

Aanbevelingen voor de standaardisatie van aanvraag, uitvoering en verslaglegging van CT-beeldvorming in het kader van FDG-PET/CT-onderzoeken bij patiënten met een maligne lymfoom

Standardization of application, acquisition and reporting of CT imaging in FDG-PET/CT for patients with malignant lymphoma

R.A.J. Nievelstein, C. Schaefer-Prokop, B.G.F. Heggelman, R. Boellaard, P.J. Lugtenburg en J.M. Zijlstra, namens de HOVON-werkgroep Imaging

Samenvatting

Vanuit de HOVON-werkgroep Imaging, waarin hematologen, nucleair geneeskundigen, radiologen en klinisch fysici zitting hebben, is een aanbeveling gedaan voor de standaardisatie van computertomografie (CT) als onderdeel van positronemissietomografie (PET)/CT-beeldvorming bij patiënten met een maligne lymfoom. Het doel van deze aanbeveling is de kwaliteit van multicentrumonderzoek te optimaliseren door het minimaliseren van de verschillen in aanvraag, acquisitie en verslaglegging. Tevens is hierbij rekening gehouden met het minimaliseren van de stralingsbelasting van de patiënt. In het geval van een diagnostische CT wordt aanbevolen om voor de standaard axiale reconstructies van hals, thorax en abdomen een coupedikte van 3-5 mm te nemen. Een goede aanvraag met adequate klinische informatie is van essentieel belang voor de juiste uitvoering van het PET/CT-onderzoek en voor een duidelijke verslaglegging.

(*Ned Tijdschr Hematol* 2013;10:15-24)

Summary

The HOVON Imaging Working Group, whose members are hematologists, nuclear medicine physicians, radiologists and physicists, has written a recommendation for the standardization of computer tomography (CT) as part of positron emission tomography (PET)/CT imaging for patients with malignant lymphoma. The goal is to optimize the quality of PET/CT in multicenter trials by minimizing differences in application, acquisition and reporting. Reduction of radiation exposure for patients was also concerned. For diagnostic CT-scanning, it is advised to perform axial reconstructions of 3 till 5 mm thickness. A clear application with adequate clinical information is essential for correct performance of PET/CT and for univocal reporting.

Dit artikel is in enigszins aangepaste vorm ook verschenen in MemoRad (2011;16(3):10-6) en Tijdschrift voor Nucleaire Geneeskunde (2012;34(1): 724-32).

Auteurs: dhr. dr. R.A.J. Nievelstein, radioloog, afdeling Radiologie, Universitair Medisch Centrum Utrecht, mw. dr. C. Schaefer-Prokop, radioloog, afdeling Radiologie, Meander Medisch Centrum, dhr. drs. B.G.F. Heggelman, radioloog, afdeling Radiologie, Meander Medisch Centrum, dhr. prof. dr. R. Boellaard, klinisch fysicus, afdeling Nucleaire Geneeskunde en PET Research, VU medisch centrum, mw. dr. P.J. Lugtenburg, hematoloog, afdeling Hematologie, Erasmus MC, mw. dr. J.M. Zijlstra, hematoloog, afdeling Hematologie, VU medisch centrum, namens de HOVON-werkgroep Imaging. Correspondentie graag richten aan mw. dr. J.M. Zijlstra, hematoloog, afdeling Hematologie, 2pk brug 018, VU medisch centrum, De Boelelaan 1117, 1081 HV Amsterdam, tel.: 020 444 26 04, e-mailadres: j.zijlstra@vumc.nl
Belangenconflict: geen gemeld. Financiële ondersteuning: geen gemeld.

Trefwoorden: maligne lymfoom, PET-CT, standaardisatie, verslaglegging

Key words: malignant lymphoma, PET-CT, standardization, reporting

Inleiding

In Nederland worden jaarlijks ruim 3.000 nieuwe patiënten met een maligne lymfoom gediagnosticeerd, waarvan 14-15/100.000 een non-hodgkinlymfoom hebben en 2-3/100.000 een hodgkinlymfoom. Deze getallen tonen de afgelopen decennia een gestage groei.

Dankzij nieuwe therapeutische mogelijkheden is de prognose voor patiënten met een maligne lymfoom tegenwoordig significant beter voor de meeste histologische subtypen, zoals het hodgkinlymfoom en de agressieve non-hodgkinlymfomen. De prognose van de indolente non-hodgkinlymfomen, welke met de huidige standaardbehandelingen niet te genezen zijn, is eveneens sterk verbeterd door de introductie van chemo-immunotherapie. Het klinisch beloop wordt gekenmerkt door frequente recidieven en remissies na hernieuwde behandeling. Hierdoor is niet alleen het totale aantal lymfoompatiënten in de laatste jaren toegenomen, maar ook het aantal lymfoompatiënten die voor herhaalde medische (en beeldvormende) evaluatie komen.

De introductie van fluorodeoxyglucose-positron-emissietomografie (FDG-PET) als een functionele indicator voor de aanwezigheid van actief tumorweefsel en als monitor van succesvolle of falende therapie heeft tot een vooruitgang in de therapie-monitoring van lymfoompatiënten geleid. Terwijl computertomografie (CT) het onderzoek van keuze blijft voor de morfologische analyse, vormt de metabole informatie van PET essentiële informatie voor de behandelstrategie van de individuele patiënt. PET en CT zijn complementaire technieken geworden in de diagnostiek en responsevaluatie van het maligne lymfoom. Dit heeft geresulteerd in de integratie van de PET/CT-systemen in de oncologische beeldvorming. Beeldvormende technieken vormen een onmisbaar onderdeel van de initiële staging, therapie-monitoring en follow-up van patiënten met een maligne lymfoom, naast klinisch, laboratorium- en hematologisch onderzoek. Het interdisciplinaire karakter van de diagnostiek en gebruikte beeldvormende technieken (echografie, CT, 'magnetic resonance imaging' (MRI) en PET of PET/CT) en het vergelijken van meerdere scans van een patiënt maakt optimalisatie en standaardisatie van de acquisitietechniek en verslaggeving noodzakelijk. Tot voor kort was de classificatie van het ziektestadium en de bepaling van regressie/progressie van ziekte voornamelijk gebaseerd op het

bepalen van de doorsneden van targetlaesies. Terwijl de visuele evaluatie van PET/CT-onderzoeken inmiddels al een onmisbaar onderdeel van de respons-monitoring van lymfoompatiënten vormt, is de aanvullende waarde van de kwantificering van FDG-opname door middel van de 'standardized uptake value' (SUV) onderwerp van veel wetenschappelijk onderzoek. Gelet op de eerste resultaten is het zeer aannemelijk dat deze kwantificeringstechniek een steeds grotere rol zal gaan spelen in de bepaling van vroege therapierespons en prognose. Elke vorm van kwantificering van morfologische en/of functionele parameters is echter onlosmakelijk verbonden met standaardisatie van een procedure om de verkregen gegevens reproduceerbaar, beoordelaaronafhankelijk en vergelijkbaar te maken. Deze ontwikkelingen in standaardisatie en optimalisatie van diagnostiek binnen de hematologie en oncologie worden mede ingegeven door het toenemende aantal multicentrumstudies met als doel de krachten te bundelen en de behandeling van patiënten verder te optimaliseren.

Interdisciplinaire Imaging-werkgroep van de HOVON

Gezien het belang van de zojuist beschreven ontwikkelingen is binnen de HOVON (Stichting Hemato-Oncologie voor Volwassenen Nederland) een Imaging-werkgroep opgericht waarin nucleair geneeskundigen, radiologen, klinisch fysici en hematologen uit zowel academische als algemene ziekenhuizen in Nederland zitting hebben. Het doel van deze werkgroep is, naast een adviserende rol bij het opzetten van multicentrumstudies, het opstellen van aanbevelingen ten behoeve van standaardisatie voor de beeldvormende diagnostiek bij hematologische maligniteiten.

In aanvulling op al gepubliceerde richtlijnen voor kwantitatieve tumor-PET-beeldvorming heeft de werkgroep zich het afgelopen jaar beziggehouden met het opstellen van aanbevelingen voor de standaardisatie van de acquisitie van CT, als onderdeel van PET/CT-beeldvorming, bij patiënten met een maligne lymfoom.^{1,2} Het doel van deze aanbeveling is om de kwaliteit van multicentrumonderzoek te optimaliseren door het minimaliseren van de verschillen in aanvraag, acquisitie en verslaggeving. Uiteraard geldt hierbij als randvoorwaarde dat de aanbeveling moet voldoen aan (internationale) kwaliteitseisen en dat de stralingsbelasting van de patiënt moet

worden geminimaliseerd. In de navolgende tekst zullen de overwegingen en belangrijkste aandachtspunten worden besproken die tot deze standaardisatie hebben geleid. Beeldvorming bij kinderen is expliciet niet meegenomen in deze aanbeveling aangezien de diagnostiek en behandeling daarvan onderdeel is van een andere organisatie (Stichting Kinderoncologie Nederland; SKION).

Huidige status van de beeldacquisitie in Nederland

Om de beschikbaarheid en status van acquisitietechniek van PET/CT-onderzoeken in Nederland vast te stellen, heeft de HOVON-werkgroep Imaging eind 2008 een enquête rondgestuurd naar alle ziekenhuizen in Nederland met PET/CT-systemen op dat moment. Deze enquête was uitsluitend gericht op het in kaart brengen van de volgende aspecten van onderzoekstechniek bij staging van het maligne lymfoom: orale en intraveneuze contrasttoediening, stralingsdosis, ademhalingsinstructies en scanbereik. Onderwerpen als de PET-scanacquisitie en organisatie rond verslaglegging van deze hybride onderzoeken zijn niet meegenomen. Wel is uitdrukkelijk gevraagd de enquête door zowel de nucleair geneeskundige als radioloog te laten invullen. Het doel van deze enquête was primair om een indruk te krijgen van a) de aspecten van de beeldvormende techniek die al uniform zijn en geen verdere harmonisatie behoeven en b) de aspecten die verschillen tussen de diverse ziekenhuizen met gevolgen voor de beeldkwaliteit en ziektekwantificering en dus verdere harmonisatie behoeven. De enquête leverde een respons op vanuit 17 centra (4 academische en 13 perifere ziekenhuizen). Aangezien de enquête al eind 2008 werd afgenomen, kunnen de getallen in de navolgende samenvatting inmiddels zijn gewijzigd door de recente installatie van PET/CT-scanners in Nederland. Het merendeel van de PET/CT-scanners in Nederland betrof ten minste 16-slice-MDCT-scanners; slechts eenmaal werd een 2-slice-systeem vermeld. Dat betekent dat alle scanners de mogelijkheid hebben om een isotrope dataset te genereren voor het scanbereik van hals-thorax-abdomen met de mogelijkheid van multiplanare reconstructies in sagittale en coronale richting. In 80% van de ziekenhuizen werd indien mogelijk een dosis-modulatietechniek (zoals geleverd door de meeste fabrikanten) toegepast. Verdere adap-

tatie van de stralingsdosis aan het gewicht van de patiënt door aanpassing van kV en mAs werd echter slechts in 40% van de ziekenhuizen standaard toegepast, in 20% soms en nooit in de overige 40%. Het scanbereik varieerde van vertex of basis van de schedel tot liesregio of halverwege bovenbeen. Er was geen voorkeur voor een caudo-craniale of cranio-caudale scanrichting. In de meeste ziekenhuizen (75%) ademde de patiënt rustig door tijdens de acquisitie van de lagedosis-CT voor attenuatiecorrectie (CT-AC).

Uit de enquête bleek dat het beleid rondom orale contrasttoediening enigszins varieerde tussen de verschillende ziekenhuizen. Het merendeel van de ziekenhuizen (83%) gebruikte geen oraal contrast. Eén ziekenhuis gebruikte alleen negatief oraal contrast en 2 een positief oraal contrast voor zowel de lagedosis-CT-AC als (indien geïndiceerd) de diagnostische CT. Daarnaast werd in een aantal ziekenhuizen alleen positief oraal contrast gebruikt indien een diagnostische CT was geïndiceerd. De vraag of de radioloog bereid was alleen negatief oraal contrast te gebruiken om verstoring van de kwantificering van de PET te voorkomen, werd door 50% beantwoord als onzeker en door 12% als onwenselijk.

De applicatie van intraveneus contrastmiddel bleek vrij uniform te worden uitgevoerd in alle geënuquêteerde ziekenhuizen met, afhankelijk van het gewicht, een volume van 70-120 ml, een jodiumconcentratie van 300 mg/J/ml en een flow van 2-3 ml/sec. De meeste ziekenhuizen gebruikte daarbij ook een NaCl-flush na afloop van de contrastbolus.

Bijzondere eisen aan de CT-acquisitie in verband met PET-kwantificatie

Tijdens een PET/CT-studie worden 1 of meerdere CT-scans gemaakt. Deze CT-scans kunnen om 2 redenen worden gemaakt:

1. Voor attenuatie (en scatter)-correctie en lokalisatie van de op de PET-zichtbare laesies (zogenoemde lagedosis-CT of CT-AC), of
2. ten behoeve van diagnostiek (zogenoemde diagnostische CT).

Een CT die wordt gemaakt voor attenuatie (en scatter)-correctie, de CT-AC, moet aan een aantal eisen voldoen om een goede attenuatiecorrectie van het PET-emissiebeeld te geven. Deze correcties van

de PET-emissiescans zijn namelijk essentieel om uit de PET-beelden kwantitatieve gegevens (SUV) te kunnen halen. De kwantitatieve kwaliteit van de PET-scans kan negatief worden beïnvloed door een aantal factoren in een CT-scan, welke dus moeten worden vermeden.³ Een drietal (ook voor de aanvrager relevante) factoren wordt hier specifiek benoemd:

1. *Aanwezigheid van contrastmiddel (oraal en i.v.)*

De aanwezigheid van contrastmiddel (oraal en i.v.), zodanig dat een aanzienlijke verhoging van 'Hounsfield units' (HU) in het CT-beeld aanwezig is, kan leiden tot een overcorrectie van de attenuatie en dus een opwaartse 'bias' in de kwantificatie van het PET-beeld. Verschillende studies hebben een deviatie aangetoond van de SUV-waarden van lever en milt tot 11% en van de tumor tot 13% indien de diagnostische CT met intraveneuze toediening van contrastmiddel ook werd gebruikt voor attenuatiecorrectie.⁴⁻⁷ Deze effecten van i.v.-contrast op de attenuatie zijn niet zonder meer te corrigeren en de toediening hiervan moet dus worden vermeden indien attenuatiecorrectie gewenst is. Ook hoge concentraties van oraal toegediend intraluminaal barium- of jodiumhoudend contrast kunnen de attenuatiecorrectie van de PET-beelden verstoren met als gevolg een overschatting van de FDG-accumulatie ter plaatsen. Het effect van oraal contrast kan echter worden geminimaliseerd (of zelfs afwezig zijn) door gebruik te maken van negatief oraal contrast of verdund oraal contrast. Na toediening van een (verdund) positief oraal contrastmiddel wordt in de literatuur een maximale verschuiving van de SUV beschreven van 4%, maar alleen indien de laesie dicht tegen of in de darmwand gelegen is. Deze verstoring van de kwantificering kan over het algemeen worden verholpen als een negatief oraal contrastmiddel wordt gebruikt.

2. *Positioneringsverschil tussen CT- en PET-beelden*

Elke vorm van discrepantie in positie tussen CT- en PET-beelden zal leiden tot een onjuiste attenuatiecorrectie. Daarom is het van groot belang de patiënt zo veel mogelijk hetzelfde te positioneren tijdens de CT-AC en daaropvolgende PET-acquisitie. Verder kan er een verschil in diafragma-positie optreden tussen de PET-beelden (meestal verkregen tijdens tientallen ademhalingscycli) en CT-beelden (snelle acquisitie en dus meer een 'snapshot' van de patiënt). Doorgaans wordt

aanbevolen om de patiënt tijdens de acquisitie van een CT-AC rustig te laten doorademen (geen ademhalingsinstructies). Diepe-inspiratie-CT-AC kan namelijk aanleiding geven tot ernstige beeldartefacten in het voor attenuatie gecorrigeerde PET-beeld.

3. *Metalen implantaten*

Metalen implantaten, zoals heupprothesen en pacemakers, leiden tot artefacten (sterk verhoogde HU- en streepartefacten) in het CT-beeld. Indien deze CT-beelden worden gebruikt voor attenuatiecorrectie zal vooral ter plekke van het implantaat een verhoogde SUV in het attenuatiegecorrigeerde PET-beeld te zien zijn. Bij de beoordeling van een PET-studie is het dus noodzakelijk om naast het attenuatiegecorrigeerde beeld ook de (lage-dosis)-CT en het niet-attenuatiegecorrigeerde beeld voorhanden te hebben en te bekijken. Verhoogde FDG-opname ter plekke van een metalen implantaat en alleen zichtbaar op het attenuatiegecorrigeerde PET-beeld moet worden toegekend aan een artefact ten gevolge van de aanwezigheid van het metalen implantaat.

Aanbevelingen voor de CT-acquisitie in het kader van PET/CT- en PET-kwantificatie

In de navolgende tekst worden de aanbevelingen voor CT-acquisitie samengevat voor zowel de lage-dosis-CT voor attenuatie (en scatter)-correctie en anatomische correlatie van de PET (CT-AC) als de diagnostische CT-acquisitie. Deze aanbevelingen zijn gebaseerd op de recente literatuur, klinische praktijk zoals weergegeven in de enquête en discussies in de HOVON-werkgroep Imaging.

Positionering en instructie van de patiënt

De patiënt dient in het geval van een 'whole-body'-scan bij voorkeur met de armen omhoog te worden gepositioneerd om 'beam-hardening'-artefacten en artefacten ten gevolge van de beperking van het 'field-of-view' (FOV) te voorkomen. Indien de patiënt dit niet kan volhouden, kunnen de armen eventueel langs het lichaam worden gepositioneerd met beide handen gekruist op de buik ter hoogte van de navel, zo nodig ondersteund door een sluitlaken. Ook bij een (eventueel aparte) hoofd-halsstudie (waarbij de thorax niet wordt meegenomen in het scantraject) moeten de armen langs het lichaam worden ge-

Tabel 1. Aanbevelingen voor de informatie op een CT-aanvraag bij het maligne lymfoom.

1. Type lymfoom	hodgkinlymfoom/non-hodgkinlymfoom
2. Bekende ziektelokalisaties	
3. Lokatie van (diagnostische) ingreep	biopsie, operatie (inclusief datum)
4. Stagerings- of restageringsonderzoek	voor/tijdens/na behandeling
5. Therapie	chemotherapie, radiotherapie
6. Comorbiditeit	risicofactoren contrastnefropathie risicofactoren contrastreactie eerdere maligniteit/ziekte die beoordeling kan beïnvloeden
7. Eerder radiologisch onderzoek	bijvoorbeeld uit ander ziekenhuis aanwezig/afwezig
8. Behandeling in (HOVON) studieverband	ja/nee

plaatst (zowel tijdens de CT- als PET-scan). In alle gevallen geldt dat de patiënt in zijn geheel binnen het FOV van de CT-AC moet zijn gelegen en in dezelfde positie als tijdens de emissiescanning. Het hoofd dient in een neutrale positie te zijn gepositioneerd (geen flexie of extensie) om de evaluatie van cervicale lymfeklieren zo goed mogelijk te maken. De CT-AC wordt tijdens rustig doorademen verkregen. Indien geïndiceerd wordt de diagnostische CT van de thorax in diepe inspiratie vervaardigd, gevolgd door de CT van het abdomen in inspiratie. Gedurende beide scans ligt de patiënt met de armen omhoog. Een diagnostische CT van de hals dient met de armen langs het lichaam te worden uitgevoerd.

Scanbereik en -richting

Een ‘whole-body’-scan dient minstens vanaf halverwege de femora tot en met de externe gehoorgang te reiken. Daarnaast beveelt de HOVON-werkgroep Imaging aan om de CT-beeldacquisitie in cranio-caudale en de aansluitende PET-scan in caudo-craniale richting uit te voeren ter voorkoming van maskering van pathologie in het kleine bekken door toenemende blaasvulling gedurende de scan.

Contrastmiddelgebruik

De CT-AC mag niet worden uitgevoerd met intraveneus contrastmiddel, maar verdund of negatief oraal contrastmiddel is wel toegestaan (zie ook de Europese richtlijn voor kwantitatieve FDG-PET-studies).^{1,2} Een

diagnostische CT wordt met oraal en/of intraveneus contrastmiddel (cave: contra-indicaties) vervaardigd. Daarom adviseert de HOVON-werkgroep Imaging om, indien kwantificering van de FDG-opname is geïndiceerd, een positief oraal contrastmiddel in een adequate verdunning te gebruiken (bijvoorbeeld 30 cc gastrografine in 750 ml water). Hoewel in de literatuur een maximale dichtheid van 500 HU voor oraal contrastmiddel als acceptabel wordt beschreven, adviseert de HOVON-werkgroep Imaging te streven naar een maximale dichtheid van 250 HU.^{5,8,9}

Scanvolgorde

Indien een diagnostische CT-scan gewenst is, dan heeft het de voorkeur om deze als laatste te maken. De volgende scanvolgorde is dus wenselijk:

1. Scout (voor het instellen van het scantraject).
2. CT-AC (eventueel met negatief of verdund positief oraal contrast), tijdens rustig doorademen.
3. PET-emissiescan.
4. Diagnostische CT (op indicatie) met i.v.-contrastmiddel en met bijbehorende CT-instellingen (pitch, kV, mAs, enzovoort) en eventuele ademhalingsinstructies.

Standaardisatie van de aanvraag en verslaglegging van het diagnostische CT-onderzoek

Het is alom bekend dat de beoordeling van een radio-

Tabel 2. Aanbevelingen voor de beoordeling van de diagnostische baseline-CT-scan.

targetlaesies	<p>maximaal 6 meetbare laesies (<i>lange-as-diameter >1,5 cm, kort-as-diameter >1,0 cm</i>) verspreid door lichaam, representatief (indien aanwezig, bij voorkeur aan beide zijden van het diafragma) bij voorkeur grootste laesies tweedimensionale meting in transversale vlak</p>
non-targetlaesies	<p>alle andere meetbare laesies, niet meten! milt (indien aangedaan) is non-targetlaesie, focaal of diffuus (<i>vergroot bij maximale dimensie >13,5 cm of doorsnede 11 x 7 x 4 cm</i>) alle niet-meetbare laesies (bijvoorbeeld pleuravocht, beenmerg)</p>
PACS	<p>laat metingen staan vlag/markeer alle targetlaesies (indien mogelijk) vlag/markeer representatieve non-targetlaesies (indien mogelijk)</p>
verslag	<p>beschrijf targetlaesies: locatie, tweedimensionale diameter, aspect/uitbreiding, coupenummer/tafelpositie beschrijf non-targetlaesies: indicatie over grootte/hoeveelheid, locatie (inclusief coupenummer/tafelpositie) beschrijf relevante nevenbevindingen conclusie: vermeld targetlaesies (géén Ann Arbor/Cotswold-stadium)</p>

logisch onderzoek wordt beïnvloed door de klinische informatie die de radioloog ter beschikking heeft.^{10,11} Daarnaast bepalen kennis van tumoredrag, staging-systemen en responscriteria in grote mate de accurate van de beoordeling en verslaglegging.^{12,13} Standardisatie van aanvraag en verslaglegging is dus van groot belang, zeker nu oncologische patiënten in toenemende mate volgens landelijke richtlijnen of in nationale/internationale klinische studies worden behandeld.

De aanvraag

Een goede aanvraag is van essentieel belang voor de juiste keuze en uitvoering van het radiologisch onderzoek. Daarnaast hebben verschillende studies aangetoond dat de beoordeling van radiologisch onderzoek verbetert indien de radioloog over de juiste klinische informatie beschikt.^{11,14,15} Binnen de HOVON-werkgroep Imaging is daarom het afgelopen jaar gewerkt aan aanbevelingen voor een standaard-aanvraag voor radiologisch onderzoek bij patiënten met een maligne lymfoom. Het resultaat hiervan is samengevat in *Tabel 1*, pagina 19.

Allereerst dient een aanvraag informatie over type lymfoom, reeds bekende ziekte lokalisaties en lokalisatie van een eventuele (diagnostische) ingreep te

bevatten. Van belang is bovendien of het een staging- of restageringsonderzoek betreft, omdat dat bepaalt volgens welke classificatie of responscriteria het onderzoek moet worden beoordeeld.¹⁶⁻¹⁸ In het geval van een restageringsonderzoek is het voor een goede beoordeling ook essentieel dat wordt vermeld welke vorm van behandeling heeft plaatsgevonden (chemotherapie en/of radiotherapie). Daarnaast achten wij informatie over comorbiditeit van belang, aangezien dat van invloed kan zijn op de uitvoering of interpretatie van het onderzoek. Hierbij kan worden gedacht aan eventuele risicofactoren voor contrastreacties of contrastnefropathie en aan een andere maligniteit of aandoening binnen de te onderzoeken lichaamsregio. Indien eerdere relevante radiologische onderzoeken ter vergelijking aanwezig zijn, dan wordt dit bij voorkeur ook vermeld op de aanvraag, waarbij ook dient te worden aangegeven of deze zich in of buiten het ziekenhuis bevinden. Tot slot is het wenselijk dat de radioloog op de hoogte is van het feit of de patiënt al dan niet in studieverband wordt behandeld.

Beoordeling en verslaglegging van de diagnostische CT (zie Tabel 2 en 3)

Beoordeling en verslaglegging door 1 (hemato-)onco-

Tabel 3. Aanbeveling voor de beoordeling van de diagnostische follow-up-CT-scan.

PACS	alle targetlaesies (uit baselinescan) tweedimensionaal meten en vlaggen/ markeren (indien mogelijk), ook indien <1 cm non-targetlaesies vlaggen/markeren (indien mogelijk) identificeer eventuele nieuwe laesies (vlaggen/markeren)
verslag	beschrijf eventuele nieuwe laesies beschrijf targetlaesies: locatie, verandering van tweedimensionale dia- meter en aspect/uitbreiding, coupenummer/tafelpositie beschrijf non-targetlaesies: indicatie over toe- of afname, locatie (inclusief coupenummer/tafelpositie) beschrijf relevante nevenbevindingen conclusie: indicatie over toe- of afname afwijkingen (geen uitspraak over CR, PR, SD, PD*)
*CR=complete remissie, PR=partiële respons, SD=stabiele ziekte, PD=progressieve ziekte.	

logisch gespecialiseerde radioloog heeft om diverse redenen sterk de voorkeur boven verslaglegging per orgaansysteem door verschillende radiologen. Allereerst manifesteren de maligne lymfomen zich meestal in meerdere lichaamsregio's en/of orgaansystemen tegelijk en fragmentatie van de verslaglegging per orgaangebied staat adequate stagering en bepaling van therapierespons in de weg. Daarnaast is kennis van de stageringscriteria (Ann-Arbor, Cotswold) en responscriteria (Cheson) onmisbaar voor een goede beoordeling van het onderzoek.¹⁶⁻¹⁸

Bij de beoordeling dient eerst te worden vastgesteld of sprake is van een diagnostische CT of een lagedosis-CT als onderdeel van een PET/CT. De aanbeveling van de HOVON-werkgroep Imaging is dat voor stagering voor start van de behandeling en responsbeoordeling aan het einde van behandeling een diagnostische CT vereist is. Of er tijdens behandeling een diagnostische CT wordt uitgevoerd kan - voor zover niet voorgeschreven door een specifiek HOVON-protocol - lokaal worden besloten. Het is dan wel van belang in het verslag te vermelden wat voor type CT is beoordeeld. Bij follow-up-CT-scans dient uiteraard bovendien in het verslag te worden vermeld met welk eerder onderzoek is vergeleken. De beoordeling vindt vervolgens van craniaal naar caudaal plaats, waarbij de lymfeklier en extranodale lokalisaties volgens de HOVON-systematiek dienen te worden vermeld (zie Tabel 4, pagina 22).

In het geval van een diagnostische baseline-CT-scan worden maximaal 6 targetlaesies gekozen, verspreid

door de aangedane lichaamsregio's en representatief voor de ziektelast van de patiënt. Targetlaesies zijn meetbare laesies met een lange-as-diameter >1,5 cm en/of een korte-as-diameter >1,0 cm.^{16,17} Het betreft bij voorkeur de grootste laesies en ze dienen in het transversale vlak tweedimensionaal te worden gemeten. De metingen dienen bij voorkeur in het PACS zichtbaar te blijven.

De milt wordt, indien aangedaan, beschouwd als een non-targetlaesie. Dit geldt verder voor alle overgebleven meetbare laesies en alle niet-meetbare laesies, waarbij de meetbare non-targetlaesies niet worden opgemeten. Onder niet-meetbare laesies vallen onder andere kleine laesies (<1,0 cm), skelet/beenmerg-laesies, leptomeningeale afwijkingen en pleuravocht. In sommige PACS-systemen is het mogelijk om de coupes waarop afwijkingen zichtbaar zijn met een 'vlaggetje' te markeren. Indien mogelijk is het markeren van alle target- en representatieve non-targetlaesies wenselijk ten behoeve van de informatieoverdracht aan de clinicus.

In het verslag van de diagnostische baseline-CT-scan dient allereerst het scanbereik te worden vermeld. Vervolgens wordt het aspect, de uitbreiding, lokalisatie en tweedimensionale diameter van de targetlaesies beschreven, inclusief coupenummer of tafelpositie waarop zij zichtbaar zijn. Daarnaast worden alle non-targetlaesies benoemd waarbij tevens een indicatie wordt gegeven van de grootte en hoeveelheid, en een beschrijving van de lokalisatie (inclusief coupenummer en/of tafelpositie). Tot slot dienen relevante

Tabel 4. Ziektelocaties volgens HOVON.

Nodaal	Extra-nodaal
ring van Waldeyer	centraal zenuwstelsel
cervicaal	huid
supraclaviculair	lever
axillair	long
mediastinaal	pleuraal (vocht)
hilair	tractus gastro-intestinalis
para-aortaal	skelet/beenmerg
mesenteriaal	anders
iliacaal	
inguïnaal	
milt	
anders	

nevenbevindingen uiteraard ook te worden vermeld. De conclusie bevat een compacte samenvatting van de bevindingen waarin in ieder geval alle target- en non-targetlaesies kort worden beschreven. Een vermelding van het Ann-Arbor/Cotswold-stadium is niet mogelijk, aangezien dit mede afhangt van de klinische verschijnselen en bevindingen bij bloedonderzoek en beenmergbiopsie.

Bij de beoordeling van de diagnostische follow-up-CT-scans tijdens en na afloop van therapie dienen alle targetlaesies uit de baseline-scan te worden vergeleken en tweedimensionaal te worden gemeten, ook als ze kleiner dan 1,0 cm in diameter zijn. Verder is het belangrijk op zoek te gaan naar eventuele nieuwe laesies, aangezien dat indicatief is voor progressieve ziekte. De non-targetlaesies worden uiteraard vergeleken met eerder onderzoek om een indruk te krijgen van de mate van progressie/regressie. Voor alle laesies

geldt weer dat de beelden waarop zij zichtbaar zijn indien mogelijk in het PACS worden gemarkeerd.

Het verslag dient overzichtelijk en oncologisch relevant te zijn. Dat wil zeggen dat: 1) eventuele nieuwe laesies duidelijk worden benoemd, 2) van de targetlaesies de lokalisatie, verandering aspect/uitbreiding en tweedimensionale diameter wordt beschreven (inclusief coupenummer en/of tafelpositie), en 3) van de non-targetlaesies een indicatie over toe- of afname en lokalisatie (inclusief coupenummer en/of tafelpositie) wordt beschreven. Uiteraard worden ook relevante nevenbevindingen vermeld.

In de conclusie wordt alleen een indicatie over mate van toe- of afname van de afwijkingen beschreven. De interpretatie van complete remissie, partiële respons, stabiele ziekte of progressieve ziekte is aan de hematoloog voorbehouden, aangezien ook hier weer de kliniek een belangrijke rol speelt.

Terminologie

FDG-PET	Fluorodeoxyglucose-positronemissietomografie
CT	Computertomografie
CT-AC	(Lage dosis) CT voor attenuatie en scattercorrectie van de PET, en voor de anatomische lokalisatie van PET-positieve laesies
Diagnostische CT	CT met diagnostische beeldkwaliteit, dat wil zeggen met intraveneus contrastmiddel en (in geval van het abdomen) orale contrastvoorbereiding
HU	'Hounsfield units', maat voor de dichtheid van een structuur/weefsel

Aanwijzingen voor de praktijk

1. Positronemissietomografie (PET) en computertomografie (CT) zijn complementaire technieken geworden in de diagnostiek en responsevaluatie van het maligne lymfoom. Het interdisciplinaire karakter van de diagnostiek en gebruikte beeldvormende technieken en het vergelijken van meerdere scans van een patiënt maakt optimalisatie en standaardisatie van de acquisitietechniek en verslaglegging noodzakelijk.
2. Tijdens een PET/CT-studie moet onderscheid worden gemaakt tussen een zogenoemde lagedosis-CT (of CT-AC) die dient voor attenuatiecorrectie en lokalisatie van op PET zichtbare laesies, en een CT ten behoeve van diagnostiek, een zogenoemde diagnostische CT.
3. In het geval van een diagnostische CT wordt bovendien aanbevolen om standaard coronale reconstructies van hals, thorax en abdomen toe te voegen (3-5 mm coupedikte, 2-4 mm overlap). Een coupedikte boven 5 mm is niet wenselijk.
4. Beoordeling en verslaglegging door 1 (hemato-)oncologisch gespecialiseerde radioloog heeft sterk de voorkeur boven verslaglegging per orgaansysteem door verschillende radiologen.
5. De beoordeling van een radiologisch onderzoek wordt beïnvloed door de klinische informatie die de radioloog ter beschikking heeft. Een goede aanvraag met de juiste klinische informatie is daarbij van essentieel belang.

Conclusie

In aanvulling op de (internationaal) geaccepteerde standaardisatie van de FDG-PET-acquisitie heeft de HOVON-werkgroep Imaging aanbevelingen geformuleerd voor de CT-beeldacquisitie bij patiënten met een maligne lymfoom met als doel om tot een gestandaardiseerde beeldkwaliteit te komen.^{1,2} Het betreft een generieke aanbeveling waarvan uiteraard in uitzonderlijke gevallen kan worden afgeweken. Daarbij verdient het beperken van de stralingsdosis specifieke aandacht, aangezien het een patiëntengroep betreft met een overwegend goede prognose. Dit geldt voor zowel de lagedosis-CT voor attenuatiecorrectie en anatomische correlatie van de PET (CT-AC) als de diagnostische CT. In aanvulling hierop zijn bovendien aanbevelingen voor de standaardisatie van aanvraag, beoordeling en verslaglegging van het CT-onderzoek geformuleerd. De HOVON-werkgroep Imaging hoopt hiermee een eerste aanzet tot een landelijke kwaliteitsverbetering en uniformering van de diagnostiek en responsbeoordeling van maligne lymfoompatiënten te bereiken.

Dankwoord

Wij danken de afdelingen Radiologie en/of Nucleaire

Geneeskunde van de 4 academische en 13 perifere ziekenhuizen voor hun deelname aan de enquête. De aanbevelingen in dit artikel zijn tot stand gekomen in nauwe samenwerking met alle leden van de HOVON-werkgroep Imaging: J.A. Adam (AMC), A.I.J. Arens (UMCN), B.J. Arends (CZE), R. Boellaard (VUmc), E.F.I. Comans (VUmc), B.G.F. Heggelman (MMC), C.J. Hoekstra (JBZ), O.S. Hoekstra (VUmc), B. de Keizer (UMCU), J.M.H. de Klerk (MMC), N. Krak (Erasmus MC), P.J. Lugtenburg (Erasmus MC), R.A.J. Nivelstein (UMCU), W.J. Oyen (UMCN), I.C. Pieters (VUmc), J. Pruijm (UMCG), C. Schaefer-Prokop (MMC), J. Stoker (AMC), R. Valkema (Erasmus MC), F.J. Verzijlbergen (Antonius Ziekenhuis), E.P. Visser (UMCN), A.T.M. Willemsen (UMCG), en J.M. Zijlstra (VUmc).

Referenties

1. Boellaard R, Oyen WJ, Hoekstra CJ, et al. The Netherlands protocol for standardisation and quantification of FDG whole body PET studies in multi-centre trials. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008;35:2320-33.
2. Boellaard R, O'Doherty MJ, Weber WA, et al. FDG PET and FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour PET imaging: version 1.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37(1):181-200.
3. Sureshbabu W, Mawlawi O. PET/CT imaging artifacts. *J Nucl Med Technol*

2005;33:156-61.

4. Antoch G, Freudenberg LS, Egelhof T, et al. Focal tracer uptake: a potential artifact in contrast-enhanced dual-modality PET/CT scans. *J Nucl Med* 2002;43(10):1339-42.

5. Dizendorf E, Hany TF, Buck A, et al. Cause and magnitude of the error induced by oral CT contrast agent in CT-based attenuation correction of PET emission studies. *J Nucl Med* 2003;44:732-8.

6. Otsuka H, Graham MM, Kubo A, et al. The effect of oral contrast on large bowel activity in FDG-PET/CT. *Ann Nucl Med* 2005;19(2):101-8.

7. Prabhakar HB, Sahani DV, Fischman AJ, et al. Bowel hot spots at PET-CT. *Radiographics* 2007;27(1):145-59.

8. Scheepers E, Zwinkels J, Adam J, et al. Quantification of the effects of intravenous contrast on standard uptake value in 18F-FDG PET-CT using a test-retest approach. *J Nucl Med* 2010;51(Suppl 2):1172.

9. Van Velden FH, Mans A, Boellaard R, et al. Effects of ioxithalamate oral contrast agents on the quantification of PET/CT oncology studies. EMIM 2011, Leiden.

10. Robinson PJ. Radiology's Achilles' heel: error and variation in the interpretation of the röntgen image. *Br J Radiol* 1997;70:1085-98.

11. Leslie A, Jones AJ, Goddard. The influence of clinical information on the

reporting of CT by radiologists. *Br J Radiol* 2000;73:1052-5.

12. Koczwara B, Tie M, Esterman A. Are radiologists meeting the needs of the Australian medical oncologists? Results of a national survey. *Australian Radiol* 2003;47:268-73.

13. Nieuvelstein RA. RECIST: is er een meerwaarde voor de algemene radiologische praktijk? *Eduard*, juni 2009.

14. Good BC, Cooperstein LA, DeMarino GB, et al. Does knowledge of the clinical history affect the accuracy of chest radiograph interpretation? *Am J Roentgenol* 1990;154:709-12.

15. Berbaum KS, Franken EA jr, Dorfman DD, et al. Influence of clinical history on perception of abnormalities in pediatric radiographs. *Acad Radiol* 1994;1:217-23.

16. Cheson BD, Pfistner B, Jweid ME, et al. Revised response criteria for malignant lymphoma. *J Clin Oncol* 2007;25:579-86.

17. Cheson BD. New staging and response criteria for Non-Hodgkin lymphoma and Hodgkin lymphoma. *Radiol Clin N Am* 2008;46:213-23.

18. Matasar MJ, Zelenetz AD. Overview of lymphoma diagnosis and management. *Radiol Clin N Am* 2008;46:175-198.

Ontvangen 4 augustus 2012, geaccepteerd 20 november 2012.