

SOTE 1. Anatómiai Intézete

Számítógéppel készült szimulációs film kisagykérgi
neuronhálózatok működésének modellezésére

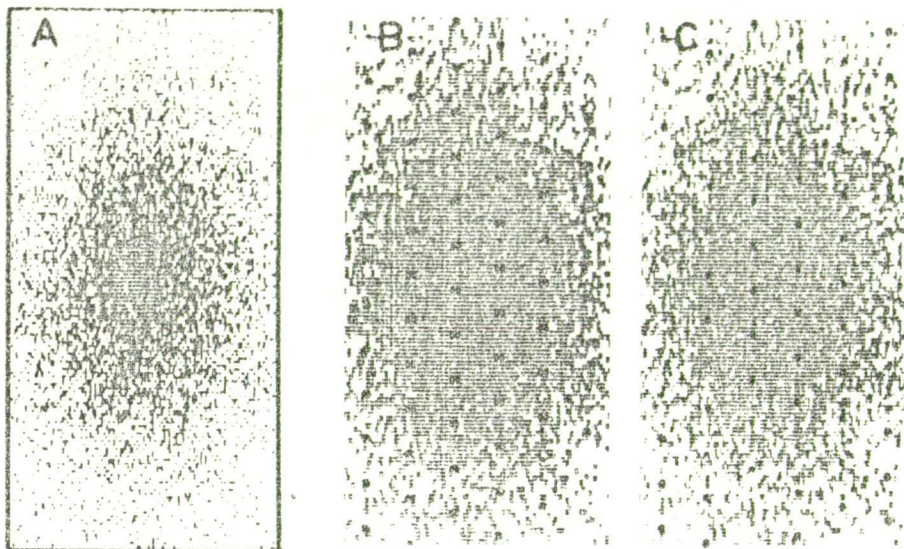
Pellionisz András

A kisagykéreg, melynek szerkezete minden más idegi struktúránál jobban ismert, kitűnő célpontjává szolgál a struktúra-funkcionális szemléletű kutatásnak. A neuronális rendszer komplexitásának szintje következtében azonban ezek a vizsgálatok számítógépes szimulációs módszereket igényelnek.

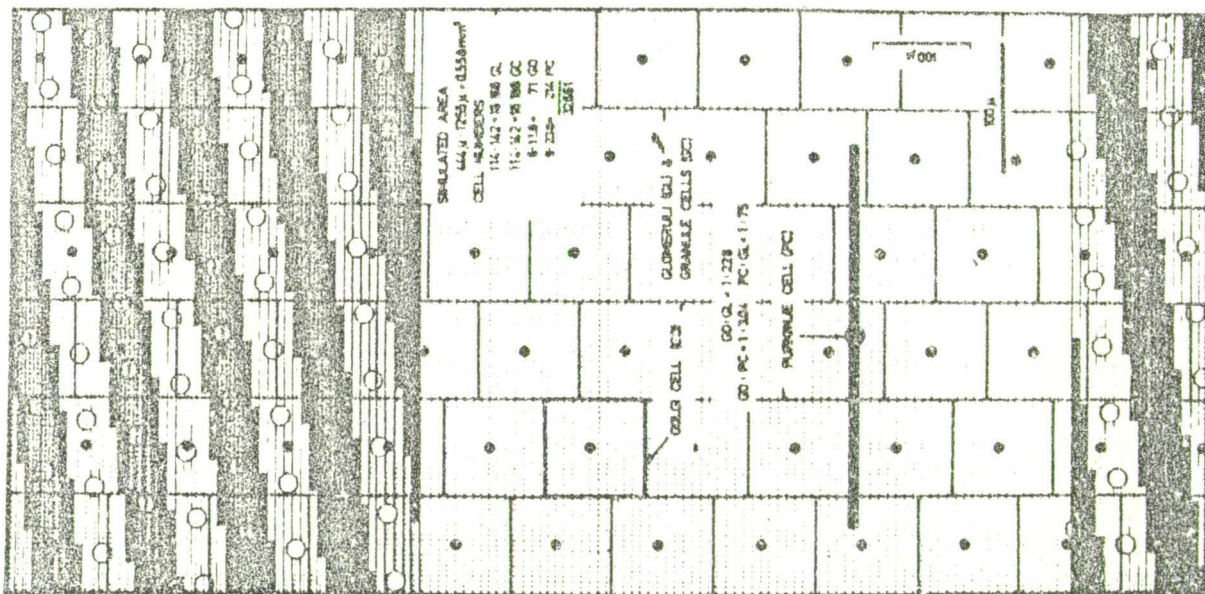
Korábbi szimulációk azonban (Pellionisz 1970, 1971, 1972) a neuronhálózatnak túlságosan leegyszerűsített struktúra-modelljén alapultak, mivel egyes morfológiai paraméterek akkor még nem voltak ismeretesek. A kisagykéreg struktúrájának legújabb szisztematikus kvantitatív hisztológiai analízise (Palkovits, Magyar és Szentágothai, 1971 a, b, c, 1972) azonban lehetővé tette, hogy kihasználva az MTA CDC 3300 nagyteljesítményű computerének lehetőségét, létrehoztuk a kisagykéreg struktúra szempontjából realisztikus, és minden egyes sejt időbeli működését is szimuláló modelljét.

E szimuláció részletes elemzése helyett most csak a modell főbb vonásait írjuk le, a szimulációs film előzményeit és a bemutatásáról szóló közleményeket ld. Szentágothai és Pellionisz, 1971, Pellionisz és Szentágothai, 1972, a szimuláció részletes leírását pedig az olvasó Pellionisz és Szentágothai, 1973 közleményében és Pellionisz, 1973 értekezésében találja meg.

A szimulációhoz szükséges neuronhálózati modellt az 1. ábra mutatja be. Ez az elemi neuronhálózat a kéreg felülnézetében van ábrázolva, a paralelrostok lefutásának iránya az ábra hosszirányával egyezik meg. A szimuláció szempontjából lényeges elemek: a moharostok végződésai, az u.n. glomerulusok (GL), valamint az ezekhez 4 dendritjuk segítségével kapcsolódó szemcsesejtek (GC). Az ingerület átvédését a moharostokról a szemcsesejtekre a nagy gátló hatású Golgi sejt (GO) szabályozza, melynek axonja és dendritfája által betöltött területet az ábrán nagy négyzetek jelzik, a négyzet közepében elhelyezkedő sejttesttel (nagy fekete pont). A Purkinje sejtek működésének szimulációja e modellben még nem szerepel, ennek elemzésére egy jelenleg befejezés előtt álló szimulációban kerül sor. (ld. Pellionisz, 1973)



2. dbrc



1. dbrc

A 2. ábra a neuronhálózat bemenetére (a moharost végződésekre) alkalmazott síkbeli teszt-függvényt mutatja be (A), ahol a fekete pontok ingerelt glomerulusokat jelképeznek. A B és C ábra-rész ezen input függvény hatására az első- és második mintavételi időpontban (2. és 4. ms) megjelenő szemcsesejt- és Golgi sejt ingerületi mintát mutatja be: az apró fekete pontok aktív szemcsesejteket, a nagyobb szimbólumok Golgi sejteket jelképeznek.

Mivel a Golgi sejteknek sajátos, kettős beidegzésük van, egyrészt a moharostok, másrészt a parallelrostok által, a szimulációban különböző jelekkel különböztettük meg az aktív Golgi sejteket, aszerint, hogy melyik input hatására tüzelnek. (B-n csak localis, moharost input hatására tüzelő Golgi sejtek vannak, mivel a parallelrostokon futó ingerület késleltetett, C-n columnaris input és mindkét input együttes hatására tüzelő Golgi sejtek vannak. Ez utóbbiak tömör fekete ponttal vannak ábrázolva.)

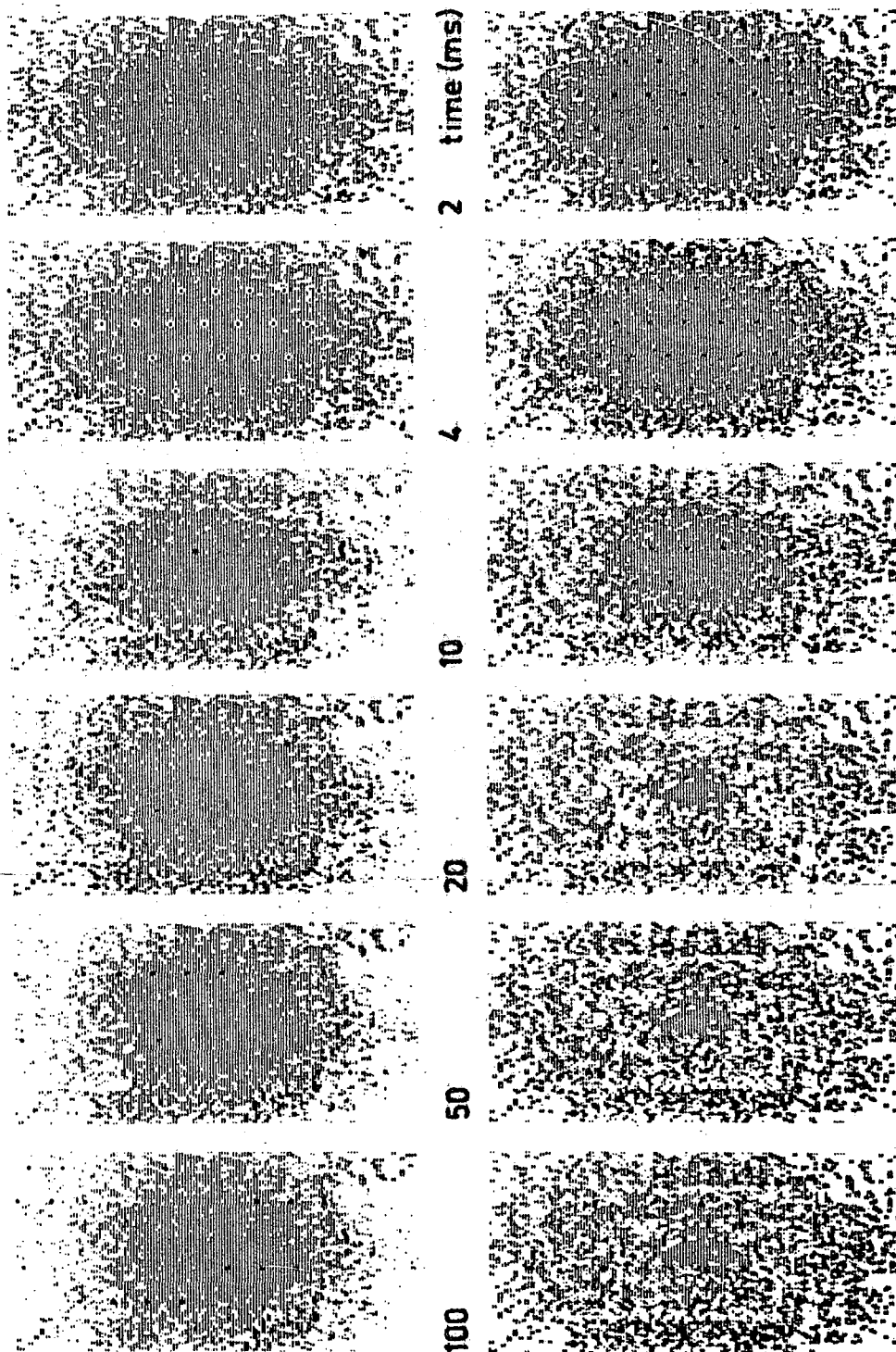
E gátlásfolyamatot a számítógépen 100 ms-os időtartamra időpillanatról-időpillanatra kiszámítva (oly módon, hogy a szimulációban részt vevő mintegy 30.000 sejt mindegyike időben változó küszöbszinttel rendelkezik), a gátlásfolyamat térbeli-időbeli lefolyását szimuláló filmet készíthetünk. A 3-4. ábra négy ilyen számítógép-készítette szimulációs filmből kiragadott filmkockákat mutat be. A négy eset aszerint különbözik, hogy a Golgi sejteken a kétféle input milyen üzemmódban integrálódik: A-n csak a columnaris, parallelrost input, B-n csak a localis moharost input képes a Golgi sejteket ingerelni, C-n a kétféle input logikai megengedő vagy, D-n pedig logikai és függvény szerint integrálódik. A négy különböző eset láthatóan eltérő térbeli-időbeli gátlásfolyamatokat eredményez. Így A-n az ingerületi góc fókuszálásával való kiemelés, B-n a gátlással való kiegyenlítetttség következik be, C B-hez hasonló hatást mutat, míg D szinte semmi gátlás-effektust nem eredményez.

A szimuláció adatainak off-line feldolgozásaival a különböző üzemmódokat többoldalúan egybevetettük (ld. Pellionisz és Szentágot-hai, 1973), amelyből az a következtetés vonható le, hogy a Golgi gátlás folyamatában a moharost-input játszik domináns szerepet, s a Golgi sejtek indirekt, parallelrost beidegződése csupán feljavitja ezt az alapvető effektust, mégpedig két tekintetben, egyrészt felgyorsítva a folyamatot, másrészt az effektus hosszú idejű stabilitását biztosítva.

Az adatok különböző megjelenítési formáit mutatja be az 5. ábra, ahol A a Golgi sejtek OR üzemmódban való térbeli-időbeli aktivitási mintáját mutatja (üres körrel vannak ábrázolva a localis, teli körrel a csak columnaris inputra tüzelő sejtek). A rendszerből kiragadott 3 egyedi Golgi sejt időbeli aktivitási mintája látható B-n, az összes sejt mezőpotenciál-szerű aktivitási görbáját mutatja be C (üres körökkel az

A COLUMNAL MODE

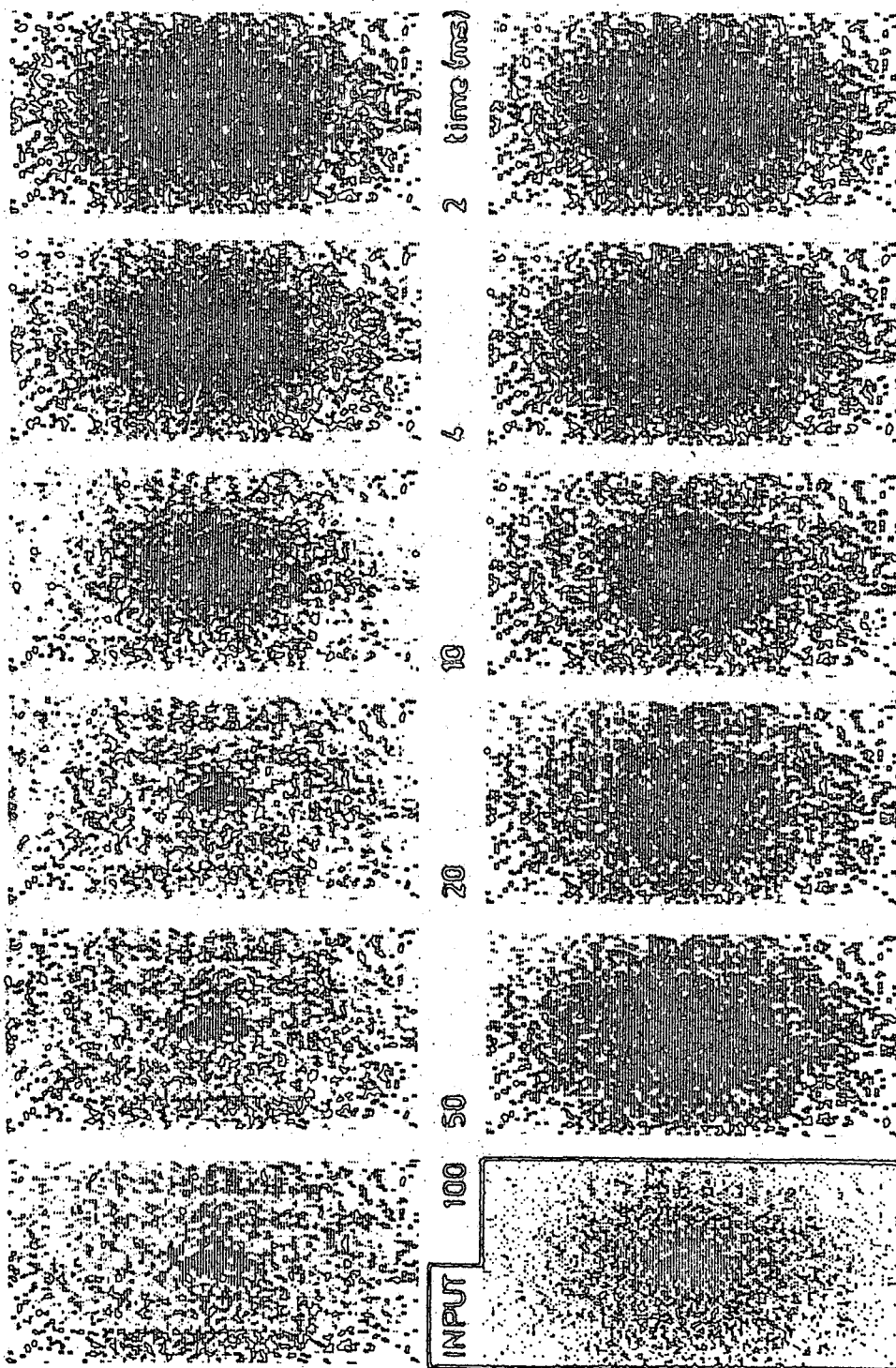
B LOCAL MODE



3.6bra

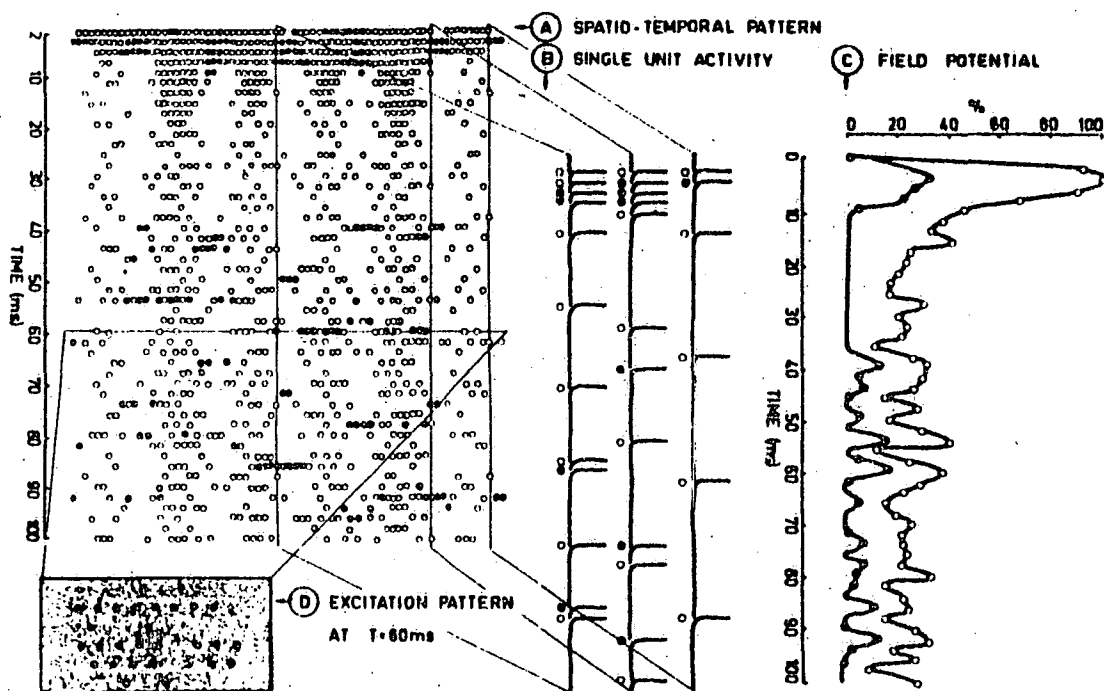
C OR MODE

D AND MODE



4.6bra

összes Golgi sejtre vonatkoztatva, teli körökkel a csak columnaris inputra tüzelő Golgi sejtek aktivitását összegezve). D pedig az egyetlen időpillanatbeli Golgi- és szemcsejrt ingerületi mintát ábrázolja, a szimulációs film egyetlen kockájaként.



5. ábra

Ez az ábra hangsúlyozni igyekszik, hogy a térbeli- időbeli szimuláció összefoglalni képes a morfológiai és elektrofiziológiai részadatokat, s illy módon közös fórumot képezhet a morfológia és elektrofiziológia számára.