasz feltételezi az inger-diszkriminációt, míg

az egyszerű RI-helyzetben erre nincs szükség. Ezért a választási és az egyszerű RI-helyzet potenciáljainak (kivonással előállított) különbségi hulláma (N_A) az inger-diszkriminációval állhat kapcsolatban. Némileg önkényesen azt is feltételezték, hogy ez a diszkrimináció az N_A csúcslatenciája idején ér véget.

Ritter és munkatársai egy további elemzést is elvégeztek. Ekkor a választási RI-helyzetben megjelenő 0,2-es valószínűségű ingert kísérő EKP-ból vonták ki a 0,8-as valószínűségű ingerre megjelenő EKP-t. Ezúttal egy 300 ms táján csúcsosodó, negatív különbségi hullámot („N2”-t) kaptak eredményül. A szerzők véleménye szerint ez a hullám az ingerek osztályozásának befejeződését jelzi.

Ritter és munkatársai választ kerestek arra is, hogy az N_A , illetve az „N2” különbségi hullám miképpen függ az ingerek megkülönböztethetőségétől. Azt tapasztalták, hogy a nehezebb diszkriminációs feladat mindkét különbségi hullám latenciáját megnöveli, de erőteljesebben befolyásolja az N_A latenciáját. Eredményük arra vall, hogy a nehezebb megkülönböztethetőség elsősorban a mintafelismerés időigényét növeli; ez mutatkozik meg az N_A hullám csúcslatenciájában.

Némileg más szemlélet jellemzi Coles és munkatársai (COLES és GRATTON, 1986; COLES és mts., 1985) vizsgálatait.

COLES és *munkatársainak kísérlete* (1985) a válaszszerveződés folyamatait elemzi. Kísérletükben vizsgálóingerként betűk (H, illetve S) szerepelnek. Ezek a betűk különböző „vizuális zaj” háttérén jelennek meg. A „versengő zaj” esetén a fixációs pont helyén felvillanó vizsgálóingert „zajként” azonos betűk veszik körül. Ezzel szemben az „elütő zaj” feltételnél a zavaró betűk különböznek a vizsgálóingertől (H célbetű esetén a zajt S betűk képezik, s viszont). A kísérleti személyek a kétféle vizsgálóingerre (H vagy S) jobb, illetve bal kezükkel adnak választ.

Függő változóként a szerzők mérték az RI-t, a válasz pontosságát, a vizsgálóingerre megjelenő EKP P300 összetevőjének latenciáját, továbbá a karok izomaktivitására jellemző EMG-t.

Érdekes megfigyelést fogalmaztak meg az EKP, az EMG-aktivitás és a „zaj” jellegének viszonyáról. Ezt tapasztalták: „elütő zaj” esetén (amikor a vizsgálóingerre jobb kézzel kell válaszolni, ám a zajként megjelenő betűre — ha az jelenik meg a középpontban — bal kézzel kellene válaszolni) a helyes, vagyis a jobb kézzel végzendő válasz megjelenése előtt, sőt már az ingerértékelés beveződését (a P300 csúcslatenciáját) megelőzve,

megfigyelhető a jobb, de gyakorta a balkezes válasz küszöbalatti aktiválódásának jele (EMG-válasz) is. Ez annak ellenére történik így, hogy az utóbbi válasz a helyes. A szerzők felfogása szerint eredményeik a válaszrendszer folyamatos aktiválódását és egyúttal az információfeldolgozás folyamatos áramlási modelljeit (McCLELLAND, 1979; RATCLIFF, 1978) támasztják alá. Úgy gondolják ugyanis, hogy az „elütő zaj” háttérén megjelenő vizsgálóinger esetében már az ingerértékelés *egészleges* információja alapján — még a teljes értékelés befejeződése előtt — megindulnak a válasz-előkészület versengő folyamatai. Az ingerértékelés végeztével fut azután ki a (helyes) válasz.

Az endogén EKP-összetevők funkcionális jelentőségének felismerését nemcsak azok a vizsgálatok segítették elő, amelyek közvetlen kapcsolatban állnak az információfeldolgozás időmérési modelljeinek ellenőrzésével. A pszichofiziológiai indítékú vizsgálatok gyakran azt kívánják feltárni, hogy milyen mentális folyamatoknak van többé-kevésbé egyértelmű potenciálképviselete. E vizsgálatok többsége ugyancsak a kognitív pszichológia ismert kísérleti paradigmáit használja fel az EKP-összetevők korrelatív jelentőségének tisztázására. S mindezt avégett teszik, hogy az EKP-mutatókat eredményesebben alkalmazhassák a pszichológiai kutatásban.

4. A KOGNITÍV PSZICHOFIZIOLÓGIAI IDŐMÉRÉS KORLÁTAINAK NÉHÁNY SZEMPONTJA

Az EKP- és az RI módszert együttesen alkalmazó, mintaértékű vizsgálatok áttekintése érzékeltetheti, hogy a kognitív pszichofiziológiai megközelítés miként egészítette ki a mentális időmérés klasszikus kutatását. E megközelítésnek azonban ma még számos elméleti és metodikai gyöngéje van.

Legfőbb elméleti hiányossága, hogy nem rendelkezik olyan kvantitatív modellel, amely lehetővé tenné a tapasztalati adatok megbízható értékelését és alapot adna ahhoz, hogy a mentális folyamatok időbeli viszonylataira, azok módosulására vonatkozóan sajátos elméleti feltevéseket, alternatív előrejelzéseket fogalmazhassunk meg. Az ilyen elméleti modell hiányának következményeit ezúttal néhány kísérlet konkrét elemzési nehézségének, bizonytalanságának vázolásával jellemezhetjük.

A pszichofiziológiai módszert alkalmazó időmérési kísérletek egyik szembevetendő értelmezési nehézsége az alábbi. Valójában tisztázatlan a kérdés: *pontosan milyen az időbeli viszony az EKP egy-egy összetevőjének csúcslatenciája és az adott — vele kapcsolatban lévő, illetve azt tükröző —*

feldolgozási szakasz között (lásd MILLER, 1988)? Vitatják a szerzők, vajon a potenciál-összetevő csúcsa az érintett feldolgozási folyamat kezdeti, középső vagy inkább végső szakaszát jelzi-e; illetve arról számolnak be, hogy az adott feldolgozási szakasz és a potenciál-összetevő csúcslatenciája között konstans késés mutatható ki (COLES és GRATTON, 1988; COLES és mts., 1985; FORD és mts., 1979; RITTER és mts., 1983). Ezzel szemben mások úgy gondolják, hogy egy adott feldolgozási szakasz — például az ingerértékelés — folyamatos aktivációt foglal magában (RATCLIFF, 1978), s amikor ez az aktiváció eléri egy meghatározott, kritikus értéket, akkor jelenne meg a P300 összetevő; majd amikor az aktiváció átlépi a következő értékhatárt, elkezdődne a válasz-folyamatok szerveződése. Ez a feltételezés azt is magában foglalja, hogy az adott feldolgozási szinten ható (kísérleti) tényező nem szükségképpen befolyásolja azonos módon a potenciál-összetevőt, illetve az RI-t. Amennyiben, például valamely kísérleti tényező az aktiváció emelkedésének gyorsaságát (meredekségét) növelné, hatására az RI erősebben növekedne, mint az összetevő latenciája.

Az összetevő latenciája és az RI ilyenfajta szétartását a kísérletek valóban rögzítették, de adott esetben a jelenséget másképpen értelmezték. Például FORD és munkatársai (1979) — korábban ismertetett — kísérletükben azt tapasztalták, hogy az emlékezeti lista hosszának változása nagyobb hatást fejt ki az RI-re, mint a P300 csúcslatenciájára. E jelenséget úgy értelmezik, hogy a lista hossza — az ingerértékelés befejeződése után — a válasszal kapcsolatban lévő több feldolgozási szakaszt is befolyásol. Megállapításukat arra a meggyőződésre alapozták, hogy a P300 latenciája — a lista hosszától függetlenül — mindig az ingerértékelés *végét* jelzi. A fentebb említett „többlepcsős aktivációs mechanizmus” (RATCLIFF, 1978) azonban más feltételezésre is módot ad. Lehetséges ugyanis, hogy az ingerértékelési folyamat meghatározott (közbülső) aktivációs szintjén — még az értékelés befejeződése előtt — beindul a P300 összetevőt eredményező folyamat, de csak az ingerértékelés vége ad kimenetet a feldolgozás döntési, illetve válaszszervezési szakaszához. S hasonló módon találhatunk alternatív magyarázatot más olyan vizsgálatok eredményére is, amelyek azt bizonyítják, hogy a kísérleti tényezők (például az ingervalószínűség, a „zaj” és a célinger hasonlósága stb.) eltérő hatást fejtenek ki a RI-re, illetve a P300 latenciájára (például DUNCAN-JOHNSON és DONCHIN, 1982).

Más esetekben viszont a P300 összetevő csúcslatenciája időben követi az RI-t (például COLES és mts., 1985; KUTAS és mts., 1977; RITTER és mts., 1983). A szerzők egy csoportja feltételezi (MEYER és mts.,

1984), hogy a P300 összetevőt megalapozó folyamat ebben az esetben is az adott feldolgozási szakasz *középső* aktivációs szintjén keletkezik, ám késedelmet szenved olyan járulékos folyamatok közbeékelődése miatt, amelyekre a válasz kivezérléséhez nincs szükség.

Jelenlegi adataink alapján biztonsággal nem dönthető el, vajon egy-egy összetevő képviseli-e vagy sem az adott (vele kapcsolatban lévőnek mutatkozó) feldolgozási szakasz egészét, és csakis azt, illetve, hogy az összetevő csúcslatenciája a szakasz melyik aktivációs szintjéhez kötött (lásd MILLER, 1988). Az utóbbi kérdés eldöntéséhez megbízható ismereteket kellene szereznünk arról, hogy milyen a kapcsolat egy-egy feldolgozási szakaszon *belüli* folyamatok és egy-egy EKP-összetevő időbeli jellegzetességei között.

A megismerési és viselkedéses történések modelljeinek egy része (AUDLEY, 1960; STONE, 1960; LAMING, 1968; PIKE, 1973; LINK, 1975; RATCLIFF, 1978; MEYER és mts., 1988) tapasztalati adatokra támaszkodva azt hangsúlyozza: a mentális folyamatokban a valószínűségi hatások szerepe jelentős. Azt a jelenséget, hogy azonos ingerbemenet nyomán a feldolgozási szakaszok nem mindig ugyanabban az időpontban lépnek fel vagy érnek véget, továbbá, hogy nem adnak azonos kimenetet, nem pusztán az alapfolyamat „háttérzajának” tulajdonítják. Nyomatékosan felhívják a figyelmet arra, hogy *közvetlenül kell foglalkozni a feldolgozási szakaszok valószínűségi változataival* is; szükség van arra, hogy a feldolgozási folyamatok rendszeres variabilitását rögzítsük.

Az EKP-minták belső változékonyságának, valószínűségi változatának szempontjából az EKP-k hagyományos átlagolási módszere inadekvátnak tűnhet. Ez az eljárás azt a veszélyt rejti magában, hogy — adott esetben — az EKP-összetevők alakjának, időbeli jellemzőinek valószínűségi ingadozását egészeiben az alaptevékenység „zajaként” kezeljük.

A szerzők az EKP-átlagok elemzését többféle módon finomítják. Az átlaggörbék csúcslatenciái mellett mérik például az összetevők megjelenésének időpontját is. Mások az előzetes vektorszűrés módszerét alkalmazzák (GRATTON és mts., 1983;), illetve a „mintához mérés” eljárást követik (KUTAS és mts., 1977).

Az utóbbi években a legjelentősebb metodikai előrelépést a próbánként rögzített (one trial) potenciálok csúcslatenciáinak mérése jelentette (lásd például COLES és mts., 1986). Ilyen eljárás során azt tapasztalták, hogy a próbánként rögzített potenciálok csúcslatenciáinak átlaga nem feltétlenül egyezik meg az átlaggörbék összetevőinek mérőszámaival (CAL-

LAWAY és mts., 198). Ha pusztán az átlaggörbék összetevőinek latenciáértékeit vesszük figyelembe és csak a különböző személyek átlaggörbéiből nyert értékek szórását vizsgáljuk, olykor felismeréseink el is torzulhatnak. Ezt a lehetőséget is egy konkrét példával kapcsolatosan érzékeltethetjük.

RITTER és munkatársai (1983) (korábban ismertetett) kísérletükben azt állapították meg, hogy az átlaggörbékben az N_A összetevő csúcslatenciája valamivel hosszabb, mint az „N2” kezdetének latenciája. S amint láttuk, ezt a körülményt úgy értelmezték, hogy az inger osztályozásával kapcsolatos folyamat (amelyet az „N2” képvisel) korábban indul, mintsem a mintafelismerés (amelyet az N_A jelenít meg) befejeződött volna. Mindebből azután arra következtettek, hogy adataik az információfeldolgozás „folyamatos áramlás” modelljét támasztják alá (McCLELLAND, 1979).

Tételezzük fel azonban — ezúttal a gondolati ellenőrzés céljából —, hogy a kísérletben az egyes próbák során mért EKP-kban az „N2” mindig az N_A csúcspontja után jelenik meg, és csak az összetevők latenciájának változékonysága okozza azt, hogy az átlaggörbékben az „N2” az N_A csúcsa előtt megfigyelhető. Az ilyen eredmény viszont már az információfeldolgozás „soros (szériális) szakaszok modelljét” támasztaná alá.

A pszichofiziológiai időmérés sajátos problémája, hogy nyers adatai egyaránt tükrözik a mért folyamatok rendszeres variabilitását, illetve az agyi működés „zaját”. Ezért feltétlenül szükséges lenne, hogy az EKP-összetevők — csakúgy, mint az RI-k — eloszlási mintáinak részleteit az eddiginél rendszeresebben vegyük tekintetbe az időbeli értékek elemzése és az adatok értelmezése során.

E rövid áttekintés is alátámaszthatja azt a megállapítást, hogy nem volt eredménytelen a pszichofiziológiai módszer bevonása a mentális időmérés hagyományos kutatásába. Ám e megközelítés elméleti és metodikai korlátainak feloldása még tetemes erőfeszítést kíván. A megismerési folyamatok és az akciók ilyen összetett — egyszerre viselkedéses és pszichofiziológiai — vizsgálata sem mutatkozik azonban könnyű kutatási területnek.

A kézirat elfogadva: 1990. március

IRODALOM

- ACH, N., 1905, *Über die Willenstätigkeit und das Denken*, Vardenhoeck, Göttingen.
- AUDLEY, R. J., 1960, A stochastic model for individual choice behavior, *Psychological Review*, 67, 1—15.

- CALLAWAY, E., HALLIDAY, R., NAYLOR, H. and THOUVENIN, D., 1984, The latency of the average is not the average of the latencies, *Psychophysiology*, 21, 571.
- CATTEL, J. McK., 1886, The time taken by cerebral operation, *Mind*, 11, 220—242.
- COLLES, M. G. H., GRATTON, G., BASHORE, T. R., ERIKSEN, C. W. and DONCHIN, E., 1985, A psychophysiological investigation of the continuous flow model of information processing, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 529—553.
- COLES, M. G. H., and GRATTON, G., 1986, Cognitive psychophysiology and the study of states and processes, in: HOCKEY, G. R. J., GAILLARD, A. W. K. and COLLES, M. G. H. (eds.), *Energetics and Human Information Processing*, Nijhoff, Dordrecht.
- DONCHIN, E., 1981, Surprise!... Surprise?, *Psychophysiology*, 18, 493—513.
- DONCHIN, E. (ed.), 1984, *Cognitive Psychophysiology: Event Related Potentials and the Study of Cognition*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- DONDERS, F. C., 1868/1969, On the speed of mental processes (translated), in: KOSTER, W. G. (ed.), *Attention and Performance II*, North-Holland, Amsterdam.
- DUNCAN-JOHNSON, C. C. and DONCHIN, E., 1982, The P300 component of the event-related brain potential as an index of information processing, *Biological Psychology*, 14, 1—52.
- ERIKSEN, C. W., and SCHULTZ, D., 1979, Information processing in visual search: A continuous flow conception and experimental results, *Perception and Psychophysics*, 25, 249—263.
- FITTS, P. M., 1954, The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement, *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381—391.
- FITTS, P. M., 1966, Cognitive aspects of information processing: III., Set for speed versus accuracy, *Journal of Experimental Psychology*, 71, 849—857.
- FORD, J. M., ROTH, W. T., MOHS, R. C., HOPKINS, W. F. and KOPELL, B. S., 1979, Event-related potentials recorded from young and old adults during a memory retrieval task, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 45, 319—330.
- GRATTON, G., COLES, M. G. H. and DONCHIN, E., 1983, Filtering for spatial distribution: A new approach (Vector Filter), *Psychophysiology*, 20, 443—444.
- HELMHOLTZ, H. L. F. von, 1850, Über die Methoden kleinste Zeiteile zu messen, und ihre Anwendung für physiologische Zwecke (translated), *Philosophical Magazine*, 1853, 6, 313—325.
- KUTAS, M., MCCARTHY, G. and DONCHIN, E., 1977, Augmenting mental chronometry: The P300 as a measure of stimulus evaluation time, *Science*, 197, 792—795.
- KÜLPE, O., 1909, *Outlines of Psychology: Based upon the Results of Experimental Investigation* (translation), Macmillan, New York.

- LaBERGE, D., 1962, A recruitment theory of simple behavior, *Psychometrika*, 27, 375—396.
- LACHMAN, R., LACHMAN, J. L. and BUTTERFIELD, E. C., 1979, *Cognitive Psychology and Information Processing: An Introduction*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- LAMING, D., 1968, *Information Theory of Choice Reaction Time*, Wiley, New York.
- LANGE, L., 1888, Neue Experimente über den Vorgang der einfachen Reaktion auf Sinneseindrücke, *Philosophische Studien*, 4, 479—510.
- LINK, S. W., 1975, The relative judgment theory of two choice reaction time, *Journal of Mathematical Psychology*, 12, 114—136.
- LUCE, R. D., 1986, *Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organization*, Oxford University Press, New York.
- McCARTHY, G. and DONCHIN, E., 1981, A metric for thought: A comparison of P300 latency and reaction time, *Science*, 211, 77—80.
- McCARTHY, G. and DONCHIN, E., 1983, Chronometric analysis of human information processing, in: GAILLARD, A. W. K. and RITTER, W. (eds.), *Tutorial in ERP Research — Endogenous Components*, North-Holland, Amsterdam.
- McCLELLAND, J. L., 1979, On the time relations of mental processes: An examination of systems of processes in cascade, *Psychological Review*, 86, 287—330.
- McCLELLAND, J. L. and RUMELHART, D. E., 1981, An interactive activation model of context effects in letter perception: Part I. An account of basic findings, *Psychological Review*, 88, 373—407.
- MERKLE, J., 1885, Die zeitliche Verhältnisse der Willenstätigkeit, *Philosophische Studien*, 2, 73—127.
- MEYER, D. E., IRWIN, D. E., 1981, *On the Time-Course of Rapid Information Processing*, Technical Report, No. 43, Michigan.
- MEYER, D. E., YANTIS, S., OSMAN, A. M. and SMITH, J. E. K., 1984, Discrete versus continuous models of response preparation: A reaction-time analysis, in: KORNBLUM, S. and REQUIN, J. (eds.), *Preparatory States and Processes*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- MEYER, D. E., YANTIS, S., OSMAN, A. M. and SMITH, J. E. K., 1985, Temporal properties of human information processing: Tests of discrete versus continuous models, *Cognitive Psychology*, 17, 445—518.
- MEYER, D. E., ABRAMS, R. A., KORNBLUM, S., WRIGHT, C. E. and SMITH, J. E. K., 1988, Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements, *Psychological Review*, 95, 340—370.
- MILLER, J., 1982, Discrete versus continuous stage models of human information processing: in: Search of partial output, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 8, 273—296.
- MILLER, J., 1983, Can response preparation begin before stimulus recognition finishes? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 161—182.

- MILLER, J., 1988, Discrete and continuous models of human information processing: Theoretical distinctions and empirical results, *Acta Psychologica*.
- MÜLLER, J., 1826, *Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes*, S. Herzl, Leipzig.
- NEISSER, U., 1967, *Cognitive Psychology*, Appleton-Century-Crafts, New York.
- OSGOOD, C. E., 1953, *Method and Theory in Experimental Psychology*, Psychology, Oxford University Press, New York.
- PACELLA, R. G., 1974, The interpretation of reaction time in information processing research, in: KANTOWITZ, B. (ed.), *Human Information Processing: Tutorials in Performance and Cognition*, Halstead Press, New York.
- PIKE, R., 1973, Response latency models for signal detection, *Psychological Review*, 80, 53—68.
- POSNER, M. I., 1978, *Chronometric Explorations of Mind*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- POSNER, M. I. and McCLEOD, P., 1982, Information processing models — in search of elementary operations, *Annual Review of Psychology*, 33, 477—514.
- RATCLIFF, R., 1978, A theory of memory retrieval, *Psychological Review*, 85, 59—108.
- RITTER, W., VAUGHAN, H. G. and SIMSON, R., 1983, On relating event-related potential components to stages of information processing, in: GAILLARD, A. W. K. and RITTER, W. (eds.), *Tutorials in Event Related Potentials Research: Endogenous Components*, North-Holland, Amsterdam.
- ROSENBAUM, D. A., 1980, Human movement initiation: Specification of arm, direction, and extent, *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 444—474.
- SMITH, E. E., 1968, Choice reaction time: An analysis of the major theoretical positions, *Psychological Bulletin*, 69, 77—110.
- SCHMITT, J. C. and SCHEIRER, C. J., 1977, Empirical approaches to information-processing: Speed-accuracy tradeoff functions or reaction time, *Acta Psychologica*, 41, 321—325.
- STERNBERG, S., 1966, High-speed scanning in human memory, *Science*, 153, 652—654.
- STERNBERG, S., 1969, The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method, in: KOSTER, W. G. (ed.), *Attention and Performance II*, North-Holland, Amsterdam.
- STERNBERG, S. 1975, Memory scanning: New findings and current controversies, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 27, 1—32; magyarul in: CZIGLER I. (szerk.), *A tanulás és emlékezés pszichológiája*, Szöveggyűjtemény II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.
- STEVENS, S. S. (ed.), *Handbook of Experimental Psychology*, Wiley, New York.

- STONE, M., 1960, Models for choice-reaction time, *Psychometrika*, 25, 251—260.
- STROOP, J. R., 1935, Studies of inference in serial verbal reactions, *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643—662.
- TELFORD, C. W., 1931, The refractory phase of voluntary and associative responses, *Journal of Experimental Psychology*, 14, 1—36.
- TOWNSEND, J. T., and ASHBY, F. G., 1983, *Stochastic Modeling of Elementary Psychological Processes*, Cambridge University Press, Cambridge.
- WICKELGREN, W., A., 1977, Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics, *Acta Psychologica*, 41, 67—85.
- WOODWORTH, R. S., 1899, The accuracy of voluntary movement, *Psychological Review*, 3 (Whole No. 3.).
- WUNDT, W., 1880, *Grundzüge der physiologischen Psychologie*, W. Engelmann, Leipzig.