

SZOTE Központi Laboratórium Számítástechnikai Központ és
SZOTE Élettani Intézet

Kiváltott potenciálok számítógépes értékelése

Lenkehegyi Ibolya, Török Rozália, Matievics Istvánné, Benedek
György, Szekeres László és Kalapis István

Az elmúlt két év során munkacsoportunk szisztematikusan tanulmányozta a hypothalamo-corticalis és hypothalamo-hippocampalis kapcsolatokat. Munkánk során támaszkodtunk az 1971-es Neumann Kollokviumon elhangzott előadás anyagára. Egy kísérletsorozatban, amelyet 52 macskán végeztünk a hypothalamus különböző frekvenciájú ingerlésével, mintegy 20.000 kiváltott választ regisztráltunk. Az adatok nagy száma, valamint az a cél, hogy az adatokat statisztikailag értékeljük, felvetette annak szükségességét, hogy a kapott kiváltott válaszokat számítógéppel értékeljük.

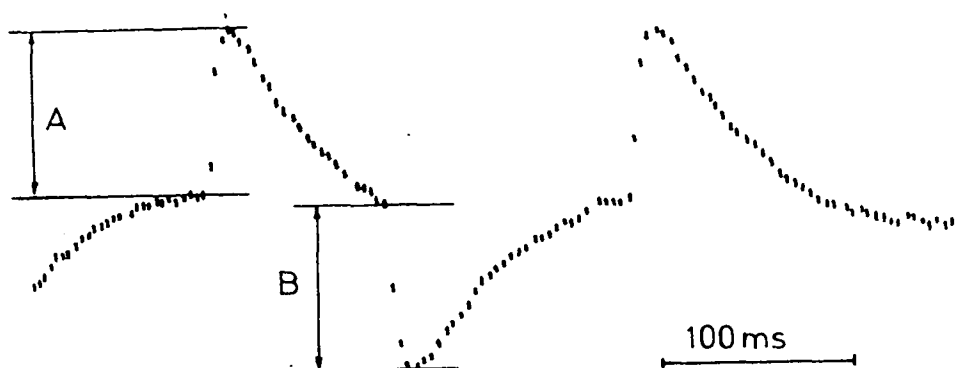
A kísérletek során az ingerlésre koncentrikus bipoláris elektródát, elvezetésre monopoláris gömbelektródákat használtunk fel. Az ingerlési paraméterek 250 mikroamper, 0,5 msec és 1, illetve 10 cps voltak. A kiváltott válaszokat a KFKI NTA 512 típusu analizátorán átlagoltuk. 20-20 kiváltott potenciált átlagoltunk, és ezeket 8 bites lyukszalagon rögzítettük, bináris kódban.

Az átlagolt kiváltott potenciálok számítógépes értékelésének első része a hitelesítés volt. A program a kísérlet kezdetén felvett hitelesítőjelből meghatározta, hogy az 50 μ V-os hitelesítőjel hány digitális értéknek felel meg. A következő ábrán egy hitelesítőjelet láthatunk. (1. ábra)

Az erősítő esetleges enyhe asszimetriájának kiküszöbölésére mindkét irányú kitérést figyelembe vettük, és annak átlagával számoltunk.

A kiváltott potenciálok csúcseinak meghatározása előtt meg kellett határozni azok alapvonalát, és ki kellett szűrni az elektromos ingerlésnél fellépő müterméket, az un. betörést. A kiváltott válasz elején látható a

50 μ V-os hitelesítő jel



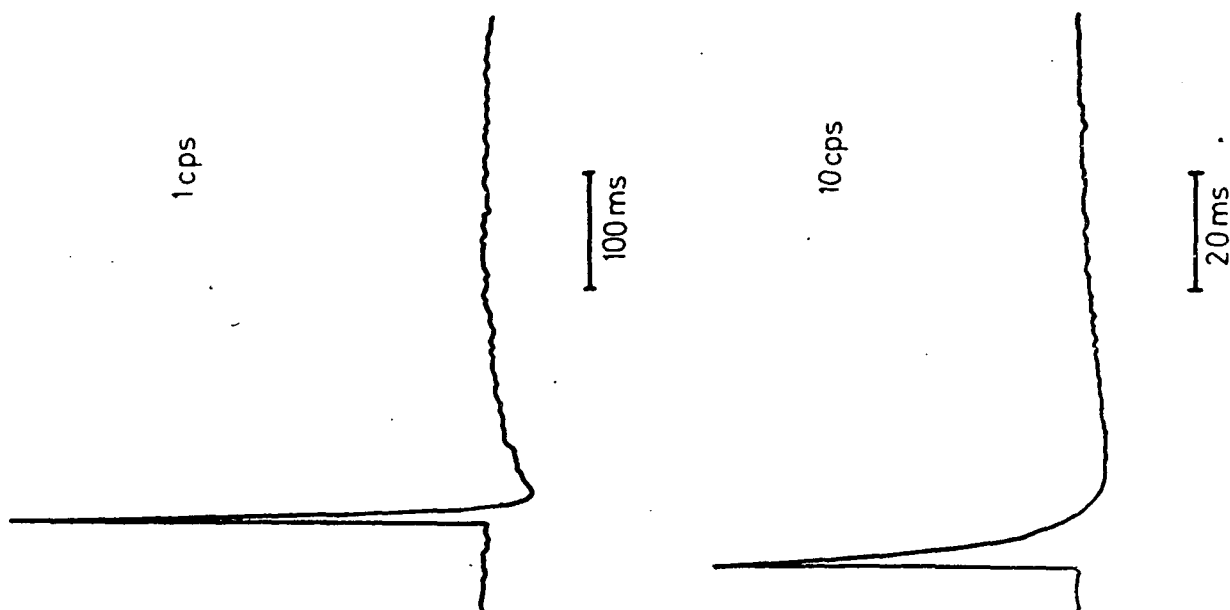
$$50\mu\text{V} = D \text{ digitális érték} = \frac{A+B}{2}$$

1. ábra

betörés, amely torzítja a kiváltott potenciál kezdeti komponenseit. Az alapvonal meghatározására átlagoltuk a késleltetés alatt mért értékeket, és ezt az átlagot pontonként rendre kivontuk a függvényértékekből.

A betörés eliminálásához először meghatároztuk az un. normálbetöréseket.

A normálbetörést egy tulatott állatban, a használt elektroda elrendezés mellett vettük fel, az ingerlési paraméterek betartásával. A két ingerlési frekvenciához tartozó normálbetörést láthatjuk a 2. ábrán. Ezután meg kellett keresnünk a betörés helyét. A késleltetés idejének ismeretében meghatároztuk a betörés várható intervallumát, és ezen intervallumon belül a legnagyobb abszolút értékű lokális szélsőértéket neveztük betörésnek. Ehhez a normálbetörést hozzáillesztettük időben és amplitudóban, majd ez utóbbit kivontuk az átlagolt válaszból. Amennyiben betörést nem találtunk, úgy a betörést szűrő fázis természetesen elmaradt. A 3. ábra a betörés szűrés eredményét szemlélteti.



2. ábra

A felső ábrán látható a késleltetés alatti ingadozás, melyből az alapvonal értékét számoltuk, valamint az ingerlés időpontjában fellépő betörés. Az alsó ábrán a betörésmentes görbe látható.

A kísérletező számára a kiváltott potenciálok értékelése kapcsán az egyes hullámok latencia és amplitudó értékei jelentik azt az információt, melyet az eredmények interpretálása kapcsán felhasznál. Ennélfogva a kiváltott potenciálok értékelő programok legfontosabb és egyben legkritikusabb része a csúcok felkeresése a megfelelő görbeszakaszokon.

Esetünkben a csucskeresés egy olyan algoritmus, amely folyamatosan, lokális szélsőérték után ellentétes értelmű lokális szélsőértéket keres, bizonyos megszorítások figyelembevételével. Például egy minimum latenciáját csúcslatenciának akkor nevezzük, ha a rákövetkező függvényértékek között van olyan, amelynek értéke tőle már legalább egy adott epszilonnal eltér, és közben nem találtunk nála kisebb értékű pontot.

A csucskeresés kiindulópontjának a késleltetési időszak utolsó, nulla függvényértékkel rendelkező tagját, vagy pedig a kiváltott potenciálnak a betörés helyén, a betörés eliminálás után kapott nulla függvényértékű tagját tekintettük. Kiindulásképpen ezt a nulla értéket feltételezett minimumnak neveztük. Ha például a görbe iránytangense ezután egy ideig negatív volt, vagyis a függvény csökkenő, akkor az így kapott egyre kisebbedő értékek lettek a továbbiakban a feltételezett minimumok. Ha ezután valamikor az iránytangens pozitívvá vált, és volt olyan függvényérték, amely egy előre megadott epsilon értékkel már nagyobb az utolsó feltételezett minimumnál, akkor a feltételezett minimum valódi minimum, vagyis csucs lett.

Ehhez hasonlóan, amíg növekedő a függvény, addig a feltételezett maximum jelölést az egyre növekvő függvényértékek kapták. Igazi maximum, vagyis csucs, akkor lett egy feltételezett maximumból, ha a görbe ezután csökkenővé vált, és találtunk tőle epsilon-nal kisebb értéket is.

Tehát, ha az említett eljárással kapott csucskok latenciáját bejelöljük, teljesülni kell a következőknek: bármely csucs értékének az őt előző és követő csucs latenciája által meghatározott intervallumra nézve szélsőértéknek kell lennie, továbbá az egymást követő csucskok értékeinek legalább az adott epsilon értékkel különbözniük kell egymástól.

Az így talált csucskok közül eleve kizártuk azonban azokat, melyek amplitudóértéke igen közel van az alapvonal értékhez. Ezt egy érzéketlenségi sáv beállításával valósítottuk meg, mely esetünkben ± 10 μ V nagyságu volt.

A csucskokon kívül az eredmények értékelése szempontjából lényeges még az első csucs kiindulópontja, az ugynevezett initialis latencia. Az initialis latencia meghatározásához az első csucs baloldali ágához igazodó másodfoku polinommal való közelítést alkalmaztunk. A parabola baloldali ága és az alapvonal metszéspontja szolgáltatta az initialis latencia helyét.

Az egyes görbék az eljárás különböző fázisait mutatják. A szaggatott vonalak a csúcok helyét jelölik, és feltüntettük az epszilon értéket is. Látható, hogy amíg epszilon egyenlő 5 μV -al, addig a csúcok száma 6, epszilon értékének növelésével a kapott csúcszám 2, majd epszilon értékének csökkentésével a keresett számú csúcot kaptuk.

Mivel kísérleteinkben az ingerléseket az agy több frontális síkjában milliméterről milliméterre végeztük, célszerűnek tűnt, hogy az ingerlési pontokhoz tartozó kiváltott potenciálokat síkonként ábrázoljuk. Erre a célra a már korábbi Neumann Kollokviumon ismertett digitál-analóg konverter segítségével, a CII-10010 számítógéphez illesztettük a EFKI gyártmányú X-Y recordert.

Olyan programot dolgoztunk ki, amely a kísérleti jegyzőkönyv alapján megadott sorszám-mátrixok segítségével a különböző időpontokban és sorrendben kapott kiváltott válaszokat az ingerlés koordinátáinak megfelelően, hitelesítve kirajzolja.

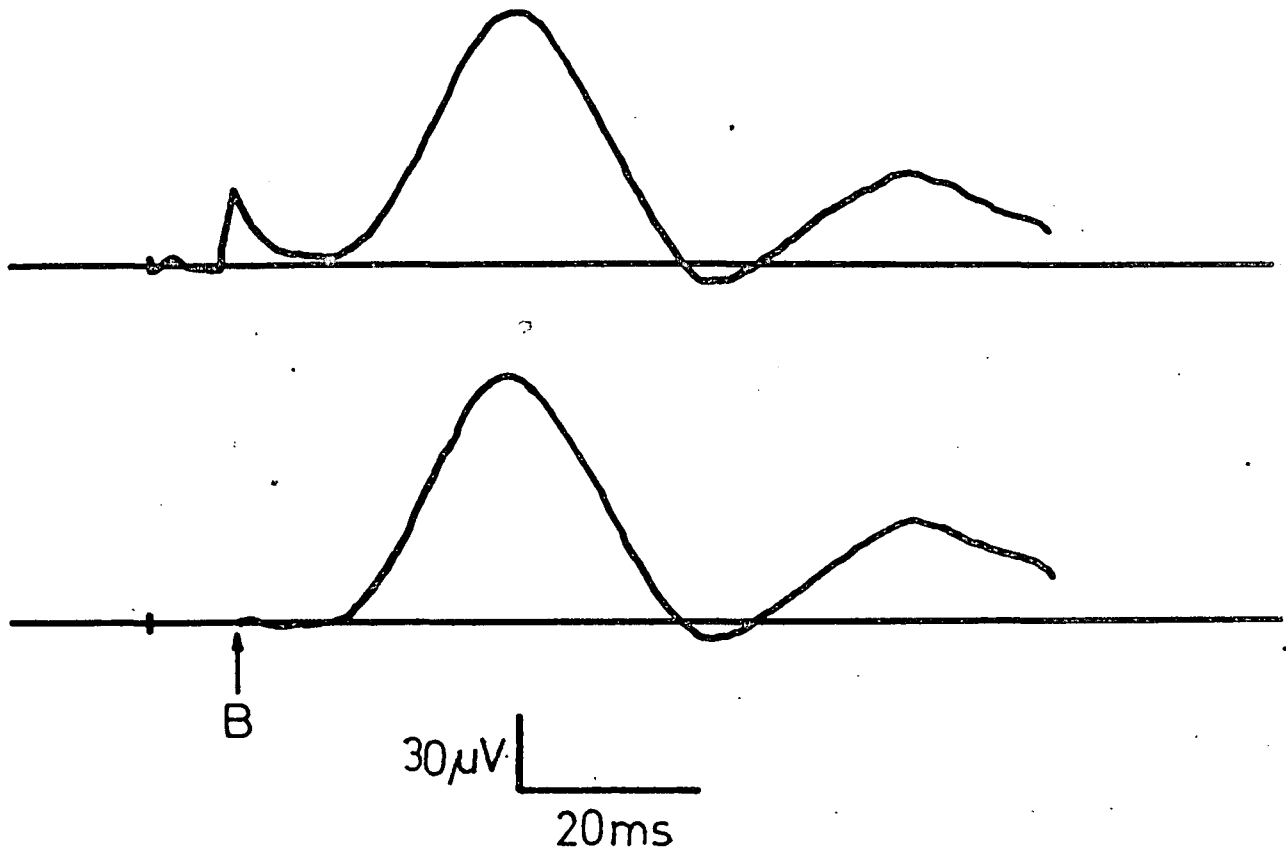
A program első két fázisa FORTRAN nyelven íródott, a harmadik ASTROL-ban. Az első fázisban a program meghatározza a normalizáláshoz szükséges konstansokat. Ezek értéke esetleg mátrixonként különböző, ezért minden mátrixhoz kiszámítja a megfelelő értékű hitelesítő jelet is, mely a rajzoláskor ábrázolásra kerül.

A második fázisban az előbbi konstansok birtokában a kiváltott válaszokat 0 és 253 közé transzformálja, és tömörítve tárolja a kirajzoláshoz szükséges vezérlő jelekkel együtt.

A harmadik fázisban a rajzoláshoz figyelembe kellett venni az X-Y recorder adottságait. Ez a programrész kiküszöböli a toll leengedésének és felemelésének latenciáját, a toll gyors beállításának tranzienseit. A kapott mátrixok segítségével vizuálisan elemezhetjük a kiváltott válaszok kialakulásának mechanizmusát.

A kiváltott potenciálokat értékelő programunkat a rendelkezésre álló CII-10010 számítógépre dolgoztuk ki. Az 1976 szeptemberében üzembe helyezett R-10-es számítógép használata lehetőséget nyújt a prog-

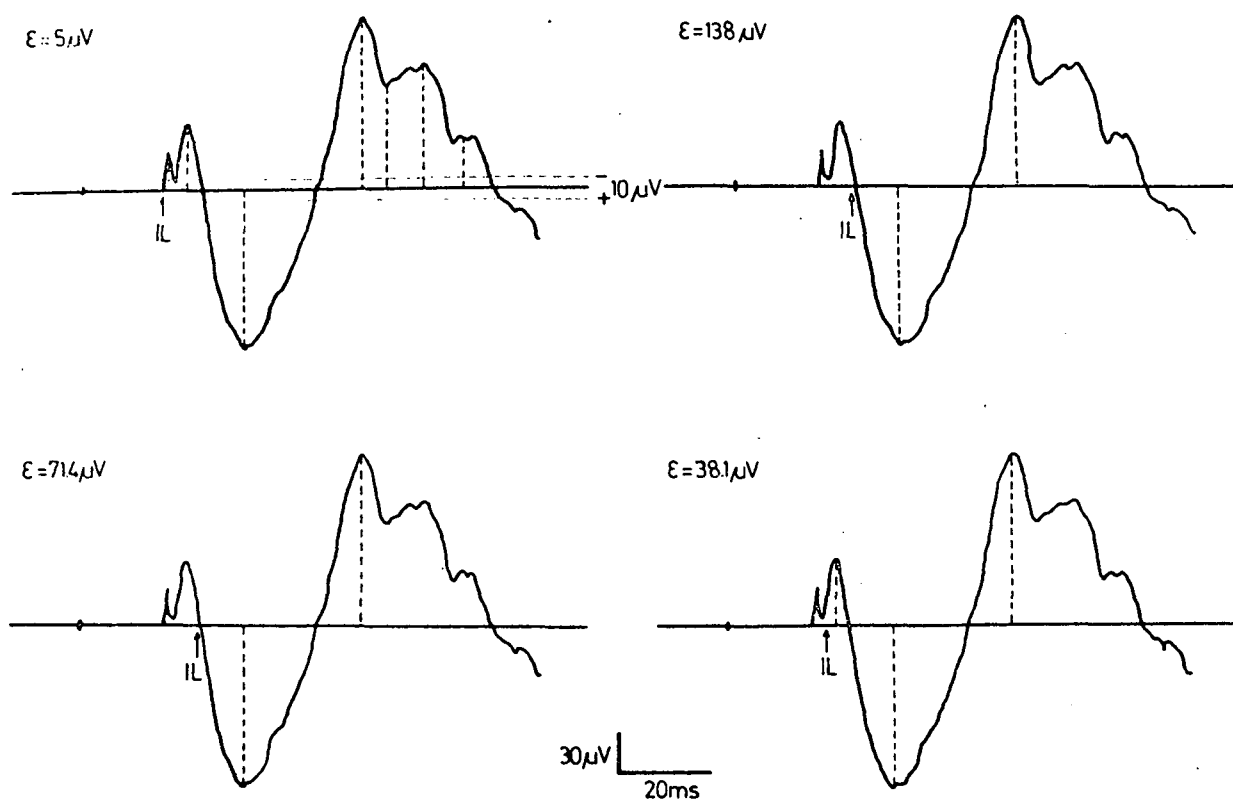
Ezután sornyomatón rögzítettük a betörés helyét, a csucok latenciáját és amplitudóját, az initialis latenciát, valamint az alkalmazott epsilon értéket. A program egyes esetekben meglehetősen nagy számú csucot talált, ezért kísérleti adatok alapján maximumunk kellett ezek számát. Esetünkben a keresendő csucok száma 3 volt. Amennyiben a talált csucok száma ennél több lett, úgy növeltük az epsilon értéket, és ismét lefolytattuk a csucskeresését. Minden egyes epsilon-érték esetén újra megszámloltuk a talált csucokat, kiszámítottuk az initialis latenciát, és kinyomtattuk az eredményeket. Hat iterációs lépés után a keresést tovább nem folytattuk, az addigi eredmények nyomtatása után (elenyésző számú esetben) a csucok közül vizuális döntés alapján kerestük ki a megfelelőket. A következő (4. ábra) ábrán egy kiváltott válasz iterációs csucskeresési eljárást mutatunk be.



3. ábra

ram tökéletesítésére, mivel a számítógép nagyobb memóriája megkönnyíti a nagyszámu adat kezelést, és bonyolultabb matematikai módszerek alkalmazását is lehetővé teszi.

Eredményeinket összefoglalva elmondhatjuk, hogy egy olyan kiváltott potenciál értékelő programot valósítottunk meg, mely azóta gyakorlati felhasználásban is - mint ahogy azt az EEG kongresszuson előadásunkban ismertettük - megbízható, pontos eredményeket adott.



4. óbra