

Radioprotectie bij angiografie en interventieradiologie

Luc STOCKX
interventieradioloog
Medische Beeldvorming
Ziekenhuis Oost-Limburg
GENK

Ondanks de ontwikkeling van niet-invasieve beeldvormingstechnieken van bloedvaten zoals duplex (echo-doppler), MRA (magnetische resonantie angiografie) en CTA (computer tomografie angiografie) blijft er een belangrijke rol bestaan voor de catheterangiografie. Niet alleen blijft dit onderzoek **de gouden standaard** voor wat betreft resolutie en betrouwbaarheid, vaak is het ook een fundamenteel onderdeel van de meeste interventionele radiologische ingrepen. Wanneer we het vandaag over angiografie hebben bedoelen we **IADSA** of intra-arteriële digitale substractie angiografie. Intraveneuze angiografie (IVDSA), waarbij het contrastmiddel in een grote vene wordt toegediend, is omwille van de lage resolutie en geringe beeldkwaliteit volledig verlaten en als screeningsmethode vervangen door de hoger vermelde niet-invasieve onderzoekstechnieken. Bij een IADSA wordt onder **lokale anesthesie** een oppervlakkig gelegen arterie zoals bv. de arteria femoralis in de lies of de arteria brachialis in de arm aangeprikt en vervolgens wordt door de naald een voerdraad tot in het bloedvatlumen geschoven. Hierover wordt een **catheter** ingebracht die hetzij in de aorta (globale angiografie) hetzij tot in het bloedvat van een specifiek orgaan of lidmaat (selectieve angiografie) gepositioneerd wordt. Deze techniek is door **Seldinger** ontworpen en ook naar hem genoemd. Roëntgenbuis en beeldversterker worden gecentreerd op de te onderzoeken regio en een elektrische **contrastmiddelinjector** wordt aan de catheter aangesloten. Aan de patiënt wordt gevraagd niet meer te bewegen en de opname wordt gestart. Hierbij worden eerst een aantal roëntgenopnamen gemaakt die als **masker** gaan dienen. Aansluitend wordt door de contrastmiddelinjector een jodiumhoudend contrastmiddel ingespoten terwijl een reeks sequentiële opnamen (meestal 2 beelden per seconde) gemaakt worden. De beelden die we op de monitor te zien krijgen zijn de **substractiebeelden** die het resultaat zijn van de som van het masker (negatief beeld van één van de blanco opnamen) met de achtereenvolgende ingespoten beelden. Alle achtergrond verdwijnt en het verschil tussen beide beelden, het met contrastmiddel gevulde lumen, blijft over. In vergelijking met klassieke angiografie heeft deze substractietechniek een hogere gevoeligheid (kleinere contrastverschillen kunnen getoond worden : **hogere contrast-resolutie**) waardoor een kleinere hoeveelheid contrastmiddel dient te worden toegediend en kleinere bloedvaten beter worden gezien.



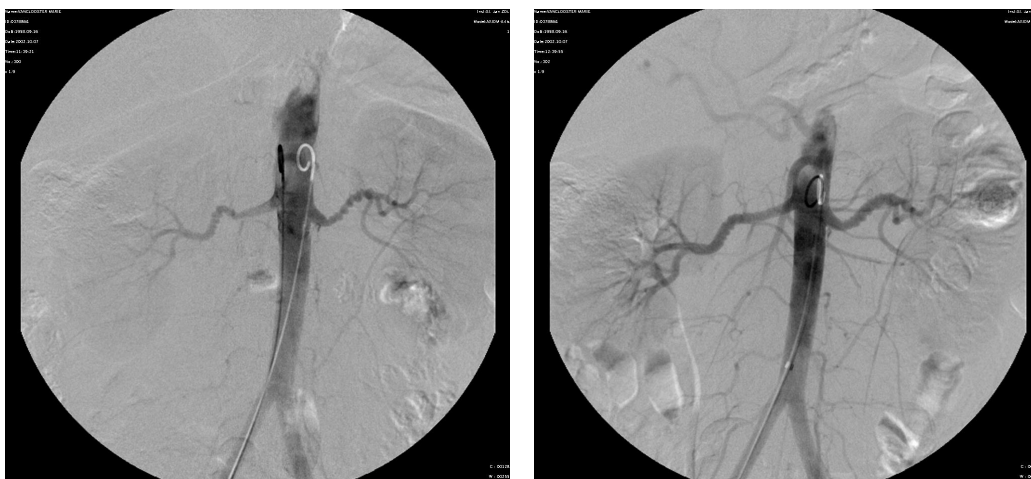
state of the art angiografiezaal

De uitvoering van een IADSA vereist uiteraard speciaal uitgeruste apparatuur. Zo dient de infrastructuur te zijn uitgerust met een beeldversterker en de nodige hard - en software om de hoger beschreven substractiebewerking te kunnen uitvoeren. Een beeldversterker is een cilindrisch toestel dat recht tegenover de roëntgenbuis gemonteerd is. Het beeld van het bestraalde object wordt op het inputvenster geprojecteerd en wordt versterkt wat betreft de intensiteit. Het beeld dat op het outputvenster verschijnt is slechts een paar cm groot maar zeer lichtsterk.

Dit outputbeeld wordt vervolgens **gedigitaliseerd** en naar een TV-keten of computereenheid gestuurd waar verder bewerking mogelijk is. Door het gebruik van een beeldversterker en digitalisatie van het beeld op het outputvenster is de vereiste stralendosis voor scopie (doorlichting) en van beeldacquisitie (opname van beelden) aanzienlijk lager dan bij een conventioneel analogo systeem (zoals bv. een film-scherm combinatie). Voor de uitvoering van een angiografie beschikt men best over een C-arm waarop de beeldversterker en roëntgenbuis zijn gemonteerd. Rotatie van de C-arm laat toe om, zonder de patiënt te kantelen, opnamen in meerdere incidenties te maken en zo op elkaar projecterende bloedvaten vrij te draaien. Bijkomende software die postprocessing van de bekomen beelden toelaat zoals uitvergroting, pixelshift, beeldsummatie, edge enhancement enz. verhoogt de kwaliteit van het uiteindelijke beeld.

Waar het belang van de invasieve vasculair radioloog afgenomen is voor wat betreft de diagnostiek wordt zijn inbreng alsmear **belangrijker bij de therapie van vaatpatiënten**. Het voorbije decennium is er immers heel wat aandacht besteed aan de ontwikkeling van minder invasieve behandelingsmethoden als alternatief voor zware en uitgebreide chirurgische ingrepen. De zoektocht naar en **de ontwikkeling van deze minimaal invasieve therapieën** ligt dan ook mee aan de basis van het ontstaan van de interventionele radiologie. Alhoewel dit specialisme zich vrijwel in alle domeinen uitbreidt hebben al deze ingrepen toch een aantal zaken gemeen. Zo is er op de eerste plaats het gebruik van roëntgenstralen voor het visualiseren van het te behandelen orgaan en het volgen van de manipulaties. Waar in de klassieke chirurgie de chirurg dit orgaan met de blote ogen ziet moet de operator het hier stellen met een radiologische afbeelding. De insnede nodig voor de toegang tot de te behandelen regio maakt plaats voor een percutane toegang door middel van punctie. Manuele voeling en manipulatie van het orgaan zijn vervangen door contact op afstand, meestal met behulp van voerdraden, catheters of cathetergedragen instrumenten zoals ballonnen, stents enz. De meeste ingrepen gebeuren onder lokale verdoving en vereisen slechts een kortdurige bedrust met minimale revalidatie.

De grootste toepassing van de interventieradiologie situeert zich in **de behandeling van vasculaire aandoeningen**. De technieken hierbij gebruikt zijn “cathetertechnieken” en zijn rechtstreeks ontwikkeld vanuit de diagnostische angiografie. Radiologen zoals Charles Dotter, Andreas Gruntzig, Julio Palmaz en nog vele andere hebben hierin een belangrijke rol gespeeld. Nochtans worden op dit ogenblik deze behandelingsmethoden lang niet meer alleen door radiologen maar ook door andere specialisten zoals vaatchirurgen en cardiologen uitgevoerd. Afhankelijk van de specialist die de ingreep uitvoert worden namen zoals bv. **endovasculaire chirurgie of endovasculaire therapie** hiervoor gebruikt.



voor en na percutane ballondilatatie van fibromusculaire dysplasie van de beide nierarteries

Een eerste toepassing is het behandelen van **atheromateus obstructief vaatlijden**. Dit werd voor het eerst toegepast begin jaren '60 door **Charles Dotter**. Bij de behandeling van een ernstige femorale vernauwing gebruikte hij progressief bredere sondes om op die manier het lestel van binnen uit open te rekken. In '67 ontwikkelde **Andreas Gruntzig de ballonkatheter**. Hiermee konden naast iliacale en femorale vernauwingen ook vernauwingen van de nierarteries, verantwoordelijk voor renovasculaire arteriële hypertensie, worden behandeld. De ontwikkeling van **endovasculaire stents** halfweg de jaren 80 betekende een belangrijke vooruitgang voor de vasculaire interventionele radiologie. Door het gebruik van deze metalen endovasculaire steun, waarvan het oorspronkelijke idee eveneens van Dotter komt, konden meer complexe letsels en ook volledige verstoppingen succesvol worden behandeld. Ook de lange termijn resultaten werden hierdoor beter en vanaf nu werd de endovasculaire behandeling vaak als voorkeursbehandeling van perifeer obstructief vaatlijden beschouwd. Op dit ogenblik zijn er verschillende types van stents voorhanden waarbij in hoofdzaak geprobeerd wordt om het kaliber van het systeem en ten gevolge hiervan de grootte van de punctieplaats te verlagen. Tegelijkertijd wordt er gewerkt aan andere eigenschappen zoals flexibiliteit, radiaire expansiekracht, conformabiliteit ten opzichte van de vaatwand enz. Voor bepaalde indicaties worden stents bekleed met prothesemateriaal (endogreffe, endobypass) terwijl voor andere indicaties een geneesmiddelmolecule aan het metaal wordt gebonden. Deze laatste vorm vinden we op dit ogenblik vooral terug bij de coronaire stents waarbij studies hebben aangetoond dat hierdoor de restenose ten gevolge van intimahyperplasie in belangrijke mate voorkomen wordt.

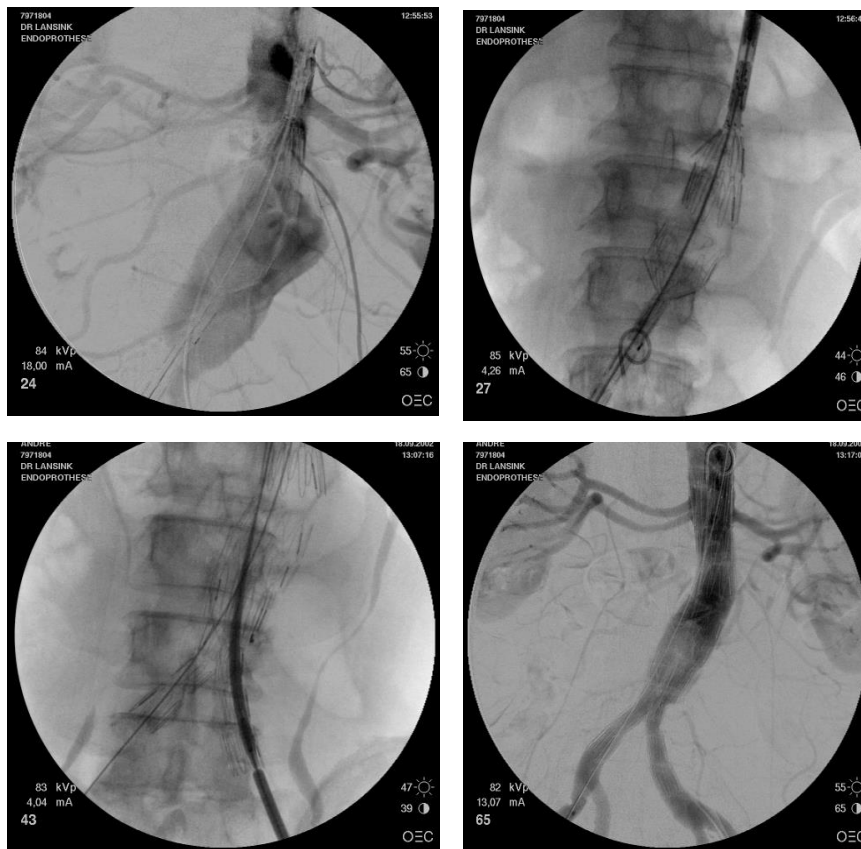


hooggradige geulcereerde carotisstenose succesvol behandeld door stenting

De behandeling van **carotisstenosen** d.m.v. stenting is één van de meest recente toepassingen. Gezien op dit ogenblik vergelijkende studies met chirurgische carotisendarteriëctomie ontbreken wordt deze behandeling hoofdzakelijk voorbehouden voor patiënten met een verhoogd operatierisico.

Naast vasculaire vernauwingen en verstoppingen kunnen ook **aneurysmale verbredingen** met endovasculaire technieken behandeld worden. Tijdens de endovasculaire behandeling van een aneurysma van de aorta wordt onder fluoroscopische doorlichting een endoprothese via

de lies tot in de aorta opgeschoven en wordt het aneurysma zo van de circulatie uitgesloten. Ook **traumatische scheuren** van de thoracale aorta, vaak gezien bij deceleratietraumata, worden bij voorkeur op deze manier behandeld.



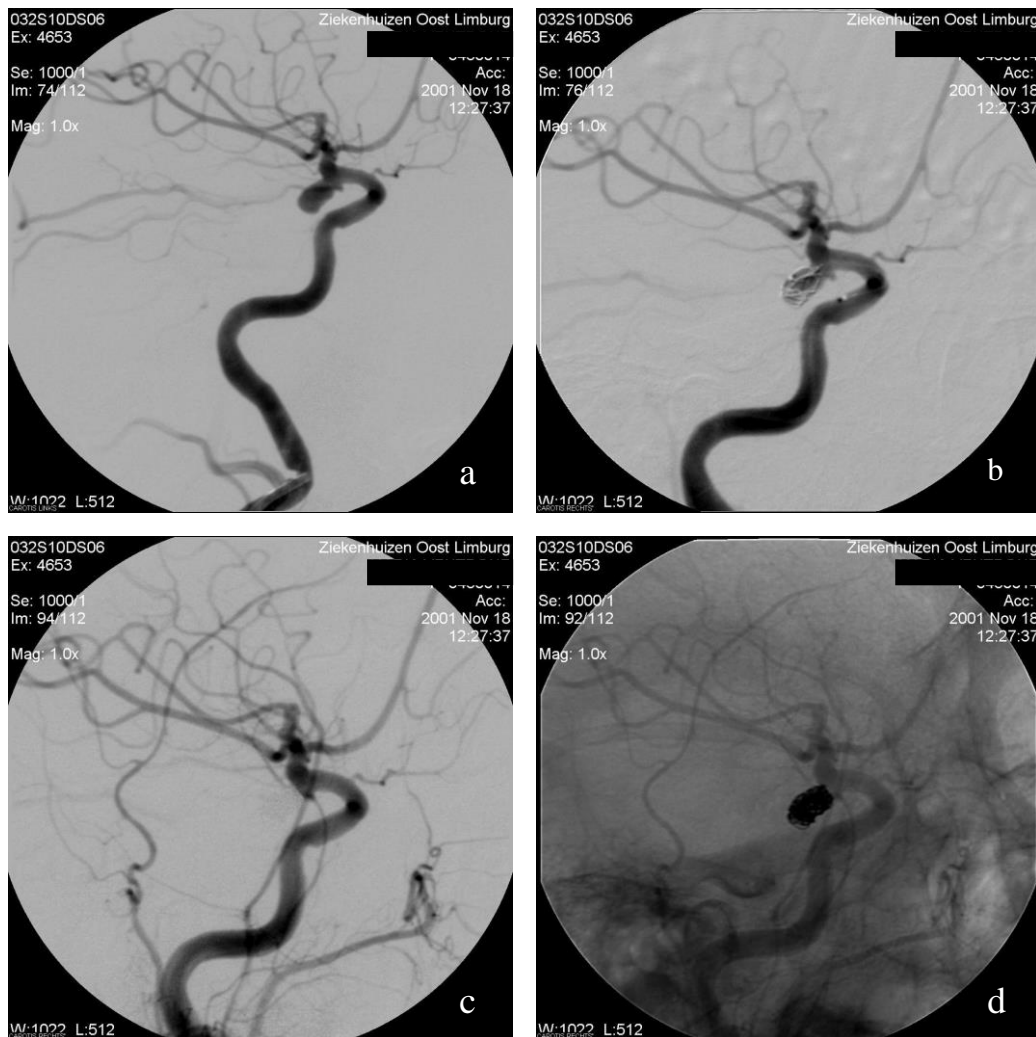
endovasculaire behandeling van aneurysma van de aorta abdominalis

Een andere belangrijke toepassing binnen de interventieradiologie is het langs binnen **dichtmaken (emboliseren) van bloedvaten**. Dit gebeurt bijvoorbeeld tijdens de behandeling van een gastro-intestinale bloeding waarbij de bloedende arterie van binnen uit afgesloten wordt. Ook varicocoeles, vasculaire misvormingen of hypervasculaire tumoren worden door embolisatie behandeld. Verschillende embolisatiematerialen zoals coils, partikels of weefselijm kunnen worden gebruikt, afhankelijk van de indicatie en het te emboliseren bloedvat. Bij de behandeling van tumoren wordt vaak samen met het embolisaat een chemotherapeuticum toegediend welke op die manier in een hogere concentratie langer in contact blijft met de tumorcellen.

Neuro-interventionele radiologie is een andere zeer boeiende ontwikkeling binnen de interventieradiologie. Deze discipline biedt een percutaan endovasculair therapeutisch alternatief voor de behandeling van intracranieële aneurysmata en vasculaire misvormingen.

Intracranieële aneurysmata komen voor bij ongeveer 1 % van de bevolking. Meestal blijven deze aneurysmata asymptomatisch en worden toevallig ontdekt tijdens een routine CT- of MR-onderzoek van de hersenen. In 2 tot 5 % van de gevallen is de ruptuur van een dergelijk aneurysma de oorzaak van een subarachnoidale bloeding. Dit gaat gepaard met een plotse aanval van hevige hoofdpijn, lichtschuwheid, nekstijfheid en een wisselende graad van bewustzijnsverandering, gaande van een normaal bewustzijn tot diep coma. Eén op 3 patiënten zal deze hersenbloeding niet overleven. Indien niet behandeld treedt er in 30 % van

de gevallen een recidief bloeding binnen de 30 dagen op, dit opnieuw met dezelfde klinische symptomen en gevolgen. De indicatie tot behandeling van intracranieële aneurysmata is dan ook duidelijk: geruptureerde aneurysmata moeten dringend behandeld worden om een vroegtijdige herbloeding te voorkomen; gezien de hoge mortaliteit bij bloeding dienen



coiling van intracranieel aneurysma: a: werkingincidentie met vrijgedraaide hals, b: progressief opvullen met coils, c: volledige exclusie van het aneurysma, d: dense packing door de platinum coils

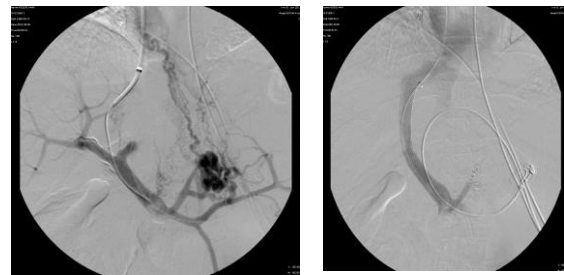
asymptomatische aneurysmata behandeld te worden om een ruptuur te voorkomen. Tot voor kort bestond deze behandeling uit een trepanatie en chirurgische clipping. Door de plaatsing van een metalen clip wordt zo het aneurysma van de circulatie afgesloten waardoor de spanning van de wand wegvalt en het risico op ruptuur verdwijnt. Sinds een 10-tal jaar is een endovasculaire techniek ontwikkeld waarbij het aneurysma van binnen uit wordt opgevuld met spiralen uit platinum en waarbij het zo wordt afgesloten van de circulatie: **coiling**. Deze behandeling gebeurt in een speciaal daarvoor uitgeruste angiografiezaal en onder algemene anesthesie. Tijdens het voorafgaand angiografisch onderzoek wordt door het maken van opnamen in verschillende incidenties of door het uitvoeren van een 3D-angiografie de hals van het aneurysma t.o.v. de dragerarterie vrijgedraaid. Tijdens de coiling moeten de coils immers volledig in het aneurysma geschoven worden, zonder dat de dragerarterie daardoor geoblitereerd raakt. Vervolgens wordt onder fluoroscopische doorlichting en **roadmapping**, een doorlichtingstechniek waarbij het rechtstreekse fluoroscopische beeld op een

vullingsopname van de bloedvaten geprojecteerd wordt en men zo een “bloedvatenlandkaart” krijgt, een microcatheter tot in het aneurysma geschoven. Daarna wordt het aneurysma opgevuld met de aangepaste platinum coils tot het volledig is afgesloten van de circulatie. De coils zelf bestaan in verschillende diameters en lengtes; de juiste keuze is noodzakelijk om een dense packing en zo een volledige afsluiting van het aneurysma te bekomen. Deze techniek is veel minder invasief dan het neurochirurgische alternatief: er wordt geen trepanatie uitgevoerd, de dura mater blijft intact en het hersenweefsel wordt niet rechtstreeks gemanipuleerd. Ook de **intracraniële arterioveneuze misvormingen (AVM)** kunnen op deze manier worden behandeld. Een microcatheter wordt tot in de nidus van de misvorming gebracht en deze wordt dan dichtgemaakt door injectie van **weefselijm of een ander vloeibaar embolisaat**. In ongeveer 30 % van de gevallen kan op deze manier de misvorming volledig worden afgesloten. Soms moet omwille van technische redenen een beperkt residu worden gelaten dat dan makkelijk door radiochirurgie (éénmalige hoge dosis bestraling) of een minder uitgebreide neurochirurgische ingreep kan worden behandeld.

Endovasculaire neuro-interventies zijn vaak langdurige ingrepen. Het gebruik van micromaterialen en de graad van precisie stellen de hoogste eisen aan de beeldvormingsapparatuur. **Rigoureuze stralingshygiëne** voor patiënt, verpleegkundigen en artsen zijn hier dan ook uitermate belangrijk.

Naast deze grote groepen van ingrepen worden nog een heleboel andere interventioneel radiologische ingrepen uitgevoerd. Eén hiervan is het percutaan aanleggen van een **transjugulaire intrahepatische portosystemische stent shunt, TIPSS genaamd**.

Hierbij wordt via de vena jugularis interna een transhepatische verbinding gemaakt tussen de vena porta en de vena cava, dit met de bedoeling de druk in de vena porta te doen afnemen. Een dergelijke ingreep wordt uitgevoerd bij patiënten met slokdarmvaricesbloeding of onbehandelbare ascites ten gevolge van portale hypertensie.

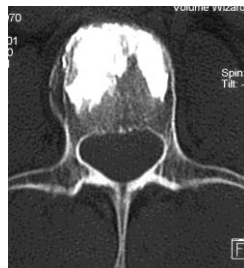


slokdarmvarices verdwijnen na aanleggen van TIPSS en na embolisatie met coils

Ook de **percutane behandeling van galwegvernauwingen of verstopping** door het plaatsen van stents of drains behoort tot het domein van de interventieradiologie. Een ingreep die de laatste jaren in frequentie toeneemt is de **percutane vertebroplastie**. De gecollabeerde



status na percutane vertebroplastie van traumatische indeukingsfractuur



wervel wordt onder fluoroscopische geleiding met een dikke naald aangeprikt. Vloeibare cement wordt geïnjecteerd waardoor het wervellichaam stabiliseert en de pijn verdwijnt. Patiënten met traumatische indeukingsfracturen of met wervelindeukingen op basis van osteolytische botmetastasen of ernstige osteoporose zijn goede kandidaten voor deze behandeling.

Sommige van de hoger beschreven ingrepen zijn vaak ingewikkeld en van lange duur. Om in optimale omstandigheden te kunnen werken is hoogkwalitatieve beeldvorming onontbeerlijk. **De totale dosis roëntgenstraling kan dan ook hoog oplopen.** Stralensbeperking en rigoureuze bescherming voor de patiënt, maar gezien het cumulatieve karakter van de straling vooral voor verpleegkundigen en operator, zijn absoluut noodzakelijk.

De meeste stralingsletsels bij patiënten worden niet opgemerkt tijdens de hospitalisatieperiode maar doen zich **pas achteraf** voor. Hierdoor ontstaat er een onderschatting van dit aantal. Zo zien we een tijdelijke alopecia tussen 3 en 6 weken optreden bij één derde van de patiënten die een intracerebrale coiling of embolisatie van een AVM ondergaan hebben. De drempeldosis voor tijdelijke haaruitval bedraagt 3 Gy terwijl bij een dosis van 7 Gy deze haaruitval blijvend is. Erytheem en zelfs 2de graads brandwonden zijn beschreven na moeilijke en langdurige TIPSS en na cardiale ingrepen zoals complexe coronaire stenting of meer nog radiofrequency catheter ablation. Tabel 1 geeft een overzicht van de vroegtijdige huidletsels terwijl in tabel 2 de laattijdige huidveranderingen beschreven zijn.

Tabel 1:

<u>Effect</u>	<u>Drempel</u>	<u>Begin</u>
Erytheem	6 Gy	1- 10 d
Droge desquamatie	10 Gy	4 weken
Vochtige desquamatie	15 Gy	4 weken
Ulceratie	20 Gy	> 6 weken

Tabel 2:

<u>Effect</u>	<u>Drempel</u>	<u>Begin</u>
Erytheem	15 Gy	6 – 10 weken
Huidnecrose	18 Gy	> 10 weken
Atrofie	11 Gy	> 14 weken
Teleangiectasie	12 Gy	> 52 weken
Invasieve fibrose	10 Gy	

Bij **verpleegkundigen en operatoren** is vooral het veelvuldig blootstaan aan bestraling gevaarlijk. Cataract kan ontstaan na een éénmalige blootstelling aan 2 Gy of een dosis van 6 Gy, gefractioneerd over 1 maand. Huidletsels aan vingers en handen, schildklierkanker en maligniteiten van de bloedvormende organen kunnen eveneens veroorzaakt worden door cumulatieve stralingsoverdosis. Een grondige kennis en toepassing van stralingshygiëne en radioprotectie is dan ook uiterst belangrijk voor al wie hiermee beroepshalve in contact komt. Toegepaste radioprotectie dient te bestaan uit verschillende facetten waaronder op de eerste plaats een veilige apparatuur die gebruik maakt van een zo laag mogelijke stralingsdosis en verder het gebruik van persoonlijke protectiemiddelen, accessoire beschermingsmiddelen en aangepaste werkgewoonten. Maatregelen die de gebruikte stralendosis verminderen vallen onder passieve radioprotectie terwijl al datgene wat we doen om ons tegen de stralen te beschermen actieve radioprotectie genoemd wordt.

Passieve radioprotectie: hierbij wordt de toegediende dosis zo laag mogelijk gehouden. De technische eigenschappen en mogelijkheden van het toestel en werkgewoonten van de operator zijn hier van groot belang.

- toestel:
 - optimale afstelling van roëntgenbuis, beeldversterker en monitor zodanig dat een zo laag mogelijke dosis de hoogst mogelijke beeldkwaliteit garandeert,
 - maatregelen door de producent genomen om de stralingsdosis te beperken: C.A.R.E. Combined Applications to reduce Exposure in Angiography
 - CAREVISION: pulsed fluoroscopy
 - CAREFILTER: Cu prefiltration
 - CAREPROFILE: radiationfree collimation
 - CAREMATIC: automatic exposure control
 - CAREFILTER: adaptive dose filter
 - CAREWATCH
 - CAREGRAPH
- werkgewoonten:
 - steeds beginnen aan de laagst aanvaardbare dosis (grootste veld met pulsed fluoroscopy aan 7f/s; de beeldkwaliteit verbeteren door veldvergroting of opdrijven van de framerate kan steeds),
 - fluoroscopypedaal enkel bediend door operator; dit verhindert nutteloze bestraling,
 - enkel doorlichting indien verwacht wordt dat er iets op het scherm verandert en niet om naar een statisch beeld te kijken,
 - monitor zo dicht mogelijk bij operator geeft het beste zicht en hierdoor de kortste bestralingstijd,
 - zaal verduisteren zodat beeldkwaliteit optimaal wordt,
 - veld steeds diafragmeren,

Actieve radioprotectie: door gebruik van protectiematerialen zich zo goed mogelijk beschermen tegen de aanwezige straling.

- kom enkel in de straling wanneer dit nodig is; liefst geen toeschouwers in de zaal maar wel achter het loodglasscherm,
- zo weinig mogelijk angiografie met handinjectie en tijdens angiografie met elektrische injector achter scherm plaatsnemen,
- roëntgenbuis steeds onder tafel (strooistralen ontstaan daar waar ze de patiënt binnentreden en blijven zo dus onder de tafel),
- beeldversterker zo dicht mogelijk tegen patiënt, patiënt zo ver mogelijk van de roëntgenbuis (scherper beeld en groter veld),
- beschermingsmateriaal: gepersonaliseerd, licht, comfortabel:
 - loodschort (volledig schortmodel met PbEq van 1 mm Pb equivalent vooraan),
 - schildklierbeschermer,
 - loodbril,
 - loodscherm en loodflappen,
 - loodhandschoenen,
- dragen van dosimeter.