

Digitale Dataverwerking Gedurende Radio-isotoopflikkergrafie

M. G. LÖTTER, A. VAN ASWEGEN, P. C. MINNAAR, M. ITURRALDE

SUMMARY

The features of an on-line image data processing system for nuclear medicine are described. The uses of the system for the processing and evaluation of images, lung function determinations and cardiac studies are mentioned.

S. Afr. Med. J., **48**, 2474 (1974).

Nieteenstaande die feit dat die gebruik van radio-isotope in geneeskunde vinnig toeneem, kan sekere potensieële diagnostiese inligting wat van pasiënte beskikbaar is, nie ten volle benut word nie. *In vivo* studies vir die bepaling van die funksie van organe soos niere, longe en die hart word gewoonlik met behulp van sintillasiedetektore uitgevoer. Die anatomiese plasing van die detektore is moeilik, omdat dit feitlik onmoontlik is om die bydrae van omringende weefsel waar orgaanfunksie laag is, te bepaal—die renogram vir die bepaling van nierfunksies

**Departement Biofisika, Universiteit van die Oranje-Vrystaat
en Nasionale Hospitaal, Bloemfontein**

M. G. LÖTTER
A. VAN ASWEGEN
P. C. MINNAAR

**Departement Interne Geneeskunde, Universiteit van die Oranje-
Vrystaat en Nasionale Hospitaal, Bloemfontein**

M. ITURRALDE

Ontvangsdatum: 21 Augustus 1974.

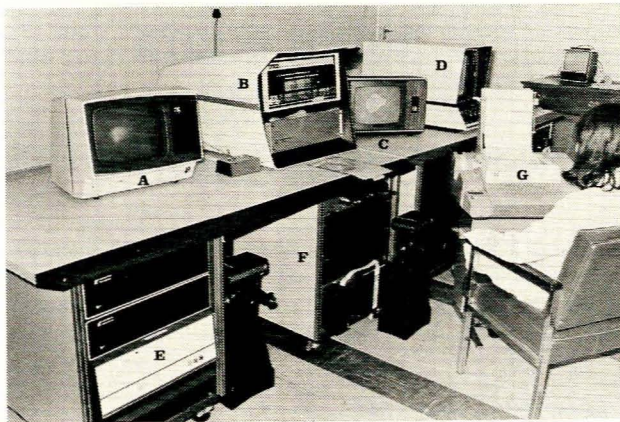
is 'n goeie voorbeeld hiervan. Alhoewel metings wat gedurende *in vivo* radio-isotoopondersoeke uitgevoer word in 'n syfervorm verkry word, word die data eenvoudigheidshalwe gewoonlik in analoog vorm op 'n kaartregistreerder vertoon en slegs 'n minimum inligting is beskikbaar.

Radio-isotoopflikkergrafie is 'n *in vivo* ondersoek, waar die flikkergramme wat verkry word visueel geïnterpreteer word, maar waar geen kwantitatiewe inligting vir orgaanfunksie onttrek word nie. Verder is die oplosvermoë hier redelik beperk in vergelyking met die wat by X-strale verkry word.

Die toenemende gebruik van mikro- en minirekenaars maak dit in 'n toenemende mate moontlik om van die inherente nadele in die toepassing van radio-isotope te bowe te kom. Veral die koppeling van die minirekenaar aan die gammakamera vir statiese en dinamiese flikkergrafie bied aansienlike voordele. Met behulp van die minirekenaar gekoppel aan die gammakamera kan beeldverbetering om die oplosvermoë van die flikkergrafiese apparatuur te verbeter, uitgevoer word. Verder kan dinamiese studies wat voorheen met sintillasiedetektore verkry is nou meer betekenisvol uitgevoer word omdat nie alleen 'n beeld van die orgaan verkry word nie, maar daar ook met behulp van die rekenaar kwantitatiewe orgaanfunksie verkry kan word. Die gebruik en die ontwikkeling van toepassings van 'n minirekenaar gekoppel aan 'n gammakamera word bespreek. Hierdie sisteem is veral besonder geskik vir ondersoeke van die hart.

DIE GEKOPPELDE REKENAARSISTEEM

Die dataverwerkingsstelsel bestaan in hoofsaak uit die volgende (Afb. 1): 'n minirekenaar met 'n geheuevermoë van 28 000 twaalfgreep-woorde, wat met behulp van 'n dubbele analoog-na-digitale omsetter die flikkergrafiese beeld verdeel in 64×64 of 128×128 elemente. Vir die vertoon van die flikkergramme word 'n wit en swart-asook 'n kleur-televisieskerm gebruik. Daar word met behulp van 'n tikmasjien met die rekenaar gekommunikeer. 'n Vinnige papierbandleser word vir die inlees van nuwe programme en data gebruik. Alle flikkergrafiese beelde word op 'n dubbele skyfjak gestoor, waarvan die totale stoorkapasiteit 6,6 miljoen karakters is. Benewens genoemde apparatuur word ook 'n bergingsossilloskoop en puntstippelaar vir behandelingsbeplanning in radio-terapie gebruik.



Afb. 1. Dataverwerkingsapparatuur wat gebruik word: A — wit en swart-televisieskerm; B — rekenaar; C — kleur-televisieskerm; D — bergingsossilloskoop; E — skyf-aandrywingseenheid; F — papierband pons en leser; en G — tikmasjien.

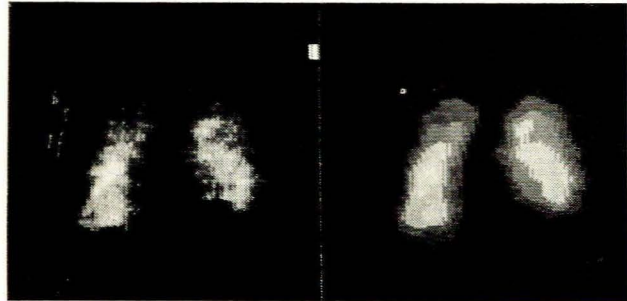
DIE EVALUASIE VAN APPARATUUR

Beeldverbetering en die Bepaling van Beeldende Eienskappe van Flikkergrafiese Apparatuur en Radio-isotope

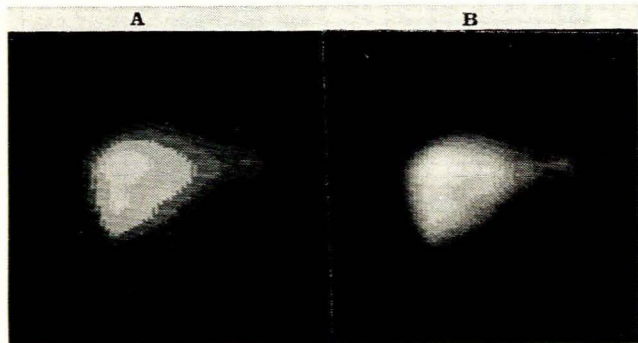
Aangesien die oorspronklike flikkergram op die skyf gestoor word ten tye van die ondersoek, is dit altyd weer beskikbaar vir interpretasie. Beeldverbetering of prosessering van die data wat in die geheue is, verander glad nie die data op die skyf nie en kan dus herhaaldelik uitgevoer word. Beeldverbetering wat deur die rekenaar uitgevoer kan word is die volgende:

Vergladding en keuse van kontrasgebied: Vergladding is veral van nut by lae teltempo's.¹ Die statistiese fluktuasies wat teenwoordig is maak dit vir die oog moeilik om die werklike beeld waar te neem, maar met die metode van vergladding word die nuwe beeld makliker deur die oog geaksepteer (Afb. 2). Met behulp van die rekenaar kan die beeldkontras ook verander word deur

die aantal kleure of kontrasintervalle te verander. Afb. 3 is 'n beeld van die lewer waar die beeld met 5 en 10 intensiteitsvlakke vertoon word. Die vermindering van die aantal kontras-intervalle lei ook tot vergladding.



Afb. 2. 'n Longflikkergram voor en na 'n vergladding.

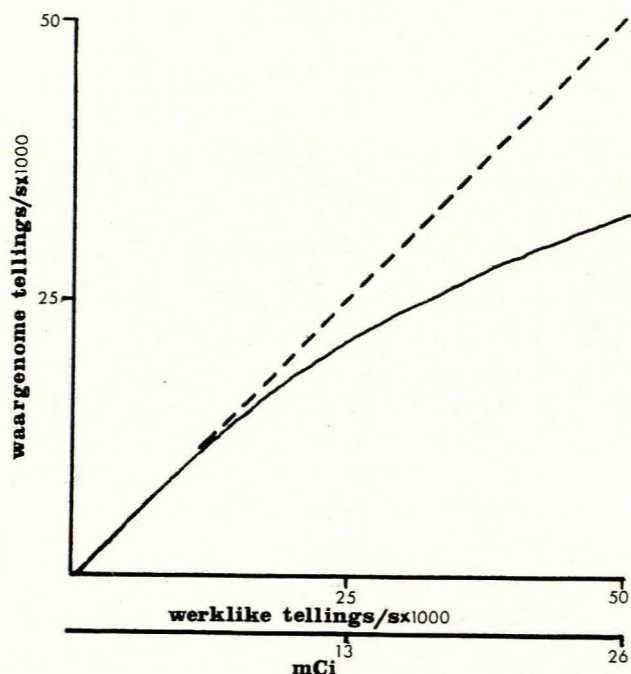


Afb. 3. 'n Lewerflikkergram wat met (A) 5 intensiteitsvlakke en (B) 10 intensiteitsvlakke vertoon is.

Uniformiteits- en dooietydskorreksie: Aangesien die gammakamera dikwels met meer as 20% in sensitiviteit kan varieer, word die sensitiviteit gekorrigeer deur 'n uniforme platbron te flikkergrafeer en dan die kliniese beeld daarmee te normaliseer. Werk word verder gedoen vir die korreksie vir die dooietyd van die stelsel wanneer daar groot hoeveelhede radio-isotope in dinamiese studies gebruik word. Verlies van tellings kan by hart-studies betekenisvol word wanneer meer as 12 mCi ^{99m}Tc aan die pasiënt toegedien word (Afb. 4). Indien vir die verlies aan tellings korreger word, kan meer radio-aktiwiteit toegedien word om sodoende 'n beter kwaliteitsbeeld te verkry.

Beeldrestourasie: Beeldrestourasie word uitgevoer om vir die beperkende beeldeienskappe van die gammakamera te vergoed. Die stelsel soos wat dit kommersieël beskikbaar is, kan beeldrestourasie nie uitvoer nie, maar die voorlopige ondersoek na hierdie probleem is alreeds uitgevoer.²

Evaluasie van apparatuur en isotope: Flikkergrafiese apparatuur word evalueer aan die hand van die sensitiviteit en die oplosvermoë gemeet in terme van die modulasietransformasie funksie. Die koppeling van 'n rekenaar maak hierdie ondersoek as 'n deel van die daaglikse roetine



Afb. 4. Tellingsverlies as gevolg van dooietyd van die sisteem.

moontlik. Die apparatuur kan dus deeglik evalueer word om te verseker dat alle moontlike patologiese letsels opgespoor word.

TABEL II. OPTIMUM FOTON-ENERGIE

Isotoop	Optimum energie (keV)
⁷⁵ Se	131
⁶⁷ Ga	93
¹⁶⁹ Yb	190
¹¹¹ In	247

Weens die snelle ontwikkeling van nuwe isotoopverbindings is dit noodsaaklik dat die verbindings ook fisies en klinies evalueer word. Die beeldende eienskappe van flikkergrafiese apparatuur met die reeds beskikbare isotope en selfs nuwe isotope kan dus deeglik evalueer word.^{3,4} Nie alleen kan nuwe isotope evalueer word nie, maar die optimum gebruik van bestaande isotope kan ook ondersoek word. Byvoorbeeld die invloed van verstrooiing op die oplosvermoë of die keuse van die effektiwste fotonenergie waar meer as een foton uitgestraal word kan bepaal word. Tabel I dui die radio-isotope met komplekse spektra wat dikwels gebruik word aan. Die foton-energie waarmee die beste resultate verkry is, word in Tabel II aangedui.

DINAMIESE STUDIES VAN DIE HART EN LONG

Dinamiese studies is die versameling van flikkergrafiese beelde oor klein tydsintervalle om die vinnige verandering van die radio-isotoop konsentrasie in die organe waar te neem.² Wanneer dinamiese studies met die gekoppelde

TABEL I. RADIO-ISOTOPE MET KOMPLEKSE SPEKTRA

Isotoop	T _{1/2}	Vervalwyse	Gammafoton-energie (keV)	Foton-opbrengs per disintegrasie
¹¹¹ In	2,81 d	e-vangs	173	89
			247	94
⁶⁷ Ga	3,24 d	e-vangs	93	
			184	24
			296	22
			388	7
⁶⁶ Ga	9,45 h	e-vangs (43%) β ⁺ (57%)	1 039	37
¹⁶⁹ Yb	31,8 d	e-vangs	63	45
			110	18
			131	11
			177	22
			198	35
			308	10
⁷⁵ Se	120,4 d	e-vangs	66	1,0
			97	3,3
			121	17
			136	57
			265	60
			280	25
			401	12

rekenaarsisteem uitgevoer word, word die x en y koördinate van elke foton wat waargeneem word op die skyf gelees. Vervolgens word beelde gevorm wat agtereenvolgens waargeneem word. Daarbenewens kan enige gebied van die flikkergram geselekteer word en 'n grafiek van die verandering in telintensiteit in daardie gebied verkry word. Hierdie fasiliteit word ten volle by hartstudies benut.

Dinamiese Hartstudies

Waar siektes van die hart 'n hoë insidensie het, is dit 'n gebied waar die gebruik van die gammakamera gekoppel aan die rekenaar groot vooruitgang bied. Hartondersoeke met radio-isotope is atroumaties en dus uiters geskik as 'n siftingsondersoek.

Die besonderhede van radio-isotoop hartangiografie is volledig beskryf deur Van Aswegen *et al.*⁵ Met behulp van die gekoppelde rekenaar sal dit egter moontlik wees om beeldprossering toe te pas om vermeerderde beeldinligting te verkry. Verder sal die finale kwantitatiewe resultate minute na die ondersoek, wat slegs 'n paar minute duur, beskikbaar wees.

Deur 'n EKG-apparaat se uittree aan die minirekenaar te koppel kan die relatiewe en absolute slagvolume bereken word.⁶ Die groot voordeel van die rekenaar is, dat die snellerseine van die EKG tesame met die dinamiese beeld versamel word. Dit is dus moontlik om die hartbeeld vir enige periode gedurende die hartsiklus waar te neem, nadat die hartstudie voltooi is.

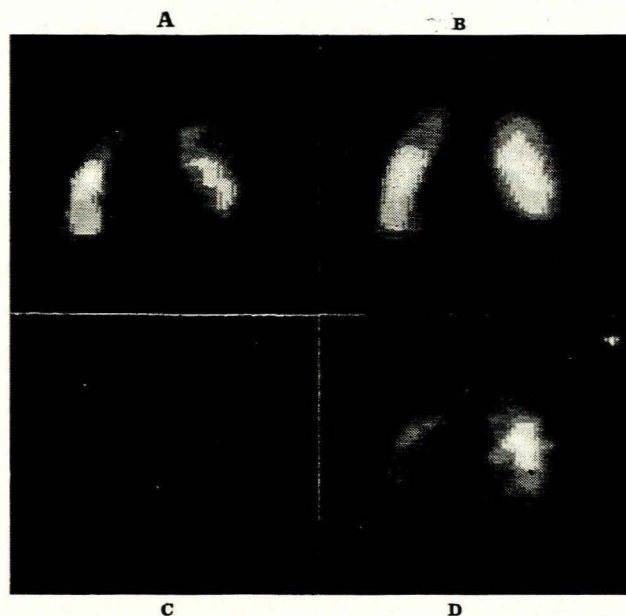
Die gebruik van die gekoppelde rekenaar by hierdie ondersoek hou moontlikhede in, maar om die bestaande metodes wat tans met 'n nie-gekoppelde rekenaar uitgevoer word, só om te werk dat dit aanpasbaar by die dataprosseringseenheid is, is 'n groot taak.

Longfunksiebepalings

Met behulp van radio-isotope en die gammakamera kan nie alleen regionale perfusie met mikrosfere nie, maar ook perfusie en ventilasie (Afb. 5A) met radioaktiewe xenon bepaal word.² Wanneer longventilasie met xenon bepaal word, word die longvolume verkry deur die pasiënt xenon in 'n spirometer te laat inasem totdat ekwilibrium bereik word (Afb. 5B). Deur die regionale volume in regionale perfusie en ventilasie te deel word die indeks van regionale volume en perfusie per volume-eenheid dus verkry.

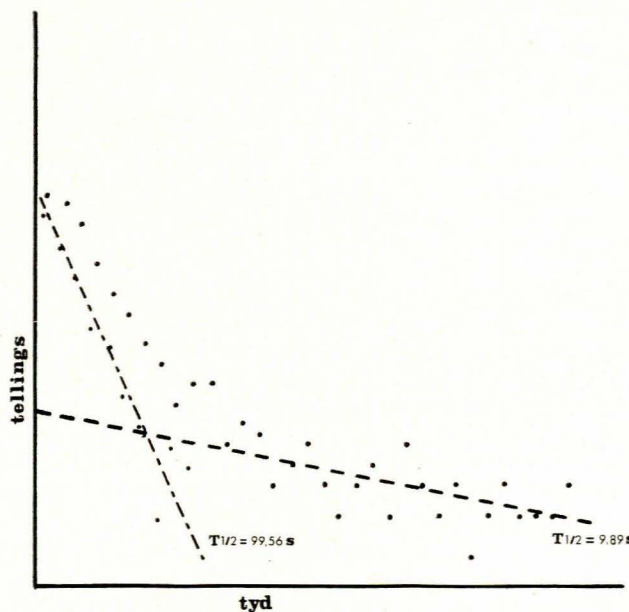
Tot dusver was dit net moontlik om die indeks van ventilasie, perfusie en volume slegs in syfervorm en dan slegs in ses longgebiede weer te gee. Met die gekoppelde rekenaar sal die perfusie, ventilasie en volume asook perfusie per volume-eenheid, en ventilasie per volume-eenheid as 'n beeld weergegee word. Hierdie tipe beelde staan bekend as funksionele flikkergrafie. Soortgelyke toepassings word ook by die niere gebruik.

Funksionele flikkergrafie word ook verder by die longondersoek uitgebrei. Die indeks van ventilasie is tot dusver gewoonlik staties tydens volle asemhaling verkry. Gevolglik kan dit lei dat by erge longsiekte die waarnemings oor 'n regionale gebied van volume en ventilasie



Afb. 5. A — flikkergram van ventilasie; B — flikkergram van ekwilibrium of volume; en C — word met dieselfde intensiteit as B vertoon; D — flikkergram soos C maar waar die maksimum teltempo in maksimum intensiteit vertoon is.

slegs agtergrondwaardes is, met die gevolg dat 'n normale ventilasie per volume-indeks verkry word. Deur egter 'n funksionele beeld daar te stel waar die funksionele ventilasie van die uitwaskurwes bereken word, word 'n meer betroubare weergawe van longfunksie verkry. Verder bied dit die moontlikheid om longventilasie by verskillende longasemhalingsvolume te evalueer.



Afb. 6. Dubbele-eksponent longuitwaskurwe.

Tot dusver is slegs benaderde metode in die analise van die uitwas van xenon uit die long gebruik. Deur gebruik te maak van 'n spirometer en asemhalingsomskakelaar gekoppel aan die rekenaar kan hierdie kurwes in fyner besonderhede evalueer word. Die voorlopige studie om hierdie projek uit te voer is tans aan die gang. Dié uitwas-kurwe van die long bestaan uit twee komponente (Afb. 6). Die bydrae van die stadige komponent neem toe met die afname in longfunksie. Hierdie komponent is nie alleen te wyte aan bloedaktiwiteit en die absorpsie van die radioaktiewe gas in vet nie, maar verteenwoordig gas in die long vasevang deur lugwegobstruksie of afsluiting.

Afb. 5C is die beeld van die long wat na 60 sekondes se uitwas na ekwilibrium verkry is. Die vertoonintensiteit is dieselfde as vir die ekwilibriumbeeld (Fig. 5B). Wanneer die vertoonintensiteit egter so verander word dat die maksimum teltempo maksimum intensiteit verteenwoordig is dit duidelik dat daar superior links 'n gebied is waar xenon nog in die long teenwoordig is. Die lae intensiteit van die gebied by ventilasie in Afb. 5A bevestig hierdie gevolgtrekking. Met die analise van die uitwaskurwe kan die relatiewe bydrae van hierdie regionale defek kwantitatief ondersoek word. Die beskikbaarheid van die gekoppelde rekenaar sal tans en ook in die toekoms 'n groot bydrae tot die regionale evaluasie van longfunksies lewer.

ALGEMENE GEBRUIK

Met die rekenarsisteem kan kleiner programme in Basic, Fortran en Pal-8 geskryf word. Die kommersiële programme wat vir kerngeneeskunde gebruik word, is in Pal-8 geskryf. Met Basic kan die verskillende randeenhede asook Camac-modules beheer word. Camac-modules is eenhede van internasionale standaard wat die aankoppeling aan die rekenaar van fisiologiese apparatuur soos EKG-apparaat en spirometers vergemaklik.

Bo en behalwe die gebruik van die rekenaar as 'n algemene rekenaar kan 'n beperkte volume van pasiënt-

data en ander inligting soos 'n isotoop-voorradyls in die sisteem gestoor word. Die papierbandleser word ook gebruik om data wat van die veelkanaal-analiseerder en outomatiese tellers verkry word te analiseer.

BESPREKING EN GEVOLGTREKING

Die gebruik van die minirekenaar gekoppel aan die gammakamera maak veilige en meer akkurate ondersoeke in kerngeneeskunde moontlik. Die gebruik van die minirekenaar in kerngeneeskunde is soortgelyk aan die toenemende gebruik van die apparaat in ander gebiede van geneeskunde soos kardiologie, brein-X-straal ondersoeke en ultraklank. Aangesien die minirekenaar programmeerbaar is, is dit nie net beperk tot die gebruik met die sagteware wat kommersieel verskaf word nie. Die beskikbaarheid van 'n dubbele-skyfeenheid in vergelyking met sisteme wat 'n magneetband-eenheid gebruik, vergemaklik die daarstelling van programme aansienlik.

Die ontwikkeling van hierdie apparaat en sagteware is in 'n vroeë stadium en daar kan veel meer met die apparaat uitgevoer word indien, soos uiteengesit, die nodige sagteware ontwikkel word.

Die Suid-Afrikaanse Mediese Navorsingsraad, die Kaapstadse tak van die Koloniale Mutual en die RAK word vir finansiële hulp bedank.

VERWYSINGS

1. Lötter, M. G. (1972): "n Ondersoek na die digitale dataverwerking by flikkergrafie", Ph.D. tesis, Universiteit van Stellenbosch, bl. 5.10.
2. Lötter, M. G., Minnaar, P. C., Verster, F., Kleynhans, P. H. T., Van Aswegen, A., Van Heerden, P. D. R. en Le Roux, P. L. M. (1974): *S. Afr. Med. J.*, **48**, 986.
3. Van Aswegen, A., Lötter, M. G., Van Zyl, W. H., Minnaar, P. C., Iturralde, M. en Anderson, J. D. (1974): *Ibid.*, **48**, 2283.
4. Lötter, M. G., Van der Merwe, E. J., Van Heerden, P. D. R. en Le Roux, P. L. M. (1972): *Ibid.*, **46**, 186.
5. Van Aswegen, A., Lötter, M. G., Minnaar, P. C., Iturralde, M. en Kleynhans, P. H. T. (1974): *Ibid.*, **48**, 2464.