

POTE Élettani Intézet

Elektrofiziológiai adatok telemetriás átvitele és  
számítógépes feldolgozása

Kellényi Lóránd

Szokásos laboratóriumi körülmények közt regisztrált EEG aktivitások elemzése során világossá vált, hogy gyermekeknél és krónikusan agyba beépített elektródokkal rendelkező betegeknél a laboratóriumi környezet zavaró hatással van. Az EEG aktivitásuk számítógépes elemzése azt mutatta, hogy a pszichológiai vizsgálatok és az azokkal korreláló EEG aktivitás jelentős eltérést mutat a vizsgáló hely függvényében.

E hatást már korábban leírta W.G. Walter és J.Mc.Culmn, akik megállapították, hogy a CNV. az agykérgi tevékenység summált negatív DC változása jellemző a vizsgált egyén "felismerési" és feltételesreflexes kombinált vizsgálati módszernek hatására adott válaszzal. E DC változás függvény alakjának, amplitudójának, időtartamának PDP-12-es computerrel való matematikai analízise megerősítette e korábbi megállapítást. A jelentős eltérés különösen feltűnő a gyermekek és psychés betegek csoportjában. További vizsgálatok megvalósítása során nehézségek merültek fel az alvás alatti elektromos tevékenység elemzése során, mert laboratóriumban nincs mód a megszokott és nyugodt környezet biztosítására. Szabadon mozgó és normális életritmust folytató betegek agyi tevékenységének computeres analízise is szükségessé tette sokcsatornás telemetrikus rendszerek alkalmazását az adott vizsgálati szituációkban.

E technika megvalósítása során W.G.Walter már 1967-ben végzett vizsgálatokat Kaijzer-féle, akkoriban 4 csatornásként kiépített teleméteres EEG rendszerrel.

Az tudott dolog, hogy sokcsatornás teleméter rendszert EEG célokra 1960-as évektől fogva számos intézetben konstruáltak, nemcsak külföldön, hanem hazai viszonylatban is. A konstruktőrök két fő irányt választottak a több-csatornás átvitel megvalósítására, a külön subcarrier vivőfrekvenciával működő és az időosztásos multiplex sokcsatornás rendszerekkel. Az utóbbi időben a digitális időmultiplex rendszerek kifejlesztése terén történt jelentős előrehaladás, azonban az utóbbi rendszerek keskeny információs átviteli sávjuk miatt, EEG átvitelre még nem alkalmasak.

Alkalmunk volt a Burden Neurological Institute-ban /Anglia-Bristol/ mindkét építési elvet megvalósító rendszert a gyakorlatban is kipróbálni, és akkor merült fel a gondolat olyan telemetriás rendszer kifejlesztésére, mely DC átvitel megvalósítása mellett elfogadható beszerzési ár figyelembe vételével és a megvalósított rendszer fizikai méreteinek csökkentésével, a fiziológus számára kedvezőbb készüléket állít elő.

Igy merült fel a DC-től 150 Hz-ig átvivő 4,6,8,10 vagy 12 csatornásra bővithető rendszer kísérleti megépítésének gondolata. Jelen előadásban nem kívánok foglalkozni a DC elvezetések elektród problémáival, de megjegyzem, hogy a kísérleteink során alkalmazott nempolározó elektródák alkalmasak voltak mikrovolt nagyságrendű jelek regisztrálására és az elektródok nem generáltak 10 mikrovoltnál nagyobb saját potenciált, ugyanakkor a hosszú időre /6 óra/ vonatkoztatott stabilitás is megfelelő volt. Az elektródok előállításának technológiáját az említett intézet A. Winter fizikusa dolgozta ki.

Krónikusan beépített aranyelektródokkal rendelkező betegeink esetén a kapott EEG potenciálok szintje 100-150  $\mu$ V körüli átlag értékükkel könnyebb elvezetési problémát jelentettek, mint a ragasztott ezüst-ezüstchlorid elektródokkal történő skalp elvezetések.

Telemetriás átvitelre, mivel a megkívánt távolság a 100 métert nem haladta meg, a szélesebb frekvenciasávot igénylő impulzus helyzetmodulációs multiplex rendszert választottuk. Az angol postai

előírások szerint, ha az adókészülék energiája 60 méteres távolságon belül  $10 \mu\text{V}/\text{m}$  térerősségnél nagyobbat nem hív létre, nem szükséges kristály-frekvenciastabilitású adókészüléket alkalmazni és így egyszerű és olcsó kis helyigényű adófokozatot használhatunk.

E feltételek mellett dolgoztuk ki telemetriás rendszerünket. A teleméter rendszer 4, 6, és 8 csatornás kivitelben készült el úgy, hogy a demodulátor rendszer minden átkapcsolás nélkül alkalmas a különböző csatornaszámokkal dolgozó teleméter adókkal való együttműködésre.

Az adókészülék megtervezése során felhasználtuk a legmodernebb integrált áramköri elemeket, operációs erősítőket és shift regiszter áramköröket. Így sikerült elérni, hogy a 8 csatornás berendezés erősítőivel, mintavevő áramköreivel és  $102,37 \text{ MHz}$ -en működő  $50 \text{ mW}$  bemenő teljesítményű adókészülékével  $10 \times 5 \times 1,5 \text{ cm}$  térfogatban foglal helyet és teljesítmény igénye  $8,2 \text{ V} \times 9 \text{ mA}$ -t tett ki. A kivitelezett teleméter berendezés kivezérlési tartománya  $1,5 \mu\text{V}$ -tól  $500 \mu\text{V}$  és a teljes átviteli lánc mérése esetén a csatornánkénti zaj értéke az  $1,5 \mu\text{V}$  pp. nem lépte túl.

Az elkészült berendezés műszaki adatainak vizsgálatára szintén PDP 12-es computer berendezést használtunk, és a következő ellenőrző méréseket végeztük el.

Paciensről kapott EEG jeleket egyrészt közvetlen egy Elema-Schönder gyártmányú EEG készüléken keresztül on-line üzemmódban a computerbe tápláltuk, és párhuzamosan az azonos elektródok jelét teleméter rendszerünkön keresztül kb.  $65 \text{ m}$  rádió uthosszon át hasonlítottuk össze a direkt jellel. Fourier frekvencia analízist és keresztkorrelációs analízist végeztünk. Méréseink szerint a teleméter rendszer csatornái egymásközt  $0,99$  korrelációt mutattak, míg a direkt jellel összehasonlítva  $0,97$ - $0,98$ -as korrelációs faktort nyertünk. Fázis viszonyok vizsgálata során az átviteli sáv közepes frekvenciájára vonatkoztatva az egyes telemetriás csatornák közt  $1^\circ$  fázis eltérési maximumot kaptunk, míg a direkt átvitel és a teleméteren keresztül átvitt jelre  $53^\circ$  fázis tolást kaptunk. E fázis differencia a tele-

méter rendszer és a direkt EEG rendszer alsó határfrekvenciákon levő különbsége miatt lépett fel. /Teleméter DC, míg az EEG 0,3 Hz alsó határfrekvenciával rendelkezett./

Gyakorlati munka során alvás alatti EEG tevékenység vizsgálatára használtuk elsőként rendszerünket. A teleméteren közölt jeleket PLI 8 csatornás analóg magnetofonon rögzítettük 5 cm/sec szalag sebességgel, míg az off-line analízis során 50 cm/sec sebességgel a lo-szeresen felgyorsított jeleket analizáltuk.

Az analízis feldolgozta az álm alatti jellegzetes frekvenciaváltozások mértékét, időtartamát, összehasonlítva az óber állapotra jellemző EEG tevékenység időtartamával. Vizsgálatot végeztünk a periodicitás megállapítására, és párhuzamosan korrelációt kerestünk a légzés és szívfrekvencia megváltozás mértékével is.

Továbbiakban vizsgálatot végeztünk szabadonmozgó betegek esetén röplabda játék során mérhető CNV potenciáljának alakulására. E vizsgálati módszer, felhasználva a telemetriás adatközlési lehetőséget, és az on-line computer technika nyújtotta lehetőségeket, egy újszerű vizsgálati módszer kialakulását segítheti elő a "felismerés" agyi mechanizmusának jobb megismerése irányában.

SZOTE I. Belklinika, ESZTIK Budapest

Számítógép használata a szcintigráfiás eljárás diagnosztikus problémáinak megoldásában

Csernay László, Csirik János

A nukleáris orvostudomány a klinikai diagnosztika arzenáljának modern fegyvere. Az új disciplina számos lehetősége közül egy jól definiált eljáráscsoport az, amelynek során a vizsgálandó személybe juttatott sugárzó preparátum bizonyos szervekben történő duzzulása alapján, külső érzékelő detektor segítségével a szerv alakját, nagyságát, elhelyezkedését, a környezethez való viszonyát, illetőleg a szervben helyet foglaló térszűkítő folyamatokat meghatározhatjuk. Az eljárást szcintigráfiának, a kivitelezésre alkalmas eszközt szcintigráfnak, a nyert képet szcintigrammnak nevezzük.

Az utolsó évtizedben a szcintigráfok műszaki-technikai tökéletesítése révén egyre érzékenyebb, egyre jobb feloldóképességű eszközöket hoztak létre, a készített felvételek kiértékelése azonban szubjektív maradt, azaz a felvételeket értékelő orvosok tudásuktól, tapasztaltságuktól függően azonos információ tartalmu felvételeket különbözőképpen interpretálnak. Nagy szervek /máj, tüdő, vese, agy/ vizsgálatánál különösen gyakran fordul elő, hogy az értékelő orvos biztos állásfoglalás helyett, csak izotóp tárolás csökkenésének gyanuját veheti fel egy körülírt területen. A vizsgáló képességétől függetlenül e jelenség oka az, hogy a különböző szcintigráfok detektor-kollimátor rendszerének információ felvételi képessége, s a készített szcintigrammok információ tartalma között lényeges különbség van.

Mi okozza ezt az információ veszteséget? A vizsgált szerv egy adott egységnyi pontjából származó információt több faktor módosítja, torzítja:

1. a vizsgált pontot körülvevő szerűterületekről származó zavaró sugárzás oldalbeszórás,
2. a vizsgált pontból és a szórást létrehozó környező területekről származó sugárzás statisztikussága,
3. a megjelenítő - kijelző rendszer tehetetlensége, nonlinearitása.

A különböző készülékekkel észlelt beszórás az adott készülék detektor-kollimátorának technikai megoldásától függően különböző mértékű, de a méréstechnikailag legoptimálisabbnak tartható megoldási formáknál sem hanyagolható el.

A rádióaktív sugárzás statisztikusságát megszüntetni nem, mértékét azonban mérsékelni lehet. A detektor érzékenységének, az alkalmazott aktivitásnak, vagy a térképezési időnek növelése egyértelműen csökkenti a statisztikus szórást. Az alkalmazott aktivitás és a térképezési idő növelésének orvosi szempontból azonban korlátai vannak. A kijelző rendszer tehetetlensége és nonlinearitása még a legjobb technikai megoldás esetén is csökkenti a szcintigráfias felvétel információ tartalmát.

A szcintigráfia diagnosztikus teljesítőképességét két uton fokozhatjuk:

1. a detektor-kollimátor és kijelző rendszerek további technikai tökéletesítése útján,
2. az adott detektor-kollimátor rendszer által a vizsgálat során felismert információ mennyiség csökkenésének megakadályozása, illetőleg a zavaró tényezők hatásának kiküszöbölése útján.

ad 1./ Az érzékenyebb és jobb feloldóképességű detektor-kollimátor rendszerek, a kis tehetetlenségű kijelző rendszerek fejlesztése állandóan folyik, de a jelenlegi technikai színvonal sem tette lehetővé a fentebb vázolt problémák megoldását.

ad 2./ A már felvett információ tartalom csökkenésének megakadályozása, a zavaró tényezők kiküszöbölése útján további jelentős

előrehaladást hozott a számítógépek alkalmazása. Ezt az új megoldási formát nevezik computer, illetőleg számítógépes szcintigráfiának.

Mit várhatunk a számítógépek alkalmazásától ?

Joggal remélhetjük, hogy a megfelelő alkalmazás a felvett és a szcintigrammokon megjelenő információ tartalom közötti eltérést jelentősen csökkenti, a két szintet egymáshoz közelíti. A jel/zaj viszony javítására, a statisztikusság és oldalbeszórás csökkentésére számos matematikai megoldás kínálkozik. Az egyes eljárások hatékonysága, időigénye természetesen különböző. A megfelelő eljárás alkalmazásától a diagnosztikus teljesítőképesség növelését várhatjuk.

Egy adott szcintigráfon több technikai paraméter helyes beállításától függ értékelhető, jó színvonalú szcintigramm készítése. Akárcsak egyetlen faktor helytelen beállítása jelentős mértékben ronthatja a vizsgálat minőségét. A legoptimálisabb beállítási paraméterek kiválasztását függetleníthetjük a kezelő személyzet tudásától, tapasztaltságától akkor, ha erre a célra szintén számítógépet használunk fel.

Az egyes jelöléssel végzett szcintigráfias eljárások mellett további diagnosztikus lehetőségeket nyújt a kettős jelöléssel, vagyis két radioaktív izotóp együttes beadásával végzett vizsgálat. A hasnyálmirigy szcintigráfia például feltételezi a máj egyidejű leképezését is, mert az eljáráshoz használt  $^{75}\text{Se}$ -methionin nemcsak a pancreasban, hanem a májban is dúsulni képes.  $^{198}\text{Au}$ -val végzett egyidejű máj szcintigráfia lehetővé teszi, hogy a két kép kivonásával megkapjuk tisztán a keresett hasnyálmirigy képét. Hasonló jellegű feladat az u.n. perfúziós és inhalációs tüdő szcintigráfia egyidejű végzése és a két eljárással kapott felvétel különbségeinek diagnosztikus értékelése. A kettős jelöléses szcintigráfia végzéséhez, a képek egymásból való kivonásában számítógép alkalmazása jelent egyedül megfelelő megoldást.

A számítógépek felhasználásánál jelenleg leggyakrabban az adatok felvétele és feldolgozása térben és időben elválasztva törté-

nik. Ennél a megoldási formánál a szcintigráfiás eljárás során kapott adatok szimultán rögzítését biztosítani kell. A rögzítés főbb lehetőségei a lyukszalagon, mágnesszalagon, vagy lemeztárolón történő adatmegőrzés. A feldolgozott adatok újbóli képi megjelenítését, vagy a számítógéphez kapcsolt perifériákkal végezhetjük /gyors nyomtató, x-y rekorder, színes televízió/, vagy a már feldolgozott adatokat ismét lyukszalagra, mágnesszalagra visszük és a számítógéptől függetlenül a szcintigráf eredeti megjelenítő rendszerével való-  
sitjuk meg.

Az előbbinél biztosan magasabbrendű, de feltétlenül költségesebb az on-line módon használt számítógép. Így a szcintigráf opti-  
mális technikai vezérlése és az adatok azonnali megjelenítésére is lehetőség nyílik. Bármennyire is kívánatos volna ez az utóbbi megoldás, feltehetően hazánkban még igen hosszú ideig csak a viszonylag egyszerűen és olcsón megoldható szimultán adatrögzítést és az adatok utólagos feldolgozását tarthatjuk reálisnak.

Felmerül a kérdés, hogy a vizsgálatok hány százalékában szükséges diagnosztikus szempontból a számítógépes eljárás alkalmazása? Ha az elmúlt 8 évben laboratóriumunkban végzett 2-2.500 szcintigráfiás vizsgálat adatait ilyen szempontból analizáltuk, akkor azt találtuk, hogy a nagy volumenű szervek vizsgálatánál kb. 30 %-ban kaptunk normális szervszcintigrammot. Ugyancsak 30 % körül volt a biztosan kóros esetek aránya. A számítógépes adatfeldolgozás elvégzése ezekben az esetekben objektivabbá teheti az állásfoglalást, de diagnosztikus szempontból nem hozhat már olyan információt, amely az orvos állásfoglalását befolyásolhatná. A maradék 30 - 40 %-os kérdéses, bizonytalan eredmény számítógépes feldolgozása, objektív megítélése feltétlenül az egész szcintigráfiás eljárás diagnosztikus teljesítőképességének lényeges emelését eredményezné.

A feloldóképességet befolyásoló zavaró faktorok csökkentése, a kettős jelzések eljárások kivitelezhetősége, a szcintigráfok optimális technikai vezérlése mellett, még mindig megmarad a már tisztított, javított adatok alapján készült kép szubjektív érté-



kelése. A bevezetőben említettük, hogy a képek értékelése a lele-  
tező orvos tudásától és tapasztaltságától függ. Megfelelő számú  
kontrollált, tehát biztos diagnózisú eset szcintigrammjainak és  
az alapos kiértékeléssel született vélemények tárolása után a szá-  
mitógép felhasználható a későbbiekben végzett vizsgálatok eredmé-  
nyeinek értékelésére is. Számos helyen indult meg ilyen irányú mun-  
ka. Megfelelő adatátviteli lehetőségek esetén, központi adattáro-  
lás segítségével lehetőség nyílik a szubjektív értékelés kontrollá-  
lására és így a diagnosztikus teljesítőképesség további fokozására.

Az izotóp diagnosztika természetesen nemcsak szcintigrá-  
fiás vizsgálatokat jelent. A nukleáris medicina eljárásai során szá-  
mos lehetőség kínálkozik a számítógépek felhasználására. A külföldi  
tapasztalatokra hivatkozva, azt hiszem nem jelent elfogultságot, ha  
azt mondjuk, hogy a klinikai diagnosztikus lehetőségek közül a nukle-  
áris medicina az a terület, ahol a számítógépek alkalmazásának rea-  
lis előnyei talán a legjobban érzékelhetők.