tijdschrift voor

NUCLEAIRE GENEESKUNDE

Nieuwe internationale richtlijn [^{18}F]FDG PET/CT en radiotherapie planning bij longkanker

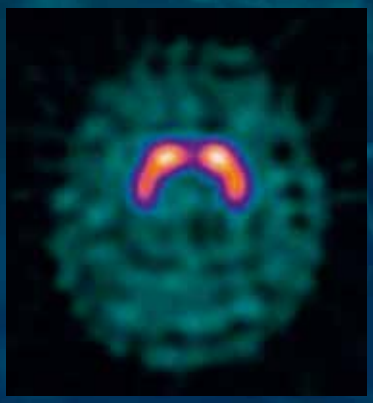
Onderzoek in de kijker: radiobiologie van radionuclidentherapie

Toen en Nu van het onderwijs stralingsbescherming

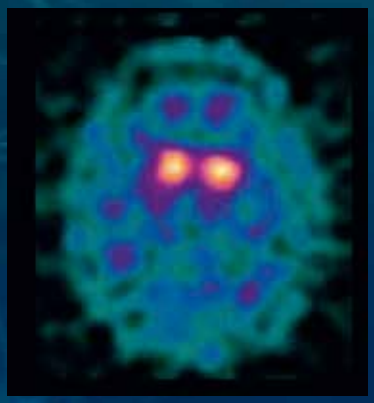
44e jaargang 2022 nummer 3 issn 1381 - 4842

DATA-POWERED DETECTION

For a Diagnosis You can Count On



NORMAL SCAN
No evidence of striatal neurodegeneration



ABNORMAL SCAN
Visual evidence of striatal neurodegeneration

Images courtesy of Birmingham City Hospital, UK

DaTSCAN™
IOFLUPANE (^{123}I)

Trusted Imaging with DaTSCAN
Powered by DaTQUANT

DaTQUANT™
DATA-DRIVEN ASSESSMENT

VERKORTE BIJSLUITER
DaTSCAN 74 MBq/ml oplossing voor injectie
Voor volledig informatie raadpleeg de samenvatting van de productkenmerken (SPC).
PRESENTATIE Flacon met enkelvoudige dosis van 185 MBq of 370 MBq joflupaan (^{123}I) op referentietijd. **INDICATIES** Dit geneesmiddel is uitsluitend voor diagnostisch gebruik. DaTSCAN wordt toegepast voor het aantonen van een verlies aan functionele dopaminerge zenuwuiteinden in het striatum: - Bij volwassen patiënten met een klinisch onduidelijk Parkinsonistisch syndroom, bijvoorbeeld patiënten met de eerste symptomen, teneinde essentiële tremor te helpen onderscheiden van Parkinsonistische syndromen die verwant zijn aan de idiopathische ziekte van Parkinson, multipel systeematrofie en progressieve supranucleaire palsy. Het is niet mogelijk om met behulp van DaTSCAN onderscheid te maken tussen de ziekte van Parkinson, multipel systeematrofie en progressieve supranucleaire palsy. - Als hulpmiddel bij volwassen patiënten bij het differentiëren van waarschijnlijke dementie met Lewy-body's van de ziekte van Alzheimer. DaTSCAN kan geen onderscheid maken tussen dementie met Lewy-body's en dementie bij de ziekte van Parkinson. **DOSERING EN WIJZE VAN TOEDIENING** De klinische werkzaamheid van het middel is aangetoond binnen het gebied van 111 tot 185 MBq. Dien geen hogere dosis toe dan 185 MBq en gebruik het middel niet wanneer de activiteit kleiner is dan 110 MBq. Patiënten moeten een passende schildklierblokkerende behandeling krijgen voor de injectie om de opname door de schildklier van radioactief jodium te beperken, bijvoorbeeld door orale inname van ongeveer 120 mg kaliumjodide 1 tot 4 uur voor de injectie van DaTSCAN. Er zijn geen officiële onderzoeken gedaan bij patiënten met significante nier- of leverfunctiestoornis; er zijn geen gegevens beschikbaar. De veiligheid en werkzaamheid van DaTSCAN bij kinderen van 0 tot 18 jaar zijn niet vastgesteld; er zijn geen gegevens beschikbaar. DaTSCAN dient onverdund en intraveneus te worden toegediend. Om de mogelijkheid van het optreden van pijn op de plaats van injectie tijdens de toediening te verminderen, wordt aanbevolen langzaam te injecteren (niet minder dan 15 tot 20 seconden) via een ader in de arm. SPECT imaging dient plaats te vinden tussen drie en zes uur na de injectie. **CONTRA-INDICATIES** Zwangerschap en overgevoeligheid voor het werkzame bestanddeel of voor één van de hulpstoffen. **WAARSCHUWINGEN EN VOORZORGEN BIJ GEBRUIK** Bij het optreden van overgevoeligheidsreacties dient de toediening van het geneesmiddel onmiddellijk worden gestopt en, indien nodig, intraveneuze behandeling te worden gestart. Reanimatiegeneesmiddelen en uitrusting (bijv. endotracheale buis en ventilator) dienen snel beschikbaar te zijn. Voor elke patiënt moet de blootstelling aan ioniserende straling worden gerechtvaardigd op basis van waarschijnlijk voordeel. De toegediende activiteit moet dusdanig zijn dat de resulterende dosis zo laag is als redelijkerwijs mogelijk is waarbij de benodigde diagnostische resultaten in het oog worden gehouden. Er zijn geen officiële studies uitgevoerd met patiënten met een aanzienlijk verminderde nier- of leverfunctie. Vanwege het ontbreken van data wordt DaTSCAN niet aanbevolen voor patiënten met een matige tot ernstig verminderde nier- of leverfunctie. Dit geneesmiddel bevat 39,5 g/l (5% volume) ethanol (alcohol), tot maximaal 197 mg per dosis, equivalent aan 5 ml bier of 2 ml wijn. Schadelijk voor alcoholisten. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij risicogroepen zoals patiënten met leverziekte of epilepsie. *Interpretatie van DaTSCAN-beelden:* DaTSCAN-beelden worden visueel geïnterpreteerd op basis van het uiterlijk van de striata. Als aanvulling kan visuele interpretatie worden ondersteund door semi-kwantitatieve beoordeling met behulp van CE-gemarkeerde software, waarbij de volgende voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen bij het gebruik van semi-kwantitatieve methoden: - Semi-kwantificering mag alleen worden gebruikt als aanvulling op visuele beoordeling; - Er mag alleen software met CE-markering worden gebruikt; - Gebruikers moeten door de fabrikant worden getraind in het gebruik van software met CE-markering en de EANM-praktijkrichtlijnen volgen voor beeldacquisitie, reconstructie en beoordeling; - Lezers moeten de scan visueel interpreteren en vervolgens de semi-kwantitatieve analyse uitvoeren volgens de instructies van de fabrikant, inclusief kwaliteitscontroles voor het kwantificeringsproces. **INTERACTIES** Joflupaan bindt aan de dopamine transporter. Geneesmiddelen die met een hoge affiniteit binden aan de dopamine transporter kunnen daardoor een DaTSCAN diagnose beïnvloeden. Hieronder worden gerekend amfetamine, benzatropine, buproprion, cocaïne, mazindol, methylfenidaat, fentermine en sertraline. Van de volgende geneesmiddelen is aangetoond dat ze gedurende klinische studies niet interfereren met de DaTSCAN beeldvorming: amantidine, benzhexol, budipine, levodopa, metoprolol, primidon, propranolol and selegiline. Dopamine agonisten en antagonisten die actief zijn op de postsynaptische dopamine receptoren zullen naar verwachting de beeldvorming niet beïnvloeden en kunnen daarom, indien gewenst, gebruikt blijven worden. Pergolide is een van de geneesmiddelen waarvan met dierstudies is aangetoond dat ze de DaTSCAN beeldvorming niet beïnvloeden.

VRUCHTBAARHEID, ZWANGERSCHAP EN BORSTVOEDING Gecontraïndiceerd bij zwangerschap. Waar het nodig is radioactieve geneesmiddelen aan een vrouw in de vruchtbare leeftijd toe te dienen, dient altijd navraag te worden gedaan naar een eventuele zwangerschap. Van iedere vrouw die over tijd is, moet worden aangenomen dat ze zwanger is totdat het tegendeel is aangetoond. In geval van onzekerheid is het van belang de blootstelling aan straling tot een minimum te beperken, terwijl een bevredigende beeldvorming wordt bereikt. Men dient te overwegen of alternatieve methoden, waarbij geen ioniserende straling vrijkomt, in aanmerking komen. Indien men ervan uitgaat dat toediening noodzakelijk is, dient het geven van borstvoeding gedurende 3 dagen onderbroken en door flesvoeding vervangen te worden. **BIJWERKINGEN** De volgende bijwerkingen worden voor DaTSCAN erkend: Bijwerking die vaak voorkomt is hoofdpijn. Bijwerkingen die soms voorkomen zijn vertigo, verhoogde eetlust, duizeligheid, formicatie (paresthesie), dysgeusie, misselijkheid, droge mond en pijn op de injectieplaats (intense pijn of brandend gevoel na toediening in kleine aderen). Overgevoeligheid komt voor met een onbekende frequentie, evenals erythema, pruritus, uitslag, urticaria, hyperhidrose, kortademigheid, braken, gedaalde bloeddruk en warm voelen. **DOSIMETRIE** De effectieve dosis (E) als gevolg van de toediening van 185 MBq DaTSCAN-injectie is 4,63 mSv (voor een individu van 70 kg). **HOUDER VAN DE VERGUNNING VOOR HET IN DE HANDEL BRENGEN** GE Healthcare B.V., De Rondom 8, NL-5612 AP Eindhoven, Nederland. **AFLEVERSTATUS** Geneesmiddel op medisch voorschrift (U.R). **NUMMERS VAN DE VERGUNNING VOOR HET IN HANDEL BRENGEN** EU/1/00/135/001 (2,5 ml), EU/1/00/135/002 (5 ml). **DATUM** SPC gedateerd jan 2021; verkorte bijsluiter gedateerd 5 maart 2021

Beroepsbeoefenaren in de gezondheidszorg worden verzocht alle vermoedelijke bijwerkingen te melden via: Nederlands Bijwerkingen Centrum Lareb, website: www.lareb.nl. Bijwerkingen kunnen ook direct worden gerapporteerd aan GE Healthcare B.V.: Benelux.PVcomplaint@ge.com of Tel. (+31) 040 2991000.

© GE, 2022
GE, the GE Monogram, DaTQUANT and DaTSCAN are trademarks of GE.

GE Healthcare B.V., De Rondom 8, 5612 AP Eindhoven
www.gehealthcare.com

03-2022 JB00183NL/OS THE NETHERLANDS

INHOUD

RICHTLIJNBESPREKING
Nieuwe "Joint EANM/SNMMI/ESTRO Practice Recommendations" beveelt [^{18}F]FDG-PET/CT aan voor radiotherapieplanning bij longkanker
L. de Geus-Oei, J. Adam, Y. Lievens, W. van Elmpt, E. Troost, 2926

ONDERZOEKER IN DE KIJKER
Stralende toekomst
J. Nonnekens 2930

INTERVIEW
Onderwijs Stralingsbescherming voor nucleair radiologen in opleiding aangepast
M. van der Vlies 2932

OORSPRONKELIJK ARTIKEL
Dosisreductie door implementatie van het automatisch uitvul- en toedieningssysteem op de ontvangen stralingsdosis van medisch nucleair werkers
E. Hendrikse, W. Huisman, J. Medema, P. Elsinga, A. Willemsen 2936

CWO VOORJAARSSYMPOSIUM NVNG
Wetenschappelijke vergadering NVNG: Theranostics in de lift 2943

PROEFSCHRIFT
Optimale behandeling van prostaatkanker met radioactieve stoffen
S. Peters 2949

DIENST IN DE KIJKER
Maastricht UMC+ 2952

UIT DE OUDE DOOS
Stralingsonderwijs in de nucleaire geneeskunde door de jaren heen 2956

CURSUS- EN CONGRESAGENDA 2964

Dilemma's bij de start van een nieuw congresseizoen

Op het moment van schrijven van deze editorial zit de zomer er weer op. En het was een hete zomer, in meerdere opzichten. Inmiddels is de COVID-crisis wat naar de achtergrond verdwenen en kunnen we ons, mede door het feit dat aangepaste vaccins binnenkort beschikbaar zullen zijn, weer vol overgave storten op fysieke deelname aan een nieuw congresseizoen, waarbij de eerste bijeenkomsten (World Federation of Nuclear Medicine and Biology; American Society of Nuclear Cardiology) reeds zijn afgesloten en anderen (NVNG, EANM) in oktober zullen plaatsvinden. Prachtige mogelijkheden om elkaar weer te ontmoeten en mooie samenwerkingen te bewerkstelligen voor de toekomst. Tegelijkertijd dringt, mede ingegeven door de reeds gememoreerde hete zomer, de vraag zich op in hoeverre het voor diezelfde toekomst nog verantwoord is dergelijke ontmoetingen te organiseren. Want wat is de CO_2-voetafdruk van zo'n event?

Natuurlijk, elke vliegmaatschappij biedt tegenwoordig de mogelijkheid CO_2-compensatie af te kopen. De vraag is echter wel of deze moderne aflaathandel zijn doel bereikt of dat de compensatie een onderdeel is geworden van de bedrijfsvoering van de betreffende maatschappij. Daarnaast zijn er uiteraard nog legio andere factoren die bijdragen aan de CO_2-afdruk, bijvoorbeeld transportbewegingen van de cateraars en klimaatbehandeling van de grote congreszalen waarin de bijeenkomsten worden gefaciliteerd. Uiteraard is daar van alles op af te dingen, men moet immers thuis ook worden voorzien van eten en drinken - en wie heeft er tegenwoordig geen airco? -, maar desondanks is de indruk dat het voor de CO_2-uitstoot meest optimaal is om zo min mogelijk bijeenkomsten te organiseren.

Dat lijkt dan toch een brug te ver, want deze bijeenkomsten hebben wel degelijk zin. En, alles in perspectief plaatsend, de grootste problemen bevinden zich eigenlijk op andere vlakken. Tata Steel in IJmuiden, bijvoorbeeld, stoot per jaar 12,5 kiloton CO_2 uit. Eind augustus verscheen in de media het bericht dat Rusland per dag 4 miljoen kubieke m3 gas (!) affakkelt met een omgerekende CO_2-uitstoot van 7 kiloton. Maar, zoals een slogan van de overheid al in 1990 gold, geldt die nu nog steeds: "Een beter milieu…" Juist.

De COVID-crisis heeft natuurlijk wel laten zien dat virtuele of hybride bijeenkomsten ook een mogelijkheid zijn. Op korte termijn kan dit de massaliteit van de congressen beperken. Zojuist heeft de EANM ook de registratie voor virtuele bijwoning van het congres in Barcelona geopend. En dat is vooruitgang, misschien wel vooral omdat het bedrijven die ondersteunende communicatiemiddelen aanbieden, stimuleert te innoveren. Zou het geen mogelijkheid zijn om in 2030 een virtuele bijeenkomst te organiseren met behulp van VR-brillen? Of te werken met hologrammen? De mogelijkheden lijken eindeloos voor de visionairs (of dromers?) onder ons. Vooralsnog pakt het merendeel van de participanten nog vol goede moed het vliegtuig naar het volgende congres. Maar wel met een knagende, steeds groter wordende vliegschaamte.

Over toekomst gesproken: Julie Nonnekens zal in de voorliggende editie van het Tijdschrift een klein tipje van haar toekomst oplichten, nu zij kortgeleden een grote Europese grant heeft binnengehaald. Daarnaast wordt aandacht besteed aan de toekomst (en het verleden) van het stralingsonderwijs door middel van een interview met Manfred van der Vlies, verantwoordelijk voor het stralingshygiënisch onderwijs bij de Boerhaave Nascholing, en een collage van herinneringen aan het voorgaande onderwijs in 'Uit de Oude Doos'. Ook van stralingshygiënische aard is het artikel van Hendrikse et al, waarin het effect van een

nieuw uitvulsysteem op de persoonsdosis wordt onderzocht. Voorts is er een bespreking van de nieuwe richtlijn aangaande het gebruik van [^{18}F]FDG-PET/CT in de radiotherapie planning bij longcarcinomen door collega de Geus-Oei et al. Tot slot een samenvatting van de wetenschappelijke voorjaarsvergadering, een Dienst in de Kijker van de collega's uit het MUMC+ en een proefschriftsamenvatting van Steffie Peters. Wij wensen u veel leesplezier (in het vliegtuig of elders) met de digitale versie van het TvNG, en een zinvol en prettig congresseizoen!

Ben Bulten & ***Renato Valdés Olmos***

Bijschrift Coverfoto:
Stralingsdetectoren steeds waakzaam (foto: Wout Moerman)

Nieuwe "Joint EANM/SNMMI/ESTRO Practice Recommendations" beveelt [^{18}F]FDG-PET/CT aan voor radiotherapieplanning bij longkanker

Namens de complete richtlijnencommissie
Prof. L.F. de Geus-Oei, MD, PhD[1], J.A. Adam, MD[2], Prof. Y. Lievens, MD, PhD[3], W. van Elmpt, PhD[4], Prof. E.G.C. Troost, MD, PhD[5,6,7]
[1]Afdeling Radiologie, Leids Universitair Medisch Centrum, [2]Afdeling Radiologie en Nucleaire Geneeskunde, Amsterdam UMC, Locatie AMC, [3]Dienst Radiotherapie-Oncologie, Universitair Ziekenhuis Gent, Universiteit Gent, België, [4]Department of Radiation Oncology (Maastro), GROW School for Oncology, Maastricht University Medical Centre+, [5]Department of Radiotherapy and Radiation Oncology, Faculty of Medicine and University Hospital Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden, [6]OncoRay - National Center for Radiation Research in Oncology, Faculty of Medicine and University Hospital Carl Gustav Carus, Technische Universität Dresden, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden, [7]Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf, Institute of Radiooncology - OncoRay, Dresden, Germany.

In januari van dit jaar verscheen de *"Joint EANM/SNMMI/ESTRO Practice Recommendations for the Use of 2-[^{18}F]FDG-PET/CT External Beam Radiation Treatment Planning in Lung Cancer V1.0"*, waarin het gebruik van [^{18}F]-FDG-PET/CT-scans voor de planning van externe bestraling van longtumoren aanbevolen wordt. De Nederlandstalige experts die deelnamen aan deze internationale richtlijnencommissie lichten de totstandkoming en de belangrijkste aanbevelingen uit de richtlijn voor u toe.

Doel en doelgroepen

De richtlijn (1) is tot stand gekomen door samenwerking van experts vanuit de *European Association of Nucleair Medicine (EANM), de Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* (SNMMI), en de European Society for Radiotherapy and Oncology (ESTRO). Het doel van de richtlijn is het doen van aanbevelingen over hoe een [^{18}F]FDG-PET/CT - volgens de huidige stand van de wetenschap - het beste gemaakt, geanalyseerd en beoordeeld kan worden ten behoeve van radiotherapieplanning bij longtumoren. Ondanks het feit dat andere richtlijnen (van de NCCN, ESMO, ESTRO ACROP en EORTC) wel benoemen dat [^{18}F]FDG-PET/CT een cruciale rol speelt bij radiotherapie planning van longkanker, zowel voor bestraling van de primaire tumor als van de lymfeklier metastasen (2-7), is dit de eerste richtlijn die de formele afspraken over de inzet van [^{18}F]FDG-PET/CT bij de radiotherapieplanning van longtumoren zo uitgebreid en sterk onderbouwd beschrijft. Het is bovendien ook de eerste keer dat een dergelijke richtlijn tot stand kwam door de nauwe samenwerking van de betrokken Europese organisaties. Behalve voor nucleair geneeskundigen, radiologen, radiotherapeut oncologen, klinisch fysici en medisch beeldvormende en radiotherapeutische laboranten is de richtlijn belangrijk voor longartsen, omdat zij in Nederland doorgaans de casemanager of hoofdbehandelaar zijn.
In deze richtlijn wordt de rol van [^{18}F]FDG-PET/CT in de diagnostiek van (N)SCLC samengevat en wordt de toepassing bij selectief nodale radiotherapie besproken. Verder wordt aangegeven hoe men het doelgebied definieert en intekent, en wordt de rol van [^{18}F]FDG-PET/CT bij therapie response evaluatie besproken.

[^{18}F]FDG-PET/CT versus CT alleen

Een meta-analyse toonde aan dat het gebruik van PET/CT voor radiotherapieplanning leidt tot veranderingen in de definitie van het doelvolume in 36% van de gevallen en voorts tot switchen van een curatief naar een palliatief traject in 20% van de gevallen. [^{18}F]FDG- PET/CT ondersteunt zo de radiotherapie, al dan niet in combinatie met chemotherapie, bij stadium 1-3 longcarcinoom te optimaliseren en in geval van gevorderd stadium 4 kan de patiënt een overbodige behandeling bespaard blijven. PET/CT is hierbij nauwkeuriger dan CT alleen, wat leidt tot een betere patiëntselectie en stadiëring, waardoor het includeren van een [^{18}F]FDG-PET/CT ook resulteert in een kosten-effectiever beleid (8).
Aangetoond is dat tijdens de bestralingsvoorbereiding [^{18}F]FDG-PET/CT een verandering van 43% in definiëring van het doelgebied teweeg kan brengen bij niet-kleincellig longcarcinoom (NSCLC) en van 26% bij kleincellig longcarcinoom (SCLC) patiënten (9). Met name in geval van atelectase, mediastinale infiltratie of mediastinale klieraantasting kan een plannings-[^{18}F]FDG-PET/CT tot een verkleining van het GTV (*gross tumour volume*) leiden door een meer accurate

definitie van het doelgebied.
In dit kader heeft de gerandomiseerde multicenter PET-Plan-studie recent bevestigd dat [18F]FDG-PET/CT gebruikt kan worden om de primaire tumor en de te bestralen lymfeklieren accuraat te identificeren. Bovendien was de gemiddelde totale radiotherapiedosis in de PET/CT- groep significant hoger dan in de controlegroep; doses >68 Gy konden vaker bereikt worden (47% versus 33%), wat zich vertaalde in een lager risico op locoregionale progressie in de PET/CT-groep dan in de controlearm (14% versus 29%), zonder toename van toxiciteit (10).
Verder is gebleken dat [18F]FDG-PET/CT tijdens delineatie van de tumor en de klieren een hogere (inter- en intra-observer) reproduceerbaarheid te weeg brengt (11), wat de kwaliteit van de behandeling verder ten goede komt.
Om bovenstaande redenen is [18F]FDG-PET/CT een standaard bij het gebruik van selectieve nodale bestraling, zowel bij NSCLC als SCLC (12,13). Maar ook tijdens de opvolging speelt PET/CT een rol. Zodra de inflammatie post-irradiatie is afgenomen kan [18F]FDG-PET/CT tumorrecidief van fibrose na bestraling onderscheiden. Hierbij blijft patroonherkenning door een specialist echter van cruciaal belang. Tenslotte is aangetoond dat een [18F]FDG-PET/CT na radio(chemo)therapie niet alleen kan gebruikt worden voor response evaluatie, met detectie van residu of recidief ziekte, maar dat deze gegevens ook predictief zijn voor overall survival (14-16).

Punten van aandacht

Bij patiënten die inductiechemotherapie gehad hebben, moeten de lymfeklieren, die op de [18F]FDG-PET/CT-scan voorafgaand aan chemotherapie geïdentificeerd waren, meegenomen worden in het bestralingsveld, ook als deze [18F]FDG-negatief geworden zijn na chemotherapie. Een ander belangrijk advies is dat de plannings-PET/CT-scan niet ouder mag zijn dan drie weken, omdat de ziekte tussentijds progressie kan vertonen (6,7,11).
De richtlijn noemt ook een aantal valkuilen waarop men bedacht moet zijn. Er zijn verschillende redenen waarom lymfeklieren fout-positief of -negatief kunnen zijn op een PET-scan. Zo kunnen tumoren met een lage cellulaire dichtheid en lymfeklieren <1 cm negatief zijn op een PET-scan. Omgekeerd kunnen in geval van infectie of inflammatie (na operatie of bestraling) de lymfeklieren fout-positief uitvallen.

Aanbevelingen omtrent benodigd personeel, specifieke expertise, protocol, ademhalingscorrectie, kwaliteitscontroles, aanvraag, segmentatie technieken, interpretatie en verslaglegging

Het wordt aanbevolen professionals die getraind zijn in multimodale beeldvorming volgens interdisciplinaire trainingsprogramma's in te zetten (17). Verder wordt aanbevolen de *"FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0"* en het *"EANM Research Ltd (EARL©)"* accreditatie programma te volgen (18). Toediening van intraveneus contrast verbetert identificatie en delineatie van regionale lymfeklieren en bevordert delineatie van de primaire tumor en van de *organs at risk* op CT. I.v.m. correcte attenuatiecorrectie dient deze contrast enhanced CT na de [18F]FDG-PET/CT vervaardigd te worden. Een voorgeschiedenis van contrastallergie en een recente nierfunctie bepaling dient vooraf bekend te zijn. Voor radiotherapie planning hoort de PET/CT scanner toegerust te zijn met lasers voor exacte patiënt positionering en met een (voor radiotherapie *dedicated*) vlak scanbed met passende arm- en hoofdsteunen. Verder dient referentie inkt gebruikt te worden om exacte reproduceerbare uitlijning tijdens radiotherapie te kunnen waarborgen (17,19). Tevens moet de CT component gekalibreerd zijn en er dienen op reguliere basis kwaliteitscontroles plaats te vinden om de nauwkeurigheid van de radiotherapiedosisberekening te waarborgen.
Ademhalingscorrectiestrategieën zorgen voor verbetering van tumorlokalisatie, tumor intekening, kwantificatie (middels *standardized uptake value* (SUV) bepaling) en nauwkeurige bestraling (20).
Interdisciplinaire training en nauwe samenwerking tussen radiotherapeut oncologen, nucleair geneeskundigen, radiologen, laboranten (zowel medische beeldvormings- als bestralingsdeskundige laboranten) en klinisch fysici is vereist. In de richtlijn staat wat ieders verantwoordelijkheden zijn binnen het multidisciplinaire team. Gezamenlijke tumor definitie en delineatie door beeldvormend specialist en radiotherapeut-oncoloog verhoogt de kwaliteit en consistentie (figuur 1). Verschillende op PET gebaseerde tumor volume delineatie methoden worden in de richtlijn beschreven. Het afgelopen decennium is er veel ontwikkeling geweest op het gebied van semi-automatische algorithmen waarbij momenteel ook kunstmatige intelligentie ingezet wordt. Er zijn verschillende methoden: handmatige, *threshold-based*, *image processing-based* en *consensus-based* methoden (21). State-of-the-art autosegmentatie-algoritmen zijn gebaseerd op geavanceerde beeldanalyse en lijken accurater te zijn dan de handmatige methoden die gebruikmaken van drempelwaarden voor FDG-activiteit. Er is momenteel echter nog geen gevalideerde methode voor autosegmentatie, zodat deze vooralsnog altijd gesuperviseerd moet worden door een specialist. Vanwege de verschillende methoden om GTV te bepalen wordt geadviseerd per oncologisch instituut/behandeleenheid afspraken en instructies vast te leggen. Zo dient de te gebruiken delineatiemethode

vastgelegd te worden en indien van toepassing ook de gebruikte drempelwaarde. Bij voorkeur wordt per patiënt de delineatie geverifieerd door meer dan één persoon uit het multidisciplinaire team.
Interpretatie en verslaglegging dient gedaan te worden door een beeldvormend specialist met speciale expertise op het gebied van [^{18}F]FDG-PET/CT bij longkanker. Aangemoedigd wordt een standaardverslag-template voor deze indicatie te gebruiken, waarin het volgende wordt vastgelegd: relevante klinische informatie, vraagstelling, technische scandetails, radiotherapie houding, vergelijking met ander beeldvormend materiaal, beschrijving van de scan, beantwoording van de vraagstelling en eventuele adviezen met betrekking tot verdere follow-up.

Toekomstperspectieven

De nieuwe richtlijn moet gezien worden als een dynamisch document, want innovaties op dit gebied gaan razendsnel. Segmentatiemethoden worden steeds beter in de detectie van longlaesies en nauwkeuriger in tumordelineatie en er zijn ontwikkelingen op het gebied van de dosis afgifte. Ook lopen er meerdere klinische studies op het gebied van adaptieve radiotherapie waarbij het bestralingsveld gedurende de therapie wordt aangepast op geleide van imaging, omdat meerdere studies laten zien dat het metabool actieve volume op PET/CT verandert gedurende de radiotherapie. Dit maakt dat vroege therapieevaluatie, met name reeds tijdens de duur van de bestralingsbehandeling, van belang kan gaan worden (22).
PET/MRI kan mogelijk behulpzaam zijn bij thoraxwand infiltratie, superior sulcus tumoren en para spinale tumoren (23). Verder zou radiomics kunnen helpen om karakterisatie van laesies te optimaliseren (24) en zou het gebruik van andere tracers dan [^{18}F]FDG (zoals tracers die de mate van tumorhypoxie, tumorceldichtheid, proliferatie en vascularisatie kunnen visualiseren) ingezet kunnen worden om het biologisch gedrag van tumoren in kaart te brengen, wat mogelijk van belang zal worden bij de radiotherapeutische behandeling.

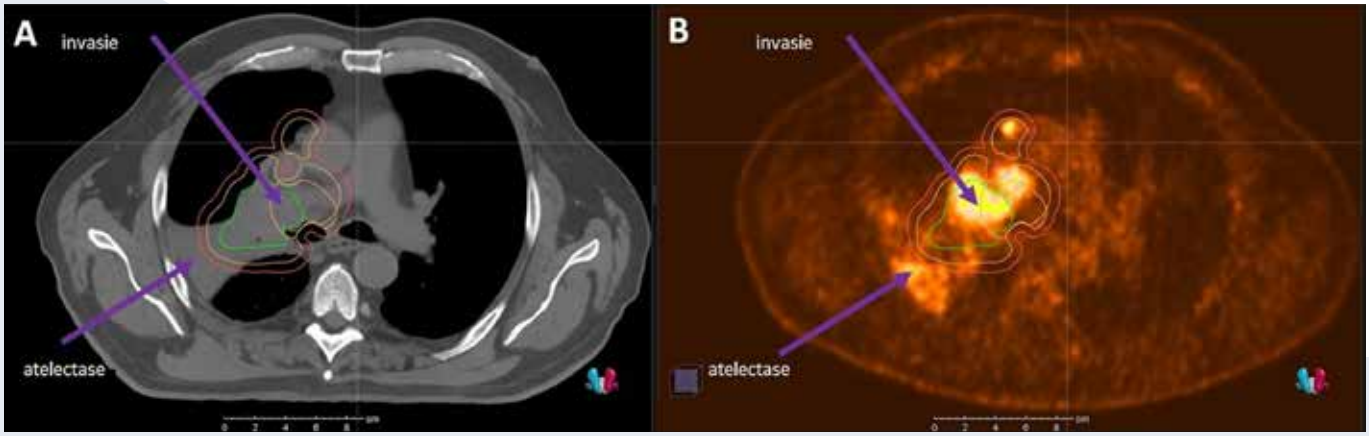
Conclusie

[^{18}F]FDG-PET/CT heeft een grote impact op patiëntmanagement bij radiotherapie planning van longkanker. De recent gepubliceerde gemeenschappelijke aanbevelingen van EANM, SNM en ESTRO voorzien in klinisch relevante en praktische informatie hieromtrent, gebaseerd op de laatste stand van de wetenschap. Verder belicht de richtlijn de huidige ontwikkelingen op dit gebied, welke mogelijk in de nabije toekomst geïmplementeerd zullen worden in de klinische praktijk. De richtlijn stimuleert een multidisciplinaire aanpak en een gepersonaliseerd behandeltraject.

l.f.de_geus-oei@lumc.nl ♦

Referenties

1. Vaz SC, Adam JA, Delgado Bolton RC, et al. Joint EANM/SNMMI/ESTRO practice recommendations for the use of 2-[18F]FDG PET/CT external beam radiation treatment planning in lung cancer V1.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2022;49:1386-406
2. Guckenberger M, Andratschke N, Dieckmann K, et al. ESTRO ACROP consensus guideline on implementation and practice of stereotactic body radiotherapy for peripherally located early



Figuur 1. [^{18}F]FDG-PET/CT scan ten behoeve van de bestralingsplanning bij een cT4N2M0 niet-kleincellig longcarcinoom (A: CT-scan zonder intraveneus contrastmiddel; B: [^{18}F]FDG-PET). Met behulp van de functionele informatie werd de mediastinale invasie zichtbaar. Verder werd de atelectase geïdentificeerd en deze niet in het bestraalde volume opgenomen (groen: GTV, oranje: CTV, rood: PTV).

stage non-small cell lung cancer. Radiother Oncol 2017;124:11-7
3. Ettinger DS, Wood DE, Aisner DL, et al. NCCN guidelines insights: non-small cell lung cancer, Version 2.2021. J Natl Compr Canc Netw 2021:19254-66
4. Postmus PE, Kerr KM, Oudkerk M, et al. Early and locally advanced non-small-cell lung cancer (NSCLC): ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. Ann Oncol 2017;28:iv1-iv21
5. Früh M, De Ruysscher D, Popat S, et al. Small-cell lung cancer (SCLC): ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. Ann Oncol 2013;24:vi99-vi105
6. Nestle U, De Ruysscher D, Ricardi U, et al. ESTRO ACROP guidelines for target volume definition in the treatment of locally advanced non-small cell lung cancer. Radiother Oncol 2018;127:1-5
7. Le Pechoux C, Faivre-Finn C, Ramella S, et al. ESTRO ACROP guidelines for target volume definition in the thoracic radiation treatment of small cell lung cancer. Radiother Oncol 2020;152:89-95
8. Søgaard, R., Fischer, B.M.B., Mortensen, J. et al. Preoperative staging of lung cancer with PET/CT: cost-effectiveness evaluation alongside a randomized controlled trial. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2011;38:802-9
9. Hallqvist A, Alverbratt C, Strandell A, et al. Positron emission tomography and computed tomographic imaging (PET/CT) for dose planning purposes of thoracic radiation with curative intent in lung cancer patients: a systematic review and meta-analysis. Radiother Oncol 2017;123:71-7
10. Nestle U, Schimek-Jasch T, Kremp s, et al. Imaging-based target volume reduction in chemoradiotherapy for locally advanced non-small-cell lung cancer (PET-Plan): a multicentre, open-label, randomised, controlled trial. Lancet Oncol 2020;21:581-92
11. Konert T, Vogel W, MacManus MP, et al. PET/CT imaging for target volume delineation in curative intent radiotherapy of non-small cell lung cancer: IAEA consensus report 2014. Radiother Oncol 2015;116:27-34
12. Li R, Yu L, Lin S, et al. Involved field radiotherapy (IFRT) versus elective nodal irradiation (ENI) for locally advanced non-small cell lung cancer: a meta-analysis of incidence of elective nodal failure (ENF). Radiat Oncol 2016;11:11124
13. van Loon J, De Ruysscher D, Wanders R, et al. Selective nodal irradiation on basis of (18)FDG-PET scans in limited-disease small-cell lung cancer: a prospective study. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2010:77329-36
14. Huang K, Dahele M, Senan S, et al. Radiographic changes after lung stereotactic ablative radiotherapy (SABR)–can we distinguish recurrence from fibrosis? A systematic review of the literature. Radiother Oncol 2012:102335-42
15. Kandathil A, Iii RCS, Subramaniam RM. Lung cancer recurrence: (18)F-FDG PET/CT in clinical practice. AJR Am J Roentgenol 2019;213:1136-44
16. Na F, Wang J, Li C, et al. Primary tumor standardized uptake value measured on F18-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography is of prediction value for survival and local control in non-small-cell lung cancer receiving radiotherapy: meta-analysis. J Thorac Oncol 2014;9:834-42
17. Berghmans T, Lievens Y, Aapro M, et al. European Cancer Organisation Essential Requirements for Quality Cancer Care (ERQCC): lung cancer. Lung Cancer 2020;150:221-39
18. Boellaard R, Delgado-Bolton R, Oyen WJG, et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2015;42:32854
19. De Ruysscher D, Faivre-Finn C, Moeller D, et al. European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) recommendations for planning and delivery of high-dose, high precision radiotherapy for lung cancer. Radiother Oncol 2017;124. 1241-10
20. Keall PJ, Mageras GS, Balter JM, et al. The management of respiratory motion in radiation oncology report of AAPM Task Group 76a). Med Phys 2006;33:3874-900
21. Hatt M, Lee JA, Schmidtlein CR, et al. Classification and evaluation strategies of auto-segmentation approaches for PET: report of AAPM task group No. 211. Med Phys 2017;44:e1–e42
22. Cremonesi M, Gilardi L, Ferrari ME, et al. Role of interim (18) F-FDG-PET/CT for the early prediction of clinical outcomes of Non-Small Cell Lung Cancer (NSCLC) during radiotherapy or chemoradiotherapy. A systematic review. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2017;44:1915-27
23. Schaarschmidt BM, Grueneisen J, Metzenmacher M, et al. Thoracic staging with (18)F-FDG PET/MR in non-small cell lung cancer - does it change therapeutic decisions in comparison to (18)F-FDG PET/CT? Eur Radiol 2017;27:681-8
24. Lovinfosse P, Janvary ZL, Coucke P, et al. FDG PET/CT texture analysis for predicting the outcome of lung cancer treated by stereotactic body radiation therapy. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2016;43:1453-60

Stralende toekomst

Interview met Dr. Julie Nonnekens, Erasmus MC Rotterdam

Dr. Julie Nonnekens (Helmond, 1985) heeft Biotechnologie gestudeerd aan de Wageningen Universiteit. Daaropvolgend is ze gepromoveerd op het gebied van DNA-schade mechanismen met toepassing in de kankerbiologie aan de Universiteit van Toulouse, Frankrijk. Hierna heeft ze één jaar als postdoc aan het Hubrecht Instituut in Utrecht gewerkt op het gebied van kankerbiologie en veroudering. Vervolgens is Julie als postdoc begonnen in het Erasmus MC Rotterdam waar ze een eigen onderzoekslijn heeft opgezet die een brugfunctie heeft tussen de afdelingen Moleculaire Genetica en Radiologie & Nucleaire Geneeskunde. Inmiddels is Julie assistant professor en leidt een succesvolle onderzoeksgroep met ruim 10 onderzoekers op het gebied van radiobiologie van radionuclidentherapie. In haar vrije tijd kookt ze graag (experiment dat je op kan eten), gaat ze wandelen met haar gezin of zit ze op de racefiets. Recent heeft ze een ERC (European Research Council) starting grant gekregen om dieper in het onderwerp van de radiobiologie van radionuclidentherapie te duiken.

De titel van je ERC starting grant is "Deciphering the radiobiology of targeted radionuclide therapy: from subcellular to intra-tumoral analyses". Kun je ons kort uitleggen welke onderzoeksvragen je in dit project wil gaan beantwoorden?

Het is een heel veelzijdig project waarin we met preklinische modellen verschillende stralingsbiologische processen van alfa- en bèta radionuclidentherapie in kaart gaan brengen, zoals DNA-schade inductie en reparatie, celdood en activatie van cellulaire pathways. Dit gecombineerd met experimenten naar heterogene therapie-effectiviteit (zowel in de cel als in de tumor) wordt weer geïmplementeerd in realistische dosimetrische modellen.

Dit is een vrij fundamenteel onderzoeksproject. Wat is het belang van jouw onderzoek voor het vakgebied van de nucleaire geneeskunde? Hoe kunnen jouw onderzoeksresultaten straks vertaald worden naar betere behandelingen voor patiënten?

Hoewel de radionuclidentherapie een steeds belangrijkere speler aan het worden is voor de behandeling van kanker, is er binnen de nucleaire geneeskunde momenteel nog een lacune op het gebied van directe vertaling van aanwezigheid van radioactiviteit (bv gezien op een post-therapie SPECT scan) naar therapeutische effectiviteit. Niet elke patiënt waarin opname gezien wordt in de laesies zal hetzelfde reageren, terwijl dat op basis van de dosis wel verwacht zou worden. Hiervoor zijn veel redenen te verzinnen (biologie is nou eenmaal heel complex), maar wat ook meespeelt is dat we veel

radiobiologische effecten (zoals effect van DNA-schade reparatie snelheid en heterogene distributie van de radionuclide) nog niet (volledig) meenemen in de dosisberekeningen en voorspellende modellen. In dit project gaan we bepalen welke factoren van belang zijn en welke niet, zodat we in de toekomst beter dosis kunnen vertalen naar effectiviteit. Het onderzoek wordt met cellen en diermodellen uitgevoerd, maar het is ons doel om op termijn ook de vertaalslag naar patiënten te maken.

Wordt er op nationaal en internationaal niveau ook onderzoek gedaan naar dit onderwerp en hoe werken jullie samen?

Toen ik een jaar of acht geleden in het vakgebied van nucleaire geneeskunde begon met het onderzoek naar radiobiologische processen, was er op dat gebied nog zeer weinig kennis en ook weinig laboratoria in de wereld die dit type onderzoek doen. Terwijl er voor externe bundel bestraling al jaar en dag gebruik wordt gemaakt van radiobiologische kennis om zo de therapie te verbeteren. Ik ben door mijn achtergrond in het gebied van DNA-schade mechanismen op het idee gekomen om de radiobiologische kennis binnen de nucleaire geneeskunde te vergroten. De laatste jaren zie je ook dat er meer laboratoria in de wereld zich gaan richten op dit onderwerp en komen er steeds meer vragen vanuit de kliniek om uit te gaan zoeken hoe de therapie op celniveau werkt, een heel mooie ontwikkeling. Binnen Europa weten we elkaar goed te vinden en ben ik betrokken bij een aantal relatief kleine samenwerkingen en we hebben recent met meerdere instituten en bedrijven ook een groter Nederlands consortium aanvraag ingestuurd. Mocht deze gehonoreerd worden, dan kan het radiobiologische onderzoek binnen de nucleaire geneeskunde in Nederland veel grotere vormen gaan aannemen. Internationaal ben ik één van de oprichters van de Europese werkgroep van radiobiologie van moleculaire radionuclidentherapie (www.mrtradiobiology.com) waarin we mensen met dezelfde interesse bij elkaar proberen te brengen met o.a. een tweejaarlijkse workshop. Aangezien we in een relatief jong vakgebied werken, valt er nog meer dan genoeg te ontdekken. De top van de ijsberg hebben we inmiddels ontdekt, maar dat is pas het begin!

Een ERC starting grant is een belangrijke mijlpaal in de carrière van een wetenschappelijk onderzoeker. Kun je uitleggen wat dit voor jou betekend?

Het hele proces van schrijven van de aanvraag tot honoreren duurt ruim negen maanden, maar toen ik dan eenmaal de brief met toekenning kreeg, stond de wereld even stil. Ik heb de brief wel tien keer gelezen voordat ik geloofde dat het gelukt was. Een ERC-beurs opent qua naam een hoop deuren en hierdoor krijg ik kansen om mezelf als onderzoeker verder te ontwikkelen door bijvoorbeeld deelname aan wetenschappelijke adviesraden. Maar het allerbelangrijkste is dat het een grote som geld is (1,75 miljoen euro) waarmee je een project echt goed van de grond kan krijgen. Met dit geld kunnen 4 nieuwe mensen samen 5 jaar de verschillende onderdelen van het project gaan uitvoeren. Denk hierbij aan moleculaire biologische experimenten, deep learning gedreven beeld analyse (zowel fluorescent als nucleair) en dosimetrie waar alles weer bij elkaar komt. Dit project zat al een aantal jaren in mijn hoofd als iets dat ik graag wilde gaan doen, maar nu kunnen we het ook echt gaan uitvoeren. Een droom die uitkomt!

Wat is jouw grootste uitdaging in dit project?

Ik denk dat de grootste uitdaging is om de verschillende disciplines goed met elkaar te kunnen verbinden. Dus dat er bijvoorbeeld aan de biologische kant relevante data gegenereerd wordt, dat vervolgens geschikt is voor dosimetrische berekeningen en dat de microscopie- en SPECT-beelden hier ook in verwerkt kunnen worden. Het blijkt soms een uitdaging te zijn om tussen disciplines in detail te praten op een niveau waarin voor iedereen de nuances duidelijk zijn. Daarom vind ik het ook zo mooi dat we dit als groot project kunnen gaan uitvoeren waarin steeds geschakeld kan worden tussen de verschillende mensen en vraagstukken.

Als we 5 jaar vooruitgaan in de tijd, en je kijkt terug. Wat hoop je dan bereikt te hebben met deze ERC starting grant? Waar zou je het meest trots op zijn?

Dan is de top van de ijsberg weer iets groter geworden! We hebben dan nieuwe basale radiobiologische kennis vergaard die mogelijk breed ingezet kan worden voor verschillende soorten radionuclidentherapie. Concreet hoop ik dat we optimalere dosimetrische modellen hebben kunnen ontwikkelen die we rond die tijd naar de kliniek kunnen gaan vertalen. Bijvoorbeeld voor het voorspellen van effectiviteit of om gepersonaliseerde therapie-schema's te maken (bijvoorbeeld variërend met soort radionuclide, dosis en/of timing van herindiening). Ik zou er ontzettend trots op zijn als de onderzoekers van dit project later verder gaan in het vakgebied zodat we meer en meer kennis kunnen gaan opdoen en we langzaam maar gestaag steeds meer kunnen bijdragen aan een verbeterde radionuclidentherapie. ♦

Onderwijs Stralingsbescherming voor nucleair radiologen in opleiding aangepast

Interview met Manfred van der Vlies

In het gevolg van de fusie van de opleidingen nucleaire geneeskunde en radiologie is het onderwijs Stralingsbescherming herzien en volledig gericht op differentianten nucleaire radiologie. Klinisch fysicus Manfred van der Vlies legt als opleidingsverantwoordelijke in deze editie van het TvNG uit hoe en waarom de Boerhave Nascholing van het LUMC, een van de erkende opleidingsinstellingen in Nederland, het onderwijs stralingsbescherming heeft aangepast.

Hoe groot zijn de verschillen in de opleidingen stralingsbescherming voor voor AIOS nucleaire radiologie in vergelijking met het voormalige cursorische onderwijs voor nucleair geneeskundigen?

De verschillen zijn behoorlijk groot. De opleiding stralingsbescherming voor nucleair radiologen bestaat formeel sinds 2016. Daarvoor moesten nucleair geneeskundigen de niveau 3 opleiding volgen. De oudere generatie nucleair geneeskundigen heeft zelfs nog een 'C-diploma' op zak. De niveau 3 opleiding was eigenlijk bedoeld voor stralingsbeschermingsdeskundigen, dus voor mensen met een toezichthoudende taak, en niet voor medici. Omdat er voor 2016 binnen het wettelijk vastgelegde stelsel van stralingsbeschermingsopleidingen geen andere mogelijkheden waren, was de niveau 3 opleiding voor nucleair geneeskundigen de beste optie. Ik ken nucleair geneeskundigen die met plezier terugdenken aan het volgen van de niveau 3 opleiding in een bont gezelschap van bijvoorbeeld brandweerlieden, mensen uit de olie- en gasindustrie, uit het leger en 'die-hard' fysici. Veel nucleair geneeskundigen vonden het ook leuk om met diepgaande en ingewikkelde fysica bezig te zijn, maar anderen vonden het moeilijk en stelden terecht de vraag "Wat moet ik hier mee in mijn klinische praktijk"?
Hoewel de Gezondheidsraad al in 2008 adviseerde om een onderscheid te maken tussen opleidingen voor stralingsbeschermingsdeskundigen, die verantwoordelijk zijn voor beschermingsmaatregelen en voor straling hygiënisch gekwalificeerde beroepsbeoefenaren, die in hun eigen beroep veilig moeten kunnen werken met straling - zelf noem ik ze 'toezichthouders' en 'gebruikers' - heeft het dus tot 2016 geduurd voor dit van de grond is gekomen.
De motor was natuurlijk de invoering van het gezamenlijke curriculum voor de opleiding radiologie en nucleaire geneeskunde (die andere CORONA). Samen met de CORONA werkgroep van de NVNG en NVvR heeft mijn voorganger, Simon van Dullemen de eindtermen voor de opleiding opgesteld en die waren dus behoorlijk anders dan voor niveau 3. Daarna heeft Simon de opleidingen opgezet. In 2016 is de eerste stralingsbeschermingsopleiding voor radiologen gegeven, die ook nucleair radiologen moeten volgen als onderdeel van de brede basisopleiding ('common trunk') voor radiologen. Toen in 2018 de differentianten nucleaire radiologie verschenen, is de eerste opleiding stralingsbescherming voor nucleair radiologen gegeven.

In het nieuwe curriculum worden de onderwerpen van het stralingsonderwijs voor nucleair geneeskundigen gecombineerd met die van het stralingsonderwijs voor radiologen? Of komt er een compleet nieuw concept?

De opzet van de stralingsbeschermingsopleidingen volgt de CORONA opleiding.
Alle radiologen moeten een basisopleiding stralingsbescherming volgen, Stralingsbescherming voor Radiologen. De differentianten nucleaire radiologie moeten daarna een aanvullende opleiding doen, Stralingsbescherming voor Nucleair Radiologen. Omdat alle radiologen na hun opleiding bevoegd zijn om geprotocolleerde nucleaire diagnostiek uit te voeren, wordt daar in de basisopleiding stralingsbescherming aandacht aan besteed. Nucleair radiologen houden zich niet alleen bezig met complexere nucleaire diagnostiek, maar doen

natuurlijk ook therapie. Daar gaat het dan dus ook over in hun aanvullende stralingsbeschermingsopleiding. Daarnaast vinden we het belangrijk dat onderwerpen aan de orde komen die veel afwijken van de reguliere radiologie, zoals de logistiek rondom patiënt en radioactieve stoffen op de afdeling en de productie van radioactieve stoffen en radiofarmaca.

Wordt het nieuwe onderwijs als een blok/ module gegeven, of wordt het verdeeld over de gehele onderwijsperiode?

De basisopleiding Stralingsbescherming voor Radiologen bestaat uit een voorstudie van ongeveer een week, een practicum van twee dagen en een collegeweek. De collegeweek vindt eind september plaats, de twee practicumdagen in de weken ervoor. Het studiemateriaal wordt eind juli uitgereikt, dus de deelnemers moeten de maand augustus gebruiken voor de voorstudie.

De volgorde van de voorstudie, het practicum en de collegeweek is anders dan bij de eerste opleidingen van radiologen. We begonnen toen met twee collegeweken, waar de deelnemers geen voorbereiding voor deden. Daarna kwam het practicum. Deelnemers gaven aan dat ze in de collegeweken te veel informatie te verwerken kregen, die nieuw voor ze was en niet aansloot op hun belevingswereld. Pas bij het practicum 'vielen de kwartjes'. Eerst zelf het lesmateriaal bestuderen, daarna het practicum en tenslotte de colleges bleek een verandering die overwegend positief werd gevonden.

De vervolgopleiding Stralingsbescherming voor Nucleair Radiologen bestaat ook uit een voorstudie, maar die is vooral bedoeld om de kennis uit de basisopleiding op te halen. Daarna volgt weer een collegeweek. De laatste dag van die week is trouwens niet echt een collegedag. De deelnemers doen dan een oefening voor de opvang van radioactief besmette slachtoffers op de SEH en brengen een bezoek aan GE Healthcare in Eindhoven om iets te zien over de productie van radiofarmaca.

Wat bij beide opleidingen ook hielp is dat we in de collegeweken meer activerende onderwijsvormen zijn gaan gebruiken en herkenbare onderwerpen aansnijden. We toetsen de kennis die is opgedaan tijdens de voorstudie met werkcolleges en houden casuïstiekbesprekingen waarbij zich een probleem op het gebied van de stralingsbescherming voordoet. In beide opleidingen mag een beperkt aantal deelnemers ook zelf een casus of een literatuurstudie presenteren. Daar kunnen ze dan een extra punt voor het examen mee verdienen. Sommige deelnemers maken dankbaar gebruik van deze mogelijkheid en het levert goede en levendige discussies op.

We hebben dus grote stappen gezet, maar we zijn er nog niet. Het voorstudiemateriaal bestaat voornamelijk uit een syllabus en literatuur en het is voor de deelnemers een behoorlijke inspanning om daar doorheen te komen. De kritiek die we daarom krijgen is terecht en we gaan kijken of we ander materiaal kunnen ontwikkelen, bijvoorbeeld e-learnings met activerende onderdelen. Maar dat vraagt nog even tijd.

In hoeverre richt de opleiding zich meer dan het voormalige cursorische onderwijs op de nucleaire geneeskunde?

Nadat ik Simon van Dullemen in 2020 was opgevolgd als verantwoordelijke voor de opleidingen, viel me op dat de opleidingen weliswaar heel anders waren dan de niveau 3 opleiding, maar dat het accent nog te veel lag op de bescherming van degene die met de stralingsbronnen werkt en te weinig op de bescherming van de patiënt. Er was bijvoorbeeld veel aandacht voor de biokinetische modellen van inwendige besmetting van werknemers, maar nauwelijks voor de biokinetische modellen van patiënten. Of de werking van dosistempo- of besmettingsmonitoren werd uitgebreid besproken, maar de gammacamera kwam nauwelijks aan de orde. Ik heb de accenten de afgelopen twee jaar omgedraaid met steeds de vraag in het achterhoofd "Wat is belangrijk voor de klinische praktijk van de nucleair radioloog?". Dan ga je het onderwerp 'stralingsbronnen' veel meer toespitsen op SPECT en PET bronnen of ga je stralingsinteractie ook gebruiken om beeldvorming of therapeutische effecten te verklaren. Je gaat minder aandacht besteden aan radioactieve besmetting van medewerkers en meer aan paravasale toedieningen. En je gaat onderwerpen als klinische dosimetrie en radiobiologie als basis voor radionuclidentherapie toevoegen.

We maakten in het verleden al veel gebruik van gastdocenten, maar bij het verleggen van het accent naar de patiënt, zijn we die meer gaan zoeken in de kliniek en minder in de 'stralingsbeschermingswereld'. We hebben inmiddels een behoorlijke pool van enthousiaste nucleair geneeskundigen, radiologen en klinisch fysici van wie ik zelf ook veel kan leren.

Die oefening voor de opvang van radioactief besmette slachtoffers op de SEH die ik eerder noemde, is door Simon van Dullemen aan de vervolgopleiding voor nucleair radiologen toegevoegd. De deelnemers worden dan geconfronteerd met de komst een radioactief besmet slachtoffer op de SEH, door bijvoorbeeld een ongeluk van een transportauto met radioactieve stoffen. Een niet erg waarschijnlijk scenario, maar als het gebeurt, dan zal de SEH-arts natuurlijk de nucleair geneeskundige bellen. Deze oefening wordt gegeven door Arjen Becht, klinisch fysicus in de

Gelre Ziekenhuizen, die dat erg leuk doet. De deelnemers moeten dan plotseling slagvaardig optreden en worden zo even uit hun comfort zone gehaald

Praktijk gebonden aspecten zoals bouw van loodkastelen, veegproeven, behandeling van radioactieve contaminaties e.a. gegrift in het geheugen van vele nucleair geneeskundigen. Worden deze aspecten aangepast in het stralingsonderwijs nieuwe stijl? Of worden ze beschouwd als historisch materiaal?

Ha, ha, dat vond ik ook erg leuk aan de niveau 3 opleiding die ik heb gedaan. Zoals gezegd wordt in de basisopleiding voor radiologen een practicum gegeven van twee dagen. Daarin zitten nog veel van dezelfde proeven in die tijdens de niveau 3 opleiding werden uitgevoerd. Het leerdoel van de proeven is echter veranderd. In het verleden ging het meer om het verwerven van vaardigheden die je als toezichthoudend stralingsbeschermingsdeskundige nodig hebt. Het gaat nu meer om het verkrijgen van inzicht in de fysica van de stralingsbescherming. Zo zien de deelnemers nog steeds dat Tc-99m makkelijker af te schermen is met lood dan I-131. Het leerdoel is nu niet meer dat ze die afscherming moeten kunnen berekenen of ontwerpen, maar dat ze dat kunnen verklaren op grond van de interactie van de uitgezonden straling van beide nucliden met het lood. Op dat moment vallen dus de eerdergenoemde kwartjes.

Het verband tussen radioactiviteit en resulterende stralingsdosis werd in het oud niveau 3 onderwijs geleerd door sommen te maken. Worden er nu nog sommen gemaakt?

Er worden nog wel sommen gemaakt, maar heel weinig in vergelijking met niveau 3. Voor ingewikkelde afschermings- of besmettingsberekeningen bel je de stralingsbeschermingsdeskundige, voor ingewikkelde patiëntdosisberekeningen bel je de klinisch fysicus, is onze boodschap. Eenvoudige berekeningen, die in de klinische praktijk van pas komen, moeten de deelnemers nog wel kunnen maken. Zo is het best handig om even snel een dosisschatting te kunnen maken met behulp van een dosisconversiefactor uit de Procedure Guidelines, als een aanvrager opbelt vanwege een bezorgde patiënt, of dat je snel kunt berekenen hoeveel [^{18}F]FDG nog beschikbaar is, als, een patiënt laat weten dat hij een paar uur later komt voor het onderzoek. Het soort berekeningen dus, die je op de achterkant van een sigarendoos kunt maken.
Ik vind het wel grappig om te merken hoe de AIOS nucleaire radiologie hier op reageren. "Volgens mijn opleider zou ik hele moeilijke sommen gaan maken, maar dit valt reuze mee", zeggen ze dan. Soms zijn ze dan zelfs een beetje teleurgesteld.

Alle nucleair geneeskundigen zijn in het bezit van een niveau 3 stralingsbescherming accreditatie. Met welk diploma gaat de nucleair radioloog naar huis en hoe verhoudt zich dat tot de niveau 3 aantekening?

Ondanks de grote verschillen tussen de niveau 3 opleiding en de opleiding Stralingsbescherming voor Nucleair Radiologen zijn de diploma's van de opleidingen gelijkwaardig voor de registratie van nucleair geneeskundigen en nucleair radiologen. Nucleair radiologen moeten natuurlijk ook het diploma van de basisopleiding Stralingsbescherming voor Radiologen hebben, maar zonder dat diploma worden ze sowieso niet toegelaten tot de vervolgopleiding voor nucleair radiologen.
Er bestaat nog steeds een groep radiologen die in het verleden de toen verplichte niveau 3M opleiding heeft gedaan. Zij zijn met dat diploma niet bevoegd om geprotocolleerde nucleaire diagnostiek uit te voeren, omdat radioactieve stoffen geen onderdeel waren van de niveau 3M opleiding. Met de NVNG en NVvR is afgesproken dat deze radiologen de 'nucleaire onderdelen' van de basisopleiding Stralingsbescherming voor Radiologen bij ons kunnen volgen. Ze krijgen dan weliswaar geen erkend diploma, maar een certificaat dat samen met het 3M diploma bevoegdheid geeft.

Hoeveel aandacht is er voor risicoperceptie en -communicatie?

Leuk dat je dat vraagt. Ik ben één van de auteurs van de vorig jaar uitgekomen richtlijn Beeldvorming met Ioniserende Straling, waarin een aparte module over risicocommunicatie is opgenomen. Het zal je dan niet verbazen dat deze richtlijn tot de leerstof van de opleiding behoort. Er is in de stralingsbescherming al enige tijd belangstelling voor risicoperceptie en -communicatie, maar voor de situatie in ziekenhuizen bestond nog niets concreets.
Uit de literatuurstudie voor de richtlijn bleek tot mijn verrassing dat mensen helemaal niet zo bang zijn als ze een onderzoek krijgen met straling. Toen ik daarover nadacht klopte dat wel met mijn ervaring: Mensen willen niet naast een kerncentrale wonen, maar vragen wel aan de huisarts om een CT scan. Dat wordt anders als het om zwangere vrouwen of kinderen gaat. Dan kunnen patiënten, of hun verzorgers juist angstig zijn. De richtlijn geeft verklaringen voor dit gedrag en handvatten hoe je als arts hiermee om kunt gaan. We vinden het belangrijk dat de deelnemers aan de opleiding dit meekrijgen.

Voor zover wij weten zijn er zes erkende opleidingsinstellingen in Nederland die het stralingsonderwijs voor nucleair geneeskundigen hebben gegeven. Worden de aanpassingen voor het stralingsonderwijs nieuwe stijl van de Boerhave Nascholing gecoördineerd met de andere instellingen?
Daar raak je een gevoelig punt. Aanbieders van stralingsbeschermingsopleidingen zijn marktpartijen, dus concurrenten van elkaar. Er is wel landelijk overleg tussen de opleidingsverantwoordelijken van verschillende instituten, in het zogenoemde College van Opleiders. Daar wordt ook over de opzet en inhoud van bepaalde opleidingen gesproken, maar iedereen is zich ervan bewust dat men met de concurrent praat. Dat neemt niet weg dat de overleggen altijd in een prettige sfeer verlopen en dat we soms ook wel gevoelige informatie delen. We zijn dus meer "concullega's" van elkaar.
Eigenlijk is voor de aanpassingen van de opleidingen input vanuit de klinische praktijk veel belangrijker voor ons. Dat hebben we onder andere geregeld door een begeleidingscommissie in te stellen. Daarin zit bijvoorbeeld Maartje van Rijk, nucleair geneeskundige in het Radboud UMC. Maartje verzorgt samen met Pepijn van Horssen, klinisch fysicus in het Meander MC de "nucleaire dag" tijdens de basisopleiding van de radiologen. Die dag wordt altijd erg goed beoordeeld door de deelnemers. Bovendien heeft Maartje in de CORONA werkgroep gezeten, dus ze weet wat er speelt.
In de commissie evalueren we de gegeven opleidingen en bespreken we aanpassingen.
Overigens is Boerhaave Nascholing de enige aanbieder van de opleidingen Stralingsbescherming voor Radiologen en Stralingsbescherming voor Nucleair Radiologen. We pretenderen natuurlijk dat we andere potentiële aanbieders weghouden door de hoge kwaliteit van de opleidingen. Maar zeker in het geval van de vervolgopleiding voor nucleair radiologen zal de kwaliteit niet de reden zijn van onze monopoliepositie. Het zal eerder zo zijn dat het aantal differentianten nucleaire radiologie zo klein is, dat het voor andere opleidingsinstituten niet de moeite is om deze opleiding op te zetten. Eerlijk gezegd kost het ons ook moeite om de vervolgopleiding betaalbaar te houden en tegelijkertijd vaak genoeg aan te bieden.
Natuurlijk is het feit dat de markt te klein is voor concurrentie geen reden voor ons om achterover te leunen. Persoonlijk vind ik de klinische fysica en de stralingsbescherming in de nucleaire geneeskunde al jaren zeer boeiend. Ik heb de opkomst van PET in Nederland meegemaakt en ook nu staan we met de ontwikkeling van theranostics voor nieuwe uitdagingen, die ik graag in de opleiding meeneem. Daarnaast heeft het LUMC een lange geschiedenis op het gebied van stralingsbeschermingsopleidingen en altijd een voortrekkersrol gehad. We hebben dus een naam hoog te houden.♦

Dosisreductie door implementatie van het automatisch uitvul- en toedieningssysteem op de ontvangen stralingsdosis van medisch nucleair werkers

E. Hendrikse, W. Huisman, J. Medema, P.H. Elsinga, MD, PhD, A.T.M. Willemsen, PhD
Afdeling Nucleaire Geneeskunde en Moleculaire Beeldvorming, Universitair Medisch Centrum Groningen

Abstract

Introduction: Over the last years the number of PET procedures in the department of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (NGMB) of the University Medical Center Groningen (UMCG) has risen. The dose report of Mirion Dosimetry Services reported an increasing whole-body and extremity dose of personnel as a possible result of the increasing number of procedures. Shielded automated dispensing and infusion devices by Tema Sinergy have recently been introduced. Unlike manual preparation and injection, these automatic devices offer the technicians more protection against radiation exposure and allow them to keep more distance during the procedures.
Aim: The aim of the study was to evaluate the effect of an automatic syringe dispensing and injection system on the whole-body and extremity dose of technicians compared to manual dispensing and injection.
Methods: The whole-body and extremity dose per four weeks (one period) for all personnel working at the PET were measured with ring and badge dosimeters and compared between four periods of manual (12-08-2019 to 08-12-2019) and four periods of automatic (16-08-2021 to 5-12-2021) dispensing and injection.
Results: The mean whole-body dose rate was not significant different between the periods of automatic and manual dispensing and injection (p=0,236). However the extremity dose rate reduced from 35,72 ± 39,84 µSv/h to 9,97 ± 8,97 µSv/h (p<0,001).
Conclusion: The use of an automatic syringe dispensing and injection system resulted in a 72,1 ± 40,8% reduction of the extremity dose. At the same time the whole-body dose did not change. Additional investments are needed to further reduce the whole-body dose for technicians.

Introductie

De laatste jaren is de populariteit van de Positron Emissie Tomografie (PET) als nucleair beeldvormend onderzoek sterk toegenomen, met name door de introductie van nieuwe radiofarmaca en verbeterde scantechnologieën (1). Vanuit het elektronisch patiëntendossier van de afdeling Nucleaire Geneeskunde & Moleculaire Beeldvorming (NGMB) van het Universitair Medisch Centrum te Groningen (UMCG) is in de afgelopen jaren een forse stijging van het aantal PET verrichtingen te zien. Dit heeft bij een gelijkblijvende dosering negatieve gevolgen op de ontvangen stralingsdosis van medisch nucleair werkers (MNW'ers). Het dosisrapport van Mirion Dosimetry Services rapporteerde een stijging van de cumulatieve lichaams- en vingerdosis op de afdeling NGMB. Van 2015 t/m 2019 is de cumulatieve lichaams- en vingerdosis met 34 en respectievelijk 41% toegenomen. In het kader van het As Low As Reasonably Achievable (ALARA) principe blijft dosisreductie een belangrijk aandachtspunt. Vanuit verschillende analyses komt naar voren dat een handeling dicht bij de bron, zoals uitvullen of toedienen, een grote bijdrage levert aan de ontvangen stralingsdosis van de MNW'ers (2-4).

Op de afdeling NGMB werd voorheen de radioactieve dosis handmatig uitgevuld en toegediend aan de patiënt. Omdat de handelingen met de hand werden uitgevoerd, was afstand houden moeilijk. Daarnaast bevonden de handen zich gedurende een langere tijd dicht bij de bron, waardoor de extremiteitendosis hoog kon oplopen (5). In mei 2021 is de afdeling overgegaan op twee systemen van Tema Singergie. Voor het automatisch uitvullen wordt een µDDS-A-systeem gebruikt en voor het automatisch toedienen het Rad-inject-systeem. Hierbij wordt de juiste hoeveelheid activiteit per patiënt automatisch door de µDDS-A uitgevuld. Vervolgens wordt met behulp van het Rad-inject systeem de activiteit geautomatiseerd

bij de patiënt toegediend. De automatische systemen bieden de MNW'ers meer bescherming en maken het mogelijk meer afstand te houden tijdens de procedures, waardoor met name een voordeel beoogd wordt voor de dosis op de vingers. Eerdere studies hebben aangetoond dat het toepassen van een automatisch uitvul- en toedieningssysteem leidt tot een verlaging van de lichaams- en extremiteitendosis van de medewerkers (6,7).

In dit onderzoek wordt de ontvangen dosis van MNW'ers geëvalueerd voor en na de introductie van het Tema automatisch uitvul- en toedieningssysteem. Het doel van de studie is om te bepalen wat het effect van het automatisch uitvullen en toedienen is op de lichaams- en extremiteitendosis van MNW'ers in vergelijking met het handmatig uitvullen en toedienen.

Methode

Studiedesign

Voor het uitvoeren van het onderzoek is gekozen voor een retrospectief observationeel vergelijkend onderzoeksdesign. Bestaande gegevens van het handmatig en automatisch uitvullen en toedienen zijn verzameld en met elkaar vergeleken. Om de leercurve te vermijden zijn drie maanden na implementatie van het automatisch uitvullen alle tot dan toe verkrijgbare gegevens met betrekking tot het automatisch uitvullen en toedienen verzameld. Dit waren vier periodes, van in totaal zestien weken. Voor de gegevens van het handmatig uitvullen en toedienen is een vergelijkbare tijdsinterval gekozen. Van 12-08-2019 t/m 08-12-2019 zijn de gegevens van het handmatig uitvullen en toedienen verzameld en van 16-08-2021 t/m 5-12-2021 zijn de gegevens van het automatisch uitvullen en toedienen verzameld (figuur 1).

Onderzoekspopulatie

Het onderzoek vond plaats in het UMCG op de afdeling NGMB. De dosisuitslagen van MNW'ers, die als representatief konden worden beschouwd voor de werkzaamheden die werden uitgevoerd tijdens de periodes van het automatisch en handmatig uitvullen en toedienen, werden verzameld. Hiervoor zijn de volgende in- en exclusiecriteria opgesteld:

Inclusiecriteria:

- Volwassen mannen en vrouwen > 18 jaar
- Deed uitvul- en/of toedieningswerkzaamheden met PET-radiofarmaca voor minimaal drie maanden.
- Is getraind door PI-Medical voor het gebruik van de Rad-inject en µDDS-A systemen of zijn via het train-de-trainer principe opgeleid.

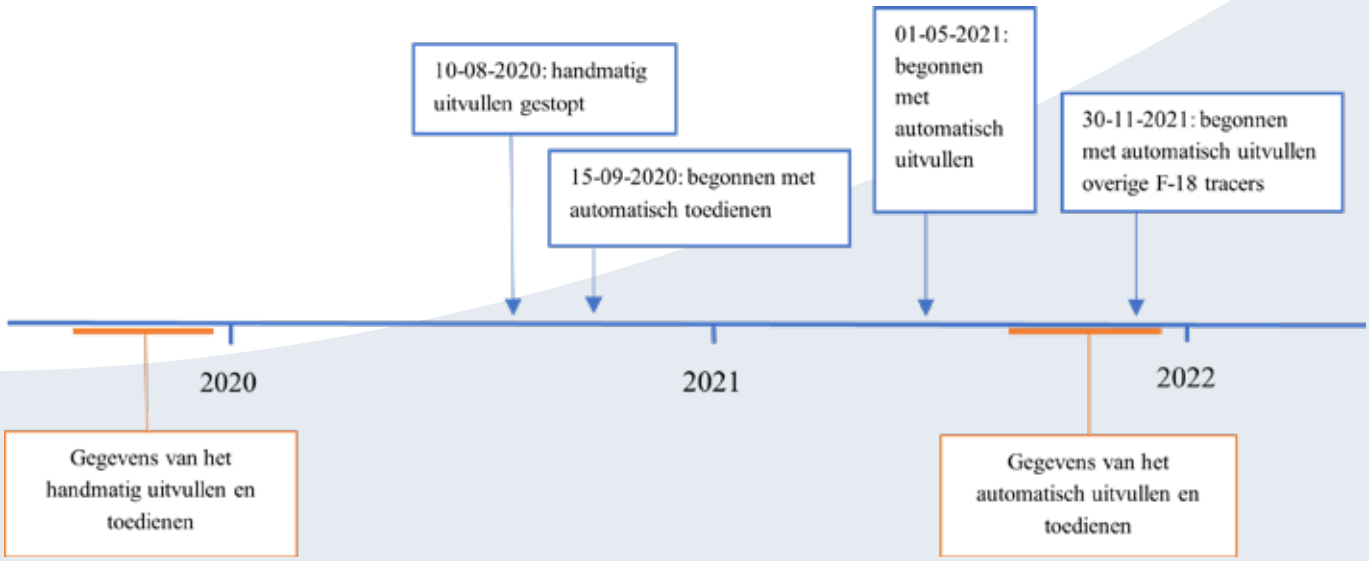
Exclusiecriteria:

- Deed werkzaamheden op de interventieradiologie.

Uitvullen en toedienen

Handmatig uitvullen

Het handmatig uitvullen werd gedaan in een gevalideerde LAF-kast. Hierin bevond zich achter een loodkasteel een loodpot met vial en de dosiscalibrator. De MNW'er bevestigde in de LAF-kast een naald op de 10 ml spuit. Door het gat in de



Figuur 1. Tijdlijn van de periodes waarin de gegevens zijn verzameld.

loodpot werd met de onafgeschermde spuit handmatig activiteit uit de vial opgetrokken. De spuit werd vervolgens in de dosiscalibrator gedaan en indien nodig werd het volume aangepast. Het volume werd aangevuld met NaCl uit een ampul, waarna deze handmatig werd ontlucht en in de dosiscalibrator werd gedaan voor definitieve meting. Tot slot werd een wolfraam huls om de spuit bevestigd en in een loodhouder geplaatst. De MNW'er bevond zich tijdens het uitvullen achter loodglas. De handen bevonden zich gedurende de handeling bij de onbeschermde spuit. De spuit werd in ongeveer twee minuten uitgevuld.

Handmatig toedienen
De loodhouder met spuit werd op de toedientafel naast de patiënt gezet. De MNW'er verwijderde de naald van de spuit en koppelde het infuussysteem aan. De spuit werd vervolgens handmatig bij de patiënt toegediend, waarbij één keer werd geflushed. Het toedienen duurde ongeveer twee minuten, waarna het infuussysteem werd afgekoppeld en de naald terug op de spuit werd bevestigd.

Figuur 2. De µDDS-A van Tema Sinergie.

Automatisch uitvullen
De µDDS-A van Tema Sinergie is een geautomatiseerd uitvulsysteem, bestaande uit een afgeschermde container voor de mother vial, NaCl houder, peristaltische pomp, een plaat voor installatie van een disposable kit, lift en dosiscalibrator (figuur 2).De spuit met wolfraam huls werd in de lift geplaatst en het slangetje van de disposable kit werd op de spuit aangesloten. De µDDS-A vulde de spuit in vijf minuten uit. Vervolgens werd de spuit met wolfraam huls losgekoppeld en de open uiteinden met dopjes afgesloten. De spuit werd tot slot in een loodkistje gedaan voor vervoer. De MNW'er bevond zich tijdens het bevestigen en loskoppelen van de spuit achter loodglas, waarbij de handen dicht bij de afschermde spuit waren. Tijdens het uitvullen nam de MNW'er twee meter afstand van het loodglas.

Automatisch toedienen
Het Rad-inject systeem van Tema Sinergie is vooraf geprogrammeerd. De tracer (met een volume van maximaal 11ml) wordt in vier minuten automatisch toegediend en twee keer geflushed. De MNW'er bevestigde de spuit met wolfraam huls in de loodhouder aan de wand. De spuit werd op het infuussysteem aangesloten en de stamper werd vervangen door het Rad-inject systeem. Vervolgens werd de toediening gestart, waarna de MNW'er de ruimte verliet. Na injectie werd de spuit afgekoppeld en de open uiteinden met dopjes afgesloten.

Meetinstrumenten
Blootgestelde medewerkers van de afdeling NGMB dienen een persoonlijk dosiscontrolemiddel te dragen, in de vorm van een badge en een ring. De persoonsdosimetrie werd om de vier weken gerapporteerd in de vorm van een dosisrapport door Mirion Dosimetry Services. De badge en ring dosismeters werden de gehele werkdag door de MNW'ers gedragen, zowel tijdens de verrichtingen op de PET als op de SPECT. De dosismeter in de vorm van een badge, bevestigd op de borst, werd gebruikt om het persoonsdosisequivalent op een diepte van 10 mm in zacht weefsel vast te stellen ($H_p(10)$). Deze grootheid is en goede benadering van de ontvangen lichaamsdosis (8). Voor de extremiteitendosis werd gebruik gemaakt van een ringdosismeter. De dosismeter wordt gebruikt voor het vaststellen van $H_p(0,07)$, het persoonsdosisequivalent op een diepte van 0,07 mm in zacht weefsel, welke een goede indicatie geeft van de extremiteitendosis (9).

Uitkomstmaten en variabelen
De primaire uitkomstmaten zijn de ontvangen lichaams- en extremiteitendosis, uitgedrukt in millisievert (mSv). De dosis werd bepaald over vier weken (één periode). In totaal werden vier periodes aan data verzameld. Daarnaast werden een aantal variabelen verzameld die invloed hadden op de ontvangen dosis van de MNW'ers. Dit zijn het aantal gewerkte uren, de hoeveelheid uitgevoerde onderzoeken en de totaal bereide dosis.

Data-analyse
Voor het uitvoeren van de data-analyse is gebruik gemaakt van IBM® SPSS® Statistics (version 27). Een p-waarde van <0,05 werd beschouwd als statistisch significant. Continue variabelen zijn weergegeven in gemiddelden (±) en standaarddeviaties (SD). Numerieke variabelen in percentages. Om te kijken of de periodes overeenkwamen is gekeken naar het aantal onderzoeken die zijn uitgevoerd en de gemiddelde bereide dosis per onderzoek. Daarnaast is voor de ontvangen lichaams- en extremiteitendosis het dosistempo berekend in µSv/h, om zodoende te corrigeren voor het aantal gewerkte uren.

De dosisopbrengsten zijn grafisch weergegeven met behulp van boxplots. Daarnaast is de ongepaarde t-test toegepast bij normaal verdeelde data om de lichaams- en extremiteitendosis tussen de twee uitvul- en toediensystemen met elkaar te vergelijken.

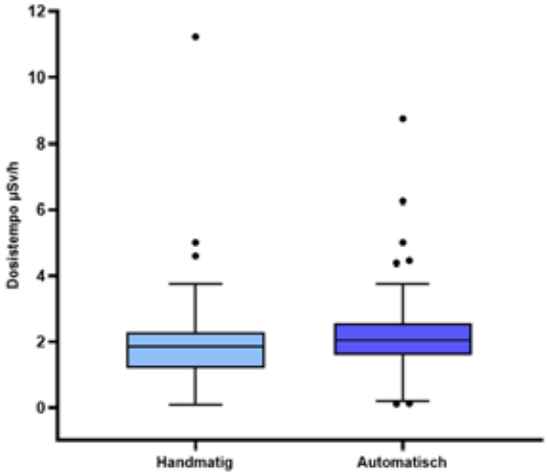
Resultaten

Bereide dosis

Tijdens de periode van het handmatig uitvullen en toedienen werden in totaal 1969 onderzoeken verricht met een dosis van rond de 249 MBq per onderzoek. Tijdens een vergelijkbare periode van het automatisch uitvullen en toedienen werden in totaal 1936 onderzoeken verricht met een dosis van rond de 251 MBq per onderzoek. Over de vier periodes van het handmatig uitvullen en toedienen werkten achttien personen met de PET-radiofarmaca en over de vier periodes van het automatisch uitvullen en toedienen 23 personen (tabel 1).

Lichaamsdosis

Voor het bepalen van de ontvangen lichaamsdosis zijn voor het handmatig uitvul- en toedieningssysteem 66 badge uitslagen verzameld en voor het automatisch uitvul- en toedieningssysteem 85 uitslagen. Vier badge uitslagen van het automatisch uitvullen en toedienen zijn geëxcludeerd, omdat deze persoon naast de PET werkzaamheden ook bij de interventieradiologie werkzaam was. Daarnaast is één badge niet door een medewerker ingeleverd, waardoor een uitslag mist.
Het gemiddeld dosistempo op het lichaam bij het automatisch en handmatig uitvullen en toedienen verschilden niet significant van elkaar (p=0,236). Het handmatig uitvullen en toedienen leverde een gemiddeld dosistempo op van 1,9 ± 1,5 µSv/h en het automatisch uitvullen en toedienen een gemiddeld dosistempo van 2,2 ± 1,2 µSv/h (figuur 3).



Figuur 3. Boxplot van het dosistempo op het lichaam per methode.

Extremiteitendosis

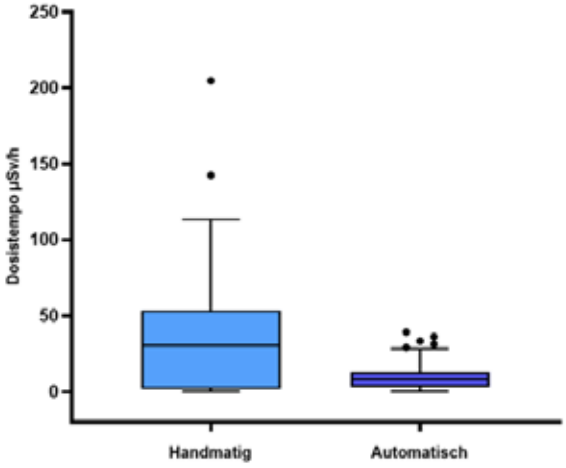
Voor het bepalen van de ontvangen extremiteitendosis zijn voor het handmatig uitvul- en toedieningssysteem 67 ring uitslagen verzameld en voor het automatisch uitvul- en toedieningssysteem 84 uitslagen. Vier ring uitslagen van het automatisch uitvullen en toedienen zijn geëxcludeerd, omdat deze persoon naast de PET werkzaamheden ook bij de interventieradiologie werkzaam was. Daarnaast is één keer een ring niet door een medewerker ingeleverd, waardoor een uitslag mist.
Het gemiddelde dosistempo op de handen van het automatisch en handmatig uitvullen en toedienen verschilden significant van elkaar (p<0,001). Het automatisch uitvullen en toedienen (10,0 ± 9,0 µSv/h) leverde gemiddeld een lagere dosistempo op dan het handmatig uitvullen en toedienen (35,7 ± 39,8 µSv/h) (figuur 4).

Tabel 1. Bereide dosis per methode.

Parameters	Handmatig (n=18)	Automatisch (n=23)
Totale uitgevulde dosis (GBq)	49,01	48,59
Aantal onderzoeken	1969	1936
Dosis / onderzoek (MBq)	249	251

Discussie

Uit de studie is gebleken dat de implementatie van het automatisch uitvul- en toedieningssysteem heeft geresulteerd in een gelijkblijvende lichaamsdosis en een reductie van de extremiteitendosis met 72,1 ± 40,8% in vergelijking met het handmatig uitvullen en toedienen.
De literatuur is consistent wanneer het gaat over de invloed van het automatisch uitvul- en toedieningssysteem op de extremiteitendosis van de medewerkers. De studie van Schleipmann et al (6). toonde eveneens een dosisreductie van de extremiteitendosis na de implementatie van een automatisch uitvul- en toedieningssysteem.
Het MEDRAD Intego systeem van Bayer is een mobiel apparaat, dat vanuit de vial de juiste dosis automatisch aan de patiënt toedient.



Figuur 4. Boxplot van het dosistempo op de vingers per methode.

Het betrof hier een daling van de extremiteitendosis met 89%. Ook de studie van Covens *et al* (7). rapporteerde een 95% dosisreductie van de extremiteitendosis na de implementatie van het Posijet systeem van Lemerpax. Welke een vergelijkbare werking heeft als het Intego systeem. In de huidige studie hadden we te maken met een reductie van 72%. De µDDS-A en Rad-inject van Tema Sinergie zijn in tegenstelling tot de Intego en Posijet twee afzonderlijke systemen, waardoor het uitvullen en toedienen niet tegelijkertijd plaatsvond. Daarnaast werden in de periode van het automatisch uitvullen en toedienen niet alle tracers automatisch uitgevuld, wat mogelijk heeft geleidt tot een onderschatting van het uiteindelijke percentage.
Uit de literatuur komt naar voren dat het automatisch uitvul- en toedieningssysteem eveneens resulteert in een reductie van de lichaamsdosis (6,7). In de huidige studie bleef de gemiddelde opgelopen lichaamsdosis echter gelijk. Vanuit de resultaten kan worden opgemaakt dat het toedienen en uitvullen weinig invloed heeft op de totale lichaamsdosis. Hieruit kunnen we opmaken dat de handelingen buiten het uitvullen en toedienen een grotere bijdrage leveren aan de lichaamsdosis. Tijdens het automatisch uitvullen en toedienen werkten meer MNW'ers dan tijdens het handmatig uitvullen en toedienen, waardoor de totale opgelopen dosis is verdeeld over een grotere groep medewerkers. Tijdens het automatisch uitvullen en toedienen was echter één MNW'er extra nodig om de uitvulwerkzaamheden voor de andere tracers uit te voeren, waardoor mogelijk een hogere totale dosis is gemeten. Desondanks is in het dosisjaaroverzicht van Mirion geen toename van de cumulatieve lichaamsdosis te zien. De cumulatieve lichaamsdosis van de NGMB in het jaar 2019 was 78,1 mSv en in het jaar 2021 66,2 mSv.
Deze studie is de eerste studie die de µDDS-A en Rad-inject systemen van Tema Sinergie heeft geëvalueerd op de ontvangen lichaams- en extremiteitendosis van de medewerkers in vergelijking met het handmatig uitvullen en toedienen. Middels het onderzoek kan worden nagegaan of, en in welke mate de systemen daadwerkelijk hebben geresulteerd in een dosisreductie van de medewerkers. Daarnaast is gekozen om de gegevens drie maanden na de implementatie van het automatisch uitvulsysteem te verzamelen, om de leercurve zoveel mogelijk te vermijden. De studie bevatte een aantal zwaktes. Ten eerste is in de studie niet bepaald in welke mate het automatisch uitvullen en toedienen afzonderlijk van elkaar hebben bijgedragen aan de ontvangen dosis van de medewerkers. De studie had alleen beschikking over dosisuitdraaien van medewerkers die beide procedures uitvoerden, waardoor de invloed van de individuele systemen niet kon worden vastgesteld. Ten tweede kwamen de periodes van het automatisch en handmatig uitvullen en toedienen niet geheel met elkaar overeen. Tijdens het automatisch uitvullen en toedienen werd alleen FDG automatisch uitgevuld. Dit betrof echter 80% van de totale bereide dosis. Daarnaast bestond variatie tussen het dragen van de ring binnen de MNW'ers. De gemeten extremiteitendosis is sterk afhankelijk van de locatie van de ringdosismeter, welke hierdoor een onderschatting kan gegeven van de ontvangen dosis op de handen (10).
Uit de studie komt naar voren dat ondanks de implementatie van het automatisch uitvul- en toedieningssysteem de lichaamsdosis voor MNW'ers gelijk is gebleven.
Er wordt geadviseerd verdere maatregelen te treffen, om zodoende de lichaamsdosis voor MNW'ers verder te reduceren. Binnen de afdeling NGMB kan de lichaamsdosis verder worden gereduceerd door de contacttijd met radioactieve patiënten te verkorten. Dit kan worden behaald door toedieningskamers te realiseren, waarin de patiënt kan verblijven tijdens de inwerkperiode. De vingerdosis kan verder worden gereduceerd door ook de overige tracers met het µDDS-A systeem uit te vullen.

Conclusie

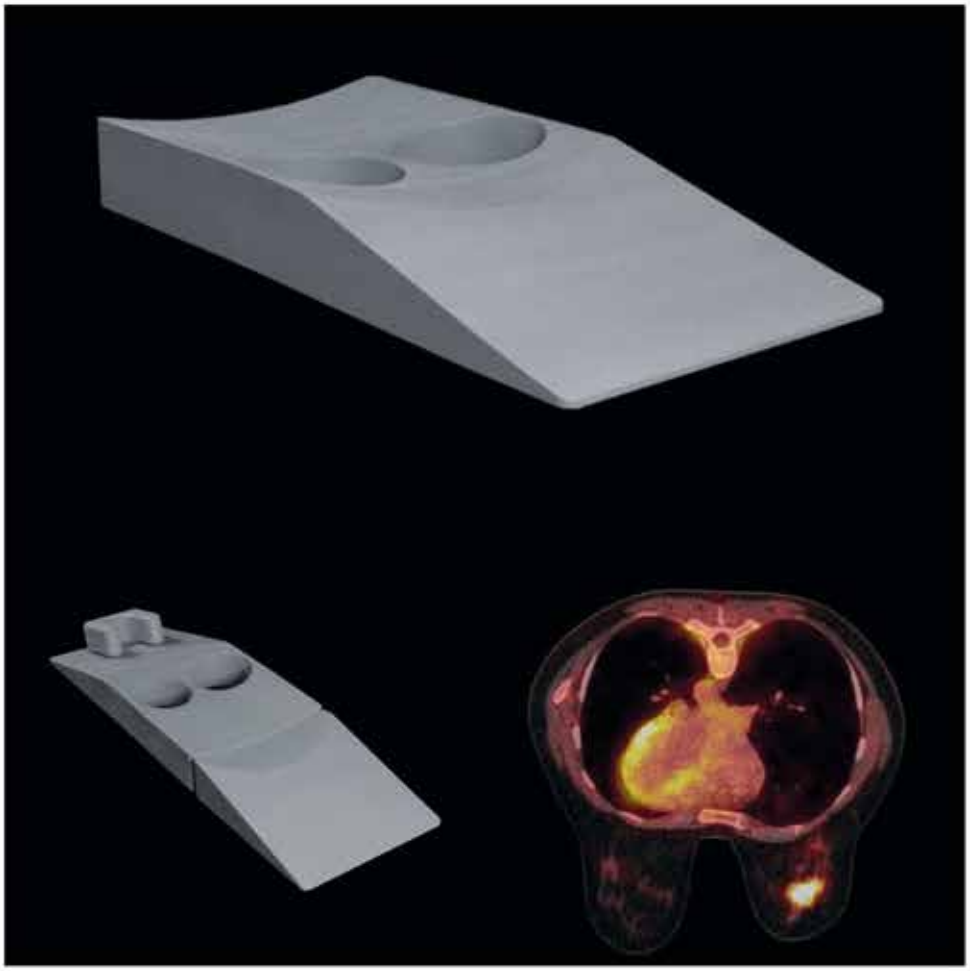
Uit de huidige studie kan geconcludeerd worden dat het toepassen van het nieuwe automatisch uitvul- en toedieningssysteem binnen de afdeling Nucleaire Geneeskunde

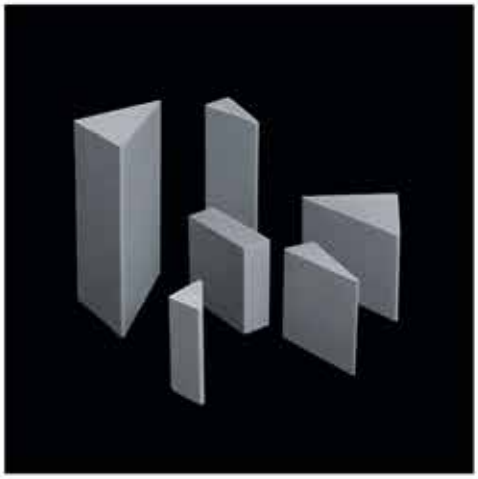
& Moleculaire Beeldvorming in het UMCG heeft geresulteerd in een reductie van de extremiteitendosis met 72,1 ± 40,8% bij MNW'ers, die zich bezig hielden met de uitvul- en toedieningswerkzaamheden op de PET. Om de lichaamsdosis van de MNW'ers verder te reduceren wordt geadviseerd verdere acties te ondernemen.

e.hendrikse@umcg.nl ♦

Referenties

1. Bijwaard H. Inventarisatie van ontwikkelingen van PET-CT [Internet]. 2011. Available from: www.rivm.nl
2. McElroy NL. Worker dose analysis based on real time dosimetry. Health Physics. 1998;74(5)
3. Lundberg TM, Gray PJ, Bartlett ML. Measuring and minimizing the radiation dose to nuclear medicine technologists. Journal of Nuclear Medicine Technology. 2002;30(1)
4. Chiesa C, de Sanctis V, Crippa F, et al. Radiation dose to technicians per nuclear medicine procedure: Comparison between technetium-99m, gallium-67, and iodine-131 radiotracers and fluorine-18 fluorodeoxyglucose. European Journal of Nuclear Medicine. 1997;24(11)
5. Li W, Fang L, Li J. Exposure Doses to Technologists Working in 7 PET/CT Departments. Dose-Response. 2020;18(3)
6. Robert Schleipman A, Gerbaudo VH. Occupational radiation dosimetry assessment using an automated infusion device for positron-emitting radiotracers. Journal of Nuclear Medicine Technology. 2012;40(4)
7. Covens P, Berus D, Vanhavere F, Caveliers V. The introduction of automated dispensing and injection during pet procedures: a step in the optimisation of extremity doses and whole-body doses of nuclear medicine staff. Radiation Protection Dosimetry. 2010;140(3)
8. Mrion Technologies Dosimetry Services. Toelichting Persoonsdosimetrie. [cited 2022 Jul 27]; Available from: https://mirion.s3.amazonaws.com/cms4_mirion/files/pdf/dosimetrie-nl/toelichting_extremiteitendosimetrie_mirion.pdf?1598280088
9. Mirion Technologies Dosimetry Services. Toelichting Extremiteitendosimetrie [Internet]. [cited 2022 Jul 27]. Available from: https://mirion.s3.amazonaws.com/cms4_mirion/files/pdf/dosimetrie-nl/toelichting_extremiteitendosimetrie_mirion.pdf?1598280088
10. Guillet B, Quentin P, Waultier S, et al. Technologist radiation exposure in routine clinical practice with 18F-FDG PET. Journal of Nuclear Medicine Technology. 2005;33(3)



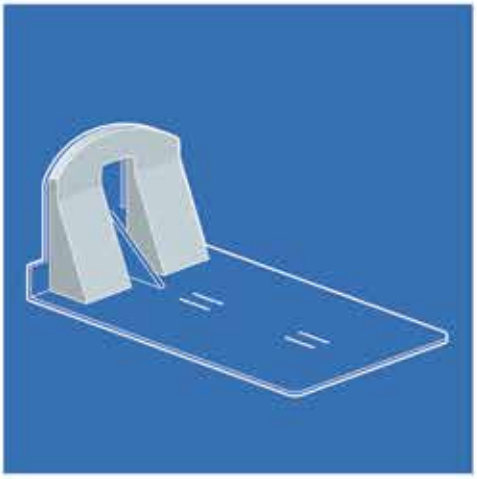


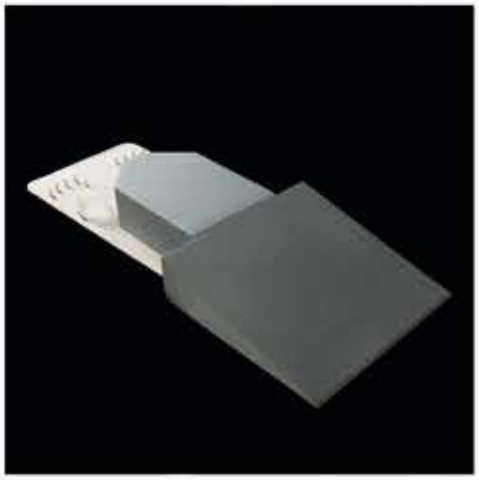
VANDERWILT techniques is a development and manufacturing company, specialised in products for nuclear medicine such as patient positioning products, phantoms and shielding products.

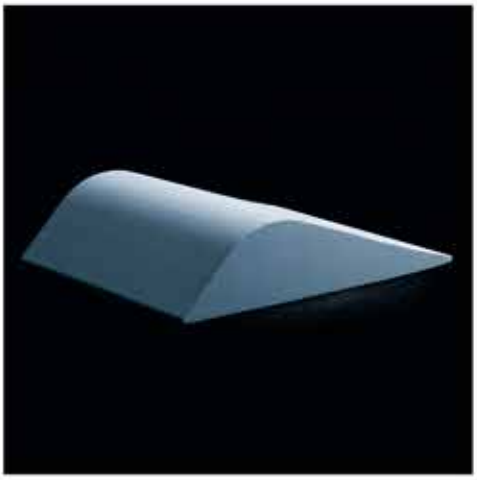
Contact

info@for-med.nl | www.for-med.nl

FOR MED







Wetenschappelijke vergadering NVNG: Theranostics in de lift

10 juni 2022

Ochtendprogramma
De wetenschappelijke voorjaarsbijeenkomst van de NVNG werd op 10 juni 2022 in Gelre Ziekenhuizen te Apeldoorn gehouden met als thema "Theranostics in de lift". Het was de eerste fysieke ontmoeting sinds het begin van de Covid-19 crisis in maart 2020. Na de welkomstwoorden van de voorzitter van de Commissie Wetenschappelijke Ontmoetingen (CWO) drs. Emilia Owers startte de eerste ochtendsessie van het door de CWO samengestelde programma onder voorzitterschap van dr. Marcel Janssen met een presentatie van nucleair geneeskundige prof. dr. Marnix Lam (UMC Utrecht) over "FAPI theranostics". Vervolgens behandelde nucleair geneeskundige drs. Dirk Wyndaele (Catharina Ziekenhuis Eindhoven) het onderwerp "Theranostics non-PSMA, non-dotatate…reflected". De laatste spreker van de eerste ochtendsessie was nucleair geneeskundige dr. Marcel Stokkel (NKI Antoni van Leeuwenhoek) met als presentatie "PRRT- from bench to practice and lesson for the future".

De tweede ochtendsessie, met dr. Hendrikus Boersma als voorzitter, startte met de presentatie "Development of ^{225}Ac-PSMA to support a phase 1 clinical trial" van ziekenhuisapotheker dr. Stijn Koolen (Erasmus MC). Vervolgens werd het onderwerp "Development of new production routes for existing and new isotopes" behandeld door dr. Karlijn Codee-van der Schilden (R&D Manager Medical Isotopes, NRG).

Sprekers van de eerste ochtendsessie: Marcel Stokkel, Marnix Lam en Dirk Wyndaele

Sprekers van de tweede ochtendsessie: Stijn Koolen, Karlijn Codee-van der Schilden en Robin Schellevis

De sessie werd afgesloten door dhr. Robin Schellevis (Licensing Manager SHINE) met de presentatie "Linear accelerator isotope production Groningen - radionuclide production". In de middag werden twee sessies gehouden met de presentatie van een vijftal vrije inzendingen zoals hieronder samengevat. Vóór het begin van het middagsprogramma werd een algemene ledenvergadering van de NVNG gehouden (zie bericht in aparte kader).

Samenvattingen vrije inzendingen middagprogramma

[18F]FDG-PET/CT in indeterminate thyroid nodules: health-related quality of life and cost-utility analysis

E.J. de Koster[1], O. Husson[3,4,5], M.O. van Aken[7], E.W.C.M. van Dam[7], L.T. Dijkhorst-Oei[8], L.F. de Geus-Oei[1,9,13], G.S. Mijnhout[14], R.T. Netea-Maier[2], W.J.G. Oyen[1,15,16], R.P. Peeters[17], A. Schepers[10], M. Snel[11], W.B. van den Hout[12], D. Vriens[9], for the EfFECTS trial study group

[1]Radboud University Medical Centre, Department of Radiology and Nuclear Medicine, [2]Department of Internal Medicine, Division of Endocrinology, Nijmegen, [3]Netherlands Cancer Institute, Department of Psychosocial Research and Epidemiology, [4]Division of Medical Oncology, Amsterdam, [5]Institute of Cancer Research, Division of Clinical Studies, London, United Kingdom, [6]Haga Hospital, Department of Internal Medicine, The Hague, [7]Amsterdam University Medical Centers, location VU University Medical Center, Department of Internal Medicine, Division of Endocrinology, Amsterdam, [8]Meander Medical Centre, Department of Internal Medicine, Amersfoort, [9]Leiden University Medical Center, Department of Radiology, Section of Nuclear Medicine, [10]Department of Surgery, [11]Department of Medicine, Division of Endocrinology, [12]Department of Biomedical Data Sciences, Leiden, [13]University of Twente, Biomedical Photonic Imaging Group, Enschede, [14]Isala Hospital, Department of Internal Medicine, Zwolle, [15]Rijnstate Hospital, Department of Radiology and Nuclear Medicine, Arnhem, [16]Humanitas University, Department of Biomedical Sciences and Humanitas Clinical and Research Centre, Department of Nuclear Medicine, Milan, Italy, [17]Erasmus University Medical Centre, Department of Internal Medicine, Rotterdam

Purpose

To evaluate health-related quality of life (HRQoL) and cost-effectiveness of an [18F]FDG-PET/CT-driven diagnostic workup as compared to diagnostic surgery, for thyroid nodules with Bethesda III/IV cytology. [18F]FDG-PET/CT accurately rules out malignancy and avoids 40% of futile diagnostic surgeries for benign Bethesda III/IV nodules.

Methods

Lifelong societal costs and HRQoL were assessed for 132 patients participating in the randomised controlled multicentre *EfFECTS* trial (NCT02208544) comparing [18F]FDG-PET/CT to diagnostic surgery. Longitudinal HRQoL assessment was performed using the EuroQol 5-dimension 5-level (EQ-5D-5L), the RAND 36-item Health Survey v2.0 (RAND-36), and the Thyroid Patient-Reported Outcome (ThyPRO) questionnaire on baseline, 3, 6, and 12 months, relative to the date of the [18F]FDG-PET/CT scan. The observed 1-year trial data regarding actual costs and quality-adjusted life years (QALYs) were extrapolated using a Markov model. The probability of cost-effectiveness was estimated using cost-effectiveness acceptability curves, taking uncertainty about sampling, imputation, and parameters into account.

Results

Patients randomised to active surveillance for an [18F]FDG-negative nodule instead of diagnostic surgery, reported stable HRQoL throughout the year. Univariate analysis indicated better HRQoL for patients undergoing surveillance than surgical patients with benign histopathology on multiple physical and psychosocial domains. Univariate within-group analysis suggested both temporary and continued HRQoL deteriorations in patients with benign histopathology over time. Multivariate within-group analysis demonstrated worsened HRQoL in patients with benign histopathology with regard to EQ-5D-5L utilities (p=0.001), RAND-36 physical functioning (p=0.04 and p=0.02), and ThyPRO cognitive impairment (p=0.01) and cosmetic complaints (p=0.02), whereas goitre symptoms (p<0.001) and anxiety (p=0.04) improved over time.
The observed 1-year cost difference of [18F]FDG-PET/CT as compared to diagnostic surgery was -€1,000 (95% CI: -€2,100 to €0) for thyroid nodule-related care (p=0.06). From the broader societal perspective, the 1-year difference in total societal costs was -€4,500 (-€9,200 to €150) (p=0.06). Over the modelled lifelong period, the cost difference was -€9,900 (-€23,100 to €3,200) (p=0.14). The difference in QALYs was 0.019 (-0.045 to 0.083) at one year (p=0.57) and 0.402 (-0.581 to 1.385) over the lifelong period (p=0.42). For a willingness to pay of €50,000 per QALY, an [18F]FDG-PET/CT-driven work-up was the cost-effective strategy with 84% certainty.

Conclusion

The reassurance of a negative [18F]FDG-PET/CT, indicating a benign

nodule, resulted in sustained HRQoL throughout the first year of active surveillance. Following the observed reduction in diagnostic surgery, an [^{18}F]FDG-PET/CT-driven diagnostic workup reduced the 1-year thyroid nodule-related and societal costs. It is very likely cost-effective as compared to diagnostic surgery for Bethesda III/IV nodules.

lisanne.dekoster@radboudumc.nl ♦

[^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T for treatment of metastatic castration resistant prostate cancer in routine clinical care

A.M. van den Berk[1], H. Slootweg[1], J.M.H. de Klerk[1], L.M. Andrews[2], P. van Horssen[1], V.J.W. Pennings[1], J.M. van Dodewaard-de Jong[3], J.P. Esser[1]

Departments of [1]Nuclear Medicine, [2]Hospital Pharmacy and [3]Oncology, Meander Medical Centre, Amersfoort

Aim

[^{177}Lu]Lu-PSMA has been used for treatment of metastatic castration resistant prostate cancer (mCRPC). Clinical studies demonstrate safety and impressive efficacy of ^{177}Lu bound to PSMA-617. However, little data are available on the routine use of [^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T. Our medical centre was one of the first in the Netherlands to start [^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T therapy for routine clinical care, at the end of 2021. Treatment is given in 4 dosages of 7400 MBq with a 6 week interval. Aim of this study is to evaluate therapeutic efficacy of [^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T in routine clinical care in mCRPC patients.

Patients and Methods

All patients were diagnosed with mCRPC and previously treated with androgen receptor-directed therapy (ARDT) and chemotherapy. Before treatment, patients underwent a [^{68}Ga]Ga-PSMA-11 and [^{18}F]FDG-PET/CT scan to determine eligibility for treatment with [^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T. A follow-up [^{68}Ga]Ga-PSMA-11 scan was performed after 2 treatment cycles. [^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T was prepared at our GMP certified radionuclide laboratory. Patients received questionnaires about quality of life (EORTC QLQ-C30 v3.0) and a form to evaluate pain (Visual Analog Scale, VAS), before every treatment and 4 weeks after their last treatment. Three questions regarding pain (range 0 - 10), health, and quality of life (range 1 - 7) were analyzed.

Results

Thus far, data of 9 patients, in total 18 dosages, have been used to assess effectiveness of this treatment. First dosage (n=9), second dosage (n=5), third dosage (n=3) and fourth dosage (n=1). Median pain score before treatment with [^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T was 7 (range 1.5 - 8.5), (n=5). After 1 dosage of [^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T, median pain score was 2, (n=5). After 2 dosages median pain score was 1 (range 0 - 2) (n=3). Overall pain response rate after the first dosage was 60 %. Improvement of quality of life was observed in 3 out of 5 patients. [^{68}Ga]Ga-PSMA-11 scan after 2 dosages showed improvement in 67% of the patients. PSA levels declined significantly (>50%) in 60% of patients as did the alkaline phosphatase levels. There was no dose limiting toxicity.

Conclusion

These preliminary results show that [^{177}Lu]Lu-PSMA-I&T is an effective and safe therapy for patients with mCRPC in routine clinical care. Both pain and quality of life are positively influenced and PSA levels show a significant decline. More extensive and updated results will be presented of this ongoing study.

am.vanden.berk@meandermc.nl ♦

Sentinel Lymph Node Mapping in Breast Cancer Patients through Fluorescent Imaging using Indocyanine Green – the INFLUENCE trial

C.A. Bargon, MD[1,2], A. Huibers, MD, PhD[2], D.A. Young-Afat, MD, PhD[6], B.A.M. Jansen, MD[2], J. Lavalaye, MD, PhD[3], H.J. van Slooten, MD, PhD[4], H.M. Verkooijen, MD, PhD[1,7], C.F.P. van Swol, MSc, PhD[5], A. Doeksen, MD, PhD[2]

[1]Division of Imaging and Oncology, University Medical Centre (UMC) Utrecht, Utrecht, [2]Department of Surgery, [3]Department of Nuclear Medicine, [4]Department of Pathology, [5]Department of Medical Physics, St. Antonius Hospital, Nieuwegein and Utrecht, [6]Department of Plastic, Reconstructive and Hand surgery, Amsterdam University Medical Centres, Amsterdam, [7]Utrecht University (UU), Utrecht

Objective

To compare the (sentinel) lymph node detection rate of ICG-fluorescent imaging versus standard-of-care [^{99m}Tc]Tc-nanocolloid for sentinel lymph node (SLN)-mapping.

Summary Background Data

The current gold-standard for axillary staging in patients with breast cancer is sentinel lymph node biopsy (SLNB) using radio-guided surgery with a radioisotope of technetium, [^{99}mTc], sometimes combined with blue dye. A promising alternative is fluorescent imaging with the use of indocyanine green (ICG).

Methods

In this non-inferiority trial, we enrolled 102 consecutive patients with invasive early-stage, clinically node-negative breast cancer. Patients were planned for breast conserving surgery and SLNB between August 2020 and June 2021. The day or morning before

surgery, patients were injected with [^{99m}Tc]Tc-nanocolloid. In each patient, SLNB was first performed using ICG-fluorescent imaging, after which excised lymph nodes were tested with the gamma-probe for ^{99m}Tc-uptake ex-vivo, and the axilla was checked for residual ^{99m}Tc-activity. Detection rate was defined as the proportion of patients in whom at least one (S)LN was detected with either tracer.

Results

In total, 103 SLNBs were analysed. The detection rate of ICG-fluorescence was 96.1% (95%CI=90.4-98.9%) versus 86.4% (95%CI=78.3-92.4%) for [^{99m}Tc]Tc-nanocolloid. The detection rate for pathological lymph nodes was 86.7% (95%CI=59.5-98.3%) for both ICG and [^{99m}Tc]Tc-nanocoilloid. A median of 2 lymph nodes were removed. ICG-fluorescent imaging did not increase detection time. No adverse events were observed.

Conclusion

ICG-fluorescence showed a higher (S)LN detection rate than [^{99m}Tc]Tc-nanocoilloid, and equal detection rate for pathological (S)LNs. ICG-fluorescence may be used as a safe and effective alternative to [^{99m}Tc]Tc-nanocoilloid for SLNB in patients with early-stage breast cancer.

j.lavalaye@antoniusziekenhuis.nl ♦
(gepresenteerd door Peter Kaldeway)

Altered biodistribution of [^{68}Ga]Ga-DOTATOC during somatostatin analogue treatment

F. Bemer, J. de Vos-Geelen, B. Hermans, C. Mitea, J. van der Pol, T. Lodewick, J. Wildberger, F. Mottaghy, T. van de Weijer

Maastricht University Medical Centre, Maastricht

Introduction

Staging and follow-up of low grade neuroendocrine tumours (NET) is preferably done with somatostatin receptor imaging with PET. However, therapy and imaging with somatostatin analogues utilize the same receptor. Although, the current guidelines recommend withdrawal of somatostatin analogues for 3-4 weeks prior to PET imaging, previous studies have shown a persistent decreased visceral uptake of DOTATATE after treatment (Gålne, A, J Nucl Med. 2019). For DOTATOC this has not been studied before. As DOTATATE and DOTATOC are comparable analogues, similar effects may be expected. The aim of this study was to assess the effect of clinical somatostatin analogue use on the biodistribution of ^{68}Ga-DOTATOC intra-individually.

Methods

The study retrospectively assessed 35 patients with metastatic gastroenteropancreatic-NET, who were treated with Lanreotide (a somatostatin analogue). All patients received a [^{68}Ga]Ga-DOTATOC PET/CT scan before and during treatment (FUP1). Some patients received an additional [^{68}Ga]Ga-DOTATOC PET/CT during Lanreotide treatment (n=19, FUP2). All scans were performed with a standardized protocol, administrating 2 MBq/kg of [^{68}Ga]Ga-DOTATOC 40 minutes prior to the scan. For each patient [^{68}Ga]Ga-DOTATOC uptake (SUVmax, mean) was assessed in both tumour lesions and normal tissue. Paired T-tests were performed to determine the differences between baseline and FUP scans. Results are presented as average ± standard deviation. Average follow-up interval between baseline and FUP1 was 15.9±18.4 months and between FUP1 and FUP2 was 10.4±5.5 months.

Results

Upon treatment the tracer availability in the bloodpool went up significantly (SUVmax baseline 0.99±0.44, FUP1 1.57±0.62 ,FUP2 1.51±0.56, $p<0.05$). This was accompanied by a lowered tracer accumulation in the liver (SUVmax baseline 5.97±1.59, FUP1 4.58±1.66, FUP2 4.95±1.55, $p<0.05$) and spleen (SUVmax baseline 21.17±7.11, FUP1 14.18±5.46, FUP2 18.85±5.68, $p<0.05$). There was a tendency towards an increase in tracer accumulation in spleen and liver between FUP1 and FUP2, though this was not significant. The accumulation in the uncinate process of the pancreas was variable, and not significantly different between baseline and follow-up scans. Interestingly the pancreas corpus and tail showed an increase in tracer accumulation during treatment and this effect was maintained in the second follow-up period (baseline 3.50±1.40, FUP1 4.38±2.48 and FUP2 4.70±1.65, $p<0.05$).
The tumor lesions did not show significant difference in tracer uptake, when compared to baseline.

Conclusion

Similar to previous findings with [^{68}Ga]Ga -DOTATATE, also with [^{68}Ga]Ga-DOTATOC the visceral binding (excluding parts of the pancreas) is significantly reduced after Lanreotide treatment, thereby increasing tracer availability in the bloodpool. There seems to be a small increase after second follow-up possibly indicating tissue somatostatin receptor upregulation after treatment, however this was not significant. Therefore, absolute comparison in lesions using the SUV on [^{68}Ga]Ga-DOTATOC-PET should be done with caution as the bio-distribution of the tracer after initiation of somatostatin analogue treatment is altered.

christina.vande.weijer@mumc.nl ♦
(gepresenteerd door Femke Bemer)

PET-imaging and protein expression of the prostate specific membrane antigen in high grade glioma: a multi-center comparison study

Ilanah Pruis[1] and Sanne van Lith[2], Nelleke Tolboom[3], Tom Snijders[4], Dylan Henssen[2], Mark ter Laan[5], Maarten te Dorsthorst[5], Sandra Bossmann[5], Fleur Brienen[5], Pierre Robe[5], Philip de Witt-Hamer[6], Harry Hendrikse[6], Daniela Oprea[7], Maqsood Yaqub[7], Pieter Wesseling[8,9], Rutger Balvers[10], Clemens Dirven[10], Marion Smits[1], Martin van den Bent[11], Elsmarieke van de Giessen[11] and Sophie Veldhuijzen van Zanten[1]

[1]Department of Radiology and Nuclear Medicine, Erasmus MC, [2]Department of Medical Imaging, Radboud University Medical Center, [3]Department of Radiology and Nuclear Medicine, [4]Department of Neurology, UMC Utrecht, [5]Department of Neurosurgery, Radboud University Medical Center, [6]Department of Neurosurgery, Amsterdam UMC, location VUmc, [7]Department of Radiology and Nuclear Medicine, Amsterdam UMC, location VUmc, [8]Department of Pathology, Brain Tumor Center Amsterdam/Amsterdam UMC, location VUmc, [9]Department of Pathology, Princess Máxima Center for Pediatric Oncology, UMC Utrecht, [10]Department of Neurosurgery, Erasmus MC, [11]Department of Neurology Erasmus MC.

Introduction

Upregulation of prostate specific membrane antigen (PSMA) on neovasculature has been described in high-grade brain tumours, including glioblastoma (GBM), while vasculature in healthy brain shows hardly any expression of PSMA. This observation opened avenues for the application of radiolabeled PSMA-targeting molecules for positron emission tomography (PET) imaging. In the first clinical studies on the use of PSMA PET in glioma, moderate to high tumour-uptake was found. However, it is yet unclear whether this uptake is based on PSMA-specific binding to tumour-associated (endothelial) cells, or whether it represents aspecific accumulation/retention. In this multicenter PET study, we quantified dynamic uptake of various PSMA-tracers over time, in a series of de novo and recurrent high grade brain tumours, and correlated this to PSMA expression in tumor tissue obtained from subsequent biopsies.

Materials and methods

Fifteen patients, diagnosed with de novo (n=9) or recurrent (n=6) GBM underwent a PET scan upon injection of either 1.5 MBq/kg [^{68}Ga]Ga-PSMA-11 (n=7), 200 MBq [^{18}F]-DCFpyl (n=3) or 200 MBq [^{18}F]F-PSMA-1007 (n=5). Volumes of interest (VOIs) were drawn around the tumor using a 10-25% cut-off from maximal uptake, and a similar-sized VOI was drawn in the contralateral hemisphere (healthy brain, i.e., background). Tumour uptake and tumour-to-background ratios (TBR) were calculated. In 13 patients, tissue biopsies (n=40) were collected. PSMA RNA (n=5) or protein (n=11) expression, determined by sequencing or immunohistochemistry (DAKO, m3620, scoring 0-4), was correlated to tracer uptake on PET using Pearson or Spearman Rho analyses, respectively.

Results

In all patients, heterogenous moderate to high (SUVmax: 1.3-20.0) uptake was found, lasting up to several hours post-injection, irrespective of the used tracer. Uptake in contralateral healthy brain was low, with resulting high TB-ratios of 6.07-359. PSMA immunohistochemistry showed strong staining of tumour-associated endothelial cells, individual cells of unknown origin and neutrophils. No correlation was found, however, between PET uptake and IHC scores of either of these components ($r = -0.1642$, $p = 0.3179$), nor for PSMA RNA expression ($r = -0.2830$; $p = 0.2710$), while IHC scores and RNA expression did show strong correlation ($r = 0.8228$, $p = 0.0016$).

Conclusion

Our results indicate that PSMA tracer uptake in high-grade glioma on PET is at least partly aspecific, as no correlation with PSMA expression was found. The high TBRs for all PET lesions are, however, advantageous for imaging and promising for future PSMA-targeted radionuclide therapy in patients with high-grade glioma.

s.veldhuijzenvanzanten@erasmusmc.nl ♦
(gepresenteerd door Ilanah Pruis)

Het CWO-najaarssymposium van de NVNG zal plaatsvinden op 7 oktober 2022 met als thema Nuclear Medicine: From Bench to Bedside in het Meander Medisch Centrum in Amersfoort. De vergadering is vooralsnog fysiek. Verdere details volgen op de internetsites van de NVNG en TvNG.

>>

>>

Algemene ledenvergadering van de NVNG: voorzittershamer eindelijk overhandigd

De fysiek gehouden wetenschappelijke voorjaarsbijenkomst in Apeldoorn vond samen met een algemene ledenvergadering van de NVNG plaats. Een unieke kans om de hamer van het voorzitterschap te overhandigen. De huidige voorzitter van de NVNG Andor Glaudemans ontving de hamer uit handen van Marcel Stokkel, de vorige voorzitter. De vergadering werd gehouden in aansluiting op de ochtendsessie van de wetenschappelijke bijeenkomst van de NVNG.

Tijdens de Algemene Ledenvergadering van 10 juni jl. is Erik de Blois benoemd tot bestuurslid en is Christian Guillaume herbenoemd voor een tweede termijn als penningmeester. Daniëlle Vugts is uit het bestuur getreden.
De samenstelling van het bestuur van de NVNG is als volgt:

Prof. dr. A.W.J.M. (Andor) Glaudemans, nucleair geneeskundige, voorzitter
Drs. D.N.J. (Dirk) Wyndaele, nucleair geneeskundige, vicevoorzitter/beroepsbelangen
Dr. R.G.M. (Ruth) Keijsers, nucleair geneeskundige, secretaris
Drs. C.P.F. (Christian) Guillaume, ziekenhuisapotheker, penningmeester
Prof. dr. A.A. (Adriaan) Lammertsma, klinisch fysicus, bestuurslid/wetenschap
Prof. dr. W.J.G. (Wim) Oyen, nucleair geneeskundige, bestuurslid/Europa
Dr. L.M. (Lenka) Pereira Arias-Bouda, nucleair geneeskundige, bestuurslid/opleiding
Dr. ir. B.J. (Bart) Vermolen, klinisch fysicus, bestuurslid
Dr. R.H. (Erik) de Blois, klinisch radiochemicus, bestuurslid

Een aantal NVNG-bestuursleden tijdens de fysieke ledenvergadering van 10 juni 2022. Van links naar rechts: Christian Guillaume, Ruth Keijsers, Lenka Pereira Arias-Bouda, Bart Vermolen, Adriaan Lammertsma, Erik de Blois en Dirk Wyndaele. Achter, Martine van Loon van het Bureau NVNG.

Optimale behandeling van prostaatkanker met radioactieve stoffen

Steffie Peters, PhD
May 24, 2022
Radboud Universiteit

Promotores:
Prof. Martin Gotthardt, MD, PhD
Prof. James Nagarajah, MD, PhD
Frank de Lange, PhD
Mark Konijnenberg, PhD

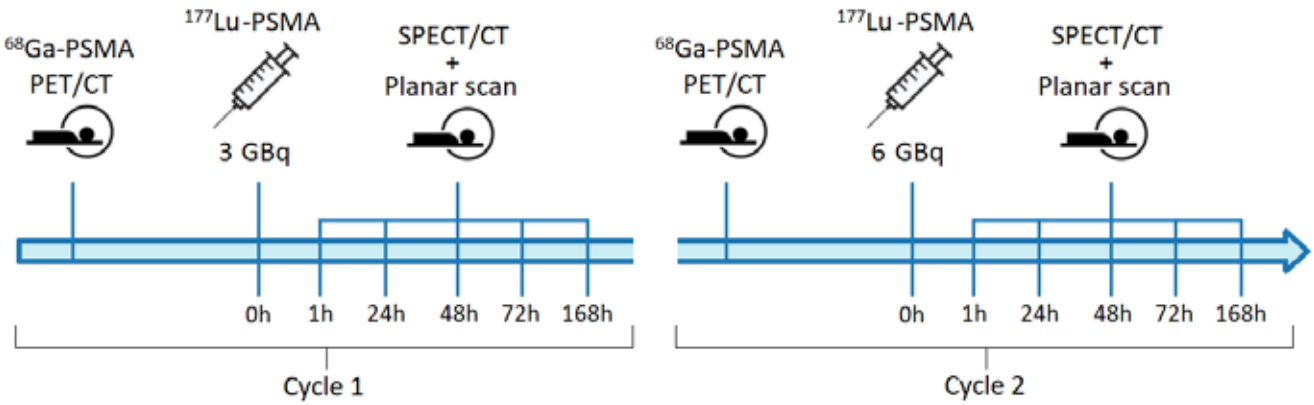
Het succes van radioligandtherapie wordt bepaald door het optimale gebruik van het zogenaamde therapeutische venster. Dit is het dosisbereik, waarin een celdodende stralingsdosis wordt afgegeven aan het doelweefsel zonder al te veel risico op schade in de gezonde organen. Dit venster is afhankelijk van de individuele patiënt: het effect van eenzelfde hoeveelheid radioactiviteit kan verschillen tussen patiënten en is afhankelijk van verschillende factoren, zoals patiëntspecifieke orgaanfunctie, tracerkinetiek en laesie-opname. Een zorgvuldige beoordeling van de geschiktheid van de patiënt voor therapie is dus van belang. Dosimetrie kan hierbij helpen door de geabsorbeerde stralingsdosis in een weefsel te kwantificeren. Op basis van dosimetrie kunnen de geabsorbeerde doses voor gezond weefsel worden gecontroleerd, zodat kan worden voorkomen dat de drempeldosis voor directe stralingseffecten wordt overschreden wanneer herhaalde therapie wordt gegeven. Bovendien kan dosimetrie worden gebruikt om tijdens de behandeling het behandelschema aan te passen, en om de dosis-responsrelaties van de behandeling retrospectief te evalueren. Dosimetrie wordt daarom beschouwd als een waardevol hulpmiddel bij gepersonaliseerde behandeling.

Dosimetrie kent verschillende uitdagingen die een betrouwbare schatting van de geabsorbeerde dosis in het weefsel lastig maken. Voorbeelden hiervan zijn een correcte kwantificering van de traceropname en een betrouwbare analyse van kleine structuren zoals tumorlaesies. Bovendien brengt de introductie van dosimetrie in de klinische praktijk extra financiële en logistieke uitdagingen met zich mee, niet in de minste plaats gerelateerd aan de belasting voor de patiënt. Dit proefschrift evalueert verschillende uitdagingen van dosimetrie in [^{177}Lu]Lu-PSMA therapie.

[^{177}Lu]Lu-PSMA therapie in hormoongevoelige patiënten

De afgelopen jaren wordt [^{177}Lu]Lu-PSMA therapie steeds vaker toegepast bij patiënten met gemetastaseerde castraatresistente prostaatkanker (mCRPC). De verwachting is dat [^{177}Lu]Lu-PSMA ook effectief zou kunnen zijn bij hormoongevoelige gemetastaseerde ziekte bij patiënten met een laag leasievolume (mHSPC), die hiermee hormoontherapie en bijbehorende bijwerkingen zouden kunnen uitstellen. Bij deze patiënten zijn er echter zorgen over het zogenaamde 'tumor sink-effect', wat veronderstelt dat een laag tumorvolume kan leiden tot ongunstige tracerdistributie naar de risico-organen.

In een prospectieve studie werden tien mHSPC-patiënten met progressieve ziekte behandeld met twee cycli van [^{177}Lu]Lu-PSMA. De opzet van deze studie is weergegeven in figuur 1. Bijwerkingen, toxiciteit en kwaliteit van leven werden gemonitord tot het einde van het onderzoek (week 24 na cyclus twee). Er werden geen ernstige behandelingsgerelateerde bijwerkingen waargenomen. Alle tien patiënten vertoonden een veranderde PSA-kinetiek, konden hormoontherapie uitstellen en behielden een goede kwaliteit van leven. We concludeerden daarom dat [^{177}Lu]Lu-PSMA een haalbare en veilige behandeling is bij mHSPC patiënten. Dosimetrie op basis van whole-body SPECT en bloedafname liet zien dat geen van de risico-organen de drempeldosis voor stralingsgerelateerde toxiciteit bereikte, en dat de orgaandoses vergelijkbaar waren met die bij mCRPC-patiënten. Dit betekent dat het tumor sink-effect bij ziekte met een laag volume een minder grote rol speelt dan werd verwacht. Tot slot zagen we dat wekedelenlaesies in dit patiëntencohort significant beter reageerden op de therapie dan botlaesies.



Figuur 1. Schematische weergave van de prospectieve studie waarbij mHSPC patiënten behandeld werden met twee cycli [^{177}Lu]Lu-PSMA. Voorafgaand aan elke therapie kregen de patiënten een [^{68}Ga]Ga-PSMA-PET scan. Na afloop van de therapie kregen de patiënten whole-body SPECT/CT scans en planaire scans op vijf verschillende tijdspunten, die gebruikt konden worden voor dosimetrie.

Technische uitdagingen

Kwantificatie van SPECT/CT

Kwantificatie van de tracerverdeling met behulp van SPECT/CT-beeldvorming is belangrijk voor dosimetrie. De nauwkeurigheid hiervan hangt echter van veel factoren af. Vaak worden resultaten uit verschillende centra met elkaar vergeleken, waarbij mogelijk ook verschillende SPECT/CT systemen worden gebruikt. Het is dus de vraag in hoeverre deze resultaten betrouwbaar met elkaar vergeleken kunnen worden. We evalueerden de kwantificatie van zowel ^{99m}Tc als ^{177}Lu in multicenter- en multisysteemstudies. Met behulp van fantoommetingen werd de kwantitatieve nauwkeurigheid en intersysteemvariabiliteit van verschillende state-of-the-art SPECT/CT-scanners bepaald door de herstelcoëfficiënt voor verschillende bolgroottes te berekenen. De herstelcoëfficiënt is de verhouding tussen gedetecteerde en werkelijke activiteit en is dus een maat voor hoe goed een systeem de werkelijke activiteit ook echt kan detecteren. We lieten zien dat de herstelcoëfficiënt afneemt voor kleinere bolgroottes, wat aangeeft dat nauwkeurige kwantificering uitdagender wordt met afnemende weefselvolumes. Verder lieten we zien dat de intersysteemvariabiliteit afnam bij gebruik van een gestandaardiseerde reconstructie. Dit betekent dat absolute SPECT-kwantificatie in een multicenter- en multi-vendor-omgeving haalbaar is, maar onderlinge afstemming tussen leveranciers en sites is hierbij van cruciaal belang.

Dosimetrie van kleine lesies

Dosimetrie van de lesies was zeer uitdagend, omdat deze vaak een diameter kleiner dan 1 cm hebben. Met een handmatige aanpak, waarbij we de geaccumuleerde activiteit konden corrigeren voor achtergrondactiviteit en de bepaling van de laesiegrootte konden optimaliseren, konden we de geabsorbeerde dosis van de laesie bepalen met een onzekerheidsmarge van 25%. Dit ligt aanzienlijk lager dan de marge van commerciële dosimetriesoftware (ongeveer 43%). Deze afname in onzekerheid draagt bij in een betere beoordeling van de geabsorbeerde dosis en kan gebruikt worden om de therapie verder te personaliseren.

Klinische implementatie

Patiëntselectie

Goede patiëntselectie voor [^{177}Lu]Lu-PSMA-therapie blijft een uitdaging. Op dit moment wordt dit standaard gedaan op basis van de maximale laesieopname (SUV_{max}) op [^{68}Ga]Ga-PSMA-PET/CT. Dit leidt tot een positief responspercentage van slechts 40-60%. Voorspelling van de geabsorbeerde dosis op basis van dezelfde pre-behandelingsscan zou de selectie van de patiënt kunnen verbeteren. Dit hebben we gedaan door gebruik te maken van traceropname op een enkele [^{68}Ga]Ga-PSMA-PET/CT in combinatie met algemene weefseltracerkinetiek gebaseerd op vijf-tijdspunt post-therapie SPECT/CT-scans. Een geabsorbeerde dosisvoorspelling voor organen bleek hierbij goed mogelijk. Vanwege een grotere variatie in tracerkinetiek in laesies, is het voorspellen van geabsorbeerde doses in laesies uitdagender. Dit zou mogelijk wel verbeterd kunnen worden door gebruik van een tracer met langere halfwaardetijd, zoals [^{89}Zr]Zr-PSMA, waardoor de lesieopname verder in de tijd gevolgd kan worden.

Vereenvoudiging van het dosimetrieprotocol

Voor een goede implementatie van een dosimetrieprotocol in de klinische praktijk is het belangrijk om het aantal scans te minimaliseren, omdat deze een belasting vormen voor zowel de patiënten als het ziekenhuis. Maar, hierbij wil je geen afbreuk doen aan de accuraatheid en nauwkeurigheid van de dosisberekeningen.
We hebben SPECT-dosimetrie op basis van vijf tijdspunten (referentiestandaard) vergeleken met alternatieve protocollen die gebruik maken van minder tijdspunten. We toonden aan dat zowel laesie- als orgaandosimetrie betrouwbaar kan worden uitgevoerd met behulp van een enkele tot maximaal 2 SPECT/CT-scans. Laesiedosimetrie vereist een late SPECT/CT (168 u) vanwege grotere variatie in het late klaringspatroon, terwijl voor orgaandosimetrie een scan op 24 of 48 uur cruciaal is.

Korte conclusie

De resultaten in dit proefschrift helpen bij de implementatie van [^{177}Lu]Lu-PSMA dosimetrie in de klinische praktijk, waar het ingezet kan worden om te helpen om de behandeling van patiënten verder te personaliseren. Hoewel dit misschien niet vereist is voor elke individuele patiënt, kan dit zeker een essentiële bijdrage leveren voor specifieke patiënten, bijvoorbeeld wanneer orgaantoxiciteit een gevaar is of de respons op de behandeling anders is dan verwacht.

steffie.peters@radboudumc.nl ♦

Maastricht UMC+

Geschiedenis van het ziekenhuis

Het Maastricht UMC+ (MUMC+) is een relatief jong academisch ziekenhuis, welke is geopend in 1986. Echter de geschiedenis van de geneeskunde in Maastricht gaat terug tot de tiende eeuw, met de oprichting van het Sint-Servaas gasthuis aan het Vrijthof in Maastricht centrum. Later werd Maastricht met meerdere gasthuizen verrijkt, waaronder Calvariënberg en vervolgens werd in 1950 het St. Annadal ziekenhuis geopend. Het aantal specialismen groeide snel en in 1960 werd de afdeling nucleaire geneeskunde opgericht. In 1969 wordt besloten dat de achtste medische faculteit van Nederland in Maastricht wordt gevestigd en met de bouw van academisch ziekenhuis Maastricht (azM) is de academisering een feit. Sinds 2008 vormen de faculteit en het azM samen het MUMC+.

Afdeling

In december 2016 zijn de twee voormalige afdelingen Radiologie en Nucleaire geneeskunde in goede onderlinge afstemming gefuseerd onder de naam Beeldvorming. Met deze fusie heeft een reorganisatie plaats gevonden, waarbij een management team is opgericht met als voorzitter het afdelingshoofd prof. dr. J. Wildberger. De afdeling is onderverdeeld in zeven teams en bevindt zich op drie locaties binnen het MUMC+. De Nucleaire geneeskunde betreft een van deze teams en bevindt zich op een van oorsprong eigen locatie binnen het ziekenhuis. Het team wordt aangestuurd door teamarts dr. Cristina Mitea en teamleider Mariëlle Visser, welke gezamenlijk de dagdagelijkse werkzaamheden coördineren met aansturing door het managementteam.
Het nucleaire team is jong en dynamisch en bestaat uit twee nucleair geneeskundigen, twee nucleair-radiologen, een differentiant nucleair-radioloog, een teamleider en twaalf MBB'ers. Tevens is er een klinisch radiochemicus, ziekenhuisapotheker, kwaliteitsmedewerker radiofarmacie en apothekersassistent. Er vindt ondersteuning plaats door een groep van vijf klinisch fysici en drie toezichthoudend stralingsdeskundigen, waarvan één klinisch fysicus en één stralingsdeskundige met aandachtsgebied nucleaire geneeskunde.
Daarnaast wordt er veel geïnvesteerd in het opleiden van MBB'ers, zowel voltijd- als duaal studenten. Daardoor zijn er altijd studenten binnen het team aanwezig, welke met veel aandacht worden begeleid.

Op de nucleaire geneeskunde werken we met state-of-the-art apparatuur, waarvan het merendeel recent vervangen is. Zo beschikken we over een 5-rings PET/CT (GE Healthcare MI5 Discovery, 128 slice, 2018), twee SPECT/CT's (GE Healthcare NM870 16 slice, 2021 en 2022), een PET/MRI (Siemens Biograph mMR, 3T, 2014) en een DEXA-scanner (Hologic Horizon, 2021).
Daarnaast zijn er ruimtes beschikbaar voor het uitvoeren van poliklinische therapieën, plasmavolumemetingen en inspanningsonderzoeken. Tevens beschikt de Nucleaire Geneeskunde

Figuur 1. Links: het St. Annadal ziekenhuis. Rechts: het Maastricht UMC+.

Figuur 2. Links: een gedeelte van het huidige team bij onze SPECT/CT (v.l.n.r. Lori Verschuur, Maartje Lotz, Cristel Demollin, Eefje Voets, Gina van Heel, Amara Oosterbaan, Dewi Lamboo, Amy Timmermans, Matthias Bauwens, Sil van Avesaath, Lino Aerts, Toine Lodewick, Thiemo Nijnatten, Cristina Mitea, Rik Moonen, Roel Wierts, Jochem van der Pol, Tineke van de Weijer). Rechts: een gedeelte van het huidige team bij onze PET-CT (v.l.n.r. Kyra Jansen, Martine Schevers, Anouk Claessen, Mariëlle Visser).

over een eigen hotlab met twee LAF-kasten, een hotcel, synthesemodule en bijbehorende randapparatuur. Momenteel is de focus gelegd op het produceren van gallium tracers. In samenwerking met onze apotheek hebben we de ambitie om de productie uit te breiden met andere PET-tracers. Voor het uitvoeren van klinische therapieën hebben we op een naastliggende verpleegafdeling beschikking over drie therapiekamers, waar ^{131}I en ^{177}Lu-PSMA therapieën worden uitgevoerd.

Met de vervanging van onze apparatuur is de kans aangegrepen om een groot gedeelte van de Nucleaire Geneeskunde te verbouwen en te herstructureren. De patiëntbeleving en logistieke verbetering zijn als uitgangspunt genomen. Het thema "water" is hierbij centraal gesteld en komt in verschillende aspecten terug over de gehele afdeling. Voor de PET/CT is een apart areaal gecreëerd, waarin een drietal rustruimtes is gelegen. Na het afronden van de verbouwingen zullen beide SPECT/CT's naast elkaar liggen met één gezamenlijke bedieningsruimte. Momenteel is de verbouwing halverwege gevorderd, waarbij de continuïteit en kwaliteit gedurende het gehele bouwproces is geborgd.

Figuur 3. Het uitvoeren van een plasmavolumemeting met ^{125}I-HSA.

Integratie

De afdeling Beeldvorming betreft een volledig geïntegreerde afdeling van Radiologie en Nucleaire Geneeskunde. Sinds de fusie zijn significante stappen genomen. Naast de twee werkzame nucleair geneeskundigen, zijn er inmiddels twee nucleair radiologen werkzaam binnen Beeldvorming. In de praktijk verdelen zij de werkzaamheden tussen Radiologie en Nucleaire Geneeskunde, inclusief diensten voor beide aandachtsgebieden. Daarnaast hebben enkele radiologen en nucleair geneeskundigen een deelcertificaat voor nucleaire/radiologie onderzoeken behaald. De hybride onderzoeken worden met één verslag ondertekend door een gecertificeerde arts. Deze integratie resulteert in

Figuur 4. links: de PET/CT scanruimte met daarin een visual van mediterrane wateren. Rechts: één van onze rustruimtes voor de patiënten die een [^{18}F]FDG PET/CT krijgen.

efficiëntieslagen, dit maakt het onder andere mogelijk dat bij verschillende multidisciplinaire overleggen (MDO's) slechts één staflid van beeldvorming deelneemt. Deze ontwikkelingen worden enorm positief ontvangen door de clinici. Het resulteert immers in een kwalitatieve verbetering met betrekking tot verslaglegging en de centrale rol van de afdeling Beeldvorming in het algemeen.

Niet enkel bij de stafartsen, maar ook bij de MBB'ers en administratief medewerkers zijn de positieve effecten van de fusie en integratie goed zichtbaar. Zo is er een structurele roulatie van meerdere MBB'ers uit het team Nucleaire geneeskunde binnen de afdeling Beeldvorming op de meeste radiologische modaliteiten. Andersom rouleren ook MBB'ers vanuit andere teams binnen Nucleaire geneeskunde. Leerling MBB'ers worden in de praktijk hybride opgeleid en blijven vaak na diplomering rouleren.

Naast de personele voordelen is de discipline overstijgende kennis toegenomen, evenals de laagdrempelige onderlinge communicatie en het "wij-gevoel" binnen de afdeling.

Samenwerkingen

De samenwerkingen vanuit afdeling Beeldvorming reiken tot buiten de muren van het MUMC+. Zo werkt de Nucleaire Geneeskunde samen met het Uniklinikum Aken onder leiding van prof. dr. Mottaghy, welke in beide ziekenhuizen een aanstelling heeft. Vanuit deze unieke rol coördineert hij research en beheert hij de portefeuille Nucleaire geneeskunde binnen het management team van de afdeling Beeldvorming. Daarnaast is met zowel het academisch ziekenhuis in Luik en Radboudumc Nijmegen een wetenschappelijke samenwerking opgestart. Tussen het MUMC+ en Radboudumc is er een academische alliantie. De samenwerking van apothekers tussen beide centra vergroot de expertise op het gebied van GMP en GMP-z voor radiofarmacie en biedt kansen tot samenwerking op het gebied van research.

Sinds 2019 worden PET/CT's ten behoeve van radiotherapie op onze afdeling uitgevoerd. Dit gebeurt in samenwerking met het naastgelegen radiotherapiecentrum Maastro Clinic. Vanwege deze samenwerking is de PET/CT volledig uitgerust voor het uitvoeren van de PET-scans ten behoeve van radiotherapie planning.

Speerpunten

PET/MRI

Sinds mei 2014 beschikt de afdeling Beeldvorming, als eerste centrum in Nederland, over een volledig geïntegreerd PET/MRI systeem. Sindsdien is de diagnostische meerwaarde van de PET/MRI voor verschillende indicaties vanuit ons ziekenhuis wetenschappelijk aangetoond. Dit betreft vooral de stadiëring van het prostaatcarcinoom en het cervixcarcinoom. Hierbij draagt de MRI met name bij aan de lokale stadiëring en helpt de PET bij de detectie van metastasen op afstand. De combinatie van de beide modaliteiten draagt bij aan een optimale stadiëring.

Daarnaast wordt PET/MRI vooral gebruikt voor de diagnostische beoordeling van osteomyelitis van de schedelbasis en extremiteiten, halstumoren en het mammacarcinoom. In het kader van de beeldvorming van gliomateuze tumoren wordt in toenemende mate het aminozuurmetabolisme van tumoren in beeld gebracht met [^{18}F]FET PET/MRI. De scan wordt in dit geval ingezet om te differentiëren tussen reële tumorprogressie en necrose tijdens behandeling en daarnaast voor het plannen van stereotactische biopsie. Het

toepassingsgebied breidt echter steeds verder uit. Een van de nieuwe indicaties betreft de inzet van PET/MRI bij patiënten met epilepsie.

Therapieën

Een ander speerpunt van de Nucleaire Geneeskunde betreft radionuclidetherapie. Naast de standaard therapieën zoals schildkliertherapie (^{131}I), therapie voor ossale metastase (^{223}Ra) en gewrichtstherapie (^{90}Y) ligt de interesse in toenemende mate op [^{90}Y]-SIRT en [^{177}Lu]Lu-PSMA-617. Selectieve interne radiotherapie (SIRT) wordt uitgevoerd voor het behandelen van levertumoren. Hierbij wordt in nauwe samenwerking met de interventieradiologie een dosis 90Y microspheres intra-arterieel toegediend in de lever, voor lokale radiotherapie van met name het hepatocellulair carcinoom. Dit jaar zijn we gestart met de eerste behandelingen met [^{177}Lu]Lu-PSMA-617 in studieverband. We hopen dit op termijn als reguliere behandeling aan te kunnen bieden

Epilepsie

De afdeling Beeldvorming heeft een intensieve samenwerking met het epilepsiecentrum Kempenhaeghe. Voor deze doelgroep voeren wij [^{18}F]FDG hersen PET/MRI en [^{99m}Tc]Tc-HMPAO perfusie SPECT/CT onderzoeken ictaal en interictaal uit. Patiënten worden voor het ictale SPECT/CT onderzoek één tot drie dagen op de medium care opgenomen, waarbij een verpleegkundige de patiënt de tracer binnen enkele seconden na de start van een insult injecteert. Door substractie van de interictale SPECT van de ictale SPECT en fusie met recente MRI kunnen ictale afwijkingen in de perfusie worden gevisualiseerd.

Wetenschappelijk onderzoek

Zowel klinisch als preklinisch is de Nucleaire geneeskunde betrokken bij wetenschappelijk onderzoek naar metabole beeldvorming, oncologische en cardiovasculaire vraagstellingen. In het verleden zijn we nauw betrokken geweest bij de ontrafeling van de functie van bruin vet. Binnen oncologie ligt de focus op de toepassing voor radiotherapie planning en het gebruik van artificial intelligence. Daarnaast wordt op cardiovasculair vlak de imaging van vroege stadia van plaques onderzocht.

Tot slot

We kijken uit naar afronding van de verbouwingen, zodat we in de komende jaren met veel plezier in een nieuwe en moderne omgeving kunnen werken. De structurele verschuiving naar meer complexe klinische zorg resulteert in een toegenomen vraag naar hoogwaardige hybride beeldvorming. Dit zorgt voor interessante uitdagingen op zowel het gebied van scanprotocollen, radiofarmacie en research. Kortom, veel moois in het vooruitzicht!

m.visser@mumc.nl ♦

Figuur 5. De PET/MRI.

Figuur 6. De SPECT/CT, waar de (inter)ictale SPECT/CT onderzoeken worden uitgevoerd.

Stralingsonderwijs in de nucleaire geneeskunde door de jaren heen

Stralingsonderwijs werd vanaf de eerste jaren gekoppeld aan de opleiding nucleaire geneeskunde. Het waren de tijden waar de nucleaire geneeskunde als "de tak van de geneeskunde die radioactieve isotopen in de vorm van niet-gefixeerde, niet-gesloten radioactieve bronnen als hulpmiddel gebruikt voor onderzoek en behandeling van zieken en voor de bestudering van fysiologische en pathologische processen" (1) werd gedefinieerd. Een van de instellingen van het eerste uur wat betreft stralingsonderwijs was het Instituut voor Kernfysisch Onderzoek (IKO) te Amsterdam waar sinds 1954 tweemaal per jaar een zogeheten Isotopencursus werd gegeven; in een periode van twee weken werden de grondbeginselen van het werken met radioactieve isotopen behandeld. Een andere instelling ook betrokken bij het stralingsonderwijs, was het J.A. Cohen Instituut voor Radiopathologie en Stralingsbescherming (IRS), opgericht in 1958 te Leiden met een interuniversitair karakter. Bij het organiseren van cursussen werd nauw samengewerkt met het Interuniversitair Reactor Instituut (IRI) te Delft, opgericht in 1970 door omvorming van het Reactor Instituut Delft. In de loop der jaren werden specifieke aspecten voor medici aangepast en werd, met het oog op het rekenwerk, in het J.A. Cohen Instituut een voorcursus wiskunde ingericht om de wiskundige kennis van de artsen met die van de andere cursisten, meestal afkomstig van bètavakken, te nivelleren. Dit was met name van belang voor het sommengedeelte van het C-examen waarvoor integreren, differentiëren en andere wiskundige onderdelen een vereiste waren. Zoals hiernaast beschreven in de aankondiging van de cursus 1974/1975 in het Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde (NTvG) werd het onderwijs stralingshygiëne in Leiden jaarlijks georganiseerd op basis van colleges welke één keer per week gedurende meerdere maanden met praktijkgedeelten in zowel Leiden als Delft plaatsvonden. Examens werden afgelegd in mei en het behaalde diploma betrof Deskundigheid Stralingsbescherming benodigd voor het toezicht houden op werkzaamheden in een C-laboratorium. Andere erkende instellingen die cursorisch onderwijs voor het zogenaamde C-diploma gaven waren het Reactor Centrum Nederland (RCN), vanaf 1976 omgezet in het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), in Petten en de Rijksuniversiteit Groningen (2). In de loop der jaren werd het C-diploma vervangen door het niveau-3-diploma dat vanaf 2016 getransformeerd zou worden tot de huidige opleiding voor coördinerend deskundige.
De huidige erkende instellingen voor opleiding tot stralingsbeschermingsdeskundigheid op het niveau van coördinerend deskundige zijn de Rijksuniversiteit Groningen, het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC/Boerhave Nascholing), de Technische Universiteit Eindhoven, Nuclear

Cursus stralingsbescherming. Het J. A. Cohen Instituut voor Radiopathologie en Stralenbescherming te Leiden zal bij voldoende belangstelling in de periode november 1974-april 1975 de 14e cursus stralingsbescherming organiseren. Deze cursus beoogt een algemeen inzicht te geven van de medische en fysische aspecten van de stralingsbescherming. De opleiding is afgestemd op academici, doch een specifiek fysische of medische opleiding is niet noodzakelijk. Gedurende de eerste en de laatste week zullen de colleges iedere dag worden gegeven; in de tussenliggende periode zal in principe alleen donderdag college worden gegeven. Tijdens deze cursus kunnen belangstellenden zich voorbereiden op het aan het einde van de opleiding af te nemen examen, dat de deskundigheid toetst die de Kernenergiewet vraagt van beheerders van een zg. „C-laboratorium".

Zowel het examen als de beoordeling ervan vindt plaats in overleg met vertegenwoordigers van de Ministeries voor Sociale Zaken en voor de Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

De inschrijvingskosten van deze cursus bedragen *f* 300,— per persoon. Zij, die aan deze cursus wensen deel te nemen, worden verzocht zich op te geven bij de administratief directeur van bovengenoemd instituut, Steenstraat 3c, Leiden.

Facsimile aankondiging C-cursus stralingsbescherming in het NTvG 1974;118:1317

Research Consultancy Group vof (NRG), Stichting Katholieke Universiteit (RadboudUMC en Radboud Universiteit) en Technische Universiteit Delft (3).
Naast de evolutie van het stralingsonderwijs van C-diploma tot coördinerende deskundigheid voor nucleair geneeskundigen in opleiding was de het stralingsonderwijs ook van belang voor andere paramedische beroepen binnen de nucleaire geneeskunde. Het stralingsdeskundigheidniveau 4 was bijvoorbeeld een verplicht nummer voor deelnemers aan de opleiding Medisch Beelvormende en Radiotherapeutische Technieken (MBRT). Het stralingsbeschermingsonderwijs blijft tegenwoordig verbonden aan het curriculum van de hogescholen waar de MBRT-opleiding plaatsvindt.

Klaarzetten van [^{131}I]mIBG (links) voor een therapeutische dosis (rechts) omstreeks 1991.

Referenties

1. Ephraïm KH. Wat verstaat men onder nucleaire geneeskunde? Capita Selecta. Ned. T. Geneesk. 1978;122:905-910.
2. Nota inzake het Kernenergiebeleid. Zitting 1971-1972 – 11761
3. https://www.autoriteitnvs.nl/aanvragen-en-melden/registreren-en-erkennen/erkenning-van-opleidingsinstellingen-op-het-gebied-van-stralingsbescherming/erkende-opleidingsinstellingen-stralingsbescherming-nederland

Herinneringen aan het stralingsonderwijs.

In de beginjaren van de nucleaire geneeskunde in Nederland werd het onderwijs met betrekking tot stralingshygiëne gebaseerd op cursussen met een duur van drie maanden. In 1971 vond de cursus plaats in Rotterdam (Academisch Ziekenhuis Rotterdam), Delft (IRI), Amsterdam (Wilhelmina Gasthuis) en Groningen (Academisch Ziekenhuis Groningen). **Peter van Rijk** (professor emeritus nucleaire geneeskunde), één van de deelnemers van toen, reflecteert hierover:
"Als medisch student werd je in de jaren zestig-zeventig in zeven jaar opgeleid tot (huis)arts, vijf jaar voor het doctoraalexamen geneeskunde en daarna nog twee jaar coschappen. In deze twee jaren was het mogelijk om je te bezinnen of je nog verder wilde in een medisch specialisme zoals chirurgie of interne geneeskunde et cetera.
Voor deze laatste periode had ik nog maar vage ideeën over welke richting interessant was.
Echter na mijn semi-arts diploma was er al een wachttijd van drie of vier maanden voor het laatste jaar. In het NTvG werd rond die tijd een annonce geplaatst van het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen over een cursus Nucleaire Geneeskunde welke verzorgd werd door de commissie ad hoc Nucleaire Geneeskunde van de Wetenschappelijke Raad voor Kernenergie.
Ik had tijdens mijn gehele medische studie nooit gehoord over nucleaire geneeskunde maar ik werd wel uitgedaagd door de wervende tekst over een zeer technische kant van de geneeskunde. Op de middelbare school was de gedachte om in Delft te gaan studeren al gepasseerd. Daarnaast een aantrekkelijke kans om gedurende drie maanden een dagvergoeding te krijgen van fl. 39,50 en ook een tegemoetkoming van fl. 1500,--. Een bedrag van 8x mijn maandgeld!
Na consultatie met de commissie ad hoc bleek dat men van mening was dat de nucleaire geneeskunde een eigen entiteit moest worden op basis van medische kennis, want het "vak" werd tot dan uitgeoefend door hobbyisten uit de interne geneeskunde, radiologen, radiotherapeuten, klinisch chemici,

radiochemici, fysici en apothekers. Ondanks dat ik nog geen afgestudeerd arts was werd ik toch ingeschreven.
Bij de start van de cursus in september 1970 bleek dan ook dat het effect van de annonce marginaal was geweest. De cursus werd gestart met twee radiochemici, twee apothekers, een farmaceut, een fysicus, een drs. Geneeskunde, een gepromoveerde drs. Geneeskunde en mijzelf. Bij de start werden wij bedolven door syllabi van de diverse afdelingen.
Met name de start van het "ophalen" van de exacte kennis zoals fysica en wiskunde was heftig voor de medisch geschoolden. De gedachte kwam wel op: "waar ben ik aan begonnen".

Uit het schema van de cursus blijkt al dat het vak nucleaire geneeskunde veel breder werd opgevat dan tegenwoordig. Een onderdeel was bijvoorbeeld autoradiografie en tracerkinetiek, radioimmuno-essays (RIA), chromatografie en dubbel isotopen onderzoek. In Utrecht werd tot het einde van de jaren zeventig deze tak van sport door de nucleaire geneeskunde verricht. Daarna is het ondergebracht bij de klinische chemie.
Tijdens de cursus werd uitvoerig stilgestaan bij de verwerkingsapparatuur voor zowel invoer als uitvoer zoals de ponskaartlezer, magneetband en plotters. Ook de introductie van

Syllabussen ten behoeve van de Cursus Nucleaire Geneeskunde

verzorgd door het Interuniversitair Reactor Instituut Delft

Cursus inhoud eerste band: 1e en 2e blok

Titel voordracht	Symbool
Fysische grondbeginselen I A	FG I A
Fysische grondbeginselen I	FG I
Fysische grondbeginselen II	FG II
Wiskunde I	W I
Wiskunde II Hogere Wiskunde	W II
Wiskunde III Statistiek	W III
Radioaktief verval I	Rad I
Radioaktief verval II	Rad II
Vervalprocessen	Verv
Interaktie van straling met materie	ISM
Detektoren	D
Meetapparatuur	M
Vorm van het γ-spektrum	Spec
Kwalitatieve aspekten van γ-spektrometrie	KS
Elektronische dataverwerking I	EDV I
Elektronische dataverwerking II	EDV II
Kwantitatieve aspekten van akt. metingen	KIM
Produktie van radioisotopen	Prod
Practicum Instructies:	
1. Halveringstijdmetingen	P 6
2. Vervalschema's	P 7
3. Absorptiemetingen	P 9
4. Bepalingen van detektorkarakteristieken	P 10
5. Instrumentatie	P 12
6. γ-Spektrometrie	P 14
7. Elektronische dataverwerking	P 15

Syllabussen ten behoeve van de Cursus Nucleaire Geneeskunde

verzorgd door het Interuniversitair Reactor Instituut Delft

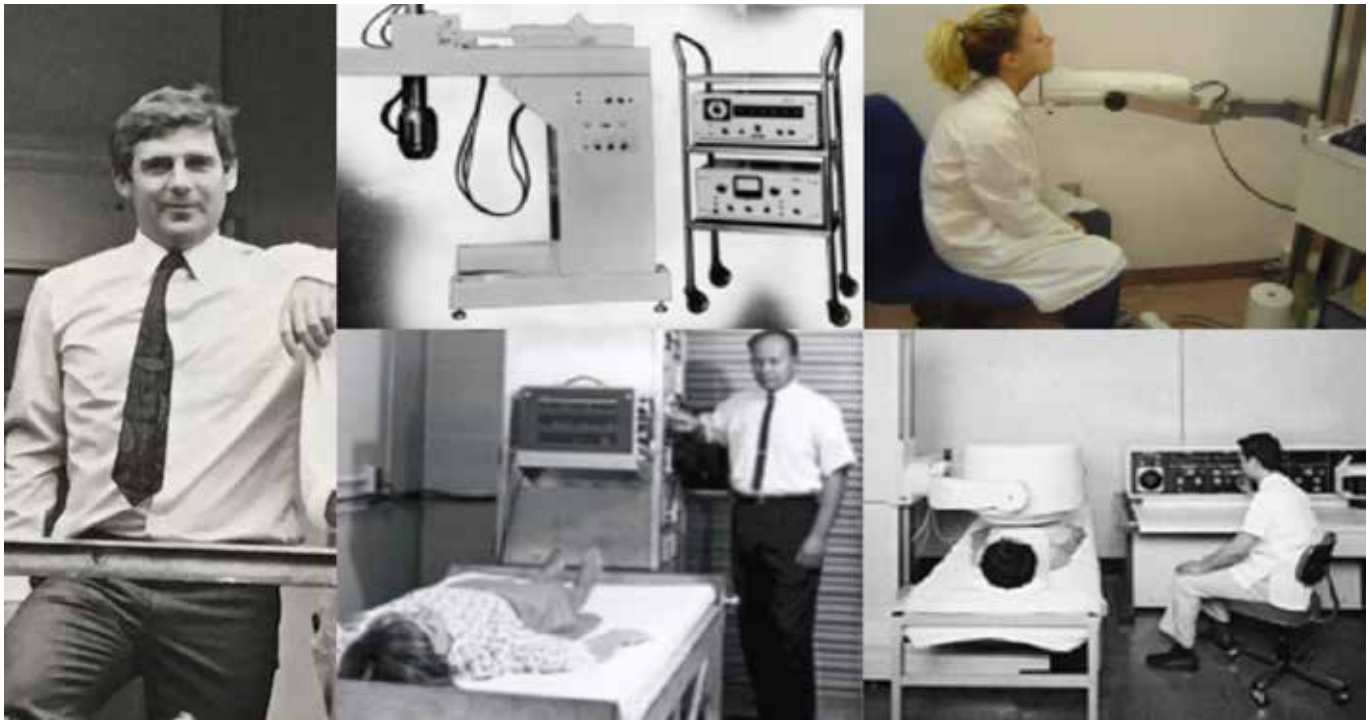
Cursus inhoud tweede band: 3e blok

Titel voordracht	Symbool
Veiligheid bij het werken met r.a. stoffen	Veil II
Radioaktief merken van produkten	Lab
Radioisotopen verdunningsmethoden	VA
Bepaling van de T-3 opname en de T-4 concentratie in serum	Thyr
Radioisotopen die uit elkaar ontstaan	MDR
Vloeistofscintillatiemetingen	VSM
Isotopengeneratoren	Koe
Autoradiolyse van gemerkte stoffen	ARL
Wiskunde IV:Mathematische bewerkingen in de Nucleaire Geneeskunde	W IV
Chromatografische scheidingen van radioaktieve stoffen	Chrom
Autoradiografie	Aut
Tracerkinetiek I	TK I
Tracerkinetiek II	TK II
Practicum Instructies:	
Radioaktief merken van HSA met ^{131}I	P 16
Res-O-Mat T-3/T-4 test	P 17
Vloeistofscintillatiemetingen	P 18
Scheiding van moeder-dochter relatie	P 19
In vitro technieken	P 20
Tracerkinetiek	P 21
Tweecomp. systeem (fysisch model)	P 21a (1) P 21a (2)
Tweecomp. systeem (K^+ uitwisseling in bloed)	P 21a (3)
Noncompartimenteel systeem	P 21b

Schema van de cursus nucleaire geneeskunde voor de periode september 1970 van het IRI te Delft.

programmeertalen werd behandeld zoals Fortran, Algol-60 of Cobol, thans onbekende termen voor de meesten. Wel werd er, terecht, veel aandacht besteed aan statistiek en meetfouten, nog steeds een van valkuilen in de nucleaire geneeskundige onderzoeken.
In oktober 1970 werd de cursus vervolgd bij het IRS te Leiden met "Radiobiologie en effecten van uitwendige straling". Deze cursus was gezamenlijk met de radiologen in opleiding. Door onze voorstudie in Delft was het dan ook een genoegen om de radiologen te zien zweten over integraal- en differentiaalvergelijkingen waar wij inmiddels onze hand niet voor omdraaiden. Ik herinner mij ook dat wij allerlei berekeningen moesten doen voor het instellen van zwartingskrommen bij het gebruik van Röntgenplaten.
In november volgde bij het IRS "Radiobiologie en health physics, open bronnen".
Hierbij werd uitvoerig stil gestaan bij de effecten van inwendige besmettingen, stralingsgevoeligheden van verschillende organen. In de jaren zeventig was er nog veel wetenschappelijk onderzoek naar de gevolgen van de stralingsschade van de atoombommen op Hiroshima en Nagasaki.
Maar ook berekeningen van betondikte voor afscherming van bronnen was een onderdeel. Daarnaast moesten wij sommen maken over exposiesnelheden van verpakkingsmateriaal bij vervoer van open bronnen.
Tijdens deze periode kwam dus het echte rekenwerk aan bod, uitlopend in het C-diploma examen. Ik herinner mij dat dat toch wel het zwaarste deel was van de (drie maanden) cursus. Gelukkig ben ik wel geslaagd maar later bleek dat de certificaten verdwenen waren. Bij registratie tot nucleair geneeskundige gaf dit problemen maar de Specialisten Registratie Commissie gingen akkoord met verklaringen vanuit het IRI dat ik naar verluidt het examen met goed gevolg had afgelegd. Ik moet er niet aan denken om het examen in 1983 weer te moeten afleggen!
In december 1970 was er ter afsluiting van de theorie nog een cursus bij het isotopenlaboratorium van de Rijksuniversiteit Groningen: "Theoretische inleiding in de nucleaire geneeskunde". Hier werd duidelijk dat het vak nog bestond uit een tweetal onderdelen, het in-vitro werk en het in-vivo werk. Bij het laatste werd er gebruik gemaakt van recta lineaire eenkops- of tweekopsscanners, sommige uitgerust met kleuren waarbij de kleuren handmatig via een ratemeter ingesteld moest worden. Hoewel de door Anger ontwikkelde gammacamera op basis van multipele photomultipliers in de cursus kort werd beschreven was er in Nederland nog geen beschikbaar. In 1968 kwam de camera commercieel beschikbaar in de VS. De eerste camera's en later computersystemen konden wegens de exclusiviteit belastingvrij worden geïmporteerd.
Renogrammen met ^{131}I-Hippuran werden bijvoorbeeld gemaakt met een tweetal probes en een analoge plotter, normaliter gebruikt voor uptake van de schildklier. Dit was een scintillatiedetector met photomultiplier.
Hierna volgde nog een stage van 3 maanden bij diverse afdelingen in Nederland. Dit deel heb ik niet kunnen volgen omdat ik het laatste jaar coschappen moest afronden. Overigens had ik al een drietal aanbiedingen om te komen werken als "Nucleair Geneeskundige" in Groningen, Rotterdam of Utrecht. Alle locaties waren interessant maar door mijn studie in Utrecht en de benoeming van Professor Ephraïm was de keuze snel gemaakt. Dat ik nog artsexamen moest doen en daarna nog de dienstplicht moest vervullen was geen belemmering voor een aanstelling bij de Rijksuniversiteit Utrecht. Aldaar ben ik gestart per 1 januari 1972 en tot mijn emeritaat daar gebleven.
Een anekdote wil ik nog vermelden. Tijdens mijn laatste jaar, dus na de cursus, moest ik nog een stage Gynaecologie en Verloskunde lopen. Daarbij werd verwacht dat er een verslag over een specifiek onderwerp werd ingeleverd. Door mijn opgedane kennis heb ik gekozen voor de berekening van stralingsschade bij zwangere vrouwen verdacht voor een placenta previa.
Het onderzoek vond plaats met behulp van ^{131}I-Humaan Serum Albumine (HSA).
Bij de berekening bleek dat de autosomale schade of genetische dood bij moeder en kind zeer beperkt was! Bij inlevering van mijn bevindingen bij de Gynaecologen waren zij diep onder de indruk maar begrepen niets van alle formules. Daarom werd mij gevraagd of ik genoegen wilde nemen met een negen voor deze scriptie. Uiteraard geen bezwaar.
Maar met de kennis van nu zou zulk onderzoek waarschijnlijk een tuchtzaak tot gevolg hebben gehad.

Concluderend en reflecterend kan ik stellen dat deelname aan de cursus zwaar was maar van een hoog niveau en mij enthousiast heeft gemaakt om mij verder te verdiepen in dit nieuwe specialistisch vakgebied. Het duurde wel tot 1984 voordat de nucleaire geneeskunde werd erkend als medisch specialisme".



Peter van Rijk omstreeks 1983 in het AZU met rechts van hem de apparatuur besproken tijdens de stralingscursus van 1970: lineaire eenkopscanner en schildklier uptakeprobe (boven), prototype Anger camera met Hal Anger in beeld en eerste commerciële gammacamera Nuclear Chicago (onder).

Naast het onderwijs stralingsbescherming voor nucleair geneeskundigen in spe was het stralingsonderwijs voor andere beroepswerknemers in de nucleaire geneeskunde uitermate belangrijk. **Arjen Reniers** (medisch nucleair werker en radiodiagnostisch laborant bij de Bravis ziekenhuizen in Roosendaal en Bergen op Zoom) deed het stralingshygiëne onderwijs in het eerste decennium van deze eeuw: "Mijn opleiding, HBO-MBRT, heb ik gevolgd aan de Fontys Hogescholen in Eindhoven. Een onderdeel van de opleiding was het halen van het stralingsdeskundigheidsniveau 4A+B, waarbij A voornamelijk was toegespitst op de röntgenafdeling en B op de afdeling nucleaire geneeskunde. Hiervoor kreeg je ook een apart diploma naast dat van de MBRT-opleiding. Ik heb de opleiding gevolgd in de periode van 2002 tot 2006. In die periode was het stralingsonderwijs verdeeld in twee blokken. Het eerste blok werd gevolgd in het eerste jaar en was onderdeel van de propedeuse. Dit gedeelte was voornamelijk theoretisch, hoewel er een paar practica waren. In deze practica werden bijvoorbeeld metingen met een ionisatiekamer gedaan in een fantoom. Aan het eind van het jaar was er de kennistoets stralingsdeskundigheid, waar alle theorie werd getoetst. Hierna volgden twee jaar waarin geen stralingsfysica werd gegeven. In het laatste jaar, in het allerlaatste blok, kwam het sommengedeelte. Alle principes uit het eerste jaar kwamen weer aan bod, maar nu was het tijd om ze zelf te gaan berekenen. Aan het einde van de periode volgde er een toets waarbij 4 sommen gemaakt moesten worden. Alle lessen met betrekking tot straling werden in die tijd gegeven door John Duijsings. Deze man bezat zelf het stralingsdeskundigheidsniveau 2, wat het hoogste is dat men in Nederland kan halen. Naast heel veel werkervaring en kennis, was hij ook vreselijk goed in rekenen. Hij had geen rekenmachine nodig.
Wat mij altijd zal bijblijven is hoe moeilijk ik het onderdeel fysica vond. Vooral het sommengedeelte. Voor mij heeft het lang geduurd voordat het kwartje viel. Er werden ook extra lessen gegeven voor wie moeite had met de sommen en ik heb alle lessen gevolgd. Ik heb zelden zoveel tijd in het leren gestoken. Ik was zeker niet de enige die moeite had. In die tijd kon je de toets oneindig vaak herkansen omdat de sommentoets geen onderdeel uitmaakte van de propedeuse. De toets werd twee keer per jaar gegeven. Zelf heb ik hem de tweede keer gehaald maar ik heb vooraf aan de toets mensen gesproken die hem voor de negende of tiende keer gingen doen. In de jaren hierna is dit aangepast zodat dit niet meer kon gebeuren".

Fontys Hogeschool te Eindhoven

Arjen Reniers (eerste van links in voorste lijn) naast Hans Balink tijdens een vergadering van de redactie van het TvNG in juli 2018. Achter van links naar rechts: Renato Valdés Olmos, Eric Vullers, Ben Bulten, Neanke Bouwman, Emilia Owers en Anuska Muijres

Het Interuniversitair Reactor Instituut (IRI) te Delft is vanouds sterk betrokken in het stralingsbescherming onderwijs van nucleair geneeskundig in opleiding. **Jasper Emmering** (nucleair deskundige in het Maasstad Ziekenhuis te Rotterdam) behaalde het niveau-3 diploma in 2010 na een cursus in het IRI vanuit het Academisch Medisch Centrum te Amsterdam. Hierover reflecteert hij:
"De TU Delft bood de opleiding *stralingsbescherming deskundigheid niveau 3* tweemaal per jaar aan, de ene keer in Delft, de andere keer in Utrecht. De docenten waren verbonden aan het Reactorinstituut. Ik heb de opleiding gedaan in Utrecht, in het Ornsteinlaboratorium op de Uithof (tegenwoordig "Science Park"). In mijn agenda zie ik tussen januari en mei 2010 24 cursusdagen. In het begin vooral theorie, later vooral practica en oefenvragen en op de laatste dag een oefenexamen van 240 minuten. Ook zijn we 1 dag naar de reactor in Delft gegaan. De nadruk lag op de natuurkunde, minder op de wetgeving. Ik vind het welhaast onvoorstelbaar dat ik de sommen in mijn cursusmap ooit goed heb weten op te lossen, maar dankzij de goede uitleg van de docenten en meerdere avonden in de Universiteitsbibliotheek heb ik het examen toch met succes weten af te leggen. Telkens als er stemmen opgaan om de deskundigheid in de stralingsbescherming periodiek te toetsen voor het behoud van bevoegdheid heb ik een slapeloze nacht.
Wat me opviel was de diverse achtergrond van de deelnemers. Natuurlijk was er een mede-AIOS nucleaire geneeskunde (Rachèl Hezemans), maar ook een dierenarts van het Universitair Dierenziekenhuis in Utrecht waar in 2010 een lineaire versneller werd geplaatst voor het bestralen van huisdieren met kanker, een fysicus die niet de vervolgopleiding klinische fysica had gevolgd maar toch in een ziekenhuis wilde werken (hij heeft veel cursusdagen mogen overslaan en haalde geloof ik een 9,6 voor zijn examen). En een voormalig brandweerman die als stralingsbeschermingsdeskundige (vermoedelijk niveau 5b) werkte op boorplatforms in de Noordzee. Bij olie- en aardgaswinning is sprake van vervuiling met radon, radium en lood, weliswaar in zeer lage concentraties maar er komen kubieke kilometers gas, olie en slib naar boven. Een niveau 3 diploma zou hem in de offshore industrie meer mogelijkheden bieden tegen een hogere vergoeding, helaas is hij gezakt.
Volgens de website van de TU Delft is de opzet volstrekt onveranderd (nog steeds 24 cursusdagen, tweemaal per jaar om en om in Delft en in Utrecht) alleen heet het niet langer niveau 3 maar de opleiding tot *coördinerend deskundige in de stralingsbescherming* (niveau 2 heet nu "*algemeen* coördinerend deskundige in de stralenbescherming" en hoe de eretitel niveau 1 heet kon ik niet achterhalen, misschien *speciaal* coördinerend deskundige?)" .

Reactor Instituut Delft (maart 2010)

Jasper Emmering (helemaal rechts op de foto) eind september 2010 tijdens zijn AIOS-stage in het AvL te Amsterdam met links van hem Wouter Vogel, Kees Hoefnagel, Özgul Ekmekcioglu, Renato Valdés Olmos en Marcel Stokkel.

Tot 2016 was het niveau-3-diploma verplicht voor nucleair geneeskundigen in opleiding. Nucleair geneeskundige **Ben Bulten** deed zijn stralingsbescherming onderwijs in het Radboudumc te Nijmegen in de eerste jaren van het vorige decennium. De herinneringen van hem aan deze tijden: "De niveau 3 cursus werd in onze opleiding in mijn optiek gezien als een scheidslijn tussen het eerste gedeelte van de opleiding inclusief de stage Interne Geneeskunde, en de laatste fase van de opleiding, waarbij werd toegewerkt naar de afronding van de specialisatie met stages op de Radiologie en supervisie van andere AIOS. Het idee was dat als je de niveau 3 cursus eenmaal achter de rug was, de afronding van de specialisatie relatief vlot zou verlopen. En zo ging je er dan ook de in eerste instantie heen: licht gespannen vanwege de geanticipeerde wiskundige stof, want het was immers alweer een mensenheugenis geleden dat je voor het laatst een differentiaal had berekend, maar ook optimistisch, omdat er een barrière in je carrière werd geslecht. Gaandeweg bleek het een aangename doorbreking van de dagelijkse sleur, voorgezeten door goede en vriendelijke cursusleiders en met opvallend heterogene groep deelnemers - beeldvormers zoals ikzelf, maar ook klinisch fysici, mensen uit het bedrijfsleven -, waarbij je zowaar weer zin begon te krijgen de volgende differentiaal te berekenen. Maar er moest zeker ook geblokt worden en toen het examen was behaald, had je inderdaad het gevoel: het komt wel goed nu."

Apparatuur voor het meten van straling in een C-laboratorium (foto Wout Moerman, Radboudumc)

Nucleair geneeskundigen Ben Bulten (rechts) en Wouter van den Bruggen naast een SPECT/CT camera in het Streekziekenhuis Koningin Beatrix in 2019.

Tijdschrift voor Nucleaire Geneeskunde
ISSN 1381-4842, nr. 3, 20 september 2022

UITGEVERIJ
KLOOSTERHOF

Kloosterhof acquisitie services - uitgeverij
Napoleonsweg 128a
6086 AJ Neer
T: 0475 59 71 51
F: 0475 59 71 53
E: info@kloosterhof.nl
I: www.kloosterhof.nl

Hoofdredacteur
dr. B.F. Bulten
b.bulten@skbwinterswijk.nl
dr. R.A. Valdés Olmos
r.a.valdes_olmos@lumc.nl

Redactie
drs. B. Bosveld
drs. J. Emmering
prof. dr. S. Heskamp
ir. J.A.C. van Osch
drs. E.C. Owers
A. Reniers
drs. G.N. Stormezand
drs. D.N.J. Wyndaele

Interviews vallen onder verantwoordelijkheid van de redactie

Bureauredactie
drs. Anuska Muijres
T: 0475 597152
E: anuska@kloosterhof.nl

Advertentie-exploitatie
Kloosterhof Neer B.V.
acquisitie services – uitgeverij
Eric Vullers
T: 0475 597151
E: eric@kloosterhof.nl

Vormgeving
Kloosterhof Vormgeving
Marie-José Verstappen
Annemieke Peeters

Adviesraad
prof.dr. R.J. Bennink
prof.dr. B.N.M. van Berckel
prof.dr. R. Boellaard
prof.dr. J. Booij
prof.dr. E.F.I. Comans
prof.dr.R.A.J.O. Dierckx
prof.dr. B.L.F. van Eck-Smit
prof.dr. P.H. Elsinga
prof.dr. L.F. de Geus-Oei
prof.dr. M. Gotthardt
prof.dr. N.H. Hendrikse
prof.dr. O.S. Hoekstra
prof.dr. P.L. Jager
prof.dr. J.G.W. Kosterink
prof.dr. E.P. Krenning
prof.dr. G.P. Krestin
prof.dr. M.G.E.H. Lam
prof.dr. A.A. Lammertsma
prof. L. Mortelmans
prof.dr. F.M. Mottaghy
prof.dr. W.J.G. Oyen
prof.dr. R.M. Pijnappel
prof.dr. W.M. Prokop
prof.dr. J. Pruim
prof.dr. P.P. van Rijk
prof.dr. E.A. van Royen
prof.dr. R.H.J.A. Slart
prof.dr. G.J.J. Teule
prof.dr. J.F. Verzijlbergen
prof.dr. J.E. Wildberger
prof.dr. A.D. Windhorst

Open Access
In samenwerking met de Nederlandse Vereniging voor Nucleaire Geneeskunde zal TvNG in een Open Access-vorm worden aangeboden op
www.tijdschriftvoornucleairegeneeskunde.nl

Verschijningsdata, jaargang 44
Nummer 1: 22 maart 2023
Nummer 2: 21 juni 2023
Nummer 3: 27 september 2023

Aanleveren kopij, jaargang 44
Nummer 1: 15 januari 2023
Nummer 2: 15 april 2023
Nummer 3: 15 juli 2023

Kloosterhof acquisitie services - uitgeverij
Het verlenen van toestemming tot publicatie in dit tijdschrift houdt in dat de auteur aan de uitgever onvoorwaardelijk de aanspraak overdraagt op de door derden verschuldigde vergoeding voor kopiëren, als bedoeld in Artikel 17, lid 2. der Auteurswet 1912 en in het KB van 20-71974 (stb. 351) en artikel 16b der Auteurswet 1912, teneinde deze te doen exploiteren door en overeenkomstig de Reglementen van de Stichting Reprorecht te Hoofddorp, een en ander behoudend uitdrukkelijk voorbehoud van de kant van de auteur.

Cursus- en congresagenda

2022

NVNG Wetenschappelijke najaarsvergadering "Nuclear Medicine: from Bench to Bedside"
7 oktober, 2022, Meander Medisch Centrum Amersfoort, https://www.nvng.nl/agenda/nvng-wetenschappelijke-bijeenkomst-najaar

EANM 2022, 35th Annual Congress of the European Association of Nuclear Medicine
15 - 19 October, 2022, Barcelona, Spain, https://eanm22.eanm.org/

NCS 8th Lustrum Symposium "Radiation Protection in Full Colours"
4 November, 2022, Anatomiegebouw Utrecht, https://www.nvng.nl/system/files/bestanden/documenten/savethedate_8thncslustrum2022.pdf

ESRR'22 - 20th European Symposium on Radiopharmacy and Radiopharmaceuticals
24 - 27 November, 2022, Verona, Italy, https://www.esrr.info

RSNA 2022 - Radiological Society of North America, Annual Meeting
27 November - 1 December, 2022, McCormick Place, Chicago, USA, https://www.rsna.org/annual-meeting/future-and-past-meetings

SABCS 2022 - San Antonio Breast Cancer Sympsium
5 - 10 December, 2022, https://lobularbreastcancer.org/event/sabcs-2022/

2023

EANM Focus Meeting 5 - Molecular Imaging and Theranostics in Prostate Cancer
2 - 4 February, 2023, Seville, Spain, https://www.eanm.org/2021/01/eanm_focus_meeting-5/

St. Gallen 18th International Breast Cancer Conference 2023
15 - 18 March, 2023, Vienna, Austria, https://www.oncoconferences.ch/events/bcc-2023/

BNMS 2023 - British Nuclear Medicine Society Meeting
15 - 17 May, 2023, Liverpool, UK, https://10times.com/bnms-meeting

SNMMI 2023 - Annual Meeting Society of Nuclear Medicine & Molecular Imaging
24 - 27 June, 2023, McCormick Place, Chicago, IL, USA, https://www.snmmi.org/MeetingsEvents/EventDetail.aspx?EventID=86389

EANM 2023 - European Association of Nuclear Medicine Congress
21 - 24 October, 2023, Vienna, Austria, https://10times.com/eanm-vienna

RSNA 2023 - Radiological Society of North America, Annual Meeting
26 - 30 November, 2023, McCormick Place, Chicago, USA, https://www.rsna.org/annual-meeting/future-and-past-meetings

Adres Bliek 14, 4941 SG Raamsdonksveer
Telefoon 0162-729102
E-mail info@pi-medical.nl
Website www.pi-medical.nl

PI MEDICAL

ISO-9001:2015

SPECIALIST IN MEDICAL IMAGING
High level service with a personal touch

PI Medical is your partner for products in the Medical Imaging departments.
From small syringe shields to automatic dispense systems for PET isotopes.
The term radiation has a special meaning for us.
We have products to measure it, shield it and dispense it.
We even have sealed sources for QC on PET-CT and SPECT-CT systems

Our focus is to provide service of a very high standard.
Thereby we chose high quality products.
Products that we believe in.
We are ISO certified and have qualified and trained service technicians for repairs and maintenance of our products.
Please visit our website and contact us if you are interested in one of our products.