



L I M B U R G S
O N C O L O G I S C H
C E N T R U M
V Z W

Radiotherapie

Dr. Annelies Maes

Radiotherapie – Oncologie
Limburgs Oncologisch Centrum

Jessa Ziekenhuis Hasselt / Ziekenhuis Oost-Limburg Genk

annelies.maes@jessazh.be

2021



Radiotherapie is medische discipline waarbij gebruik gemaakt wordt van **ioniserende straling als therapie** (↔ radiologie: diagnostiek)

- Meestal (>98%) voor de behandeling van **kwaadaardige gezwellen** (kanker)
- Uitzonderlijk ook soms voor de behandeling van goedaardige aandoeningen, vb
 - Goedaardige gezwellen (vb meningeoma, acusticus neurinoma)
 - Bloedvatmisvormingen (arterioveneuze malformaties)



☞ **Radiotherapie**

- Fysische aspecten
- Interactie met de materie
- Radiobiologie
- Eenheden

☞ **Klinische radiotherapie**

- Historiek
- Radiotherapie als deel van kankerbehandeling

☞ **Technische aspecten**

- Doelvolumen
- Van 1D naar 4D

☞ **Bestraling patiënt**

- Patiëntentraject
- Brachytherapie
- Brachytherapie prostaat
- Stereotactie
- Deep Inspiration Breath Hold RT
- Protonen

☞ **Radioprotectie**

- personeel
- patiënt





Radiotherapie

Fysische aspecten

Interactie met de materie

Eenheden



Radiotherapie

Fysische aspecten

Straling

Electromagnetisch
(fotonen)

X-stralen
 γ -stralen

Corpusculair
(deeltjes)

elektronen
neutronen
protonen



Electromagnetische straling

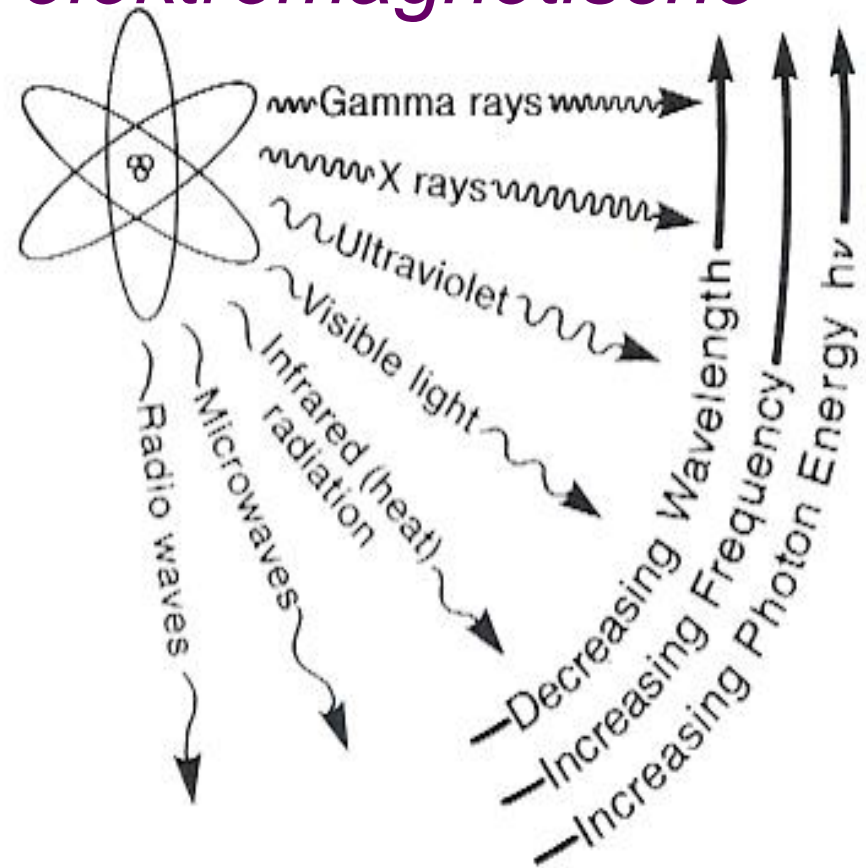
- ☛ Golven of quanta (**fotonen**): licht
- ☛ Lichtsnelheid 3×10^8 m/sec
- ☛ hoog energetische EMS → **ioniserend**
 - X-straling: elektrisch opgewekt in röntgenbuis of lineaire versneller
 - γ -straling: uitgestraald door radioactieve isotopen vb. Cobalt



Radiotherapie

Fysische aspecten

Het spectrum van elektromagnetische straling:



Kortere golflengte > hogere frequentie > hogere fotonenergie



Corpusculaire of deeltjesstraling

- ☛ Elektronen: kleine negatief geladen deeltjes (bètastraling)
- ☛ Neutronen: niet geladen, even zwaar als proton
- ☛ Protonen: grotere, zwaardere positief geladen deeltjes
- ☛ Geladen ionen: geladen atoomkernen
- ☛ Alfa deeltjes: grote positief geladen deeltjes →
de kernen van heliumatomen, bestaande uit 2 protonen en 2 neutronen



Alpha

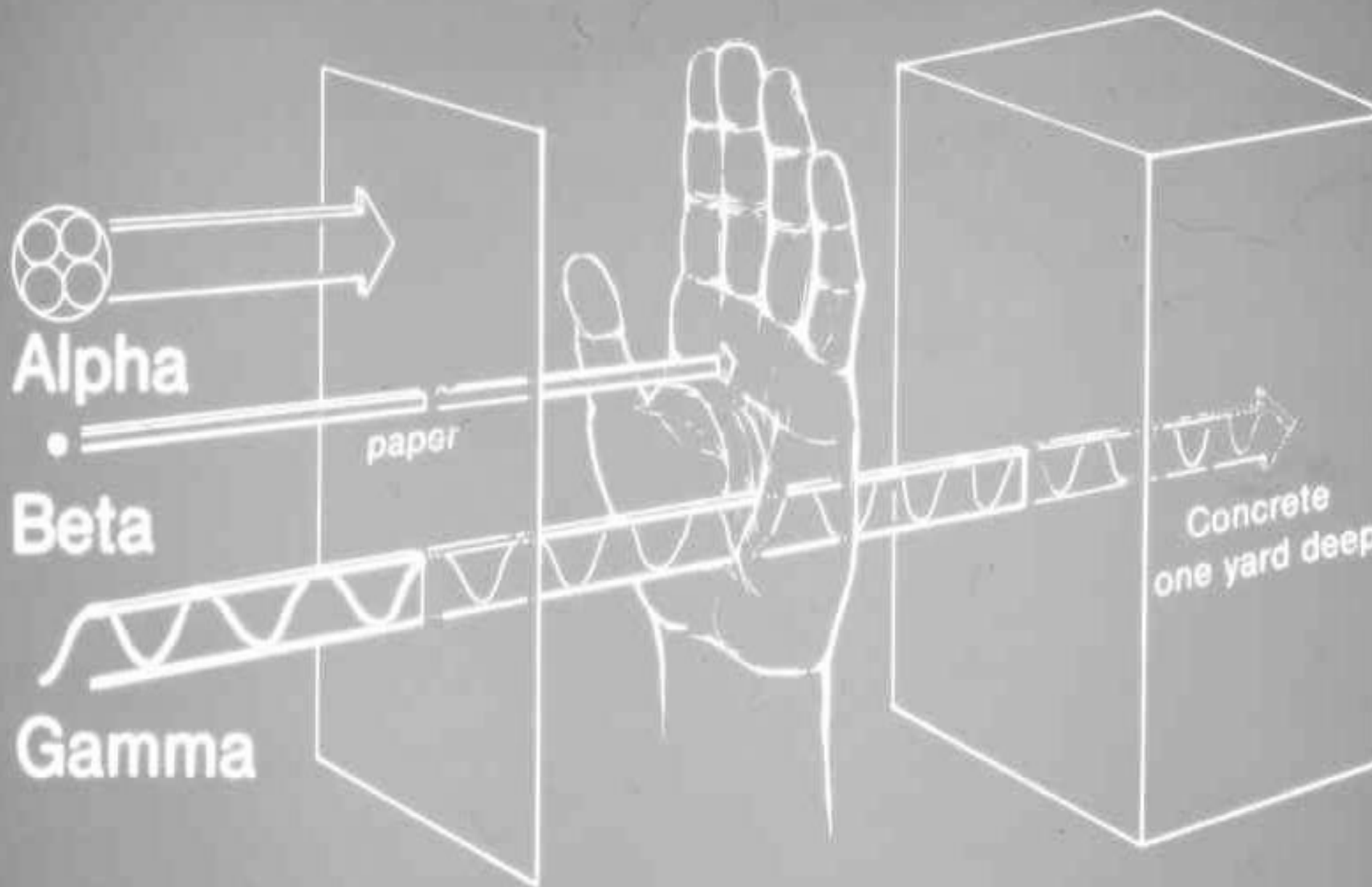


Beta

Gamma

paper

Concrete
one yard deep





Klinische praktijk radiotherapie

- ☛ **Meestal hoge energiefotonen**
(elektromagnetische straling)
- ☛ **Elektronen voor oppervlakkige letsels**
(borst, huid)
- ☛ **Protonen**: zeer weinig centra.
 - in België opent Protoncentrum in 9/2019 in Leuven
 - Heel duur, slechts beperkt aantal specifieke indicaties
 - vb. bepaalde hersentumoren bij kinderen



Radiotherapie

Fysische aspecten

Interactie met de materie

Eenheden



Ioniserende straling

De fotonen en elektronen **zetten in het weefsel energie af**: de absorptie van deze energie leidt tot **excitatie**s en **ionisatie**s

- **Excitatie**: elektron in een atoom wordt naar een hoger niveau gebracht
- **Ionisatie**: als de straling genoeg energie neerzet wordt het elektron uit het atoom losgerukt: ontstaan van geladen deeltjes



Biologische veranderingen

Ioniserende straling (fotonen, elektronen, protonen)

↓ absorptie van energie

Fysische fase

Ionisaties voornamelijk in watermoleculen

(80% van de cel bestaat uit water)

↓ ontstaan van geladen deeltjes

Generatie vrije radicalen

↓

Chemische fase

Chemische processen

chemische verbindingen worden doorbroken

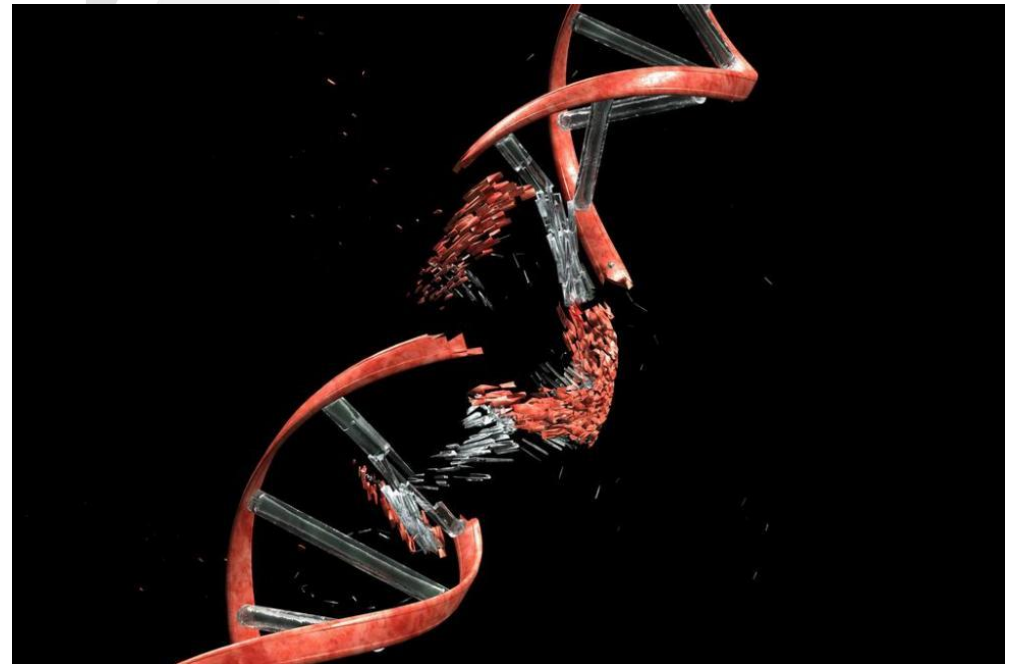
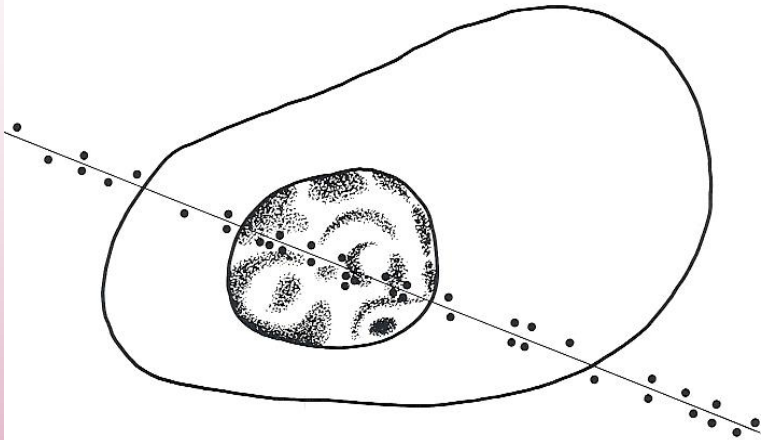
↓

Biologische fase

Biologisch effect: celdeling valt stil

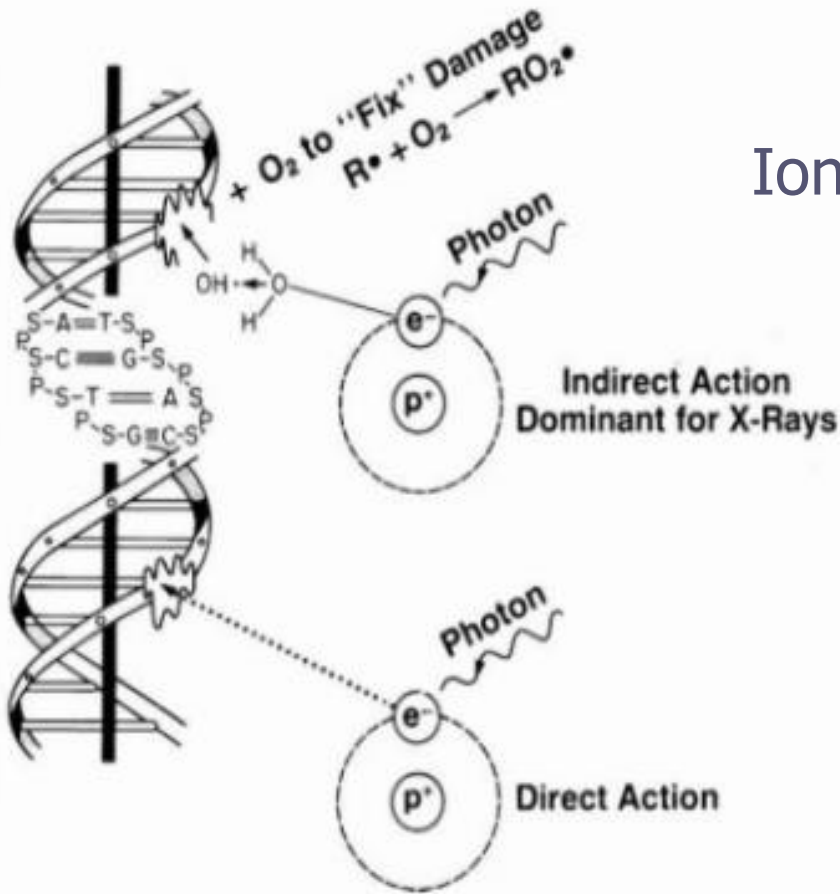


Voornaamste effect van ioniserende straling: thv DNA in de **celkern of nucleus**





DNA in de celkern = meest kritische doelwit voor ioniserende straling

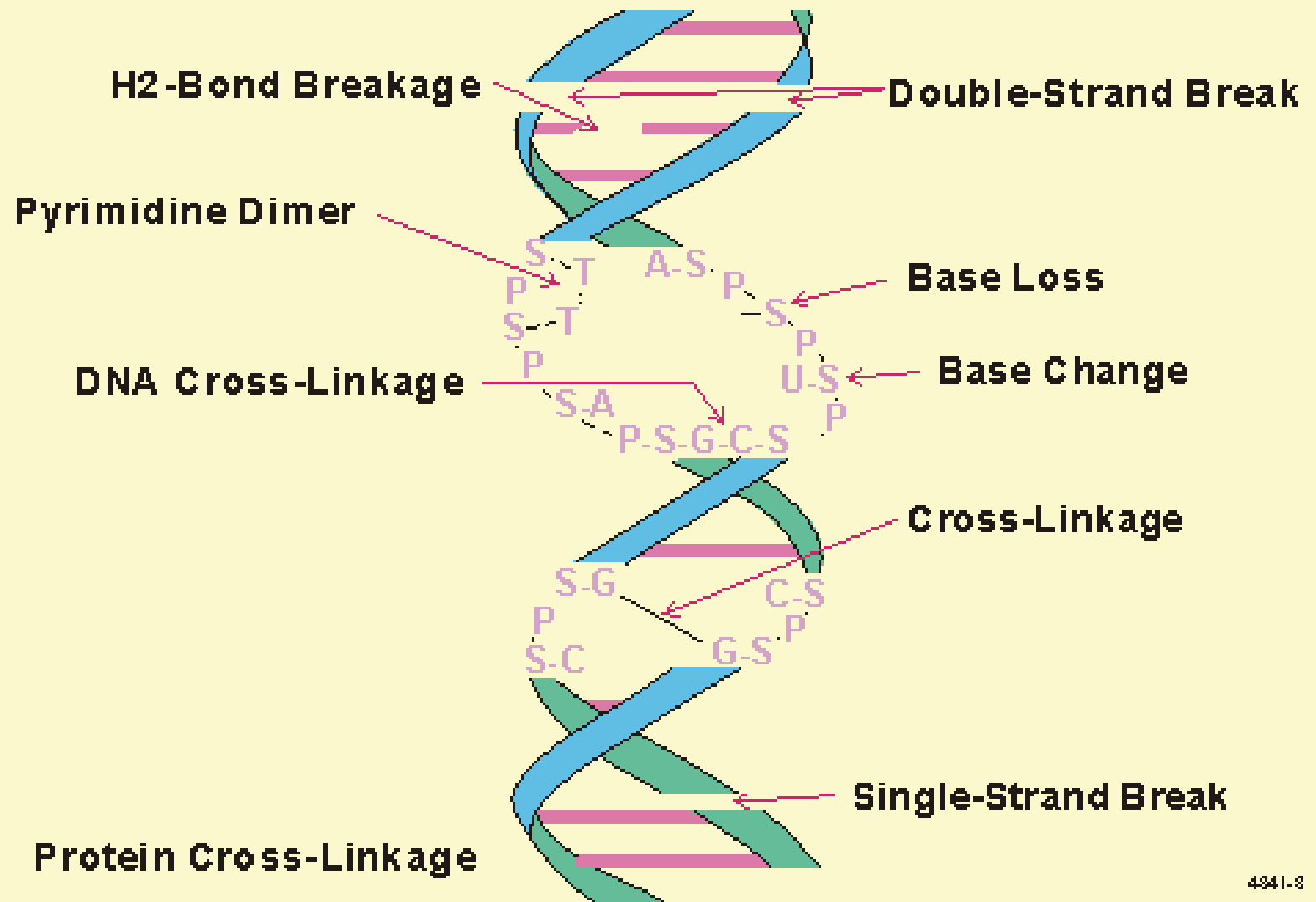


Ioniserende straling:

- generatie vrije radicalen
- binden aan het DNA, scheikundige processen
- **breuken in DNA keten**
- cel kan nog 1 tot enkele keren delen maar dan valt de celdeling stil
- cel sterft af op moment dat ze zich wil delen = **proliferatieve celdood** (\neq thermische verbranding !)



RADIATION DAMAGE TO DNA





Stralen maken geen onderscheid tussen tumorale en normale weefsels !



zowel schade in de tumor én de normale weefsels





Basis voor tumorgenezing door RT

Hoe differentieel effect bekomen
tumor \Leftrightarrow gezonde weefsels ?

1. Biologische factoren:

groter effect in tumor dan in normale weefsels

➤ radiobiologie

(=de wetenschap die de biologische gevolgen van ioniserende straling bestudeert)

De 5 R 's van de radiobiologie

2. Fysisch-technische factoren:

grotere stralingsdosis toedienen aan tumor dan aan omgevende gezonde weefsels

(zie verder, onder hoofdstuk 'technische aspecten')



Biologische effecten van RT: **radiobiologie**

⇒ De 5 R's of Radiobiology

- **Repair**
- **Repopulatie**
- **Reoxygenatie**
- **Redistributie**
- **Radiosensitiviteit**

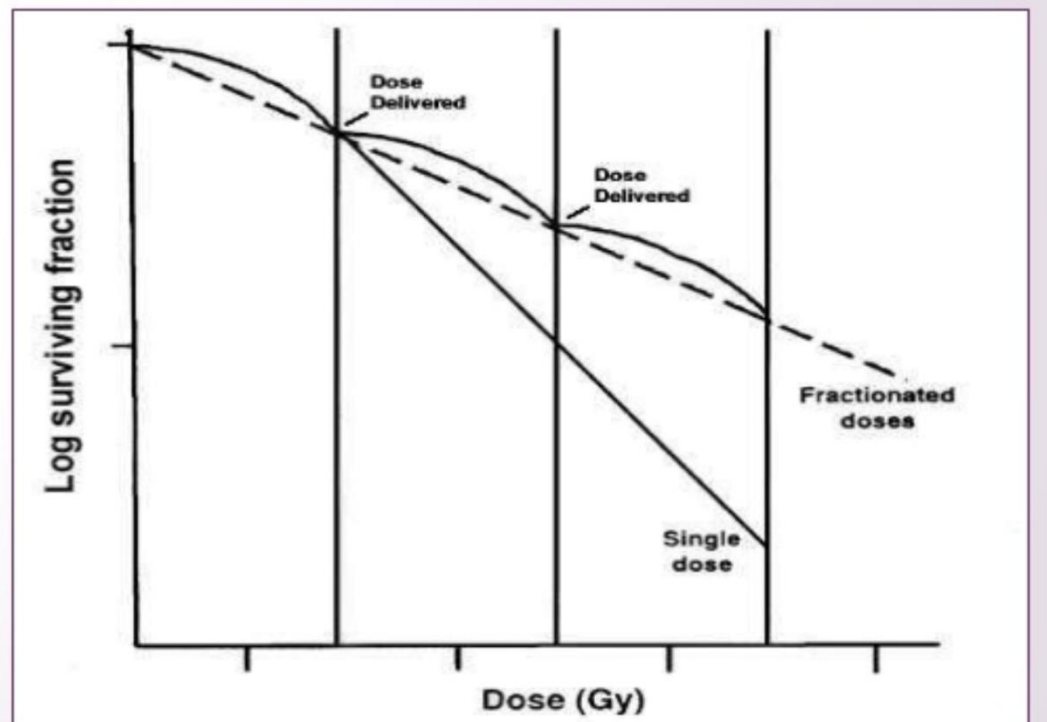
Biologische verschillen tussen tumorcellen en gezonde weefsels uitbuiten om zo een groter effect op de tumor te bekomen dan op de omgevende gezonde weefsels

- Bestralingsimpact diversifiëren
- Belang van **fractionatie** : behandeling in verschillende fracties opsplitsen
vb 35 fracties van 2 Gy



Belang van fractionatie

- Door de totale bestralingsdosis te verdelen in verschillende kleinere dosissen over een periode van verschillende dagen of weken, zijn er minder schadelijke effecten op de gezonde weefsels



EFFECTIVE SURVIVAL CURVE FOR A MULTIFRACTION REGIMEN



Belang van fractionatie

- Fractionatie laat toe het verschil in effect van bestraling op tumor en gezonde weefsels te vergroten, de **therapeutische ratio** te vergroten
- Curves moeten zo ver mogelijk uit elkaar liggen

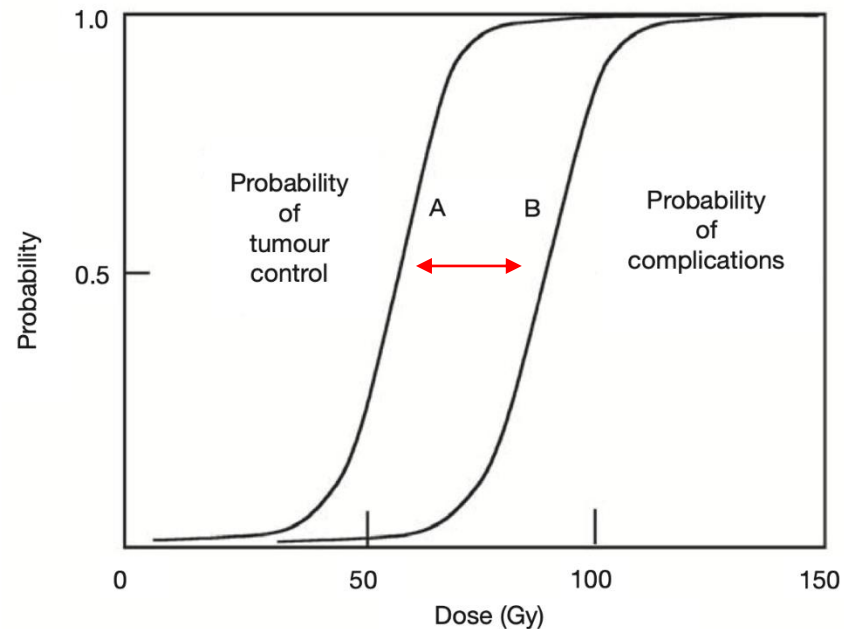


FIG. 14.4. The principle of therapeutic ratio. Curve A represents the TCP, curve B the probability of complications. The total clinical dose is usually delivered in 2 Gy fractions.



1. Repair

Betere
repariemechanismen
in normale weefsels

- curves gaan uiteen na aantal fracties
- percentage cellen dat blijft leven is veel groter in de gezonde weefsels dan in de tumor

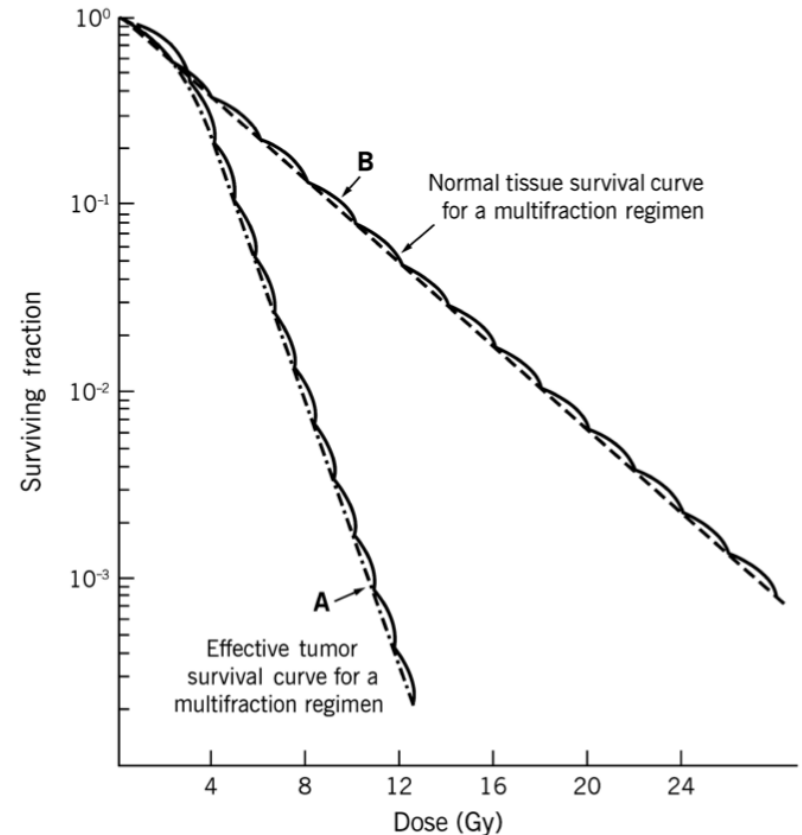


Figure 3: Graph illustrating the effect of fractionation on the cell survival of tumor cells (A) as well as normal cells (B). Fractionation of radiation causes the repetition of the shoulder region of the cell survival curve. Since normal cells have intact repair mechanisms whereas tumor cells do not, fractionation effectively separates the cell survival curves for tumor cells and normal cells thereby sparing normal cells while killing tumor cells.



1. Repair

Ioniserende straling > breuken in DNA

REPAIR= herstel van DNA schade na bestraling

- **Normale weefsels** :

↑ herstel schade in DNA na een bestraling
↓ na ~ 6-8 uur is de schade maximaal hersteld

- **Tumor** : aberrante cellen met minder herstelmechanismen, meer blijvende schade, minder herstel, vb bij p53 mutatie

➤ Door **fractionatie** worden gezonde weefsels beter gespaard dan tumor

Vb 1 x 10 Gy veel meer schade dan 5 x 2 Gy

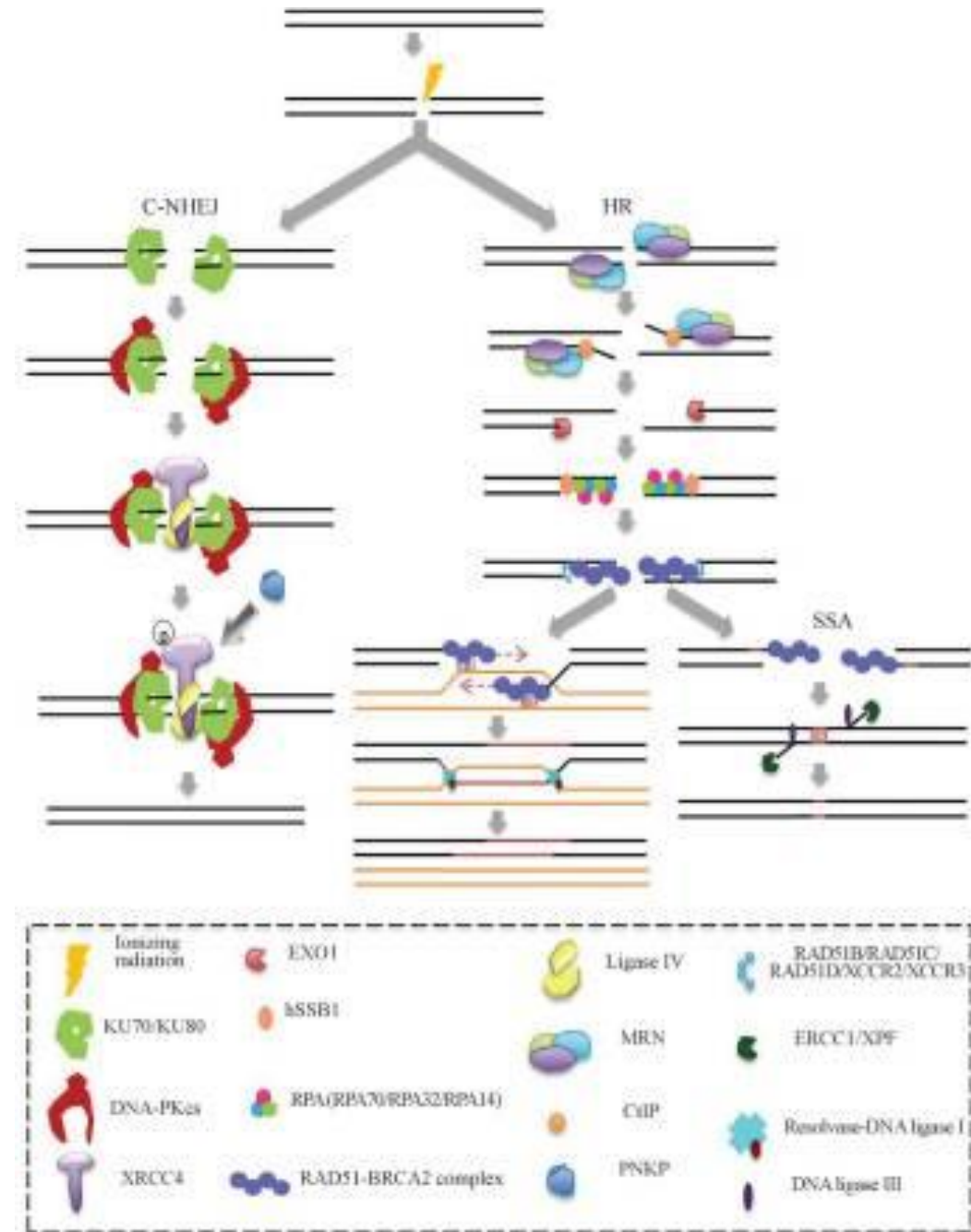


Verschillende mogelijke soorten DNA-schade na bestraling:

- **Lethale schade:**
onomkeerbaar en onherstelbaar > celdood
- **Potentieel lethale schade:**
kan onder gunstige omstandigheden toch nog hersteld worden,
vb in S-faze celcyclus
- **Sublethale schade:**
kan in de uren na bestraling hersteld worden door de cel
(herstel is maximaal na 6-8 uur)
- **Het aantal cellen dat afsterft is kleiner als de dosis niet in 1 keer wordt toegediend maar in verschillende fracties na elkaar**



Verschillende
soorten herstel
zijn mogelijk
voor
verschillende
soorten schade
aan de DNA-
keten





2. Reoxygenatie

☞ Tumoren bevatten **hypoxische cellen**:
krijgen te weinig zuurstof

(Door slechte bloedvoorziening in de tumor)

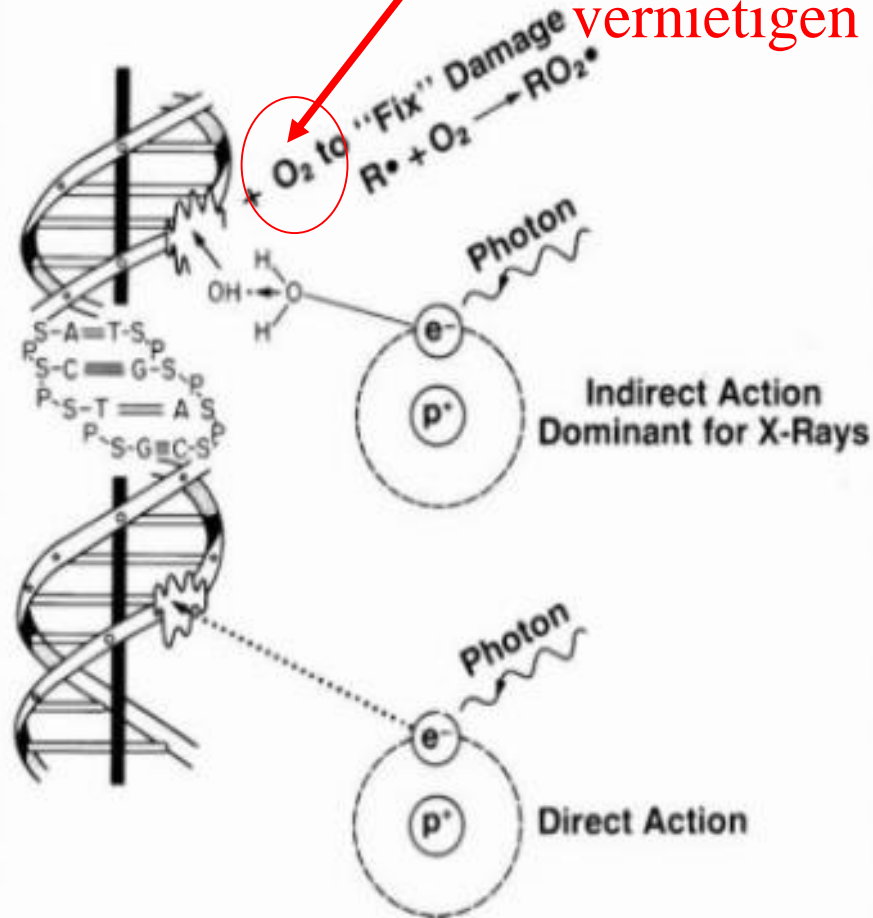
- Acute hypoxie (tgv tijdelijk verminderde bloeddorstrooming, tgv slechte vasculatuur)
- Chronische hypoxie (tgv grotere afstand tot bloedvat)

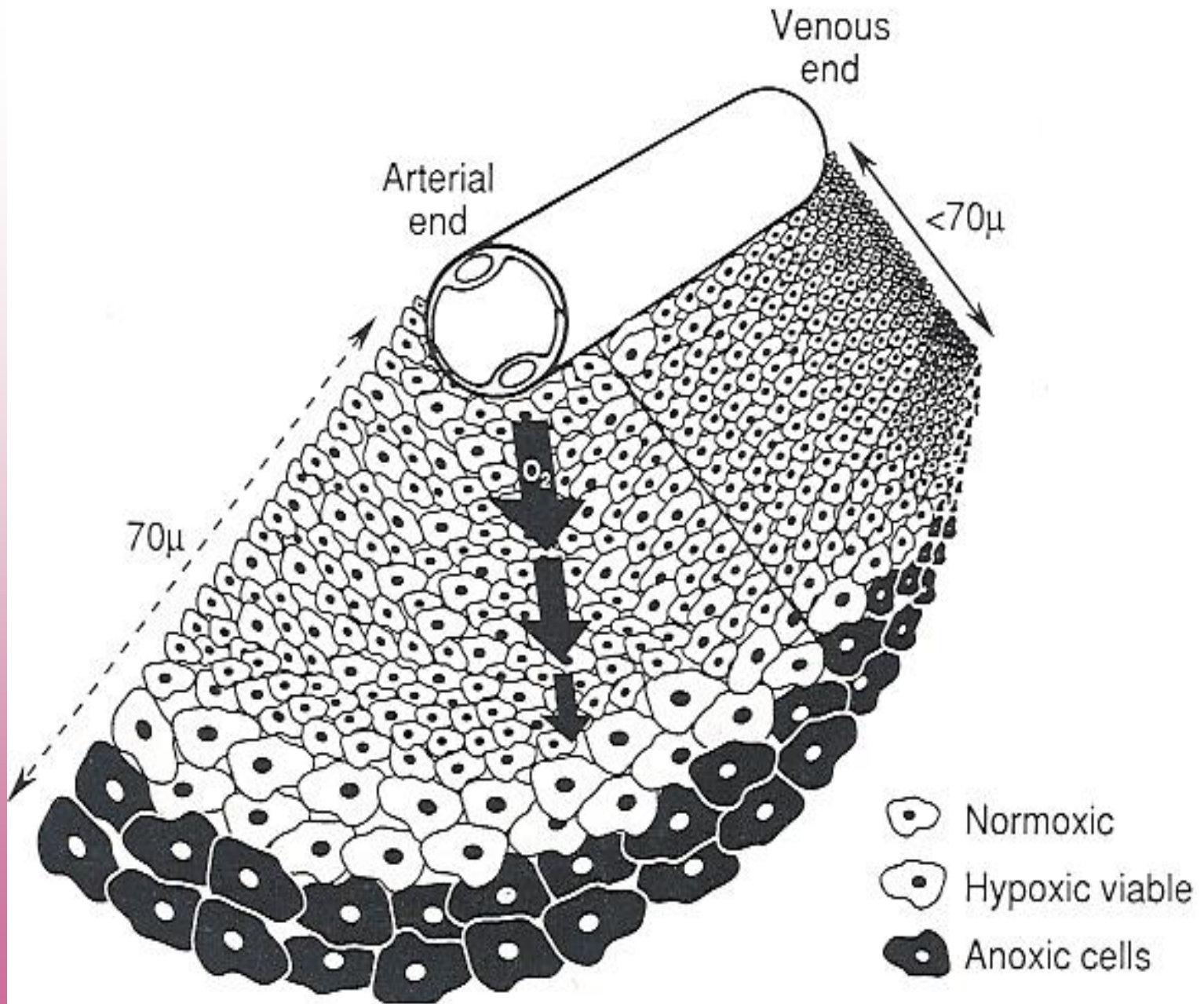
☞ Hypoxische cellen **minder gevoelig** voor
ioniserende straling

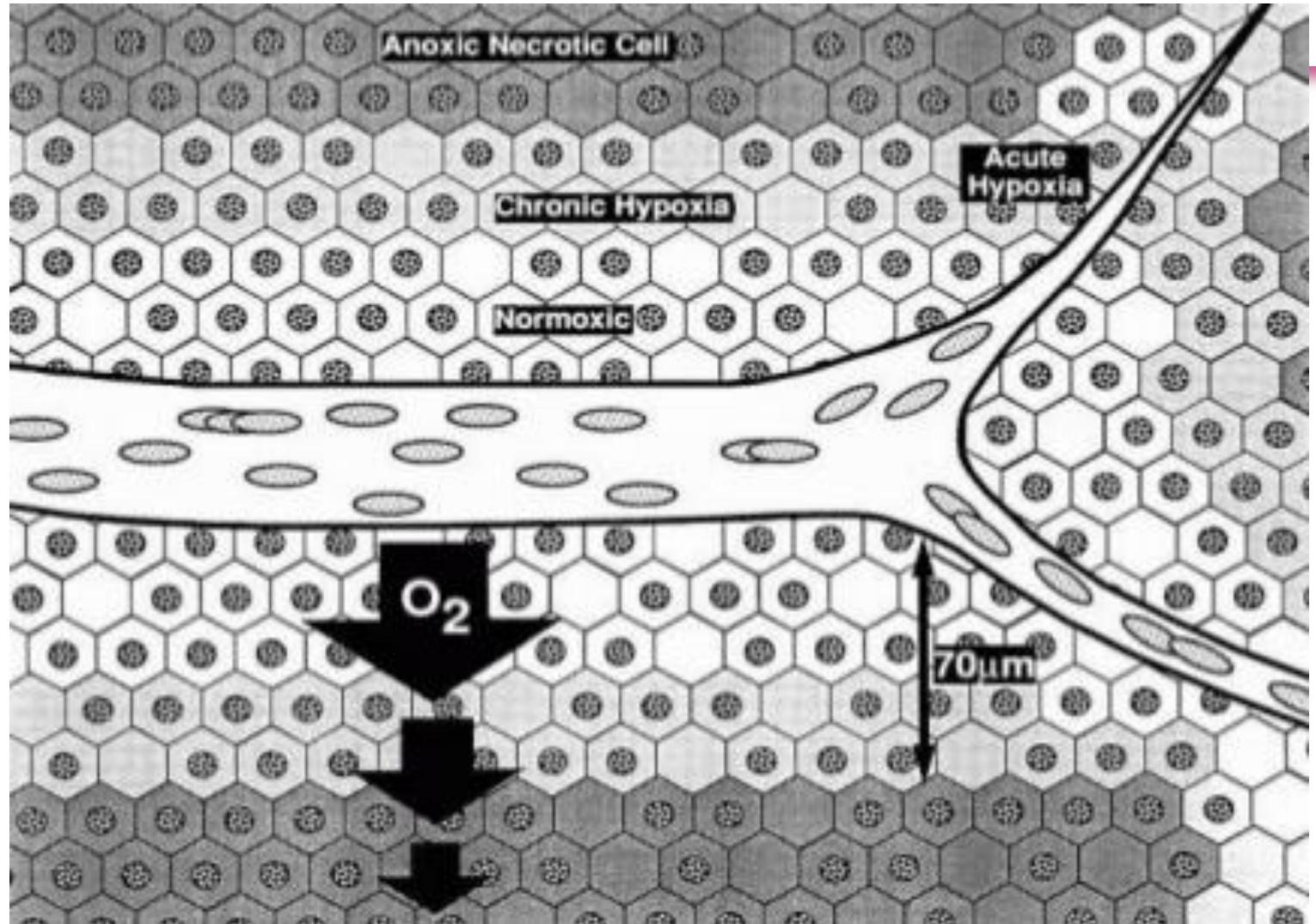
- hypoxische tumorcellen blijven gemakkelijker leven
- **zuurstof** is nodig in de chemische processen met de vrije radicalen die het DNA beschadigen

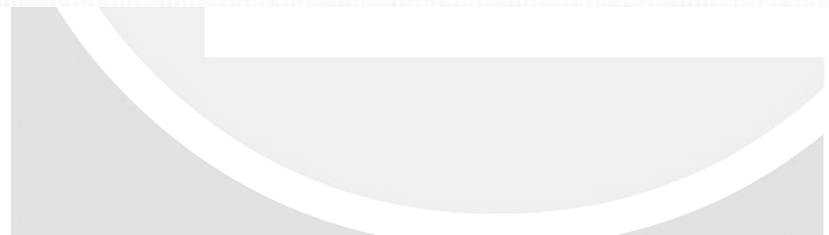
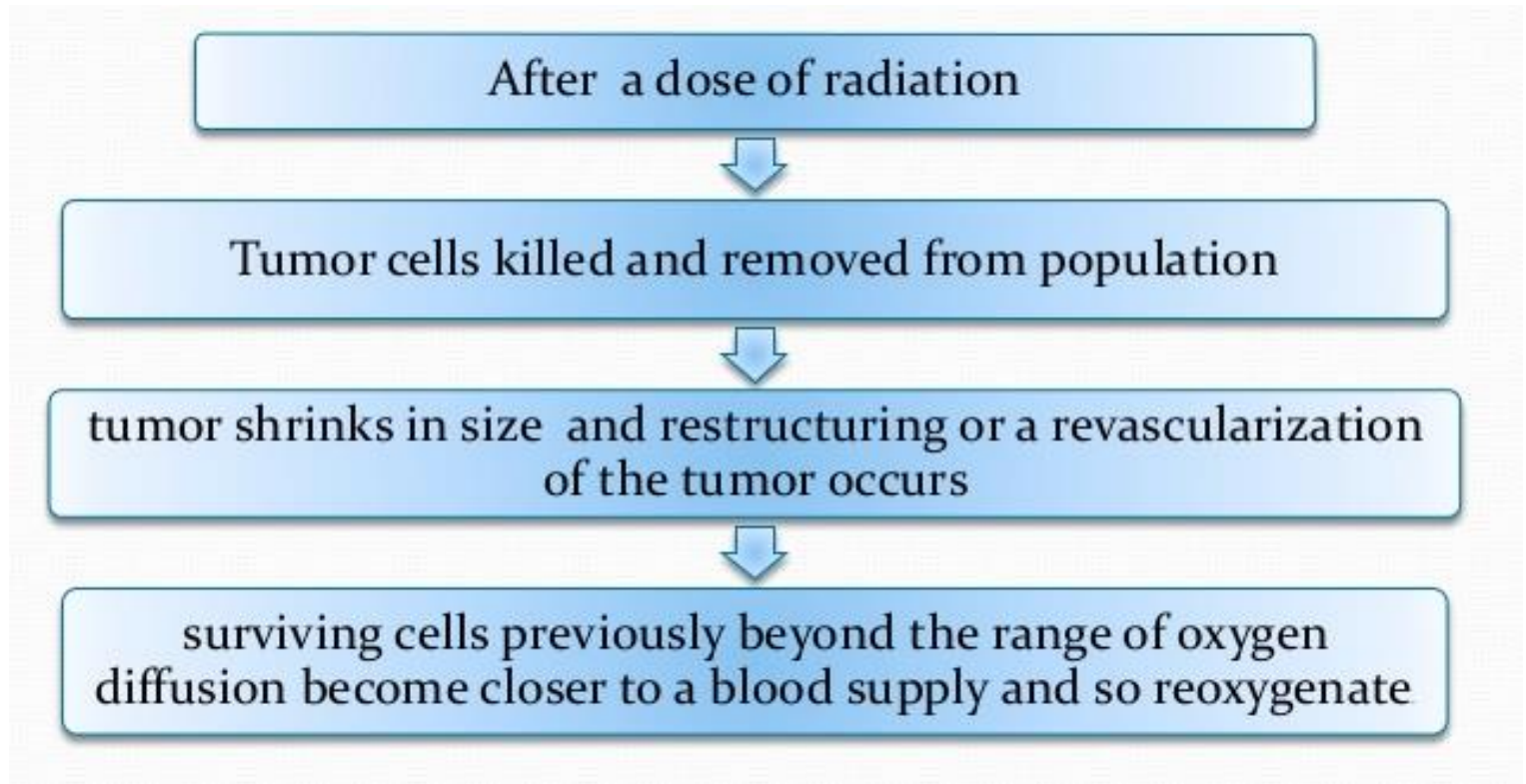


Zuurstof (O₂) is vereist in de processen met de vrije radicalen die het DNA beschadigen en de tumor vernietigen











2. Reoxygenatie

= dankzij gefractioneerde bestraling treedt reoxygenatie op:

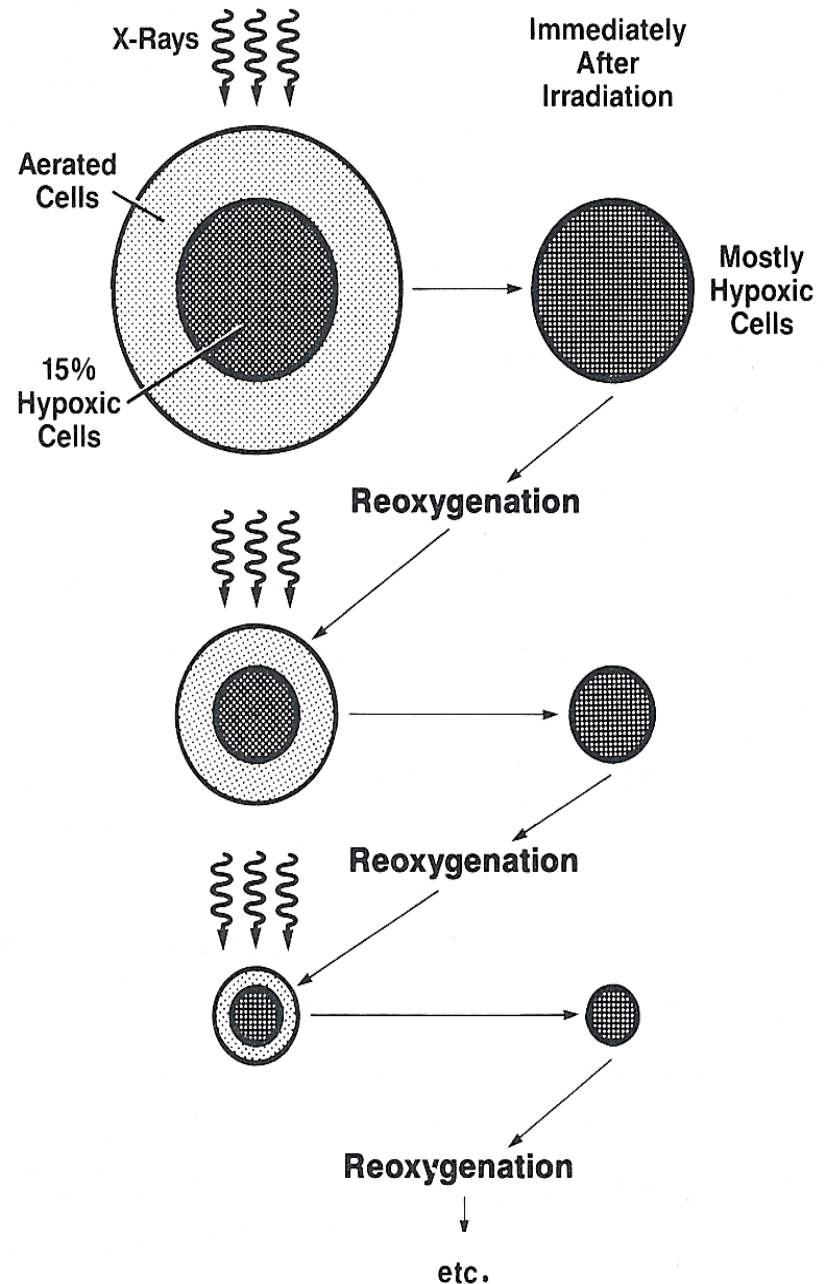
tumor wordt kleiner zonder afname van de bloedvaten

afstand tot de bloedvaten wordt kleiner bij hypoxische cellen

- terug **betere zuurstofspanning in oorspronkelijk hypoxische cellen**
- De gevoeligheid voor bestraling van de tumor neemt toe bij fractionatie



Dus **REOXYGENATIE** is het fenomeen waarbij hypoxische tumorcellen, na een bestralingsdosis, terug geoxygeniseerd geraken en – dus gevoeliger voor bestraling.





3. Repopulatie

= **Tussen de bestralingsfracties is er versnelde aangroei van tumorcellen:**

- ☛ versneld herstel van normale cellen en tumorcellen tijdens/na **bestraling** , typisch 2-4 weken na start
- ☛ het te lang uitsmeren van de dosis over de tijd is nefast voor de prognose
- ☛ Treedt op zowel in tumor als gezonde weefsels
- ☛ **behandelingen best niet onderbreken !**

Toepassing: "geaccelereerde radiotherapie"

Repopulatie tegengaan door behandelingsduur in te korten

vb 6 bestralingen per week ipv klassiek 5 bij hoofdhalstumoren

- zelfde bestralingsdosis
- in kortere tijdsspanne toegediend, vb over 6 weken ipv 7
- toxischer voor de tumor: doel = meer kans op genezing



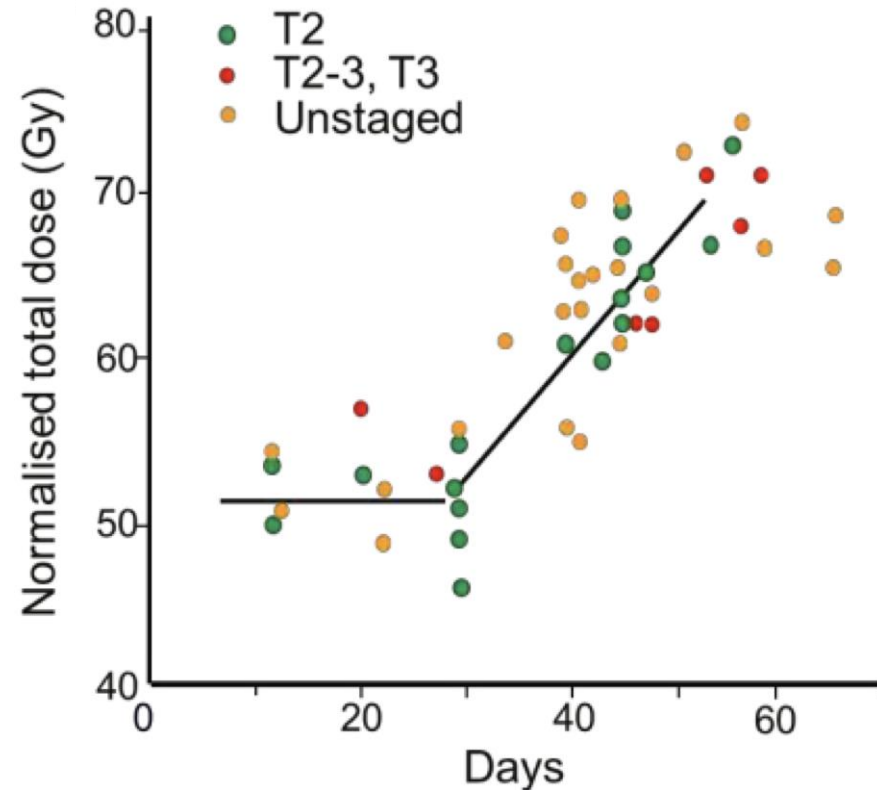
3. Repopulatie

Totale bestralingsdosis nodig voor 50% tumorcontrole ifv totale behandelingsduur bij keelkankers

Eens langer dan 3-4 weken >> substantieel hogere dosis nodig

Bij therapieonderbrekingen tgv intercurrerende ziekte, vb Covid19

- Minder kans op genezing
- Moet voor gecompenseerd worden, extra fracties toevoegen



Withers et al 1988



4. Redistributie

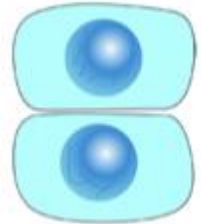
- Binnen een tumor bevinden cellen zich in verschillende fasen van de celcyclus
- Ifv het tijdstip waarop de cel zich bevindt in de celcyclus, is de gevoeligheid voor bestraling anders
- Cellen in de M-faze zijn meest gevoelig voor bestraling; cellen in de S-faze meest resistent



celcyclus

De vier fasen van de eukaryotische celcyclus

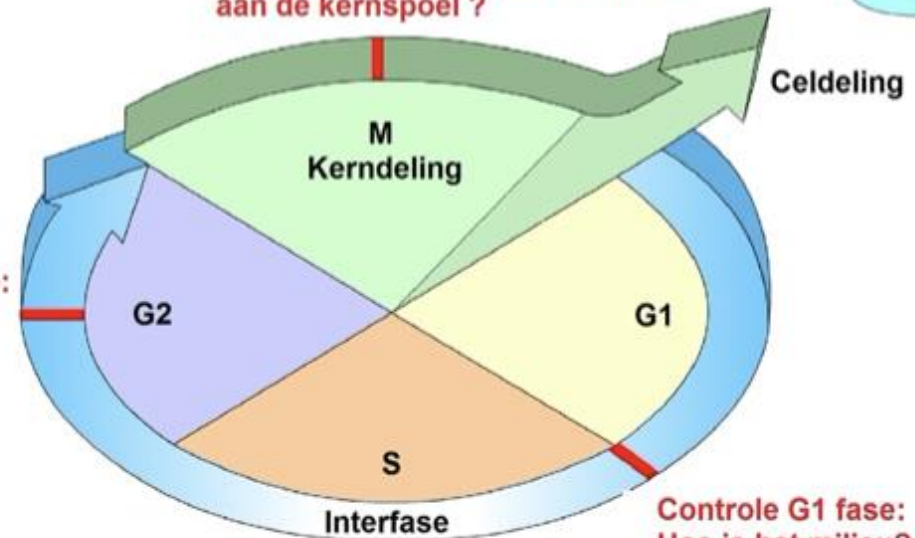
- M** = M-fase: mitotische of meiotische deling.
- G1** = G1-fase: is de stofwisselingsfase en celgroei fase
- S** = S-fase: DNA replicatie / DNA synthese
- G2** = G2-fase: stofwisseling, celgroei, synthese membranen en andere celorganellen
- G0** = G0-fase: cellen delen een langere periode niet meer



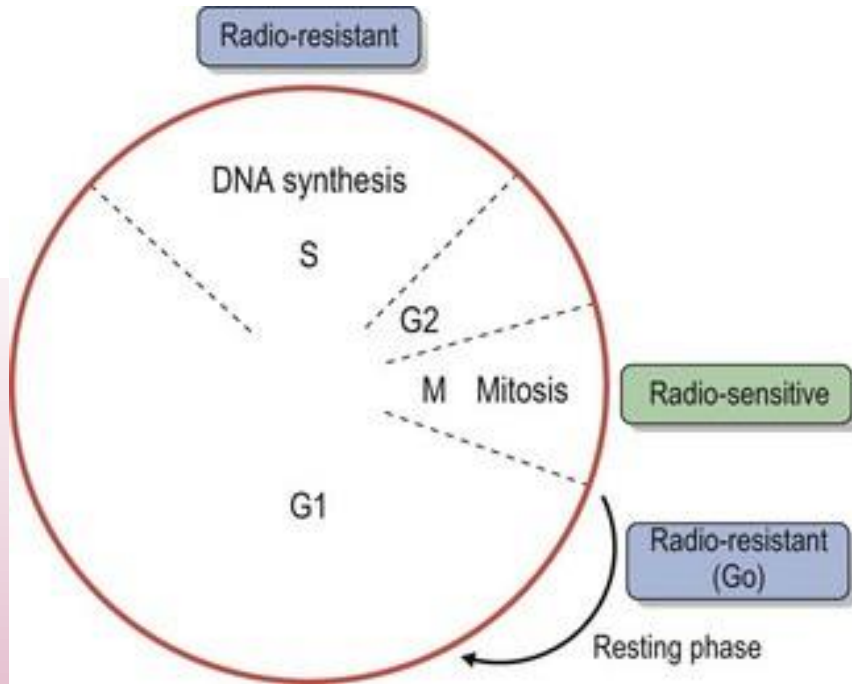
Controle in metafase:
Zijn alle chromosomen gekoppeld aan de kernspoel?

Controle G2 fase:
Is het DNA goed verdubbeld?

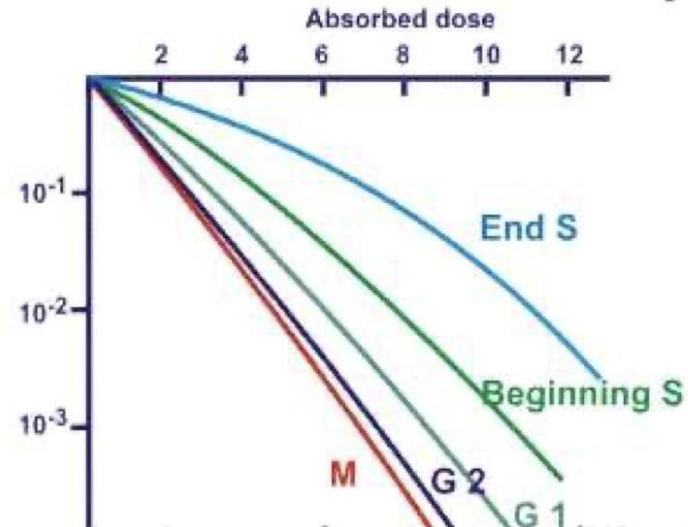
Controle G1 fase:
Hoe is het milieu?



Bij een menselijke cel duurt de interfase 23 tot 24 uur
De M-fase 1 uur



Sinclair and Morton 1965



Door te fractioneren, verschuiven de cellen doorheen de celcyclus en zullen cellen die op eerste dag in bv de S-faze zaten (radioresistent), doorschuiven naar M-faze en wel gevoelig worden voor bestraling. Door te fractioneren wordt de tumor dus meer gevoelig voor bestraling en zullen meer en meer cellen uiteindelijk in de stralingsgevoelige faze geraakt worden door bestraling
>> therapeutische winst.



5. Intrinsieke Radiosensitiviteit

- **Verschillende stralingsgevoeligheid** van sommige tumorcellen/weefsels:

Radiosensitiviteit

Dosis nodig om tumor te vernietigen verschilt sterk in functie van het type cel

- vb - lymfoma, seminoma : zeer radiosensibel
- maligne melanoma, glioblastoma : zeer radioresistent

- **Beperkt aantal tumorcellen:**

kleine tumoren meer kans op genezing:

Hoe meer cellen in een tumor, hoe hoger de dosis die nodig is om ze allemaal uit te roeien



Intrinsieke Radiosentiviteit

Radiosensitivity
of different cells
in humans in
order from least
sensitive to most
sensitive

Radiosensitivity

Least Sensitive

Mature Red Blood Corpuscles
Liver Cells
Nerve Cells
Pituitary Cells
Thyroid Cells
Muscle Cells
Bone and Cartilage Cells
Skin Epithelium
Cornea
Squamous Mucous Epithelium
Renal Tubules
Lung-Tissue Cells
Eye Lens
Gonadal Germ Cells
Bone-Marrow Cells
Lymphocytes

Most Sensitive



Radiotherapie

Fysische aspecten
Interactie met de materie

Eenheden



Radiotherapie Eenheden

In de radiotherapie wordt de dosis uitgedrukt in:

Gray (Gy)

= de geabsorbeerde dosis

= 1 joule (energie) per kilogram weefsel

1Gy = 100 Rad



Klinische radiotherapie Historiek

Radiotherapie als deel van kankerbehandeling



Klinische radiotherapie

Historiek

- 1895 Röntgen ontdekt de röntgenstraling
- 1902
 - Marie en Pierre Curie ontdekken radium
 - Becquerel ontdekt de radioactiviteit
- 1911 Bestraling wordt aangewend voor kankerbehandeling

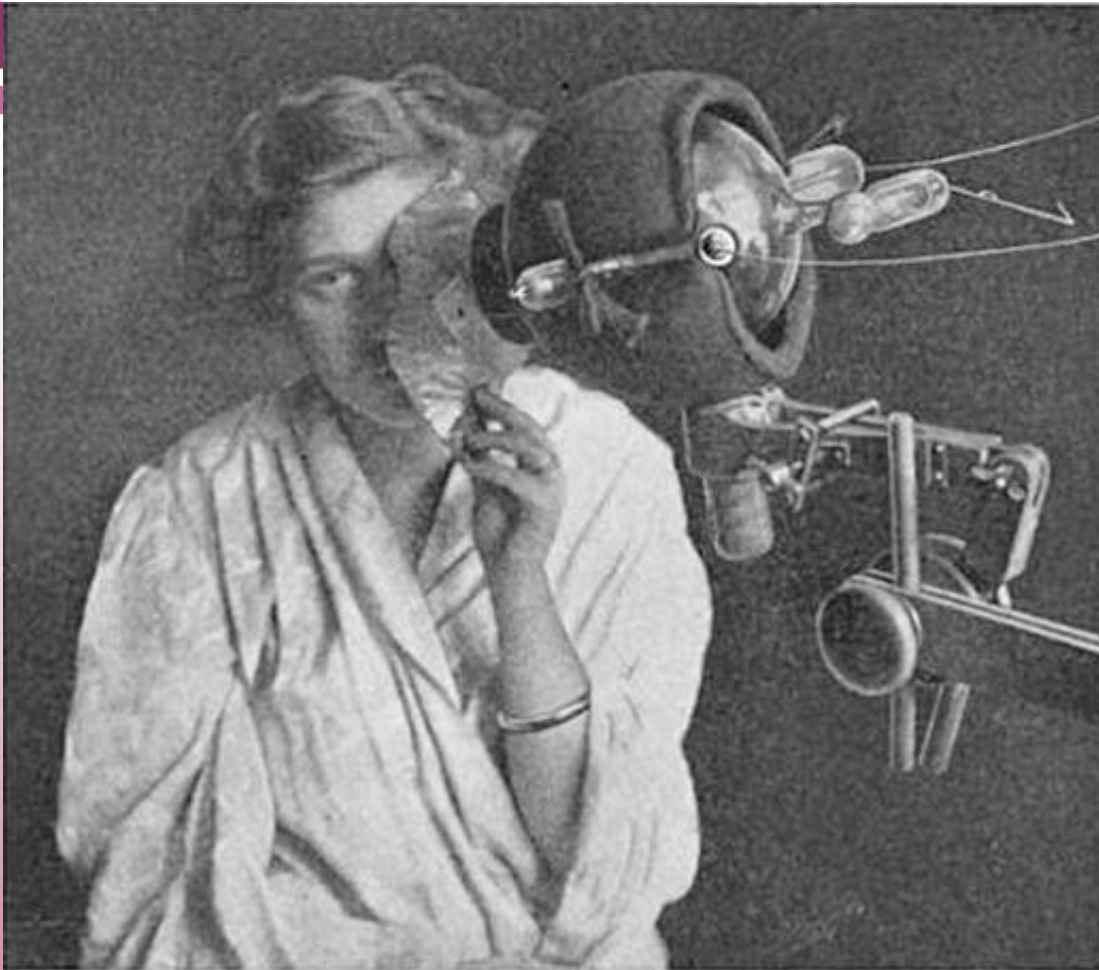


1895

Wilhelm Conrad

Röntgen

Fig. 1: Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923). Röntgen's wichtige Entdeckung, *Illustrierte Zeitung*, 1896, 2743 : 105-106. Courtesy of P. Dubois M.D. (Bierges).



X-ray apparatus used for treatment of epithelioma of the face, **1915**. The tube is in a localizing shield, and a perforated sheet of metal is securely fashioned to the surface by adhesive plaster

Jaren '20-'30

Radium Is Restoring HEALTH to Thousands



No medicine or drugs. Just a light, small, comfortable inexpensive Radio-Active Pad, worn on the back by day and over the stomach at night. See on trial. You can be sure it is helping you before you buy it. Over 150,000 sold on this plan. Thousands have written us that it healed them of Neuritis, Rheumatism, Asthma, Pressure, Constipation, Nervous Prostration, Kidney and other respiratory disorders. Heart, Liver, Kidney and Bladder trouble, etc. No matter what you have tried, or what your trouble may be, try Degen's Radio-Active Solar Pad at our risk. Write today for Trial offer and descriptive literature.

RADIUM APPLIANCE CO.
(Established 1916) Los Angeles, Calif.
2103 Bradbury Building

Radium = wondermiddel

Une saine et douce chaleur, radio-active...

Une laine, souple, élastique, résistante, épaisse et confortable, qu'un traitement physico-chimique a doué d'un remarquable pouvoir : la radio-activité. Chacun connaît les extraordinaires effets de stimulation organique, d'excitation cellulaire, transmis par le radium. Une laine ainsi traitée allie aux avantages propres du textile une indéniable valeur hygiénique. Pour tricoter la layette de Bébé, les lainages des enfants, vos sous-vêtements et vos pull-over, utilisez la

LAINÉ ORADIUM

Source précieuse de chaleur et d'énergie vitale, irrétrécissable, inéteufable. C'est un Produit de la LAINE MÉDICALE, 20, rue St-Georges, PARIS - Trud. 07-28

La LAINE ORADIUM est vendue chez votre pharmacien au prix imposé de frs : 8.50 la pelote de 50 grammes.

DEMANDEZ LA BROCHURE ET LA CARTE DES COLORES

Si votre pharmacien habituel n'est pas encore approvisionné ou s'il n'a pas en stock le coloris que vous désirez, veuillez nous en aviser en nous donnant son adresse et nous nous ferons un plaisir de vous faire parvenir les pelotes de LAINE ORADIUM par son intermédiaire.





THO-RADIA SAVON

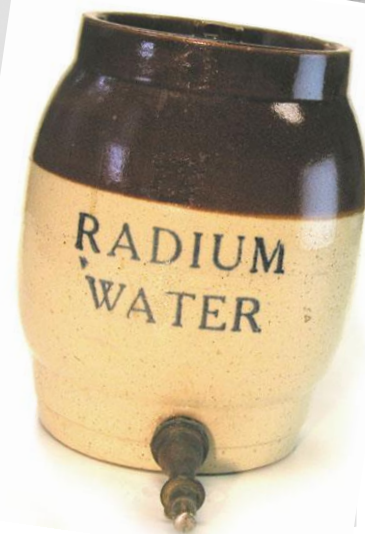
Selon la formule du Docteur CUPPE

A BASE DE THORIUM ET DE BAUME DU PÉROU

CRÈME ALPHA-RADIUM



LE DOSAGE EN RADIUM DE NOTRE FORMULE A ÉTÉ CONTRÔLÉ PAR L'INSTITUT PIERRE CURIE ANTISEPTIQUE, RADIO-ACTIVE



RADIUM WATER



EVOLUTIE technologie

 **KiloVolt**

Na de oorlog

 **Cobalt**

vanaf medio jaren '60

 **Lineaire
Versneller**

Jaren '80-90- ...





Klinische radiotherapie

Historiek

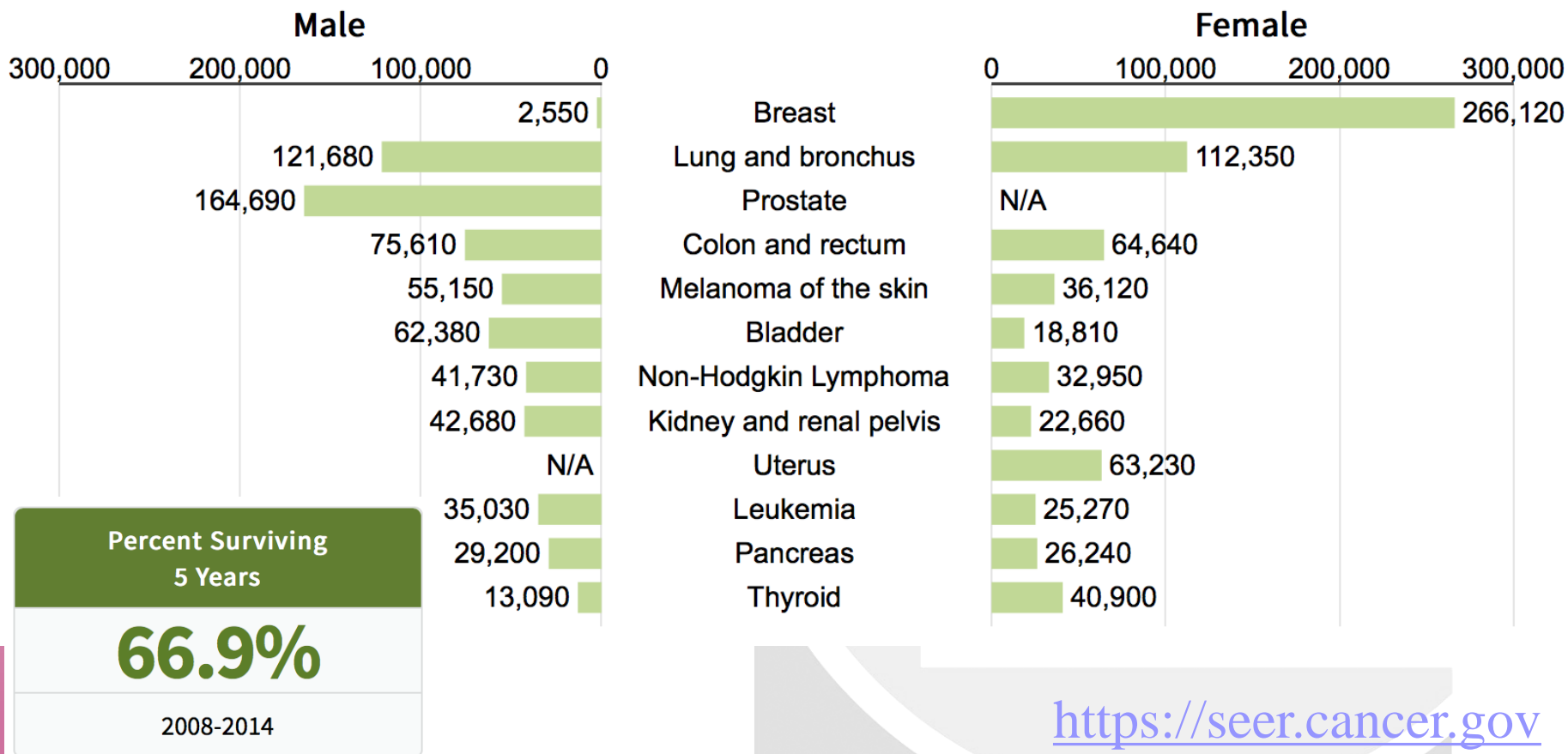
Radiotherapie als deel van kankerbehandeling



Lifetime Risk of Developing Cancer: Approximately 38.4 percent of men and women will be diagnosed with cancer of any site at some point during their lifetime, based on 2013-2015 data.

Incidentie

The top 12 most common cancer sites, shown below, will account for more than three quarters of all new cancer cases.



Data van de National Cancer Institute (USA)

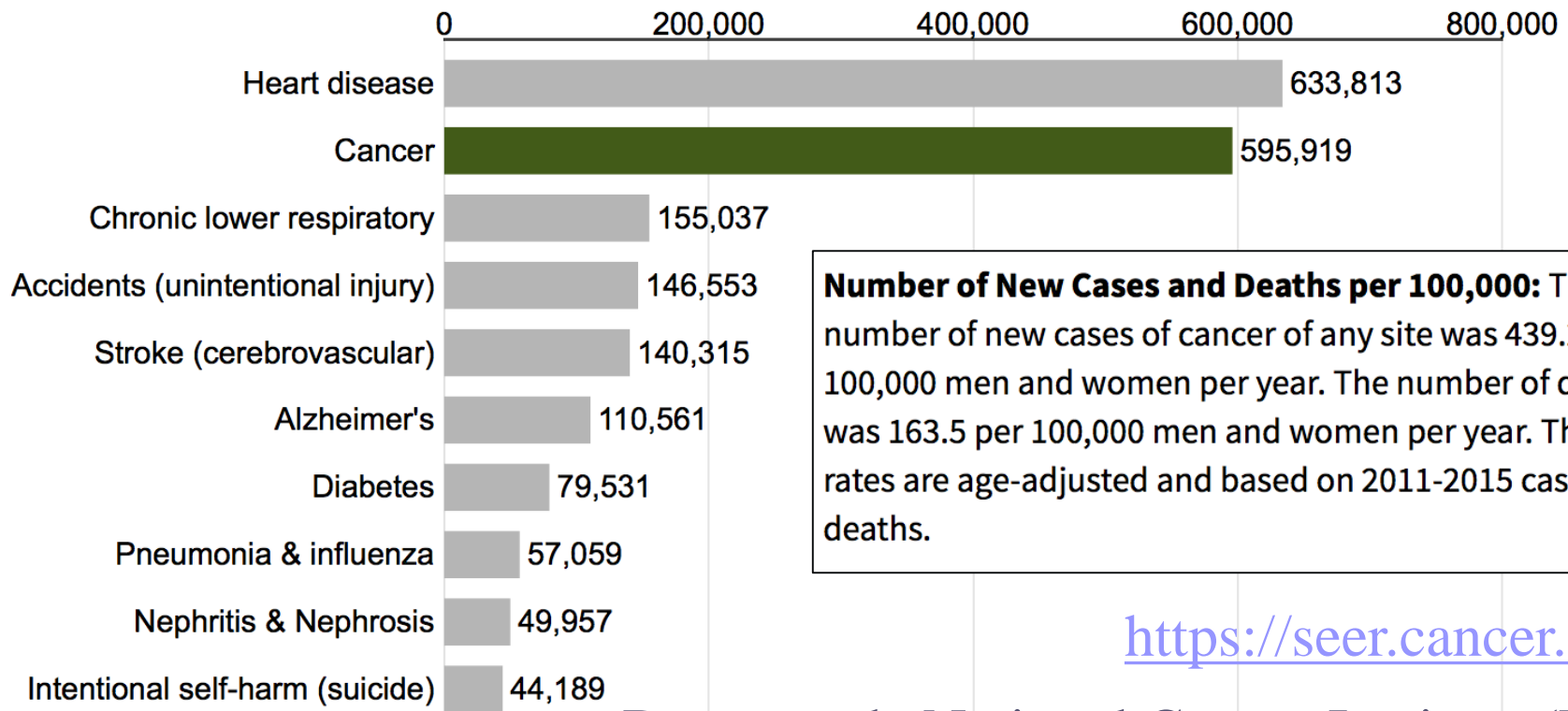


Kanker tov andere doodsoorzaken

How Does Cancer Compare to Other Causes of Death?

Cancer caused 22.0% of all deaths in the United States in 2015. Deaths due to heart disease and cancer caused nearly half of all deaths in the United States. Cancer is the leading cause of death for those under 65 years of age.

Leading Causes of Death in the U.S., 2015



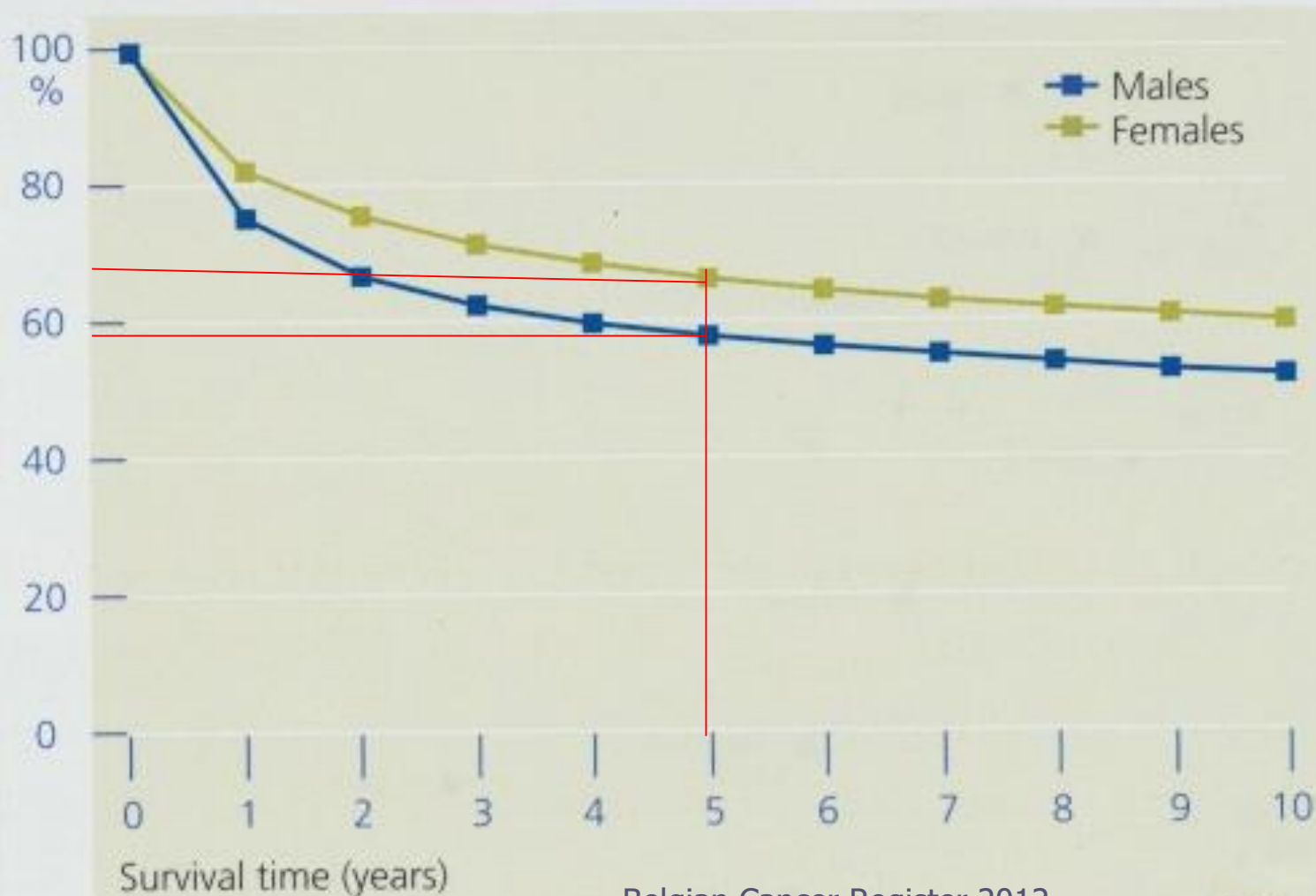
Number of New Cases and Deaths per 100,000: The number of new cases of cancer of any site was 439.2 per 100,000 men and women per year. The number of deaths was 163.5 per 100,000 men and women per year. These rates are age-adjusted and based on 2011-2015 cases and deaths.

<https://seer.cancer.gov>

Data van de National Cancer Institute (USA)



FIGURE 5 - ALL TUMOURS: 10-YEAR RELATIVE SURVIVAL BY SEX (FLEMISH REGION, 1999-2008)



Source: Belgian Cancer Registry

Belgian Cancer Register 2012.
Cancer Survival in Belgium.
Stichting Kankerregister.





Kanker

- Blijft de tweede doodsoorzaak na hart- en vaatziekten
- Belangrijke toename verwacht door veroudering van bevolking



Klinische radiotherapie

Radiotherapie als kankerbehandeling

Wie ?

≈ **50 %** van alle kankerpatiënten krijgt

vroeg of laat in zijn behandeling radiotherapie

- **Curatieve setting:** (+/- 75% van de bestralingen in LOC)

bij ~30% van alle genezingen van kanker speelt RT belangrijke een rol, al dan niet in combinatie met heelkunde en/of chemotherapie

vb. borstkanker, rectumkanker, prostaatkanker, hoofdhalskanker

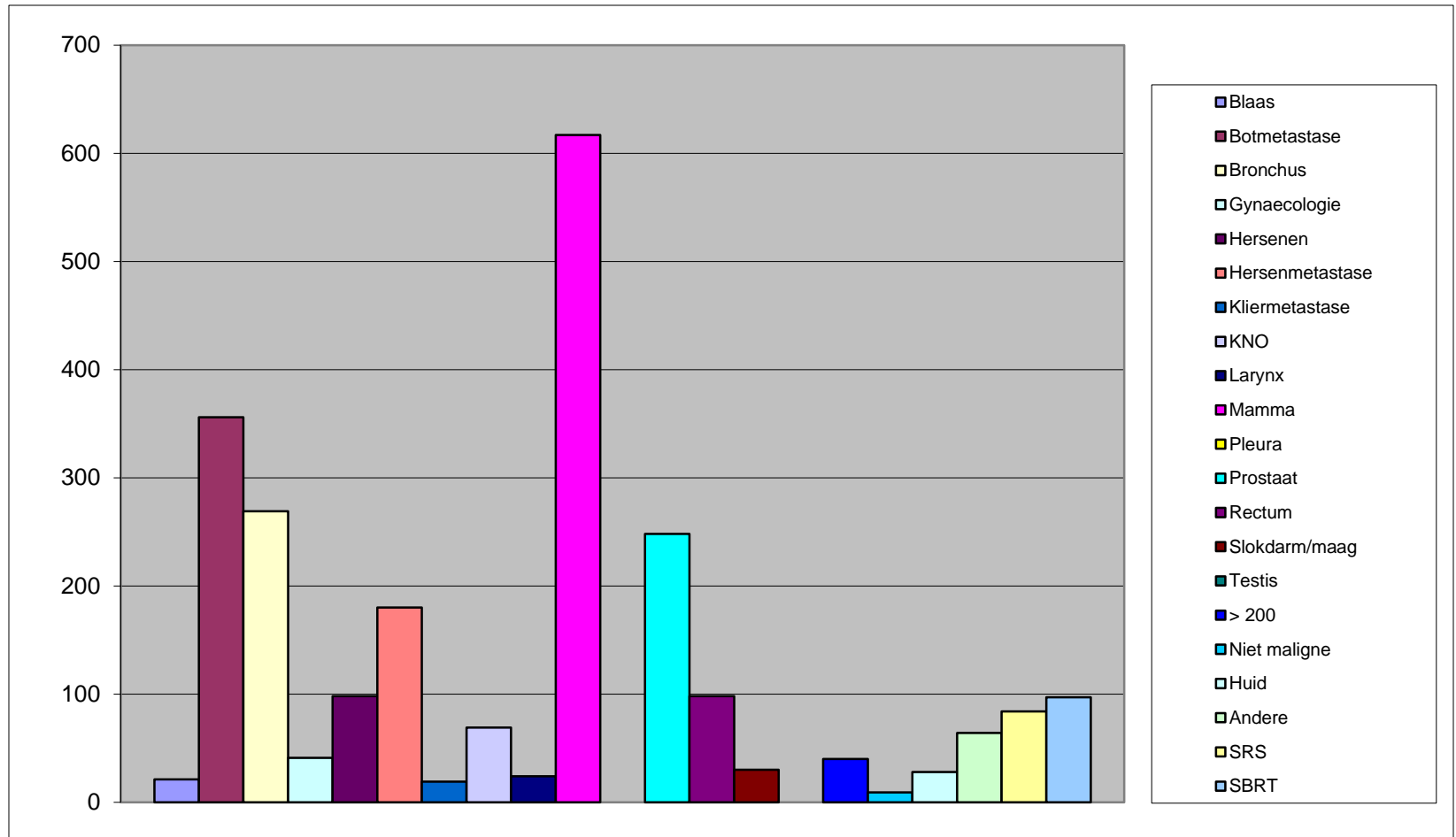
- **Palliatieve setting:** (+/- 25% van de bestralingen in LOC)

RT speelt belangrijke rol in de symptomatische behandeling van tumorgebonden klachten die de levenskwaliteit ernstig verstoren

vb. botmeta's, hersenmeta's



LOC aantal bestralingen 2018





CURATIEF

- **lange bestralingsschema's:**
6-7 weken, 5x/week
 - Hoge dosis
 - Door fractionatie minder nevenwerkingen
- **complexe technieken, arbeidsintensief**
 - Multipelen velden uit diverse richtingen
 - Op basis van **3D CT-planning +/- fusie met NMR of PET**
 - tumor zo nauwkeurig mogelijk bestralen
 - Kritische organen zoveel mogelijk sparen
- Voorbereidingstijd tussen simulatie en start +/- 1 week

PALLIATIEF

- **KORTE schema's:** minder belastend
 - 1 x 8 Gy
 - 5 x 4 Gy
 - 10-13 x 3 Gy
- **Eenvoudige** plannen
patient kan snel starten
- Streven naar minimale toxiciteit
- Nevenwerkingen anticiperen en voorkomen
 - Anti-emetica bij RT hooglumbale wervels
 - Corticosteroiden bij hersenmetastasen en myelumcompressie



1. Curatieve setting

• **Lokale behandeling** van het gezwel:

- Chirurgie
- **Radiotherapie: postoperatief of primair**
- al dan niet in combinatie

• **Systemische** behandeling:

- Chemotherapie
- Hormonale therapie
- Targettherapy / Immunotherapie / angiogeneseremmers,...



- ☞ **Doel = genezing** of overleving verlengen
- ☞ **Hoge dosis**
 - Lange schema's meestal 6 -7 weken, 5x/week, vb 35 x 2 Gy
 - Door fractionatie minder laattijdige nevenwerkingen
- ☞ **Complexe technieken, arbeidsintensief**
 - Multipiele bestralingsvelden uit diverse richtingen of bogen ('Rapid Arc')
 - Tumor zo nauwkeurig mogelijk bestralen
 - Kritische organen zoveel mogelijk sparen
- ☞ Voorbereidingstijd tussen simulatie en start: 7 à 11 werkdagen (veel kwaliteitscontroles nodig)



Enkele voorbeelden curatieve setting

☞ Borstcarcinooma

- Borstsparende heekunde + postoperative RT borst = *even veilig* als mastectomie
 - ⇒ standaard voor kleine tumoren
 - ⇒ typisch 16 fracties ganse borst + 5 fracties boost thv tumorbed
- Thoraxwand na mastectomie bij hele grote tumor en/of klieraantasting
 - ⇒ typisch 16 fracties



Enkele voorbeelden curatieve setting

Longcarcinooma

- indien inoperabel: meestal combinatie van chemotherapie of immuuntherapie en RT, in wisselende combinaties:
semi-curatief
- coin lesion (zeer kleine tumor):
 - standaard: resectie
 - indien medisch inoperabel oww slechte longfunctie:

gelokaliseerde hoge dosis RT met curatief opzet:

'stereotactic body radiotherapy'



Enkele voorbeelden curatieve setting

Prostaatcarcinooma: 3 curatieve opties:

- Radicale prostatectomie
- Externe RT
- Brachytherapie

Rectumcarcinooma

Standaardbehandeling = Heelkunde

Bij T3-4 tumoren of aanwezigheid van kliermeta's

- Preoperatieve radiotherapie pelvis + chemo concomitant



Enkele indicaties curatieve setting

Hoofd- en halskanker

- goede resultaten met RT +/- chemo concomitant (voorwaarde: beperkt stadium)
- Voordeel: orgaansparend
Vb glottiscarc T1: vermijden laryngectomie !
- Nadeel: acute en laattijdige nevenwerkingen

lymfomen

- zeer radiosensibel
- consoliderende bestraling na chemotherapie



2. Palliatieve setting

- ☞ Ongeneesbaar ≠ onbehandelbaar
- ☞ nut behandeling versus nevenwerkingen ?
- ☞ beste palliatie indien oorzaak van klacht kan worden weggenomen eerder dan enkel het symptoom te bestrijden
- ☞ Palliatie kan **soms urgent** zijn !
- ☞ **RT belangrijke rol in palliatie**



Doel palliatieve RT

- **symptoomcontrole** → verbeteren levenskwaliteit
- preventie complicaties tgv tumor
- bij solitaire meta's ook verlengen overlevingsduur:
 - Hersenmetastasen
 - Solitaire botmeta
 - Solitaire longmeta



Palliatieve RT

☞ **Lagere dosis** meestal voldoende

- Hogere dosis per fractie
- Voorkeur voor korte schema's: minder belastend
 - 1 x 8 Gy
 - 5 x 4 Gy
 - 10-13 x 3 Gy

☞ **Eenvoudige** plannen: patient kan **snel starten** (pijn !): RT start dag zelf tot 1-2 werkdagen

☞ Streven naar beperkte toxiciteit: beperkte RT-volumes

☞ Nevenwerkingen anticiperen en voorkomen, vb

- Anti-emetica bij RT hooglumbale wervels
- Corticosteroiden bij hersenmetastasen en myelumcompressie



Enkele voorbeelden van palliat RT

PIJN

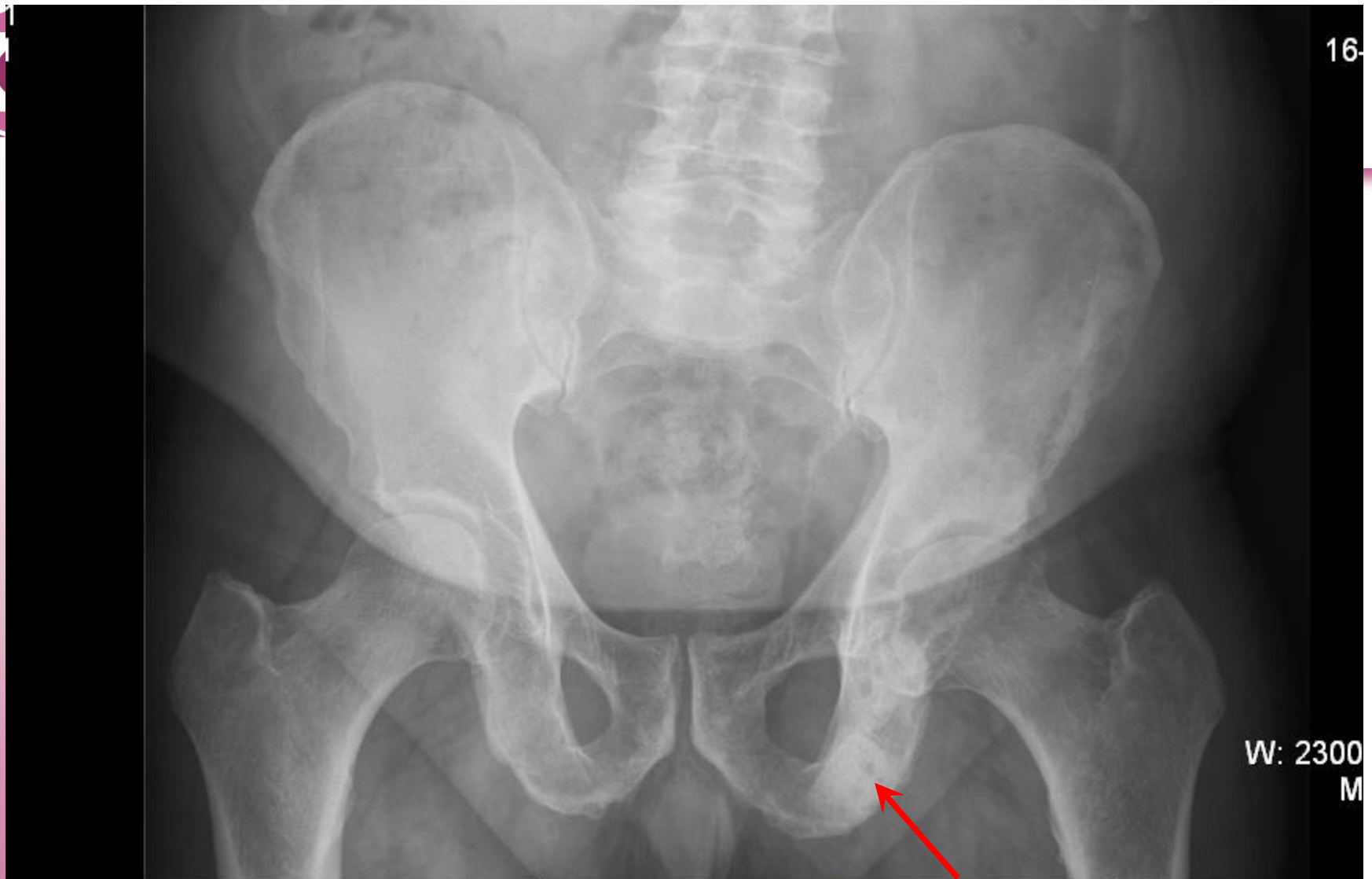
- Botmetas: zeer goed antalgisch effect in 70-80% – consoliderend effect op bot
- Invasie zenuwplexus door tumor

MYELUMCOMPRESSIE

Tgv wervelcollaps door botmeta
= **urgentie in de RT !**

OBSTRUCTIES

- Luchtwegen, vb atelectase
- Vena Cava Superior Syndroom = **urgentie**

W: 2300
M

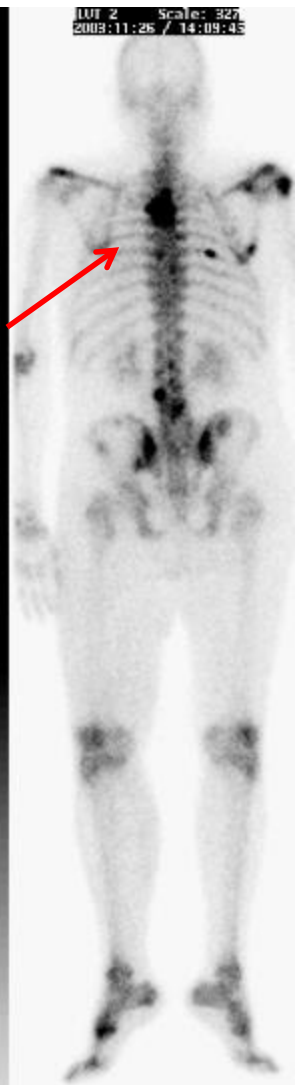
den tonen□

Gebruiker code : epr, Groep : All Users



web1000.vjz

Prostaatca, pijnlijke osteoblastische metastase li heup:
antalgische RT



Prostaatca

hevige interscapulaire pijn

meta D3-D4 met ruggemergcompressie: **urgentie !**

Dringende RT 10 x 3 Gy



Enkele voorbeelden van palliat RT

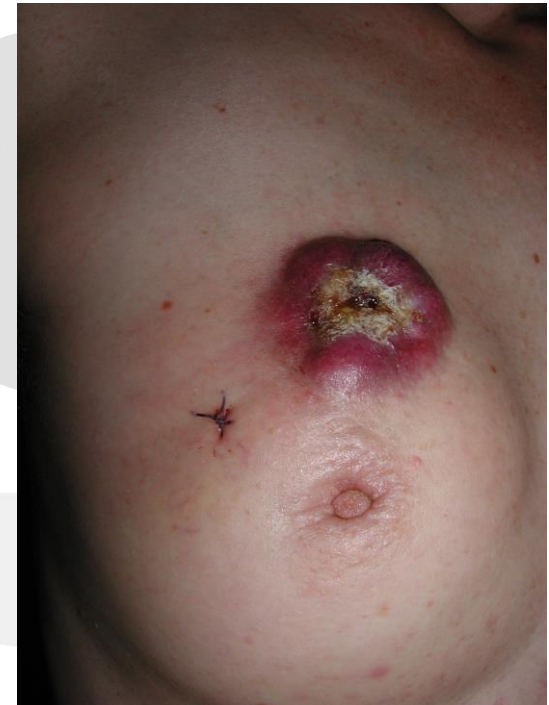
☛ BLOEDENDE/ULCERENDE TUMOR:

hemostatisch en/of hygiënisch

- Lokaal gerecidiveerd borstcarcinoma
- Bloedende gynaecologische tumor of blaastumor
- Hemoptoë bij bronchuscarcinoma

☛ GROTE TUMORALE MASSA'S

- Grote halsklierpakketten
- Klierpakketten thv de lies → oedeem lidmaat

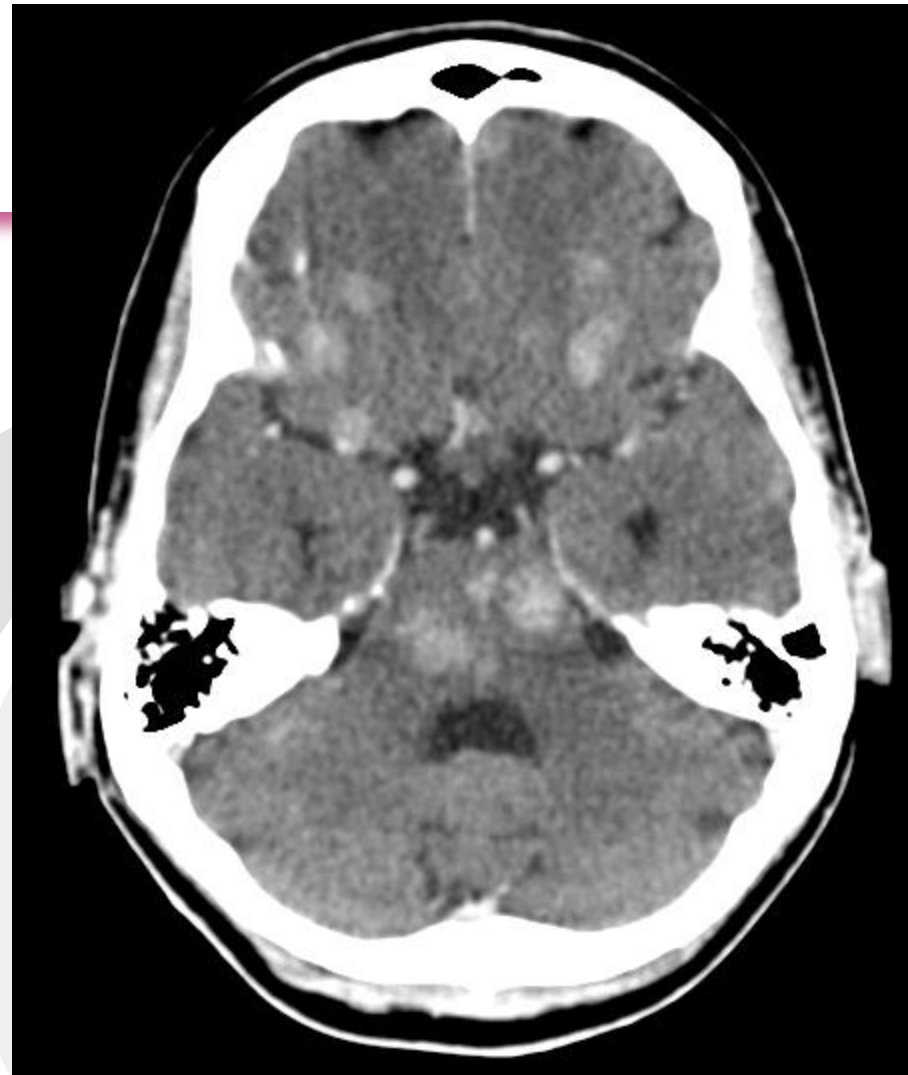




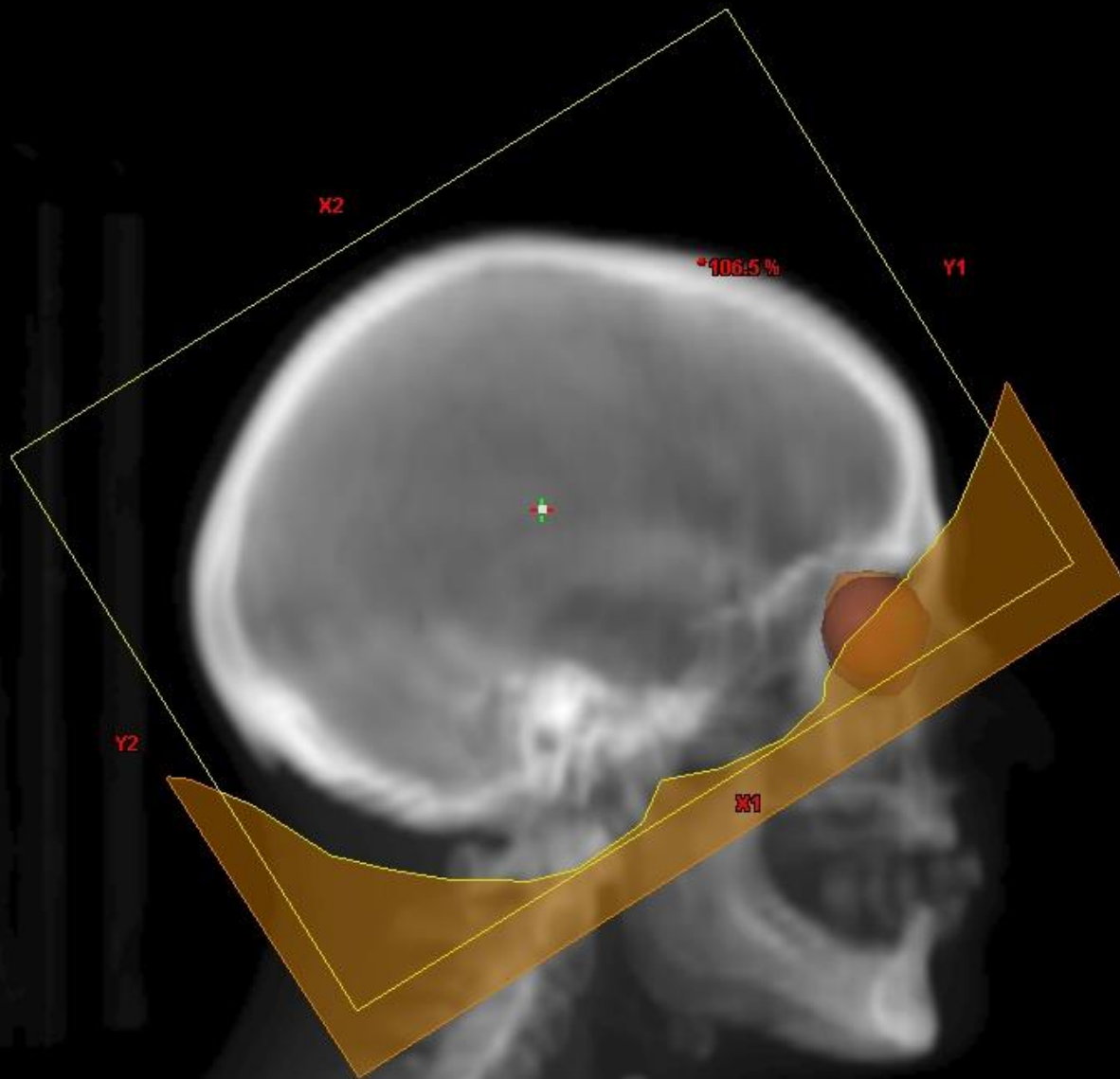
enkele voorbeelden van palliat RT

- ☞ SOLITAIRE LONGMETA'S: semi-curatief opzet
Kan behandeld worden met '**stereotactic body RT**' (SBRT)
- ☞ HERSENMETASTASEN
 - Onbehandeld : 2 maand overleving
 - Pancraniële RT : 6 maand overleving
 - Solitaire meta (1-3) : semi-curatief opzet
 - Resectie of stereotactische bestraling:
doel > 1 jaar overleving





Borstcarcinoma, gemetastaseerd thv de lever
hoofdpijn: diffuse hersenmetastasen: pancraniële RT





Technische aspecten

Doelvolumen

Van 1D naar 4D



Bedoeling van radiotherapie

Een zo **hoog** mogelijke dosis t.h.v. het **doelvolumen**, met een zo laag mogelijke dosis op de gezonde omliggende weefsels geven:

- Genezingskans zo hoog mogelijk
- Met een minimum aan nevenwerkingen



Technische aspecten Doelvolumen

Enkele definities

Doelvolumen =

de tumor
en/of zijn aanpalende klierstreken
die we willen bestralen



Doelvolumen wordt bepaald door:

- Kennis van het spontaan ziekteverloop
 - Primaire tumor (lokaal)
 - klieren (regionaal)
 - metastasen
- Klinisch onderzoek
- Radiologie (CT-scan, NMR)
- Endoscopie
- Nucleaire geneeskunde (scintigrafie, PET-scan)



Technische aspecten Doelvolumen

- GTV → **G**ross **T**umor **V**olume
- CTV → **C**linical **T**arget **V**olume
- PTV → **P**lanning **T**arget **V**olume

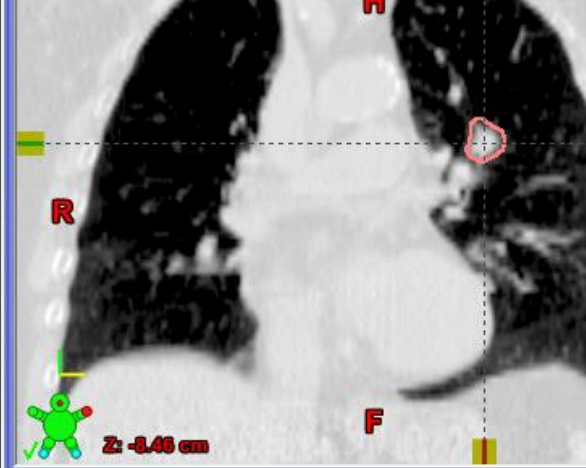


• GTV

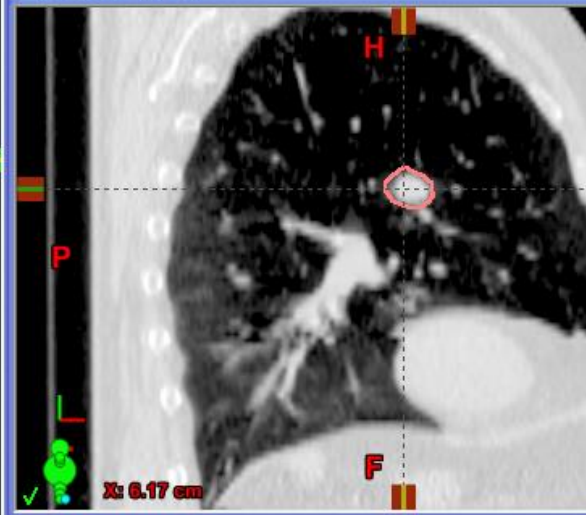
Gross **T**umor **V**olume

= de klinisch of radiologisch visibele tumor





Sagittal - HV CT



Model View

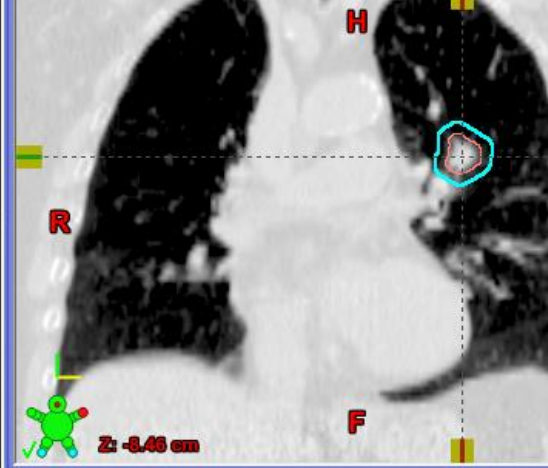




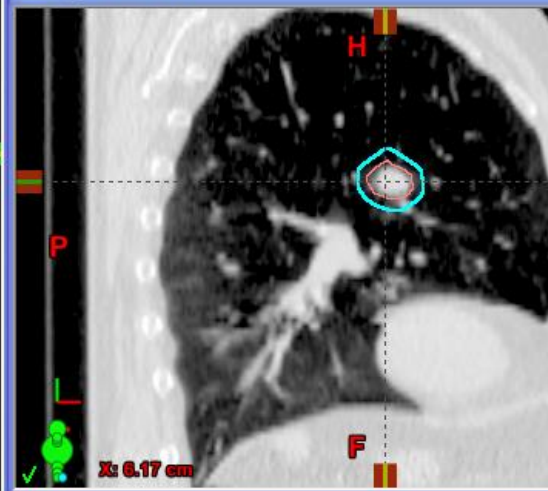
CTV

Clinical **T**arget **V**olume

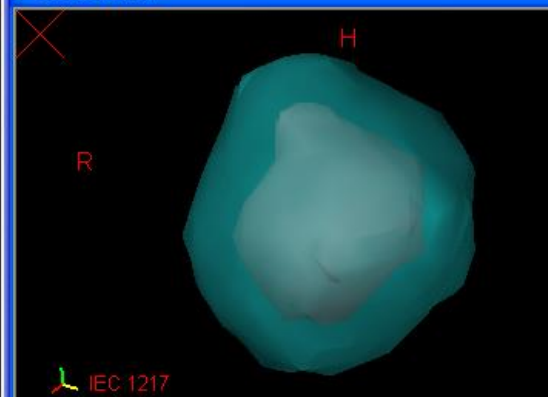
= de macroscopische tumor **plus** potentiële
microscopische uitbreiding in de
onmiddellijke omgeving



Sagittal - HV CT



Model View



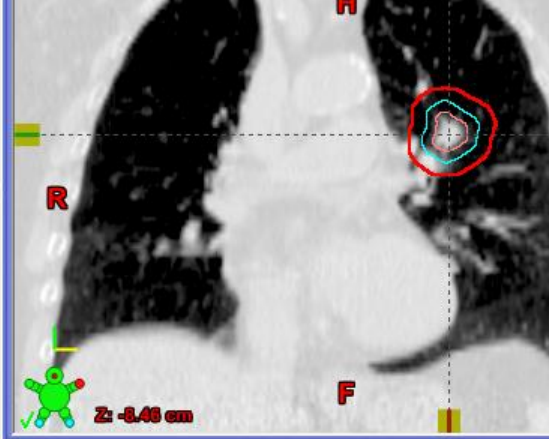
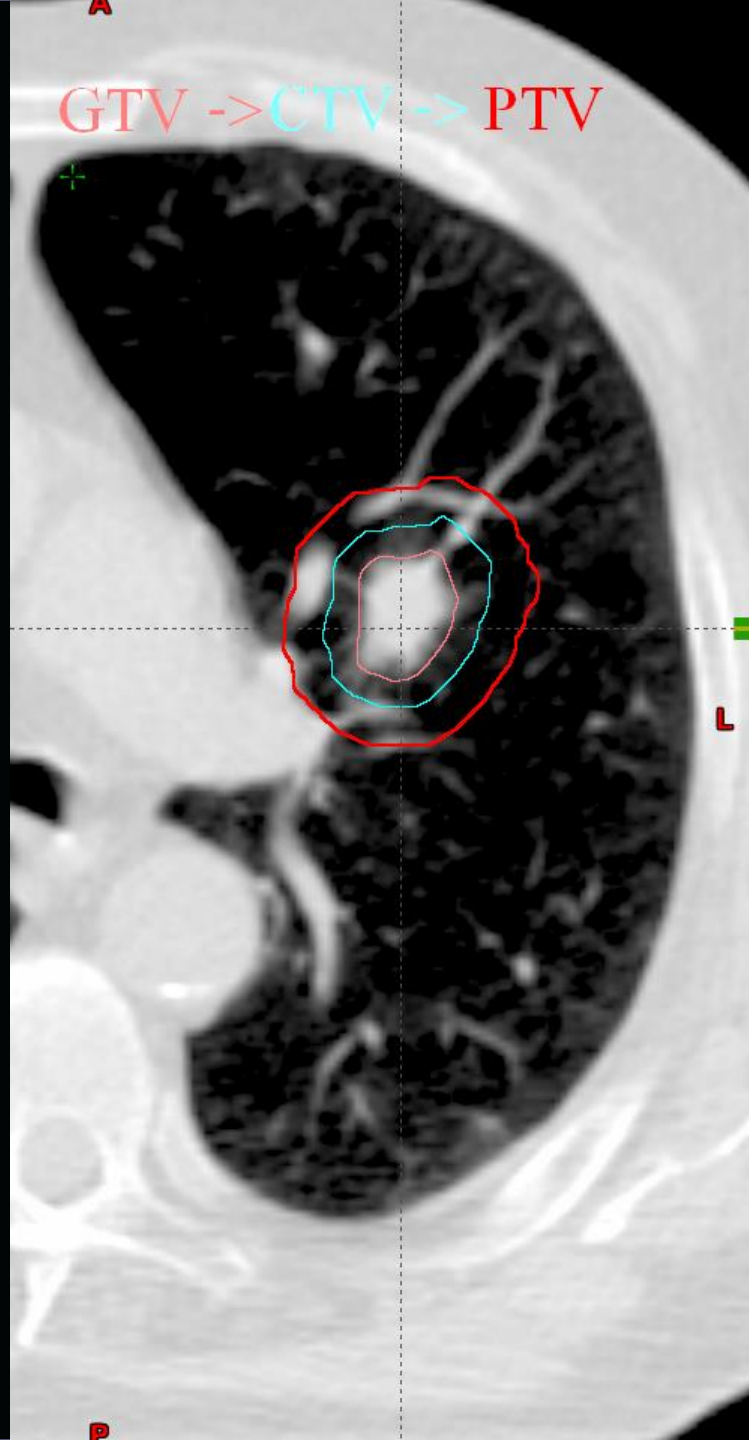


PTV

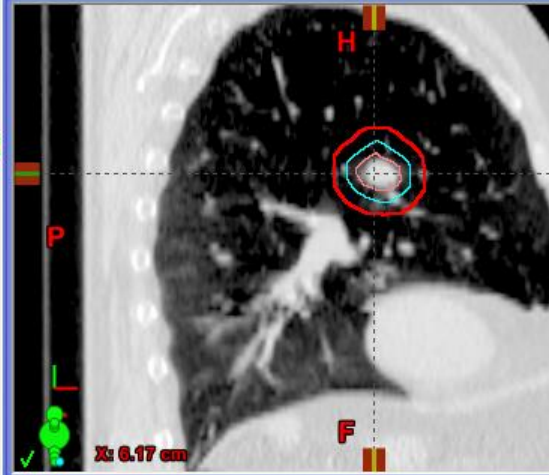
Planning **T**arget **V**olume

= CTV + **marge** → rekening houdend met

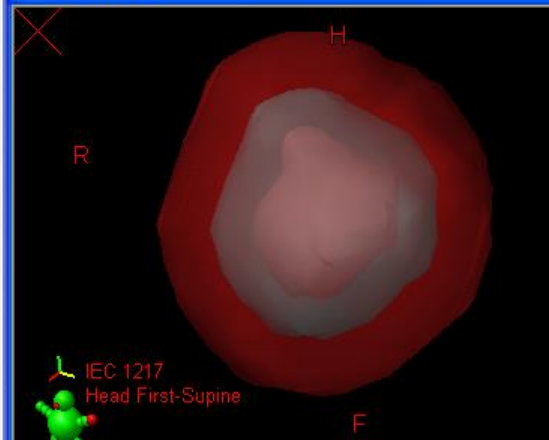
- patiëntbeweging, orgaanbewegingen
- vorm- en omtrekverandering vd tumor/organen
- set-up afwijkingen



Sagittal - HV CT



Model View





Technische aspecten

Doelvolumen

Van 2D naar 4D



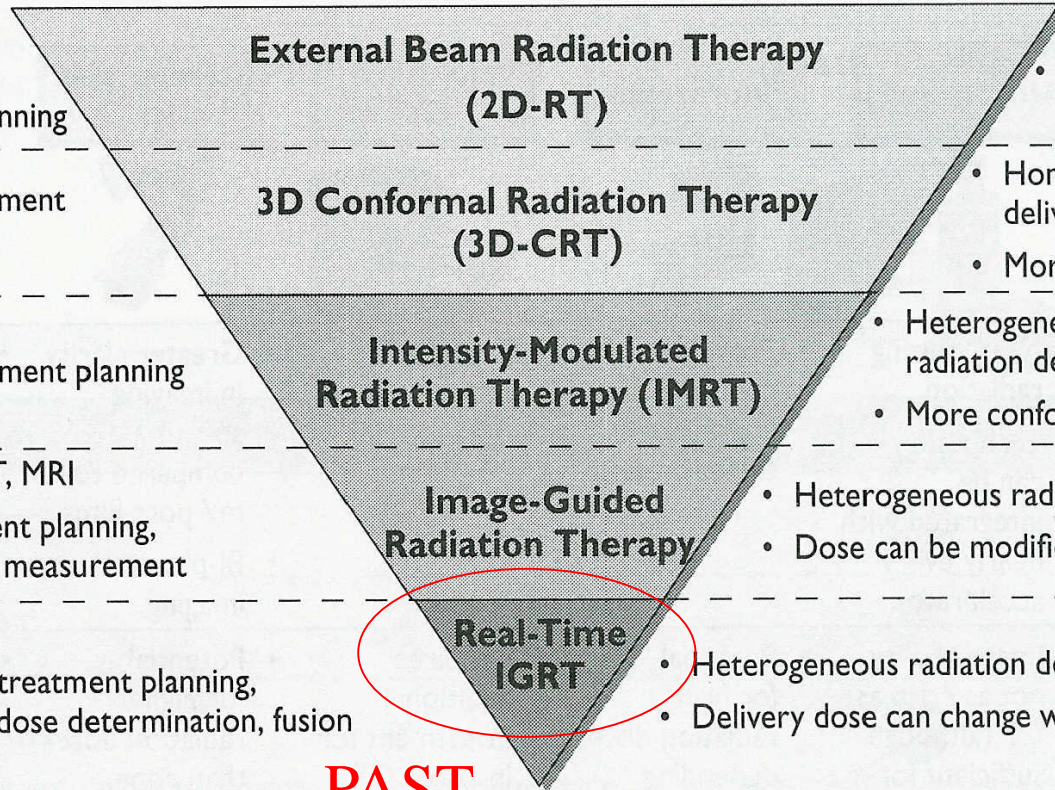
Technische aspecten

Enorme evolutie : Van 2D naar 4D

IGRT Involves Pre-Treatment Image Guidance

IMAGING

DOSE



- X-ray or CT scan for treatment planning

- CT scan for treatment planning

- CT scan for treatment planning

- Fusion of CT, PET, MRI

- Scans for treatment planning, positioning, dose measurement

- Images taken for treatment planning, positioning, intradose determination, fusion of images

- Broad target zone

- Homogenous radiation delivery
- More conformal

- Heterogeneous radiation delivery
- More conformal than 3D-CRT

- Heterogeneous radiation delivery
- Dose can be modified between fractions

- Heterogeneous radiation delivery
- Delivery dose can change within fraction

PAST

<input type="checkbox"/> Current	<input checked="" type="checkbox"/> Emerging	<input checked="" type="checkbox"/> Future
----------------------------------	--	--

CURRENT

Jaren '90



2019

Dose

59.566 Gy

59.6

55.000 Gy

50.000 Gy

45.000 Gy

40.000 Gy

35.000 Gy

30.000 Gy

25.000 Gy

20.000 Gy

15.000 Gy

10.000 Gy

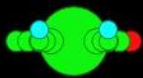
7.100 Gy

0.000 Gy

0.000 Gy

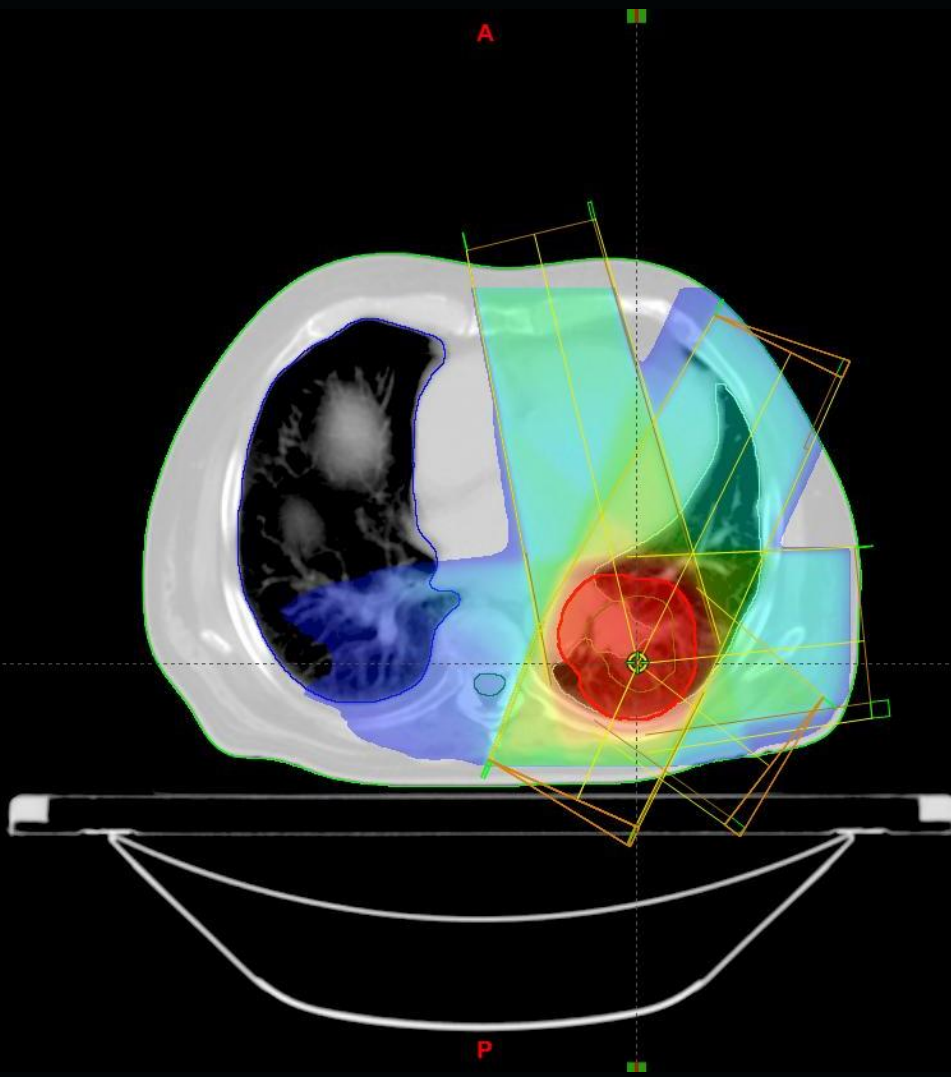
R

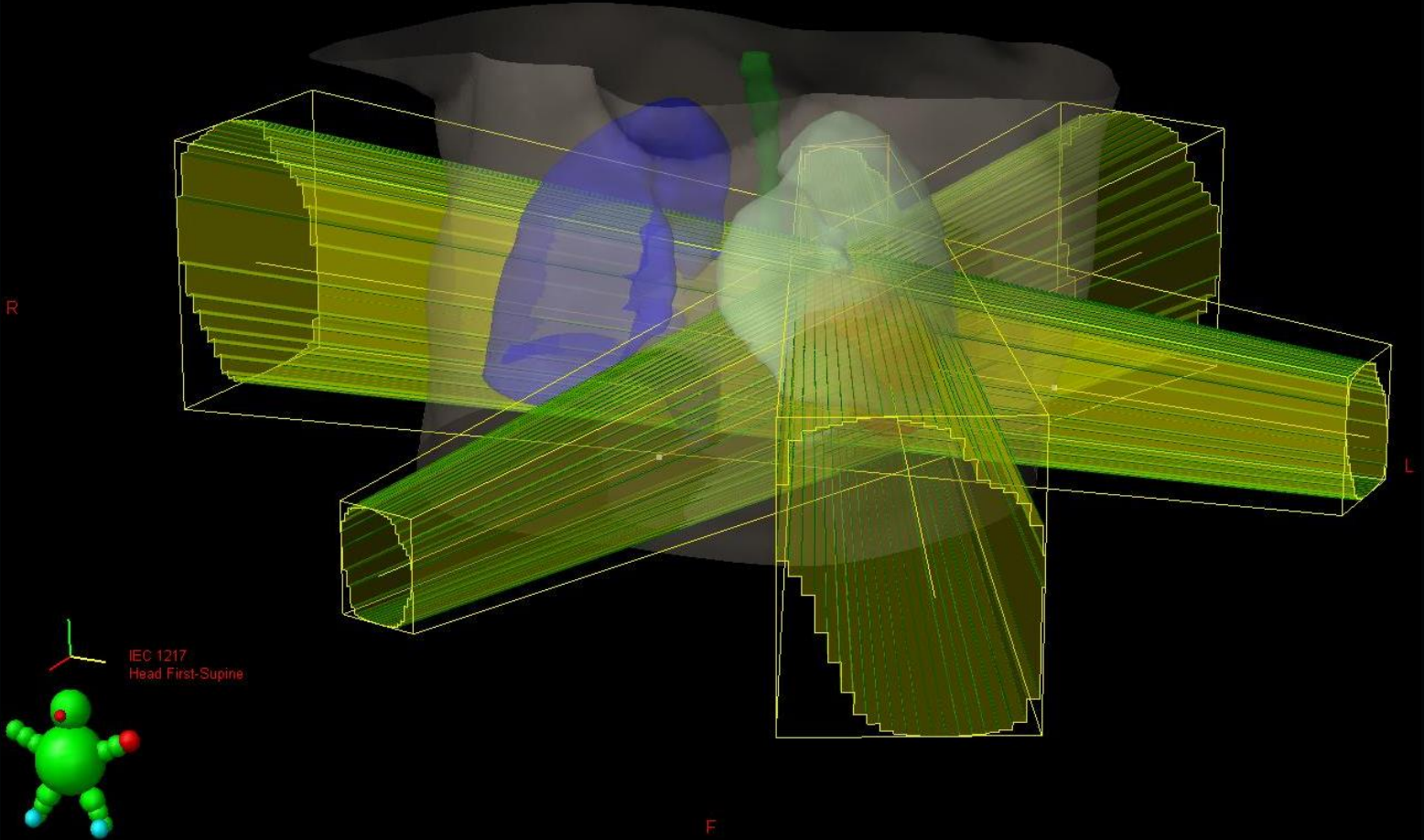
IEC 1217



Head First-Supine

Y: 2.00 cm







Bestraling patiënt

Patiëntentraject

Brachytherapie

Speciale technieken

Stereotactie

Brachytherapie prostaat

Deep Inspiration Breath Hold RT



Bestraling patiënt Patiëntentraject

☞ Raadpleging

- Andere specialismen
 - Beeldvorming
 - Labo
 - Anatoompathologie: histologisch bewijs maligniteit
- Diagnose

☞ **MOC:** Indicatie tot radiotherapie wordt multidisciplinair gesteld

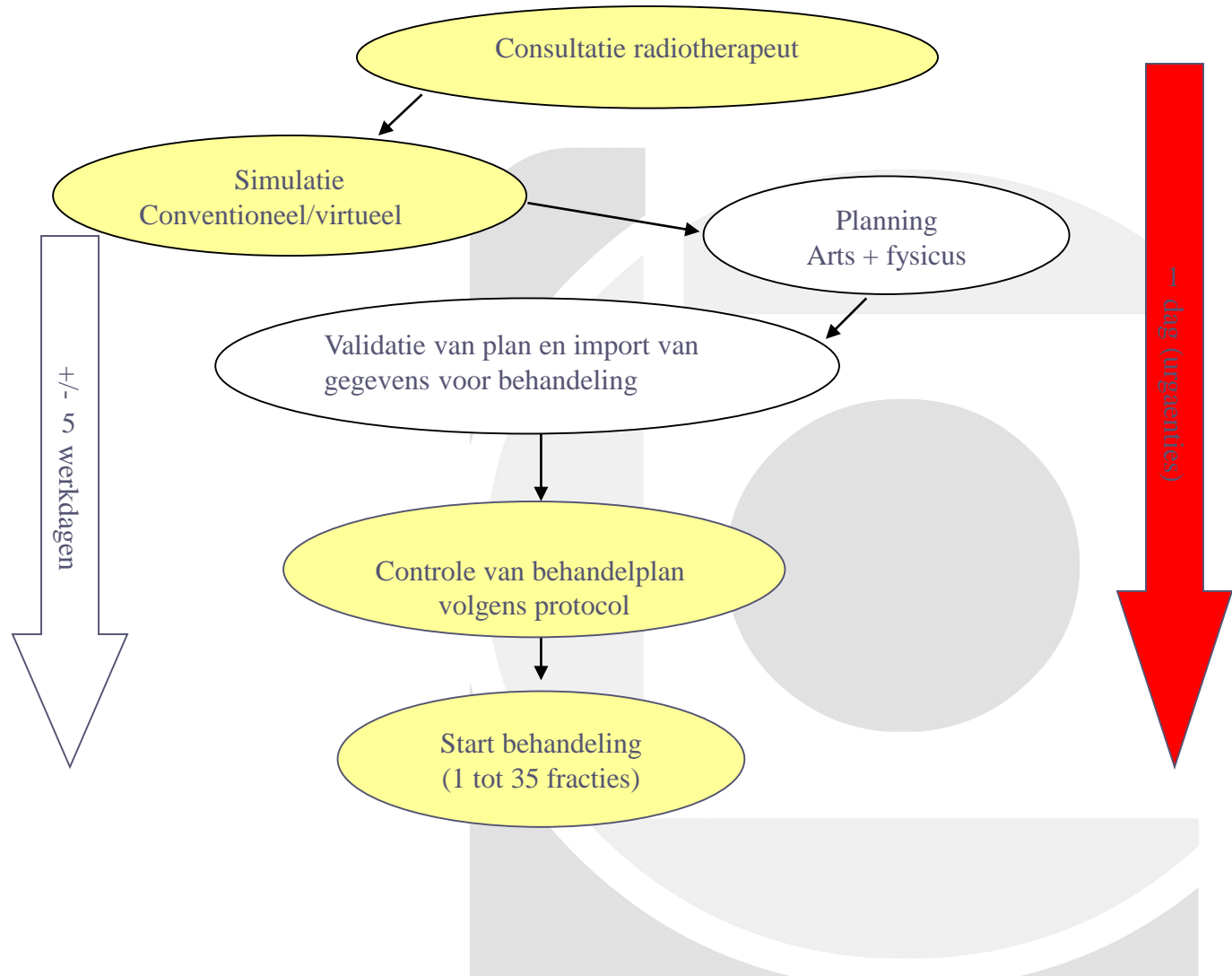
☞ Raadpleging bij radiotherapeut:

- ☞ Anamnese, klinisch onderzoek, gesprek, uitleg therapie, nevenwerkingen, risico's
- ☞ Informed consent

☞ **Simulatie:** = voorbereiding bestraling



Behandeltraject rt-patiënten



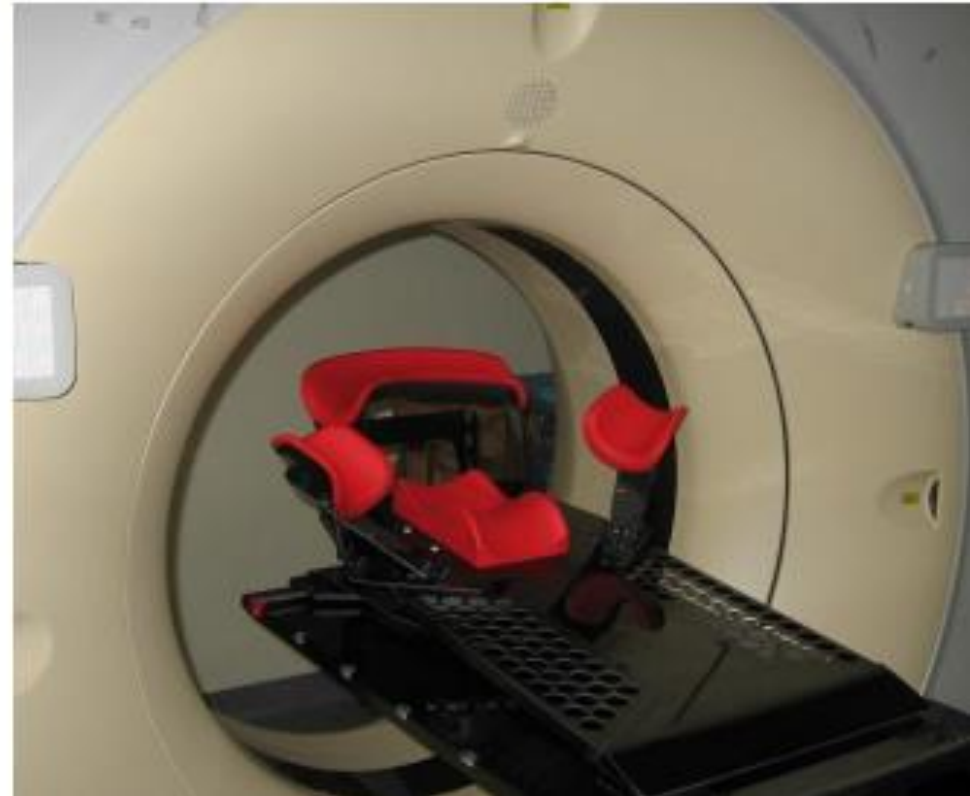


Simulatie

- stabiele bestralingshouding bepalen
- hulpstukken om de patiënt betrouwbaar te immobiliseren (masker, kniesteun, armsteun,...)
- CT scan in bestralingshouding, evt. met IV contrast
- bepaling 'isocentrum' op CT (~ centrum RT-veld)
- isocentrum geprojecteerd om huid patiënt dmv laserlijnen
- aanduiden van isocentrum dmv tatoes op huid (of lijnen op masker)



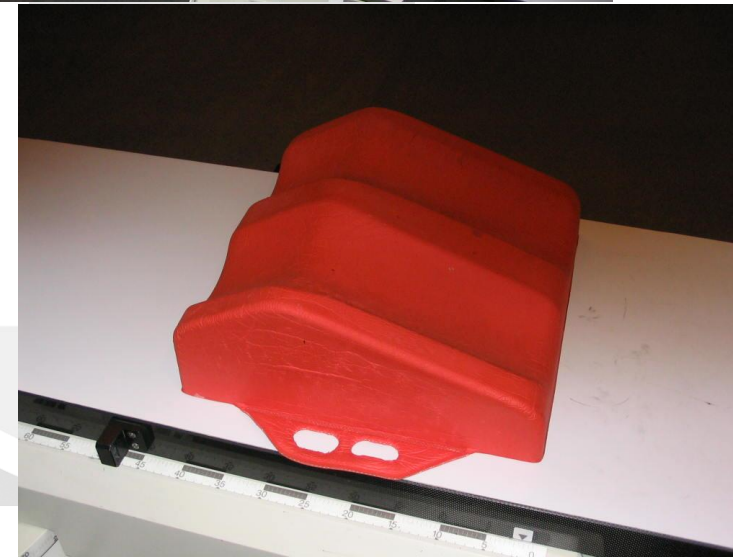
simulatie



Big-bore CT-scan: grote opening
Patiënt kan erdoor in bestralingshouding met hulpstukken

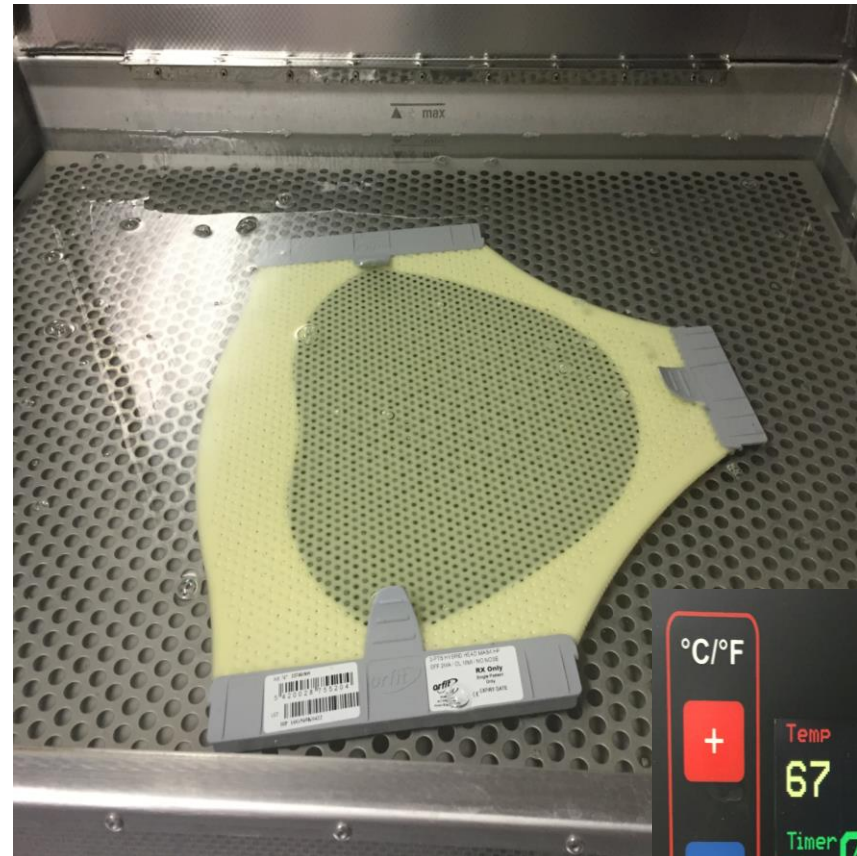
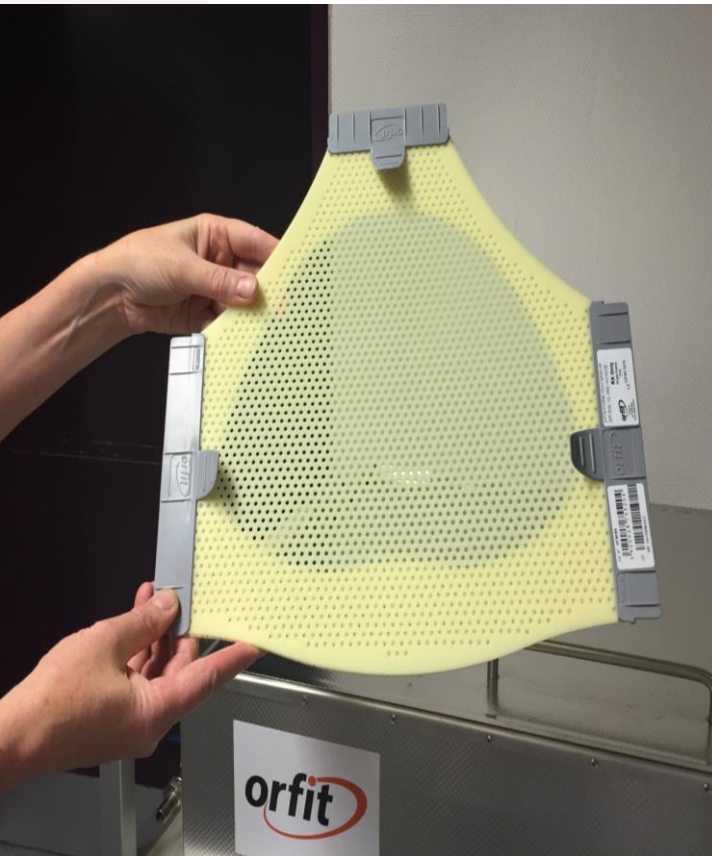


Stabiele houding bepalen Gebruik hulpstukken





bestralingsmasker: +/- 15 min



Geperforeerde plaat uit thermoplastische materiaal 4 minuten in warmwaterbak leggen

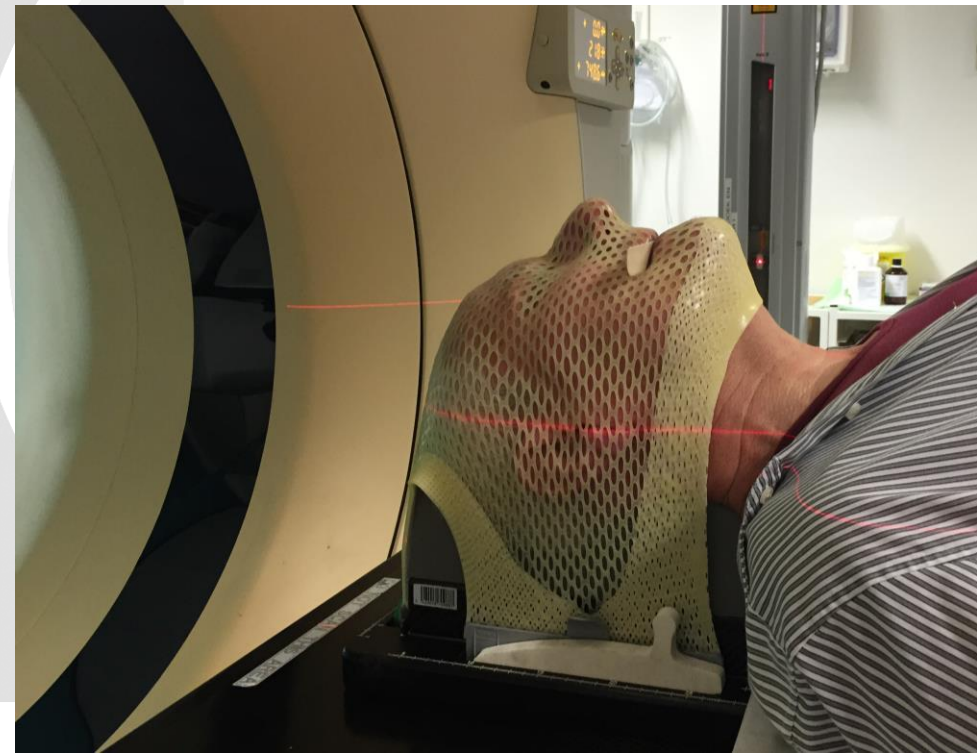


Masker met zorg mouleren over gelaat en hoofd +/- schouders en fixeren aan de simulatietafel

Voldoende lang laten afkoelen (minimum 10 minuten) (cave na-krimp!)



CT scan met masker voor berekening





Bestralingsisocentrum bepalen op de CTscan

Define Isocenter

Define Beam

Beam Geometry

Isocenter: ISO_1 Unmarked

Beam: B2150_1

Gantry: 270 Couch: 0 Collimator: 180

SSD: 82.22 R/L

X1: -5.0 X2: 5.0 ASYM

Y1: -5.0 Y2: 5.0 ASYM

Units: cm

Oppose: B2150_1

Display MPR On Display BEV On

Beam Modifier

Patient Marking

Visualization

Begin End

MPR On MPR Off BEV On BEV Off Show IP

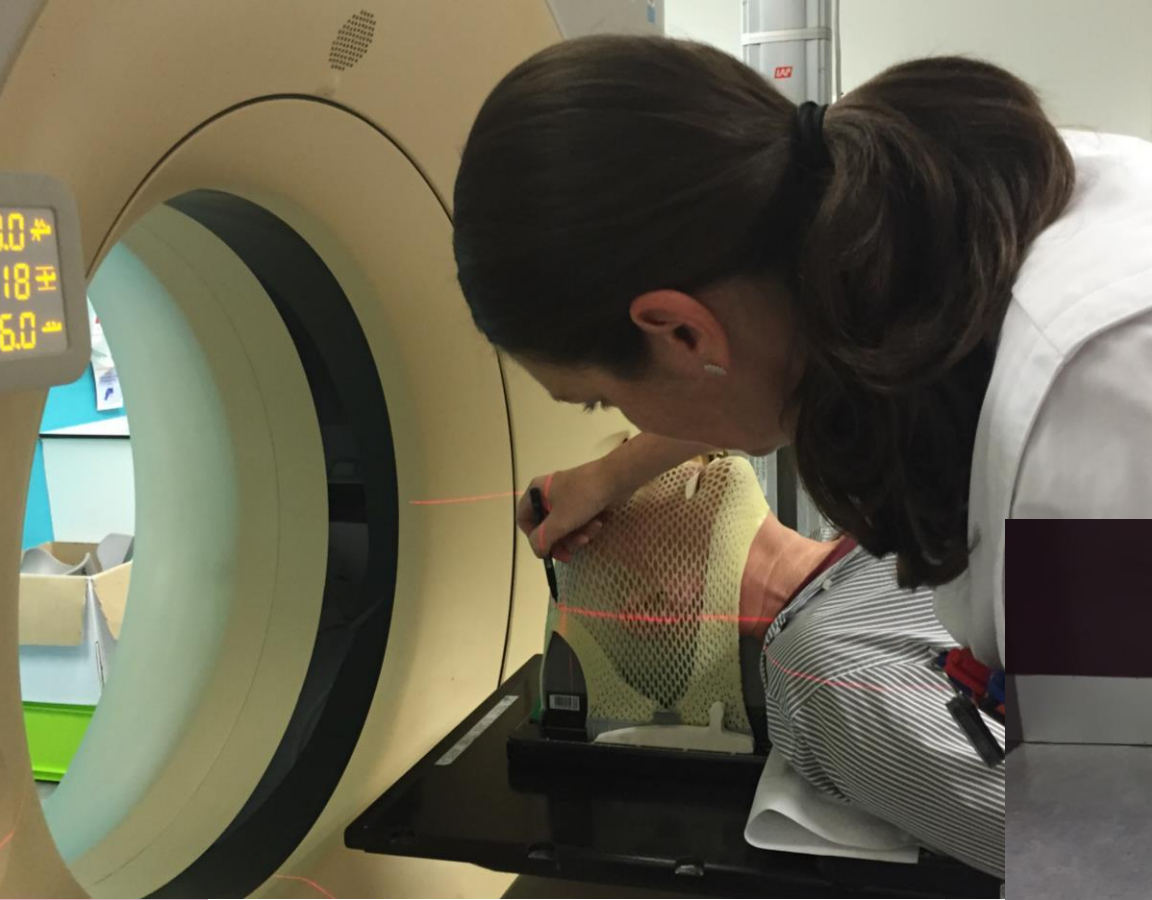
Primary Volume

Statist Preferences...

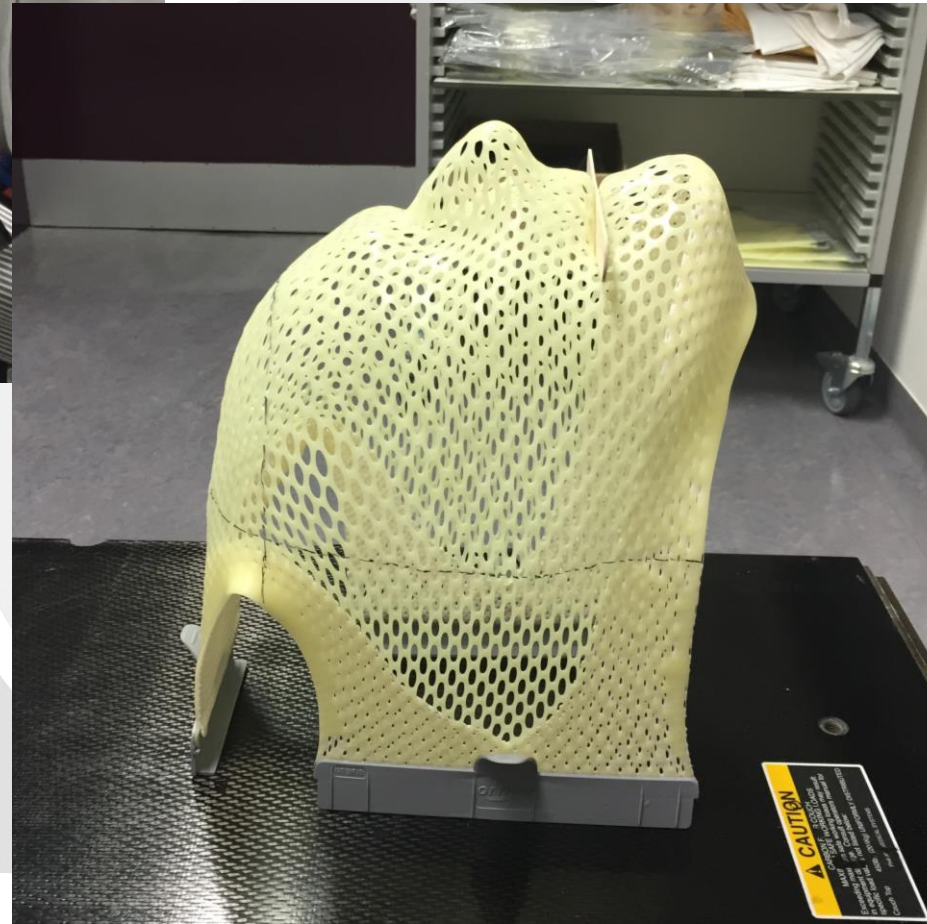
Viewing Windows:

- Top-Left: Axial view, Slice 260: Z = -113,800, Bas*Stephanus Leon
- Top-Right: Coronal view, Slice 234: Y = -58,473, Bas*Stephanus Leon
- Bottom-Left: Beam's Eye View MPR for B2150_1, Bas*Stephanus Leon
- Bottom-Right: Beam's Eye View MPR for B2150_1, Bas*Stephanus Leon

Parameter	Value
Name	Bas*Stephanus Leon
SSD (cm)	82.22
A/P	91.24
Opp	96.11
AP Coll	180
X1	-5.0
X2	5.0
Y1	-5.0
Y2	5.0
Lat Coll	180
SSD (cm)	92.22
R/L	92.22
Opp	96.52
X1	-5.0
X2	5.0
Y1	-5.0
Y2	5.0



Aanduiden isocentrum op
masker met alcoholstift mbv
laserlijnen
Of tatoe's thv
romp/ledematen

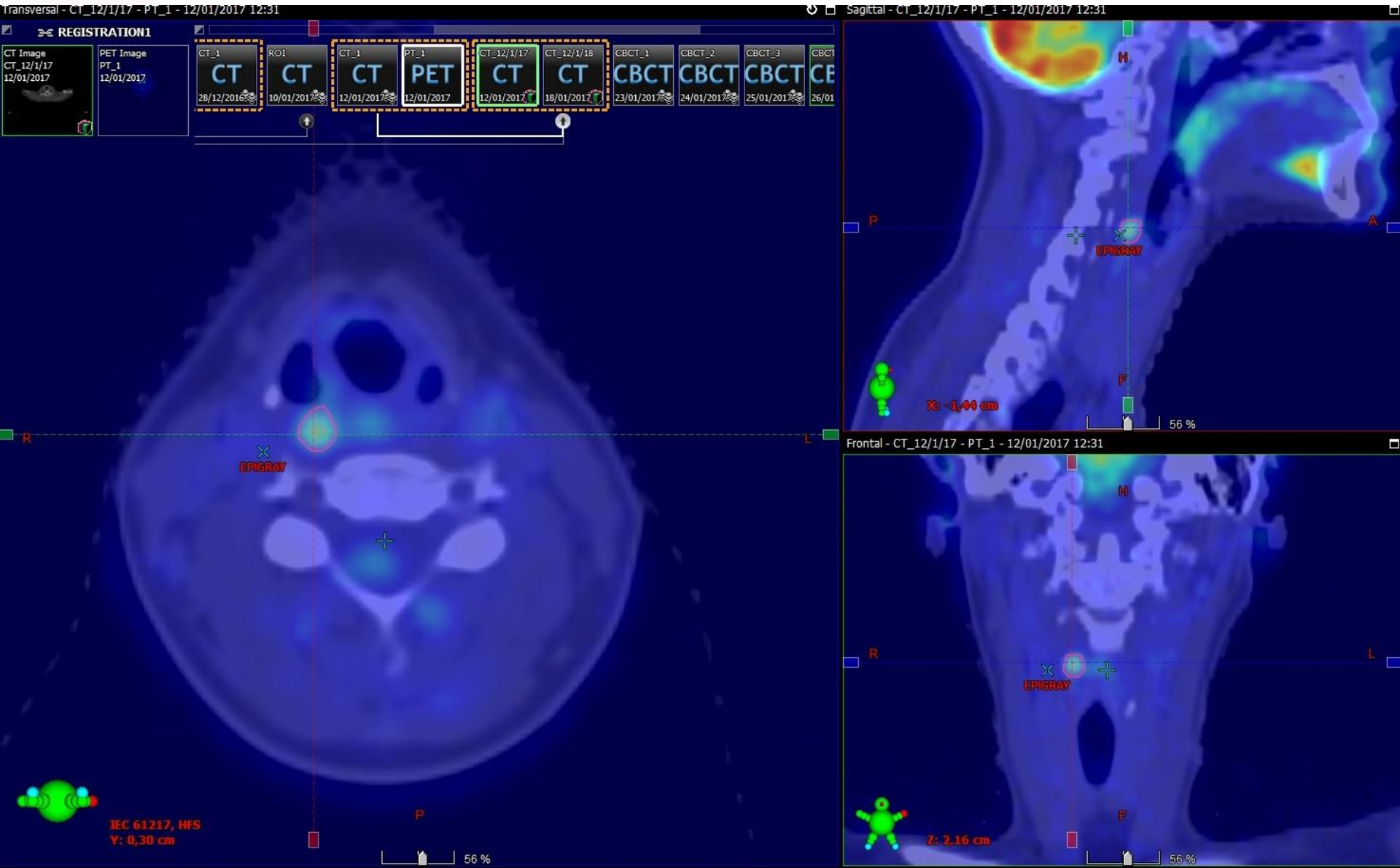




- Intekening doelvolumes en kritische organen op planningsCT
- Fusie met
 - Diagnostische CT
 - MRI
 - PET/CT (Liefst ook in bestralingshouding met masker zo mogelijk)
- > Nauwkeurigere bepaling tumoruitgebreidheid en aangetaste klieren



Fusie met PET

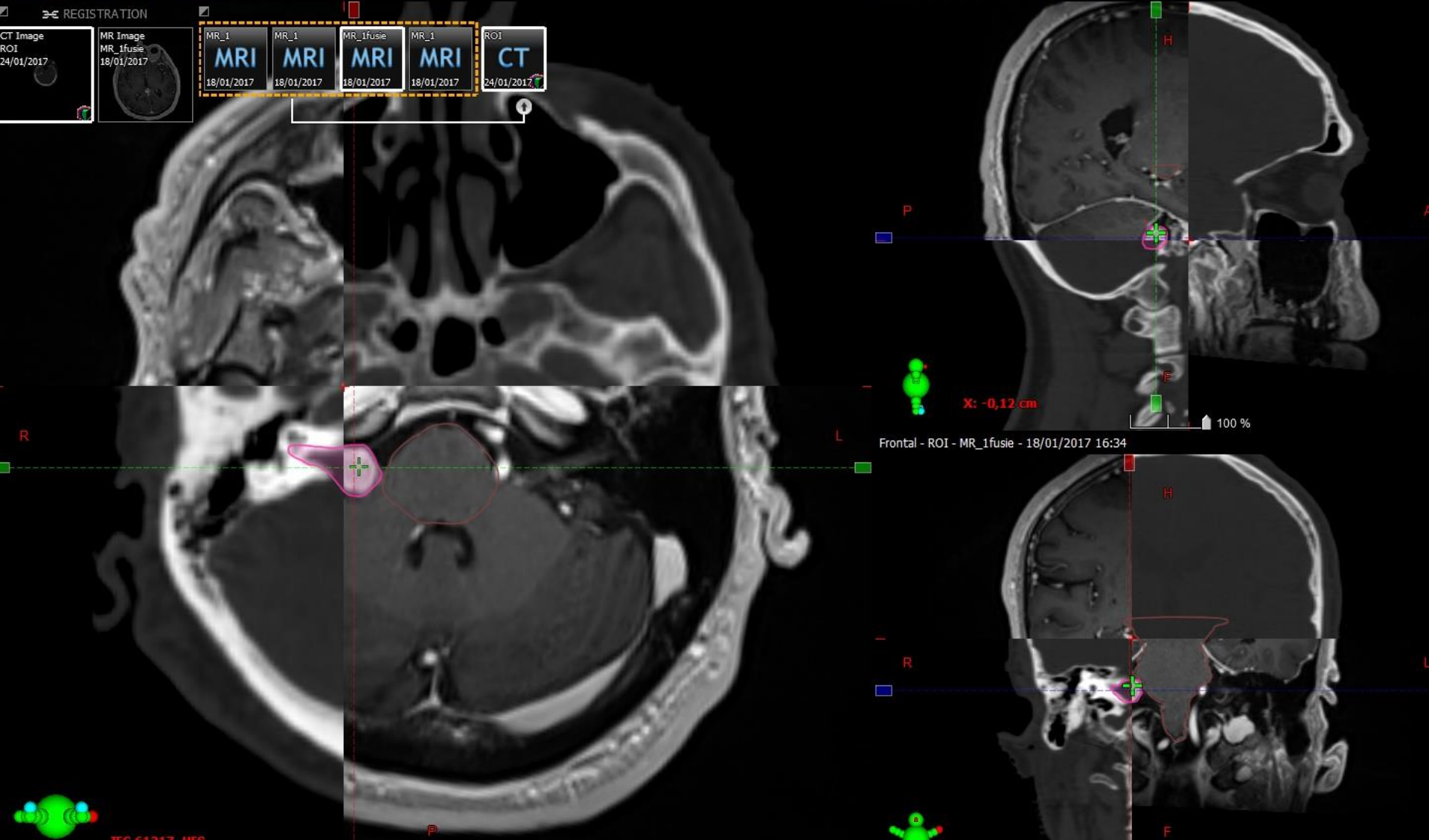




Fusie met MRI

Transversal - ROI - MR_1fusie - 18/01/2017 16:34

Sagittal - ROI - MR_1fusie - 18/01/2017 16:34





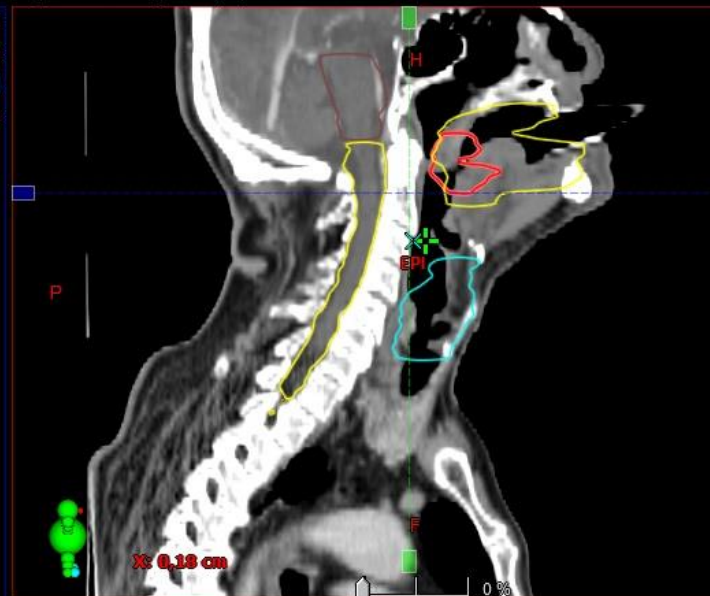
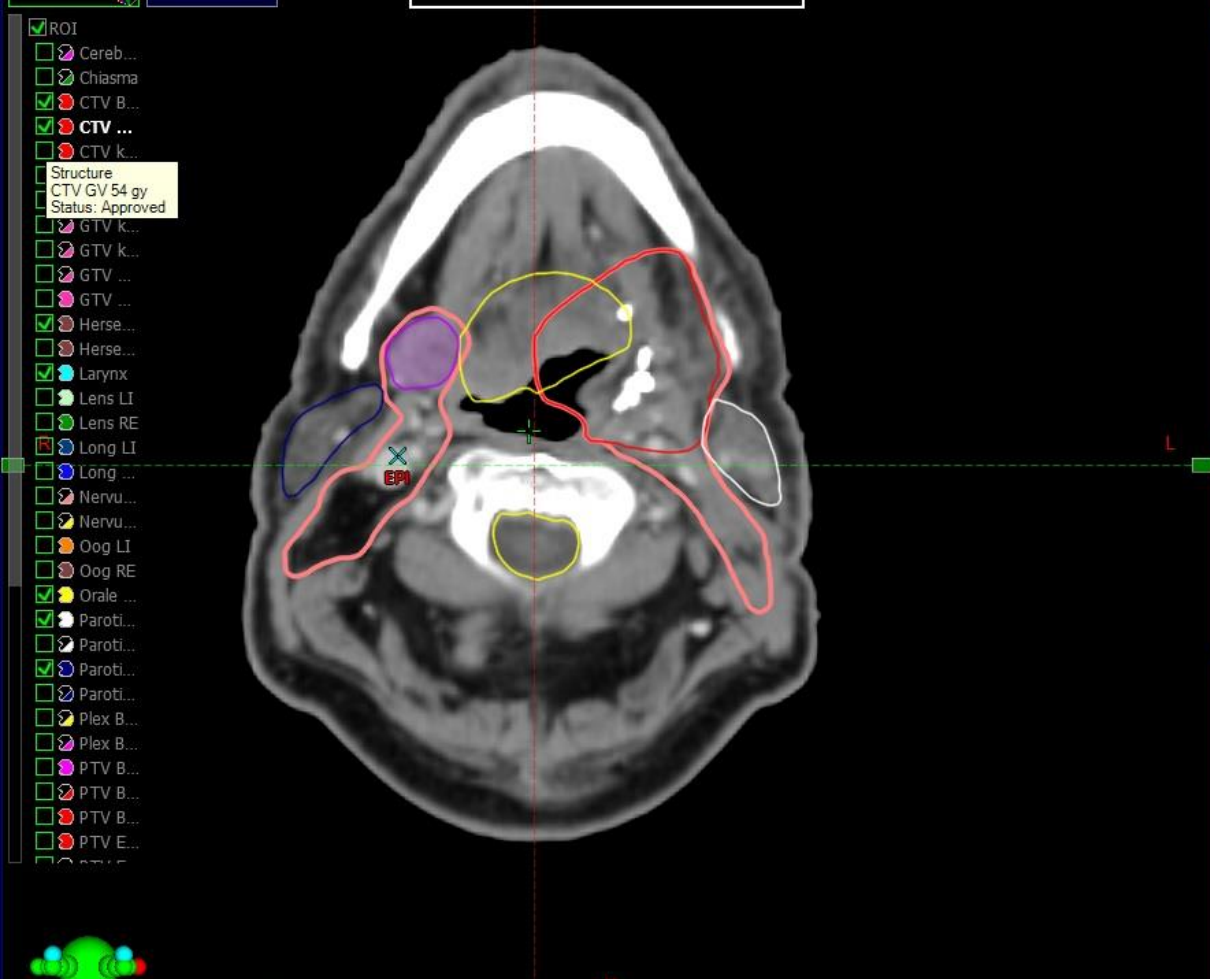
Intekenen doelvolumes en kritische organen

Transversal - ROI - PT_orl - 25/11/2016 12:15

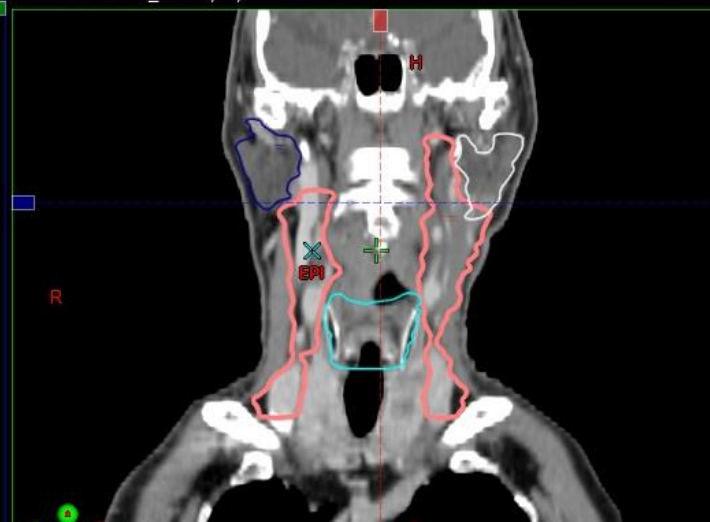
Sagittal - ROI - PT_orl - 25/11/2016 12:15

REGISTRATION

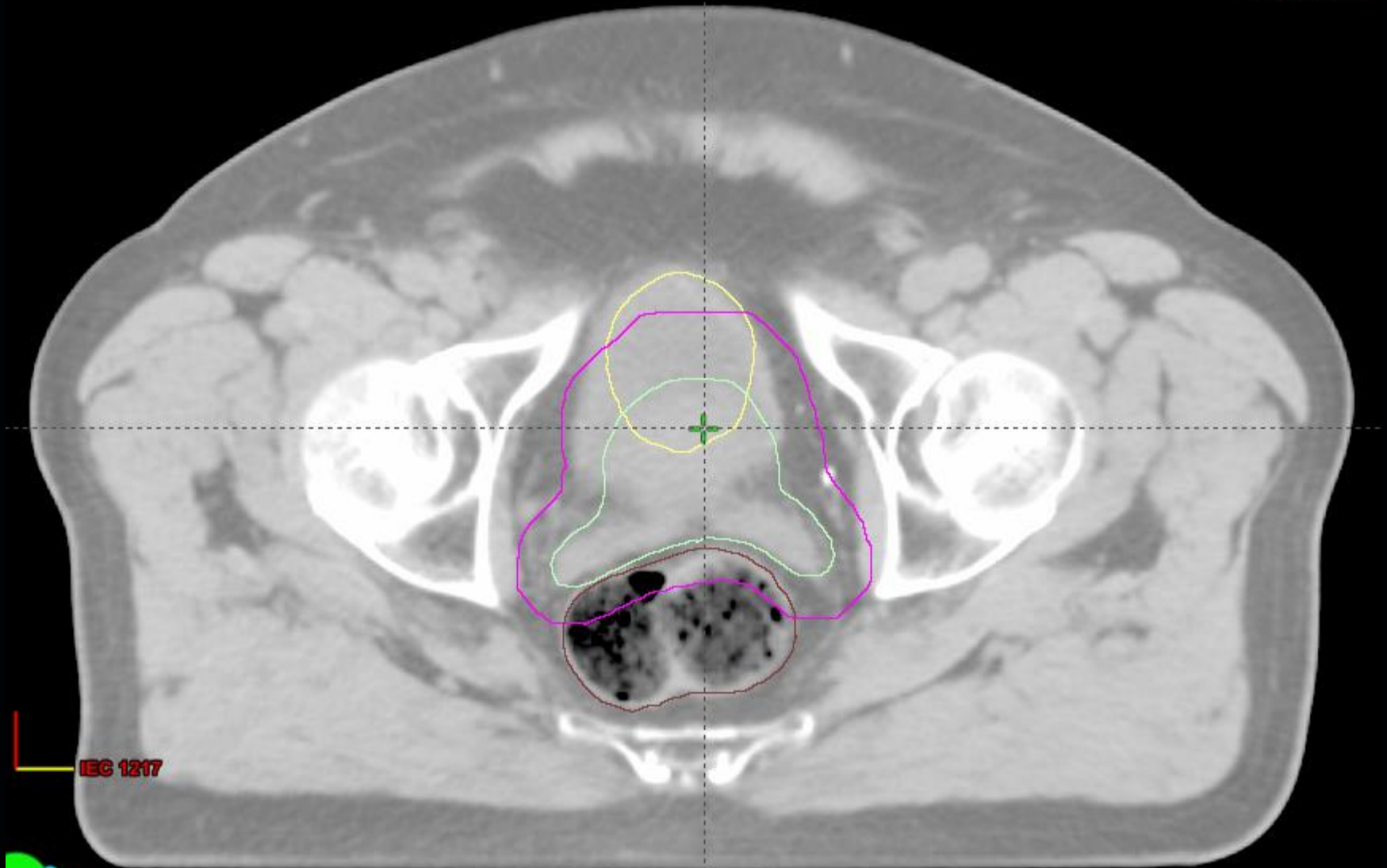
CT Image ROI 12/01/2017	PET Image PT_orl 25/11/2016	CT_orl 25/11/2016	PT_orl 25/11/2016	CT_1 25/11/2016	PT_1 25/11/2016	CT_OPTIM 12/01/2017	ROI 12/01/2017	CBCT_1 23/01/2017	CBCT_2 24/01/2017	CBCT_3 25/01/2017	CBCT_4 26/01/2017
-------------------------------	-----------------------------------	----------------------	----------------------	--------------------	--------------------	------------------------	-------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------



Frontal - ROI - PT_orl - 25/11/2016 12:15



3D MEAN for P1



IEG 1217



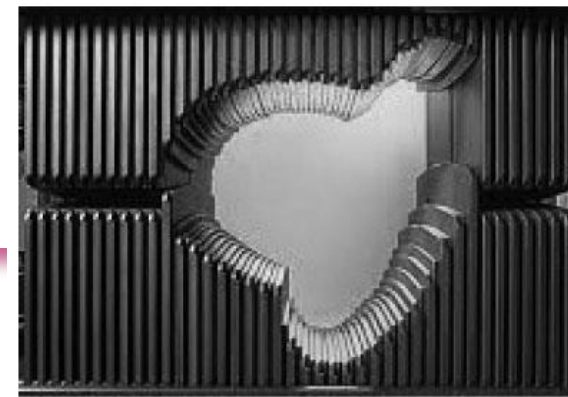


Figure 2 – Multileaf collimator. (Source: Holder, 2003).

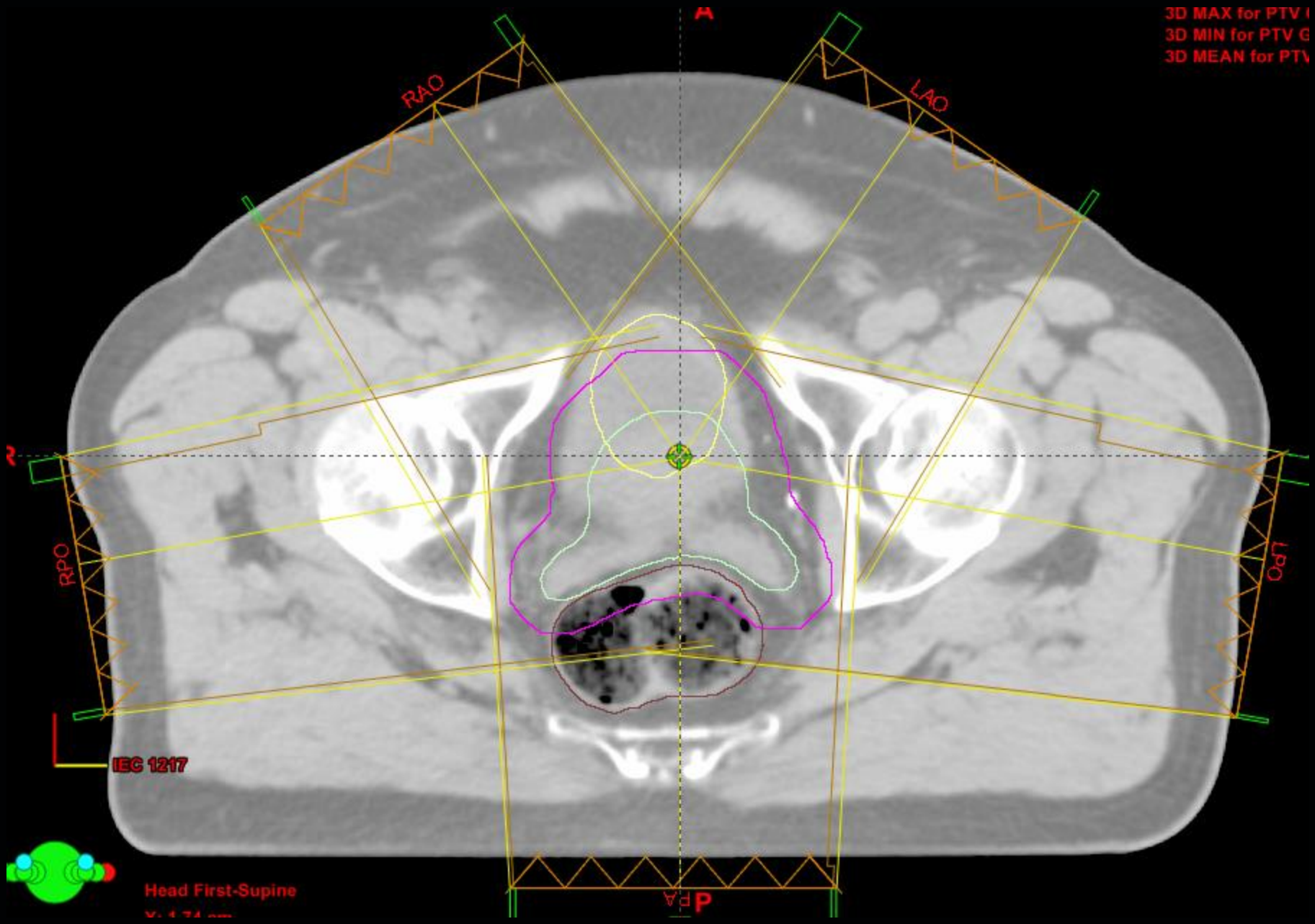
➤ Inverse planning

- Dosisconstraints (doelvolumes en kritische structuren) ingeven in planningssysteem
- Planningsoftware optimaliseert de ideale dosisintensiteit in alle bestralingsbundels om best mogelijke dosis distributie te bekomen

➤ Intensiteitsgemoduleerde RT (IMRT)

- Dosisintensiteit fluctueert binnen 1 en dezelfde bundel, door bewegende leaves in de kop van het bestralingstoestel

3D MAX for PTV I
3D MIN for PTV G
3D MEAN for PTV



IEC 1217

Head First-Supine
V: 4.74





3D Dose MAX: 104.4 %
3D MAX for PTV: 103.6 %
3D MIN for PTV: 90.0 %
3D MEAN for PTV: 95.0 %

R

A

RAO

LAO

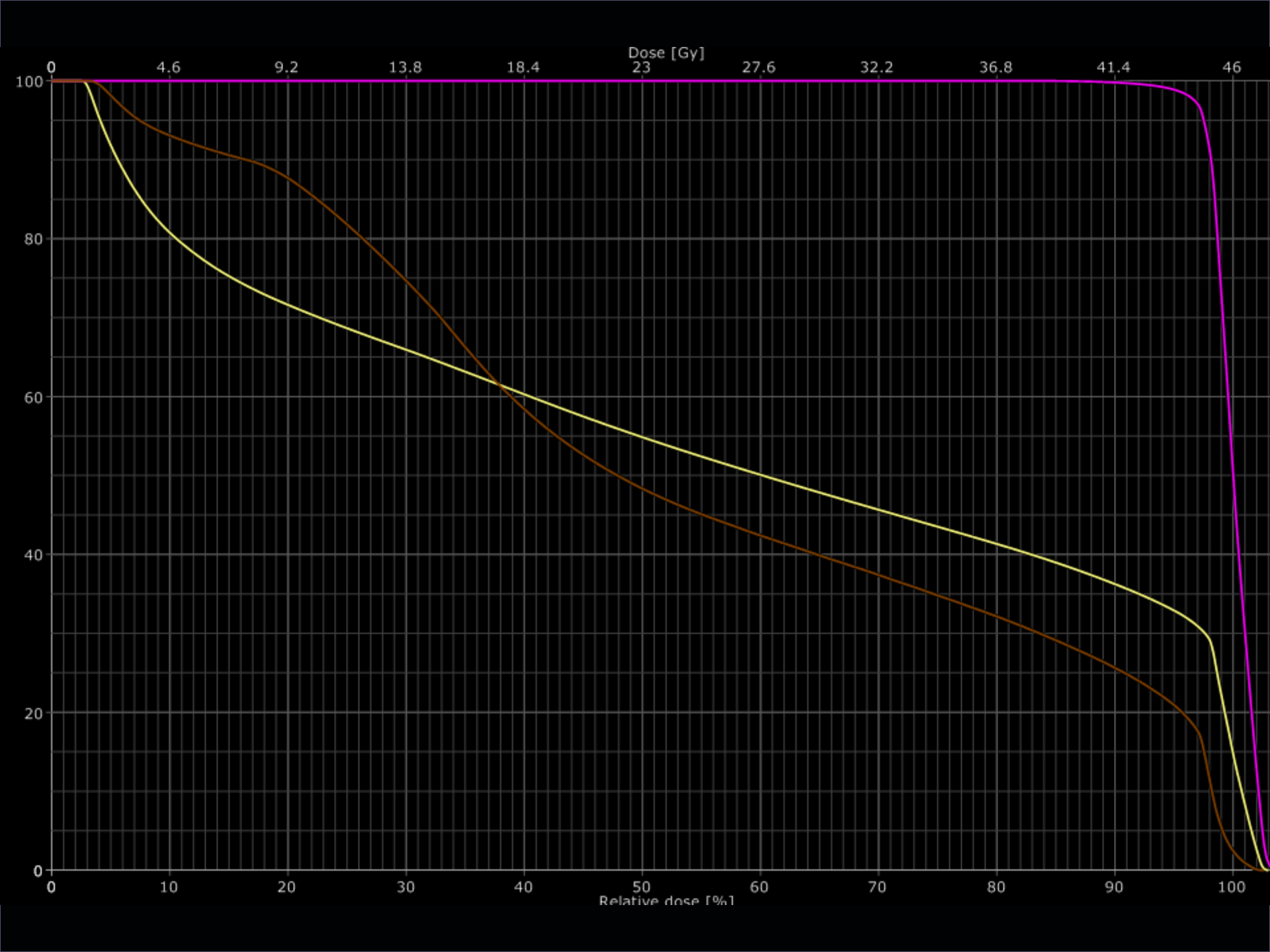
RPO

LPO

103.6 %

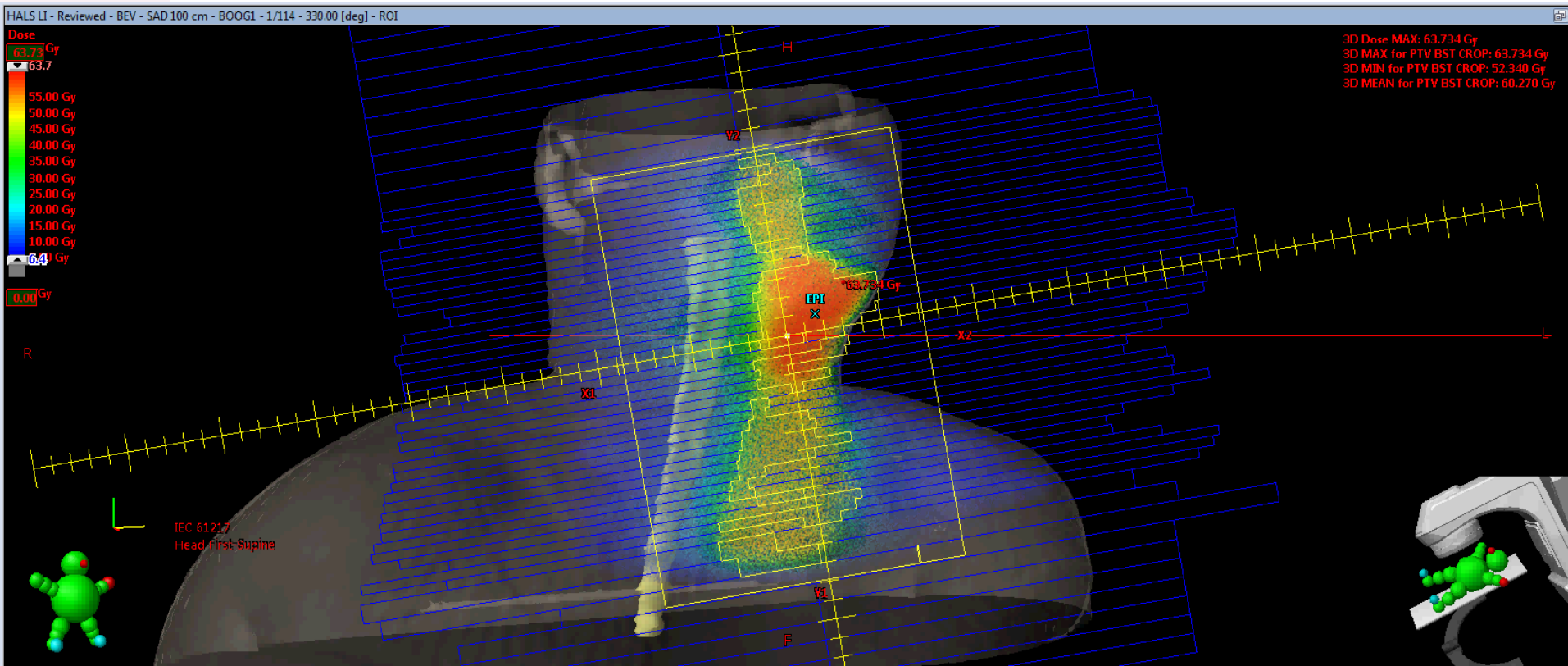
IEC 1217





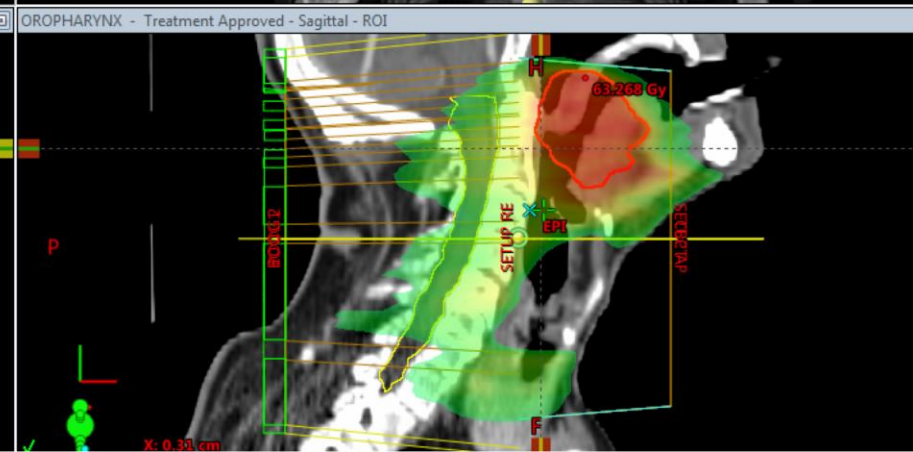
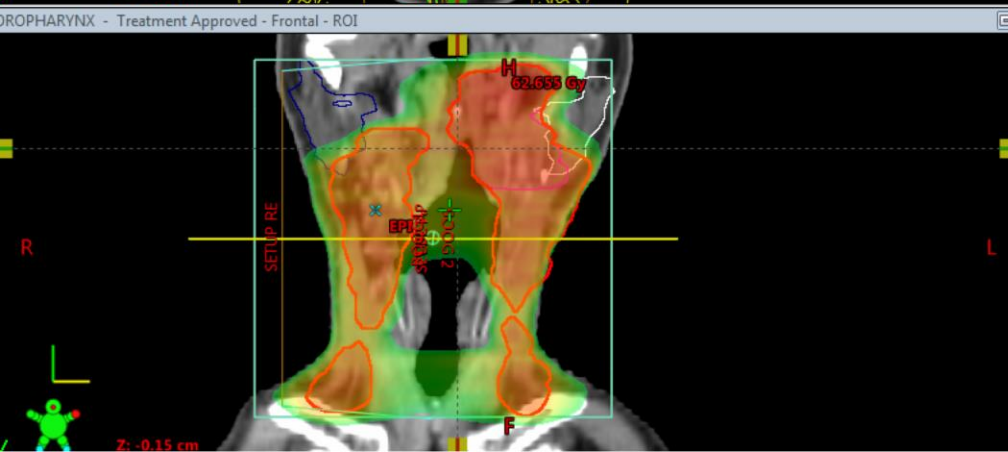
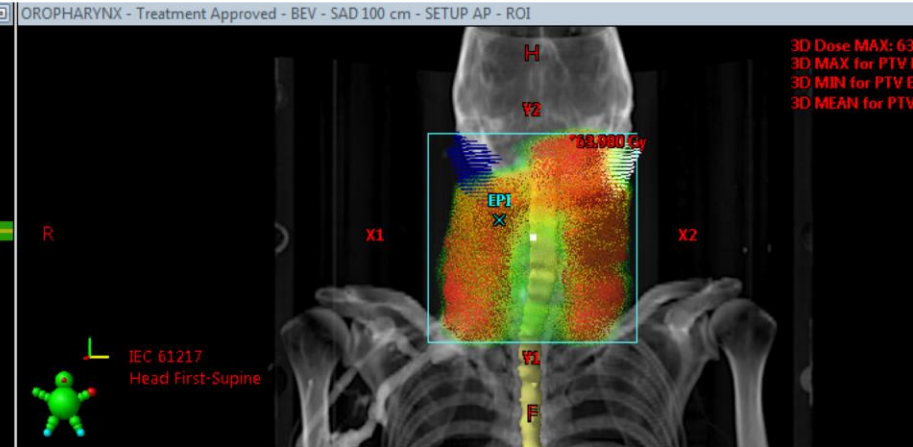
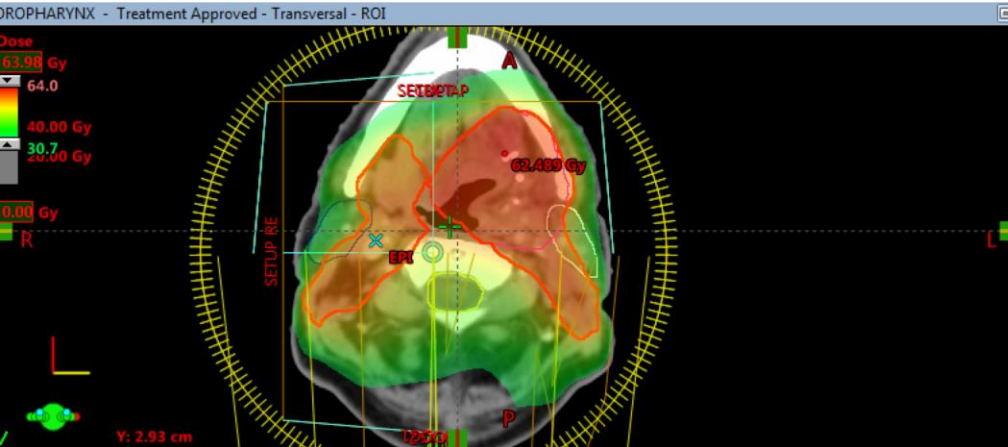


Intensiteitsgemoduleerde bestralingsbundels





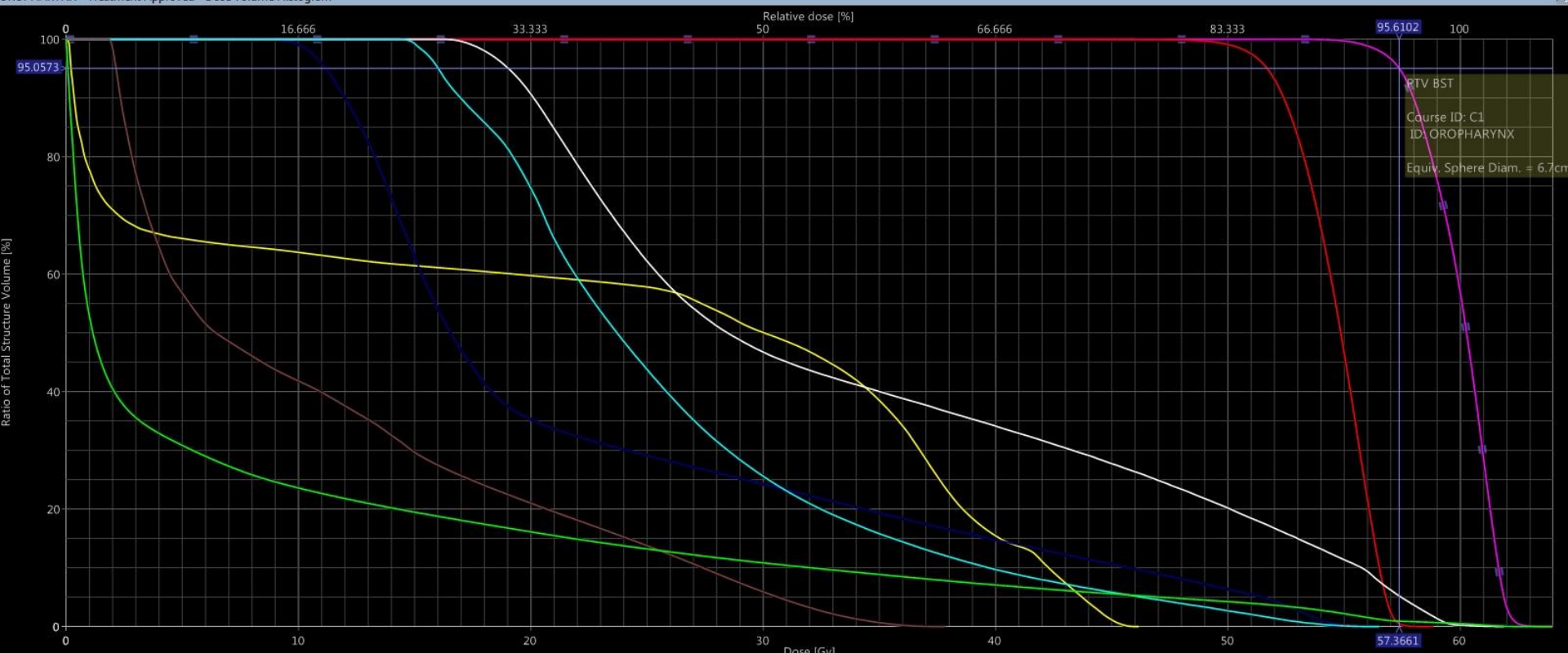
bestralingsplan





Evaluatie bestralingsplan

OROPHARYNX - Treatment Approved - Dose Volume Histogram



Show DVH	Structure	Approval Status	Plan	Course	Volume [cm ³]	Dose Cover. [%]	Sampling Cover. [%]	Min Dose [Gy]	Max Dose [Gy]	Mean Dose [Gy]
	CTV BST 60 gy	Approved	OROPHARYNX	C1						
	CTV GV 54 gy	Approved	OROPHARYNX	C1						
	CTV klier GV	Approved	OROPHARYNX	C1						
	CTV tumorbed BST	Approved	OROPHARYNX	C1						
	External	Approved	OROPHARYNX	C1	19282.8	100.0	100.0	0.000	63.980	8.521
	GTV PET	Approved	OROPHARYNX	C1						
	Hersenstam	Approved	OROPHARYNX	C1	32.7	100.0	100.0	1.826	37.875	11.136
	Hersenstam +0.5	Approved	OROPHARYNX	C1	71.9	100.0	100.0	1.534	42.655	12.036
	Larynx	Approved	OROPHARYNX	C1	63.3	100.0	100.0	14.288	56.550	26.245
	Lens LI	Approved	OROPHARYNX	C1	0.2	100.0	98.7	1.051	1.385	1.203
	Lens RE	Approved	OROPHARYNX	C1	0.1	100.0	98.4	0.968	1.206	1.085
	Long LI	Approved	OROPHARYNX	C1						
	Long RE	Approved	OROPHARYNX	C1						
	Oog LI	Approved	OROPHARYNX	C1	10.0	100.0	100.0	0.592	1.995	1.215
	Oog RE	Approved	OROPHARYNX	C1	9.8	100.0	100.1	0.455	1.689	1.102
	Orale caviteit	Approved	OROPHARYNX	C1	151.4	100.0	100.0	7.537	63.980	44.234
	PTV BST	Approved	OROPHARYNX	C1	165.6	100.0	100.0	51.975	63.980	60.000
	PTV BST CROP	Approved	OROPHARYNX	C1						
	PTV EVAL	Approved	OROPHARYNX	C1	444.5	100.0	100.0	41.930	58.862	54.615
	PTV GV	Approved	OROPHARYNX	C1	657.4	100.0	100.0	2.179	63.980	55.736



Kwaliteitscontrole preRT

Verificatieplan:

- Bestraling van het berekende plan op elektronisch portal imaging device (EPID)
- Verificatie van toegediende dosis versus berekende, geplande dosis





Bestraling zelf: patiënt installeren op bestralingstafel in juiste houding met zelfde hulpstukken





Online
beeldvorming

Patiënt
monitoring

Bediening

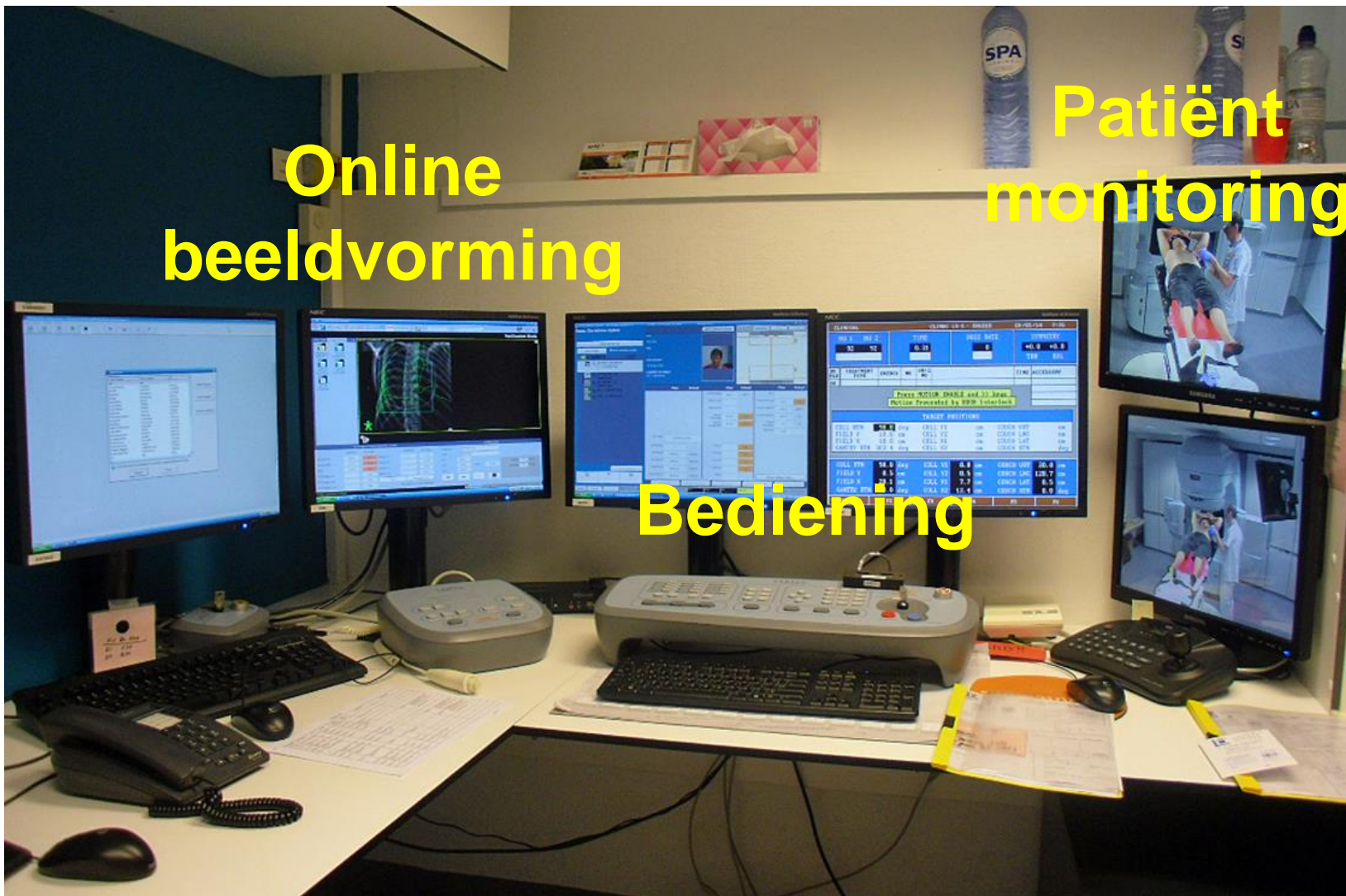


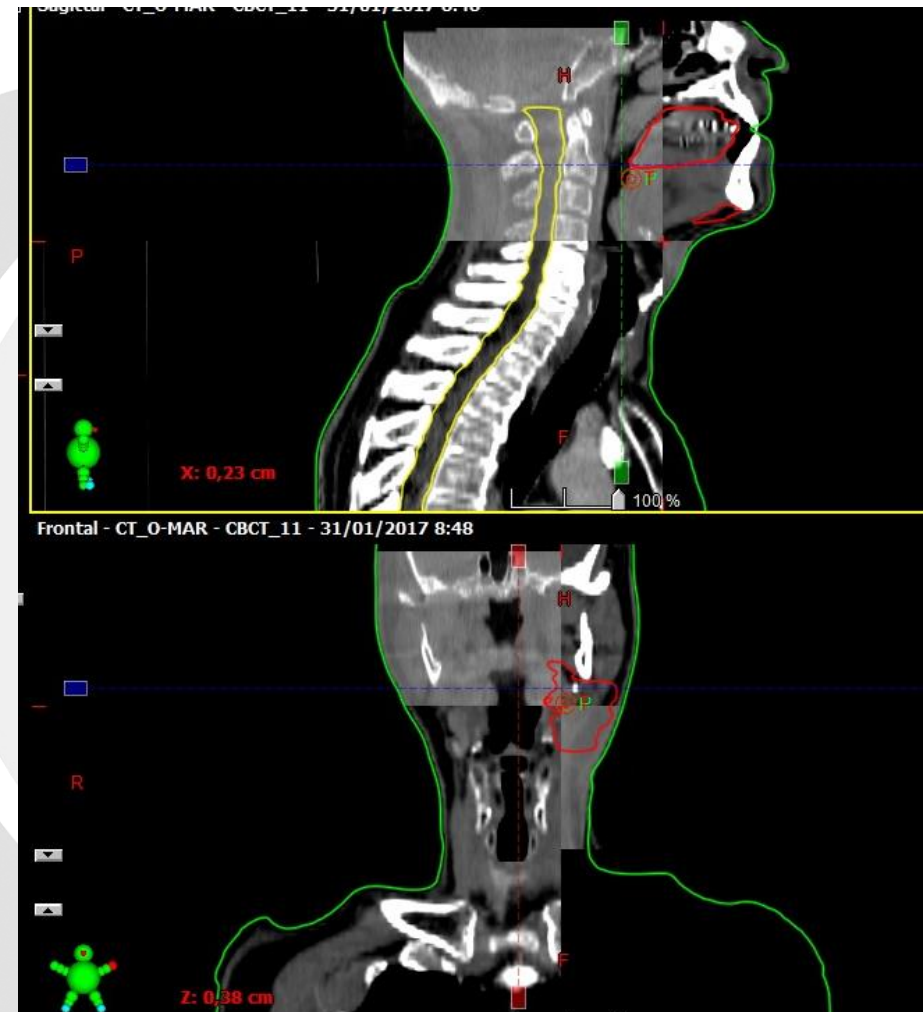
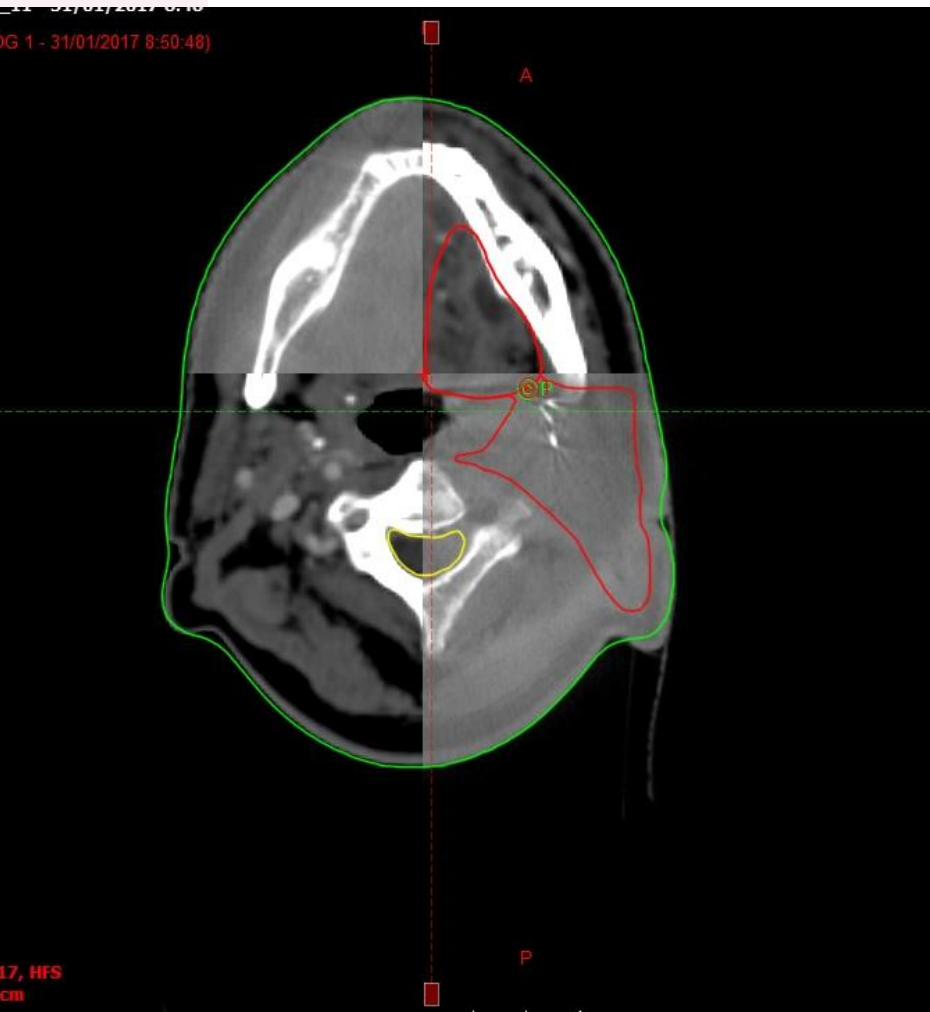


Image-guided radiotherapy: **IGRT**

- ☛ Controle positionering in bestralingsmasker dmv:
 - Dagelijks **online Cone Beam CT** op het bestralingstoestel preRT
 - Automatching met planningsCT scan
 - Eventuele manuele correctie
 - Zo nodig tafelverschuiving
- ☛ Opsporen van belangrijke wijzigingen (tgv tumorshrinkage, vermagering, atelectase,...): herplanning



Fusie planningsCT met conebeamCT op toestel





Bestraling zelf

Rapid Arc bestraling (RA of VMAT *Volumetric Modulated Arc Therapy*)

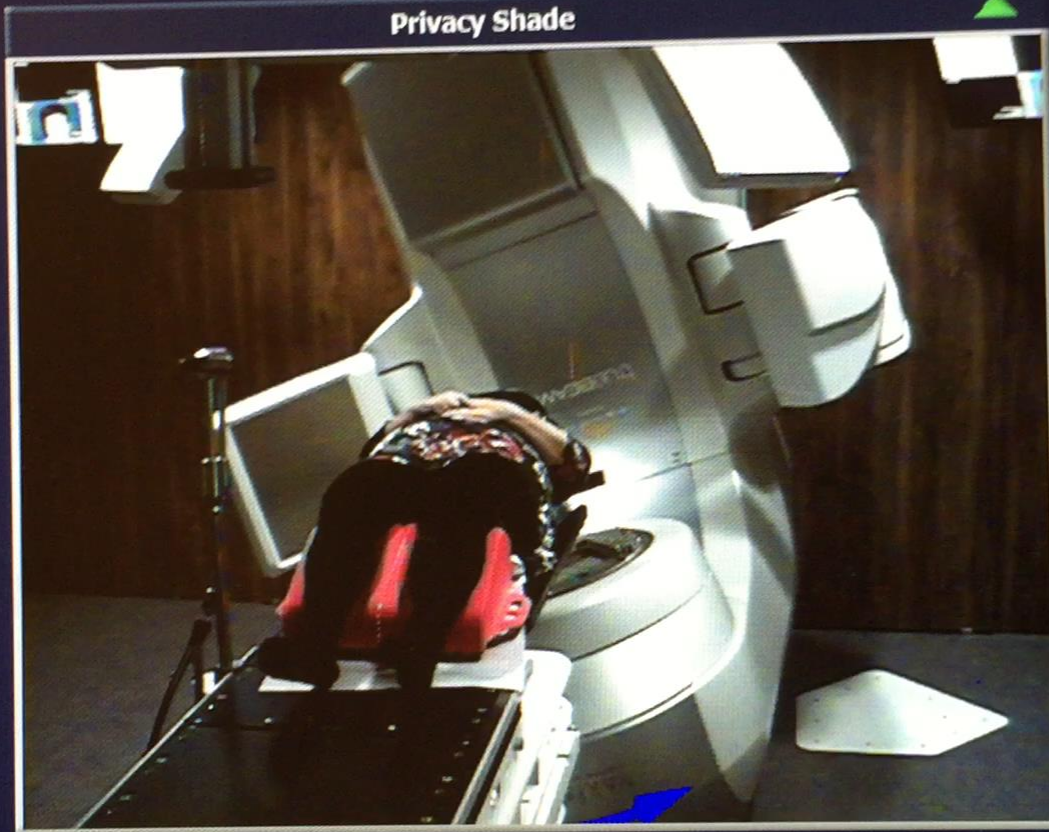
1 à 2 bogen

Bestralingstoestel draait rond de patiënt tijdens de behandeling

Totale duur: +/- 1à2 minuten per boog

Voordelen:

- ☛ Snel
- ☛ Volautomatisch
- ☛ Zeer goede dosisverdeling



VARIAN
medical systems

Machine
Protection

To pause treatment, press Beam Off.

Bestraling zelf: +/- 2 bogen van elk ongeveer 1 à 2 minuten
Patiënt wordt continue gevolgd op de monitor
(beeld + geluid + zuurstofsaturatiemeter aan vinger)



Conclusie RT

- nauwkeurigheid bestraling sterk toegenomen
 - 3D-Beeldvorming tijdens voorbereidingsproces
 - 3D-beeldvorming online pre- en tijdens bestraling
 - Zeer conformele dosis distributies dankzij inverse planning en intensiteitsmodulatie
- laat toe kritische structuren beter te sparen
- of hogere dosis toe te dienen
- snelle toediening dankzij Rapid Arc of VMAT

Nadelen:

- Zeer arbeidsintensief
- Zeer dure apparatuur
- Overheid : besparingen !





Bestraling patiënt

Patiëntentraject

Brachytherapie

Brachytherapie prostaat

Stereotactie

Deep Inspiration Breath Hold RT

Protonen



Definities

- **Interstitiële brachytherapie**

Aanbrengen bestralingsbronnen in de tumor zelf

- **Contact- of plesiotherapie**

Bestralingsbronnen liggen tegen de tumor

- intralumineel
- oppervlakkige BT



Voordeel t.o.v. externe RT

Hoge dosisbestraling op een klein volume

→ hogere tumorcontrole

→ minder nevenwerkingen t.h.v.

omliggende goedaardige weefsels



Bestraling patiënt Brachytherapie

Onderscheid maken tussen:

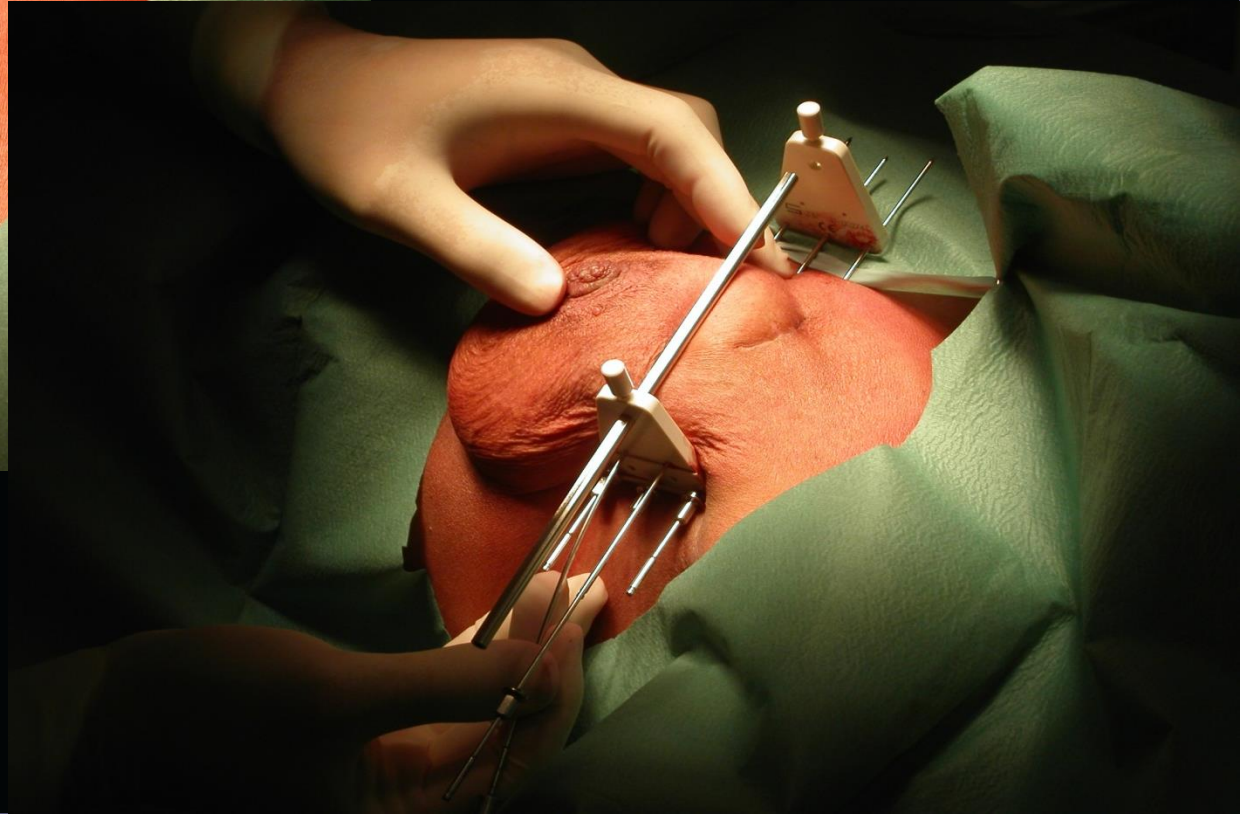
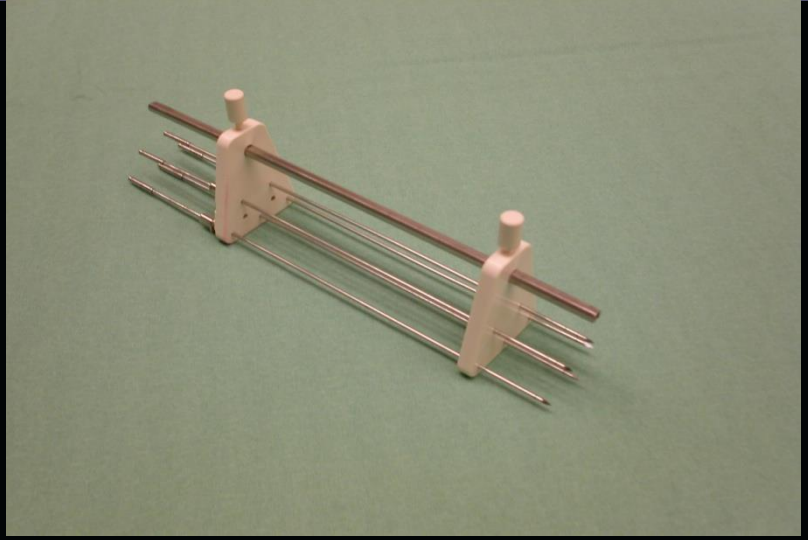
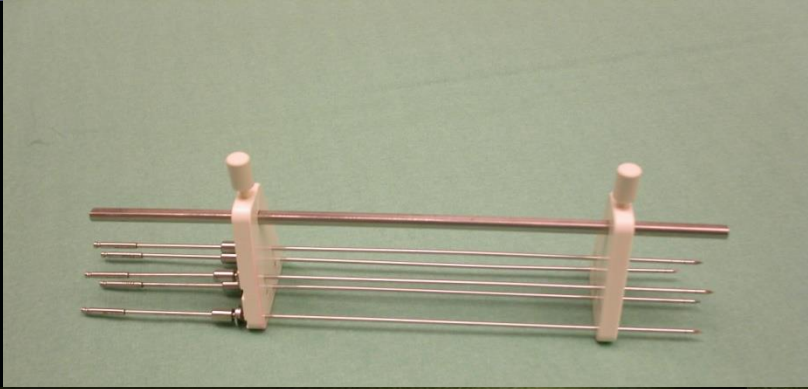
Tijdelijk implant

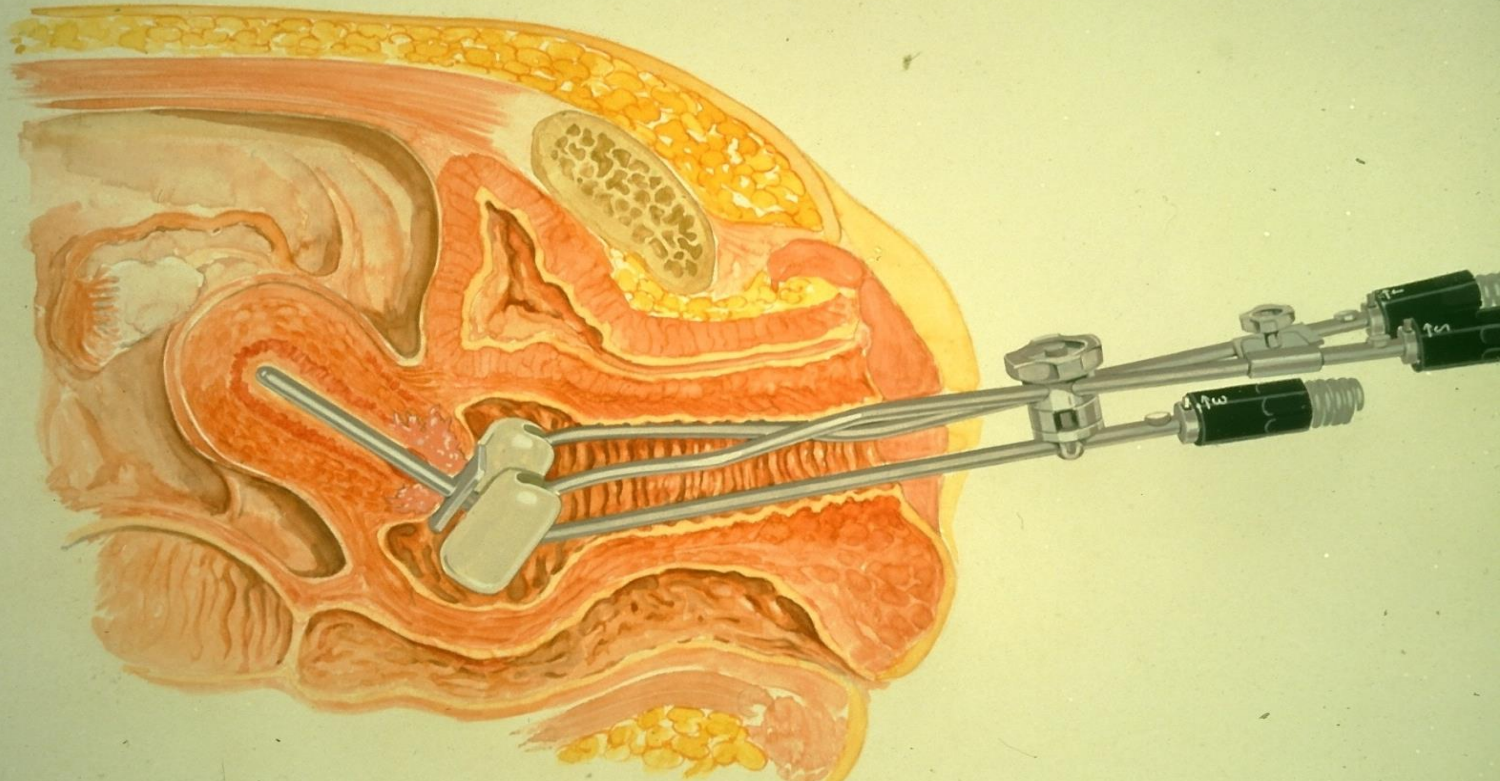
- meestal Iridium
- welbepaalde implantatietijd

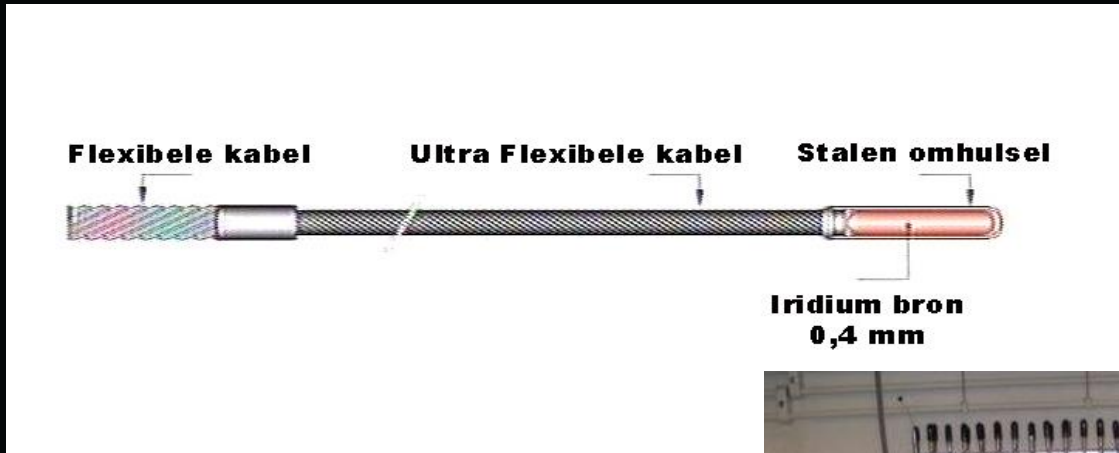
Permanent implant

- Iodium 125
- radioactieve bronnen blijven ter plaatse









HDR afterloader
(High Dose Rate)





Bestraling patiënt

Patiëntentraject
Brachytherapie

Brachytherapie prostaat

Stereotactie
Deep Inspiration Breath Hold RT
Protonen









Bestraling patiënt

Patiëntentraject

Brachytherapie

Brachytherapie prostaat

Stereotactische RT

Deep Inspiration Breath Hold RT

Protonen



Bestraling patiënt Stereotactie

Stereotactie =

Door driedimensionale **hoge-precisie techniek** een **zeer hoge dosis** op één of enkele zeer **kleine volumes** gegeven, in **1 of enkele bestralingsfracties**



Indicaties

Intracraniëel:

- hersenmeta's
- arterioveneuze malformatie (AVM)
- acousticus neurinoma's (goedaardig gezwel gehoorszenuw)
- meningeoma's (goedaardig gezwel hersenvliezen)

Extracraniëel:

- levermeta's
- longmeta's, kleine longtumoren
- Solitaire botmeta's



Bestraling patiënt Stereotactie



Beeldfusie CT-NMR





Bestraling patiënt

Patiëntentraject

Brachytherapie

Brachytherapie prostaat

Stereotactische RT

Deep Inspiration Breath Hold RT

Protonen



Wat is protontherapie ?

Protontherapiecentrum in aanbouw in UZ Leuven (9/19)
(+ 1 in Wallonië)

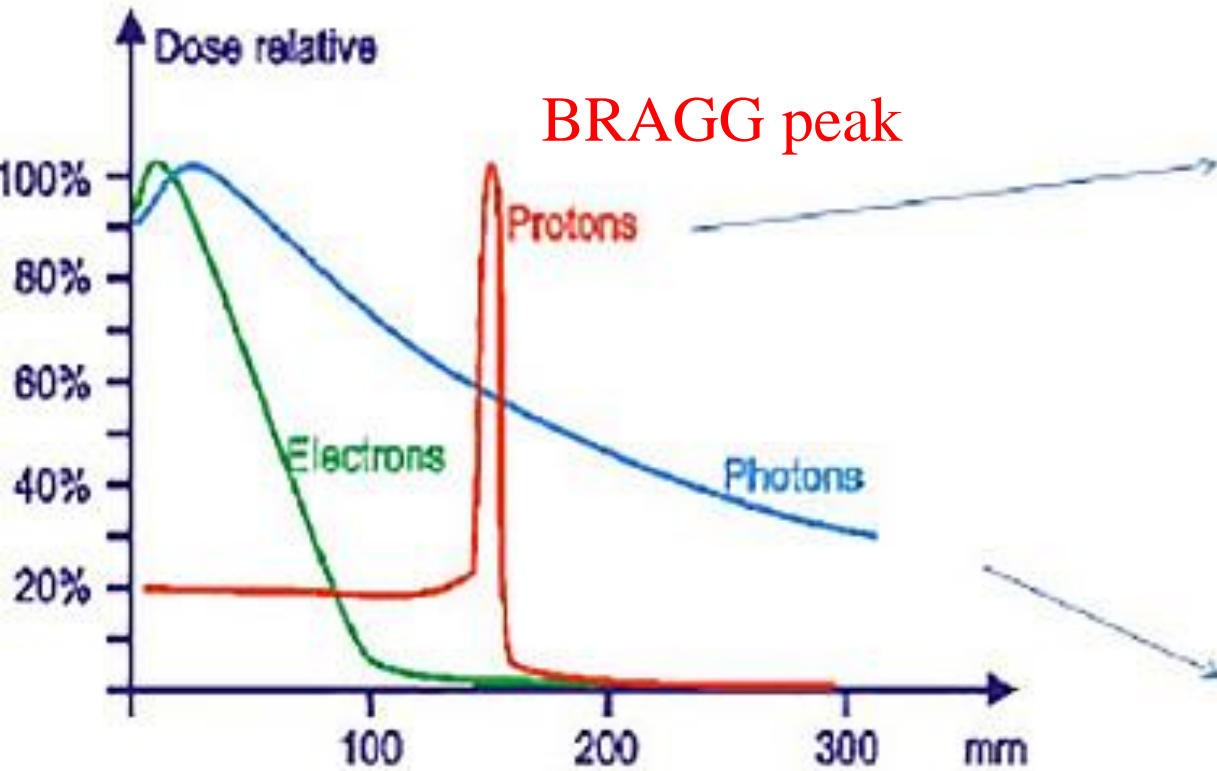
Ioniserende straling dmv :

protonen (positief geladen kerndeeltjes) <-> **fotonen** (EMS)

- Bestralingsdosis gedeponneerd op welbepaalde diepte in het weefsel (**BRAGG peak**) en erna quasi geen dosis meer (<-> fotonen: uittredende bundel)
- Voordeel: nog meer gerichte bestraling:
potentiëel minder bijwerkingen, risico's, hogere dosis mogelijk in tumor tegenaan kritische structuur, vb oog
- Nadeel: zeer duur. Beperkte capaciteit.



protonen versus fotonen





Indicaties protontherapie

Standaardindicaties:

- Schedelbasistumoren
- Pediatrische tumoren
- Intra-oculaire tumoren

Potentiële indicaties (studies lopende):

- Hoofdhalstumoren ??
- Intracraniële tumoren ??
- Prostaat ??
- ?





Bestraling patiënt

Patiëntentraject

Brachytherapie

Brachytherapie prostaat

Stereotactische RT

Deep Inspiration Breath Hold RT
en gated RT

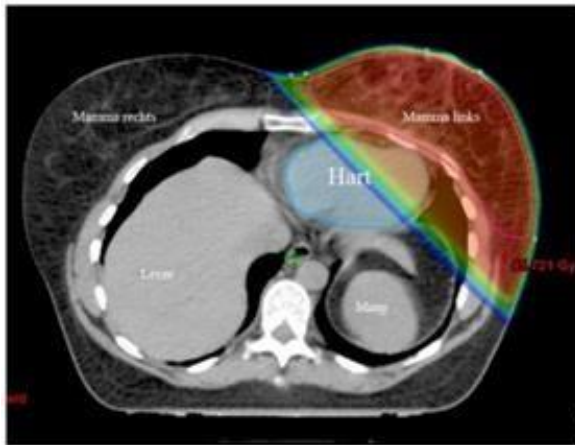
Protonen



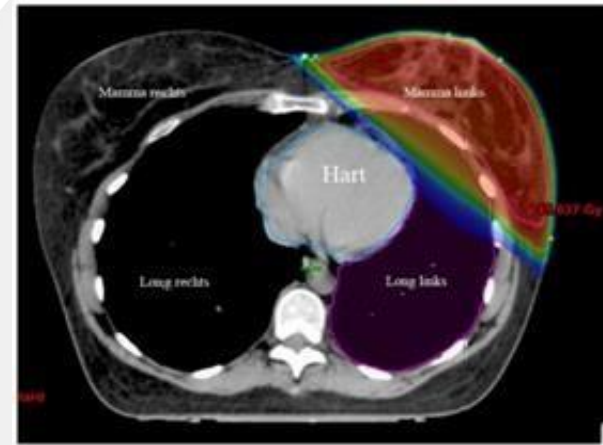
CT simulation

- Deep Inspiration Breath-Hold (DIBH)
 - Sparing of the heart

o.a. bij BORSTKANKER



Standard CT scan



DIBH CT-scan

Bestralen bij diepe inspiratie > minder hart meebestraald

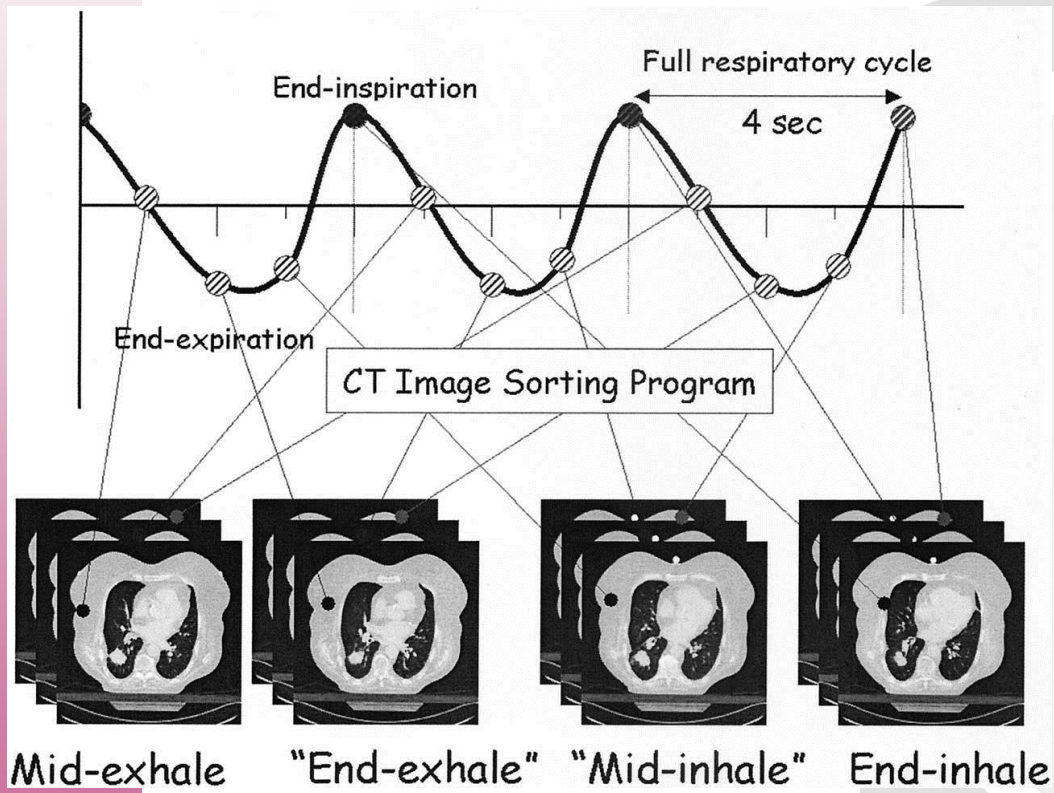


CT simulation: 4D-CT en GATED RT:

rekening houden met beweging door ademhaling

- Registration of breathing cycle
- Allows to take movement of healthy tissue and tumor into account

o.a. bij LONGKANKER



Betere kennis van de beweging van de tumor tgv ademhaling

- Nauwkeuriger
- enkel bestralen in welbepaalde ademhalingsfase = GATED RT
- Kleinere marges mogelijk
- Minder longweefsel nodeloos meebestraald



Nevenwerkingen radiotherapie





- *Acute ↔ Laattijdige nevenwerkingen*
- *Praktisch :*
Aanpak acute nevenwerkingen
- *Conclusies*





Tolerantie gezonde weefsels

• Functie van

- Totale dosis
- Anatomische regio
- Grootte bestralingsveld
- Dosis per zitting





Acute en laattijdige nevenwerkingen

Acute nevenwerkingen:

- Meestal binnen de 3-9 weken na start RT
- In weefsels met hoge celtturnover:
 - vb. Huid, mucosae, bloedcellen
- Transient, spontane heling over enkele weken na RT
 - overbrugbaar mits supportieve therapie

Laattijdige nevenwerkingen:

- 6 maand – 5 jaar na RT
- Weefsels met lage celtturnover:
 - vb. ruggemerg, nier, long
- Onomkeerbaar
 - zo veel mogelijk te vermijden



☞ **Algemene reacties**

- Vermoeidheid "stralenkater"

☞ **Acute reacties : transient**

- Huid
- Slijmvliezen (hoofdhals, maag-darm, blaas, vagina)
- Alopecie (transient of definitief ifv dosis)
- Hematopoiëtisch systeem (beenmerg)

☞ **Laattijdige reacties : irreversibel**

- Xerostomie (droge mond)
- Bindweefsel (fibrosering, vasculaire veranderingen)
- Long (fibrose, radiopneumonitis); Hart (infarct)
- CZS (hersenen, ruggemerg)
- Oog (cataract, neuritis optica)
- Nieren (daling nierfunctie)



Beleid bij acute nevenwerkingen

- Algemeen: vermoeidheid
- Huid en Haar
- Hoofd-Halsgebied
- GI tractus
- Urogenitaal stelsel
- Centraal zenuwstelsel
- Hematologisch





Acute huidreacties

- ☞ Frequente en vaak onvermijdbare nevenwerking
- ☞ Minimaliseren door optimale keuze bestralingstechniek
- ☞ Meer huidreacties als concomitant chemotherapie
- ☞ Verschijnt 1-3 weken na start RT
- ☞ Spontane heling 1-3 weken na einde RT

- Graad I: licht erythema, droge desquamatie
- Graad II: uitgesproken erythema, beperkte epidermolyse, matig oedema
- Graad III: belangrijke, confluerende vochtige desquamatie over grotere zones, belangrijk oedeem
- (Graad IV: ulceratie, bloeding, necrosis)



Graad I huidreacties

Graad II inframammaire plooi borst





Evidence based skin care tijdens RT

Doel:

- Minimaliseer de ongemakken
(huid zal niet genezen tot na einde RT)
- Voorkom bijkomend trauma in bestraalde zone
- Creër ideaal milieu voor wondheling



Preventieve maatregelen

☞ Reduceer bijkomende irritatie bestraalde huid:

- Vermijd zonexpositie
- Vermijd wrijving door schurende, strakke of synthetische kledij
- Goede lichaamshygiëne
- Gebruik milde zepen (pH 6-7), zachte shampoo, droogdeppen met zachte handdoek ipv wrijven
- Plooien drooghouden (doekje)
- Vermijd extreme temperaturen (hitte of ijs)
- Geen gebruik van aftershaves, deodorants
- Elektrisch scheren
- Douche ipv bad



Aanpak erythema/droge desquamatie

- Neutrale **hydraterende crèmes**, 2xd
vb Flamigel®, Cicaplast Baume B5...
 - Hydrateert huid, huid blijft soepeler
 - Vermindert de jeuk
 - Vormt barrière over huid die transepidermaal waterverlies reduceert
- **Low level lasertherapie**: minder ernstige huidreacties



Aanpak vochtige epidermolyse

☞ **Silicone wondverbanden**, vb Mepilex®

Pro:

- Versnelde wondheling, absorbeert overtollig wondvocht
- Hydratatie + Barrière tegen surinfectie
- Onmiddellijk effect op de pijn
- Gebruiksvriendelijk, zelfklevend, mag 3 dagen ter plaatse

Contra:

- Hoge kostprijs

☞ **zalven**, type Flaminal hydro®

☞ Wondreiniging met vb Flamirins

☞ Korsten best verwijderen indien mogelijk





Alopecie

- Na radiotherapie op schedel treedt totale of partiële alopecie op (in functie van bestralingsvolume).
- meestal **transient** (enkele maanden)
- Indien gewenst kan haarprothese worden voorgeschreven (terugbetaald)



Mucosa-reacties mond/keel/slokdarm

- vanaf 1à3 weken na start RT
- Spontane heling 3tal weken na RT

- Graad I: beperkt enantheem
- Graad II: sterk enantheem + beperkt fibrineus beslag
- Graad III: uitgebreide confluerende witte plaques
- (Graad IV: bloederige mucositis)



Beleid mucositis

Symptomatische therapie:

- Zachte/vloeibare voeding
- Geen pikante/hete/zure spijsen
- Analgetica type paracetamol of sterker, soms opiaten nodig
- Syngel suspensie
- Kamillosan mondspoelingen of 'Mucositiscoctail'
- Bij candida surinfectie Diflucan of Sporanox
- **Laser** behandeling

Preventie overdreven gewichtsverlies:

- Cave deshydratie
- Calorierijke voeding
- Vloeibare voeding
- Zo nodig tijdelijk nasogastrische voedingssonde, gastrostomiesonde of parenterale nutritie
- Intense begeleiding op afdeling (arts, voedingsdeskundige, verpleegkundigen)



Oncolase

- Athermische laser ter behandeling van radiotherapie- en chemotherapie geïnduceerde mucositis
 - Korte pijnloze behandelingen, 2x/week
 - Geen bijwerkingen
 - Onmiddellijke pijnverlichting



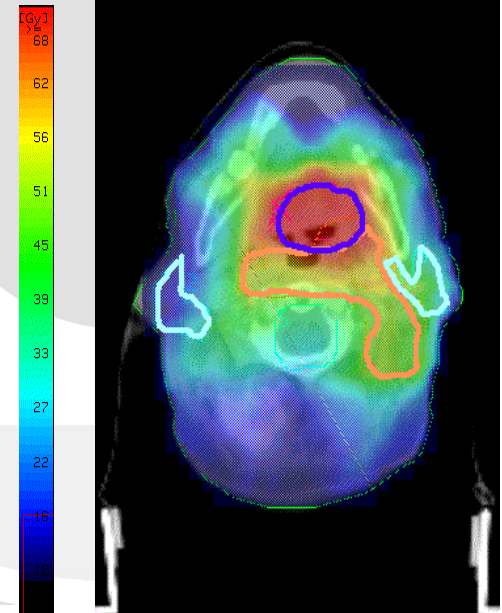


Monddroogte en smaakverlies

(c)

= veel gehoorde klacht bij RT hoofd-halsgebied

- Monddroogte vaak niet volledig reversibel, speekselklieren zéér gevoelig voor RT
- Smaakverlies herstelt 6-12 maand na RT
- **nieuwe technieken** die speekselklieren sparen
⇒ minder kans op xerostomie





Beleid bij smaakverlies en xerostomie

- Veel drinken tijdens maaltijd
- Speekselsubstituut, vb Oral balance® gel
- Variatie soort voedsel en voedseltextuur
- voedingsdeficiënties opsporen en evt. corrigeren: Zink
- Tandartsbezoek
- Zwart tongbeslag (Lingua nigra):
 - Tong borstelen met zachte tandenborstel
 - Daktarin® orale gel



Tandzorg bij RT Hoofd-Halsgebied

- Na bestraling van het hoofd-halsgebied zijn de tanden bijzonder gevoelig voor cariës tgv verminderde speekselproductie
- Best tandsanering + extracties **vóór start** RT
- Preventie cariës:
 - gebruik zachte tandenborstel
 - tandpasta rijk aan Fluor
 - Eventueel fluorgootjes



Maag-darm regio

☞ Nausea en braken

- Preventie !

Anti-emetica vóór elke bestraling

vb. Motilium, Litan

Zo onvoldoende 5HT3-antagonisten (terugbetaald mits attest)

☞ Diarree tgv enteritis

- vanaf 5-tal dagen na start RT

- Spontane heling 1 à 2 weken na RT

- Erger bij concomitante chemotherapie

vb 5FU bij rectumca

- Symptomatische therapie:

- Restenarme voeding

- Loperamide

- Voldoende vochtinname



Urogenitale symptomen bij pelvisbestralingen

Transiente cystitisklachten

- Voldoende diurese garanderen: **vochtinname!**
- NSAID, vb Ibuprofene
- Omic®
- urinecultuur om surinfectie op te sporen en zo nodig te behandelen

Epidermolyse van vulva/perineum

- Kamillosan® zitbaden
- Evt vaginale spoelingen met Isobetadine gynaecol.
- Neo-cutigenol® zalf perineaal
- Evt. eosine



Centraal Zenuwstelsel

☞ Hersenbestralingen:

- Moeheid
- Concentratiestoornissen, ijlheid in het hoofd
- Hoofdpijn R/ analgetica type paracetamol
- Nausea, braken R/ anti-emetica, vb Letican
- Transiente alopecie (partieel of totaal)

Zo onvoldoende **corticoïden** (+ maagprotectie),
af te bouwen in functie van de kliniek zo mogelijk
(vb Medrol 32 mg/d)



☛ Anemie, leukopenie en/of thrombopenie

- bij grote bestralingsvolumes die veel hematopoëtisch merg bevatten
 - bij uitgesproken beenmerginvasie door de tumor
 - na multiële voorafgaande chemo's
- wekelijks labocontrole
 - zo nodig transfusies en/of tijdelijke onderbreking RT



Laattijdige nevenwerkingen

☞ Meestal irreversibel

- Bindweefsel (fibrosering, vasculaire veranderingen)
- Long (fibrose, radiopneumonitis), hart (infarct)
- CZS (radionecrose, myelitis)
- Oog (cataract, neuritis optica)
- Nieren (nierinsufficiëntie)
- Darmen (fibrose, chronische enteritis)

☞ Risico zoveel mogelijk verkleinen door

- Nauwkeurige bepaling bestralingsdosis en –volume
- 3D computerplanning
- Moderne bestralingstechnieken: hoge dosis mogelijk thv tumor met maximaal sparen van gezonde weefsels

☞ Risico op secundaire tumoren ! Meestal laattijdig > na 15-20j



Lung toxicity

Pulmonary toxicity

- Early: pneumonitis
- Late: fibrosis, lung cancer
- ~ dose/volume lung in RT field



pneumonitis, fibrosis



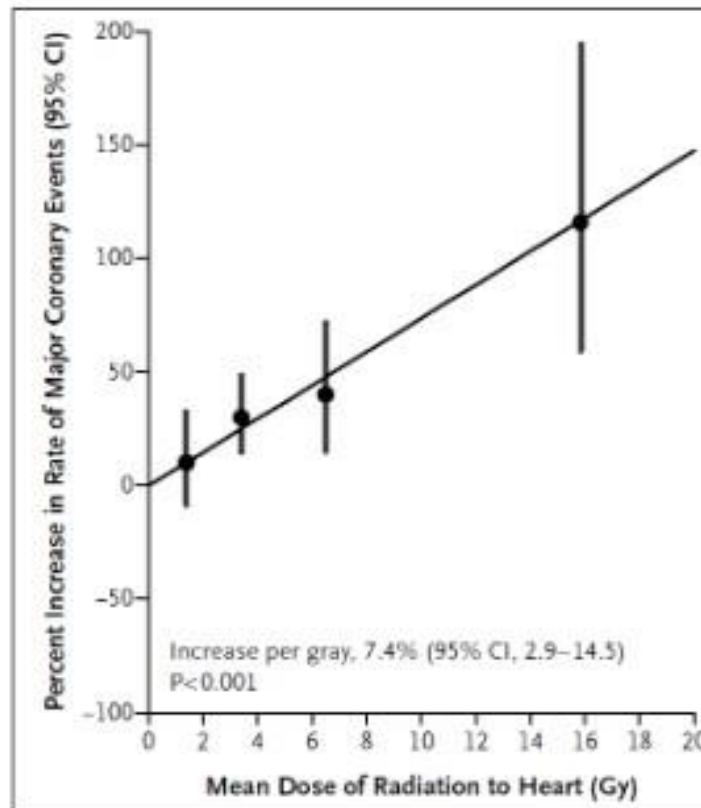
secondary lung cancers



Heart toxicity

Cardio-vascular toxicity

- Late: 15-20 years
- ~ mean heart dose
- ~ chemotherapy, targeted therapy



- myocardial infarction
- coronary revascularization
- death from ischemic heart disease



Conclusies nevenwerkingen

- Acute nevenwerkingen tijdens RT:
 - Functie van totale dosis, anatomische regio, fractionering en bestralingsvolume
 - Niet altijd te vermijden
 - Helen spontaan enkele weken na einde RT
 - Overbrugbaar mits adequate supportieve therapie
 - Bij curatieve RT wordt bestraling best niet onderbroken oww acute nevenwerkingen
- Risico op ernstige laattijdige nevenwerkingen wordt zoveel mogelijk geminimaliseerd dankzij moderne bestralingstechnieken



Radioprotectie in de radiotherapie





Radioprotectie in de radiotherapie

Inleiding

Blootstelling beperken bij personeel

- architectuur en infrastructuur
- opleiding en werkwijze
- brachytherapie
- Dosimeters

Blootstelling beperken bij patiënten

- Indicatie (rechtvaardiging)
- optimalisatie - bestralingstechniek
- kwaliteitscontrole



☞ Welke straling?

- **Primaire stralenbundel**

- **Strooistraling**

- Alles in het pad van de primaire bundel bv. blokken, bestralingstafel, patiënt
- Intensiteit veel lager, in alle richtingen, gekend voor verschillende E

- **Lekstraling**

- Dringt door afscherming rond een versnellingsbuis, enkel indien toestel in werking is

- **Secundaire straling**

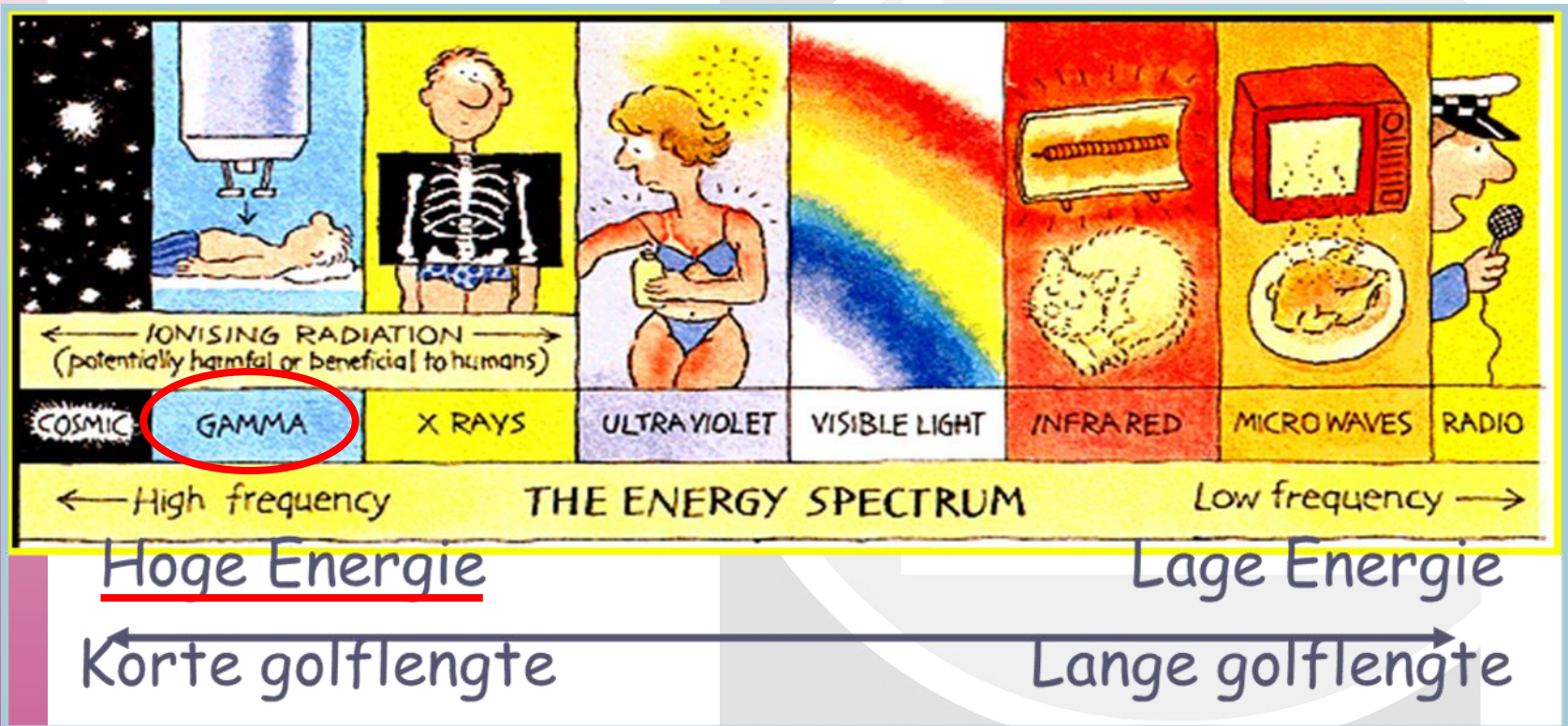
- Remstraling: bij wisselwerking tussen elektronen en materie, alle richtingen
- Annihilatiestraling: paarvorming : positron en elektron >> wisselwerking tussen p^+ en e^- : massa beiden omgezet in E: 2 fotonen van 511 keV
- Boven 8 MeV neutronen geproduceerd voornamelijk in de kop van de bestralingstoestellen, in alle richtingen



Inleiding: Radiotherapie versus radiologie

Energie hoger - Dosissen hoger

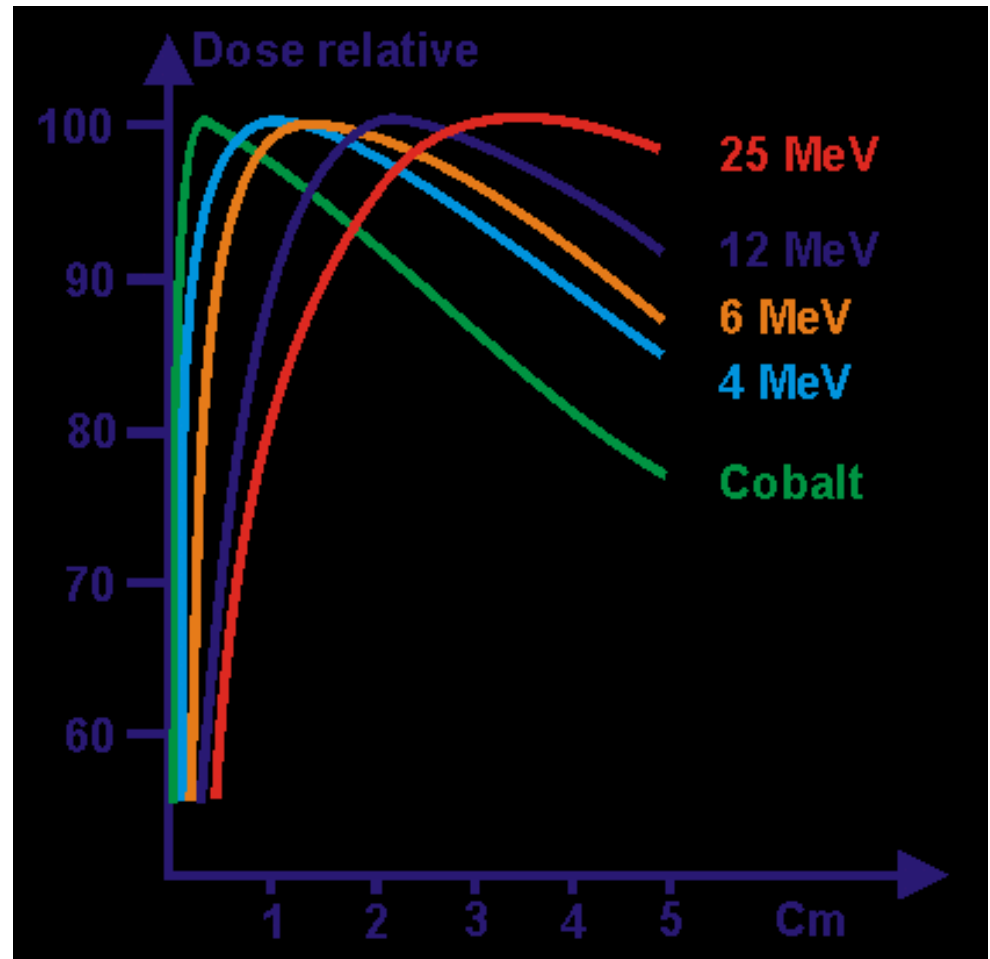
➤ **Meer bescherming** nodig





➤ Hogere energie:
meer massa
nodig om af
te schermen

- wand / lood
- bv. 6 MV fotonen;
halveringsdikte beton/lood:
10,2 cm/1,54 cm
- vorm van bunker



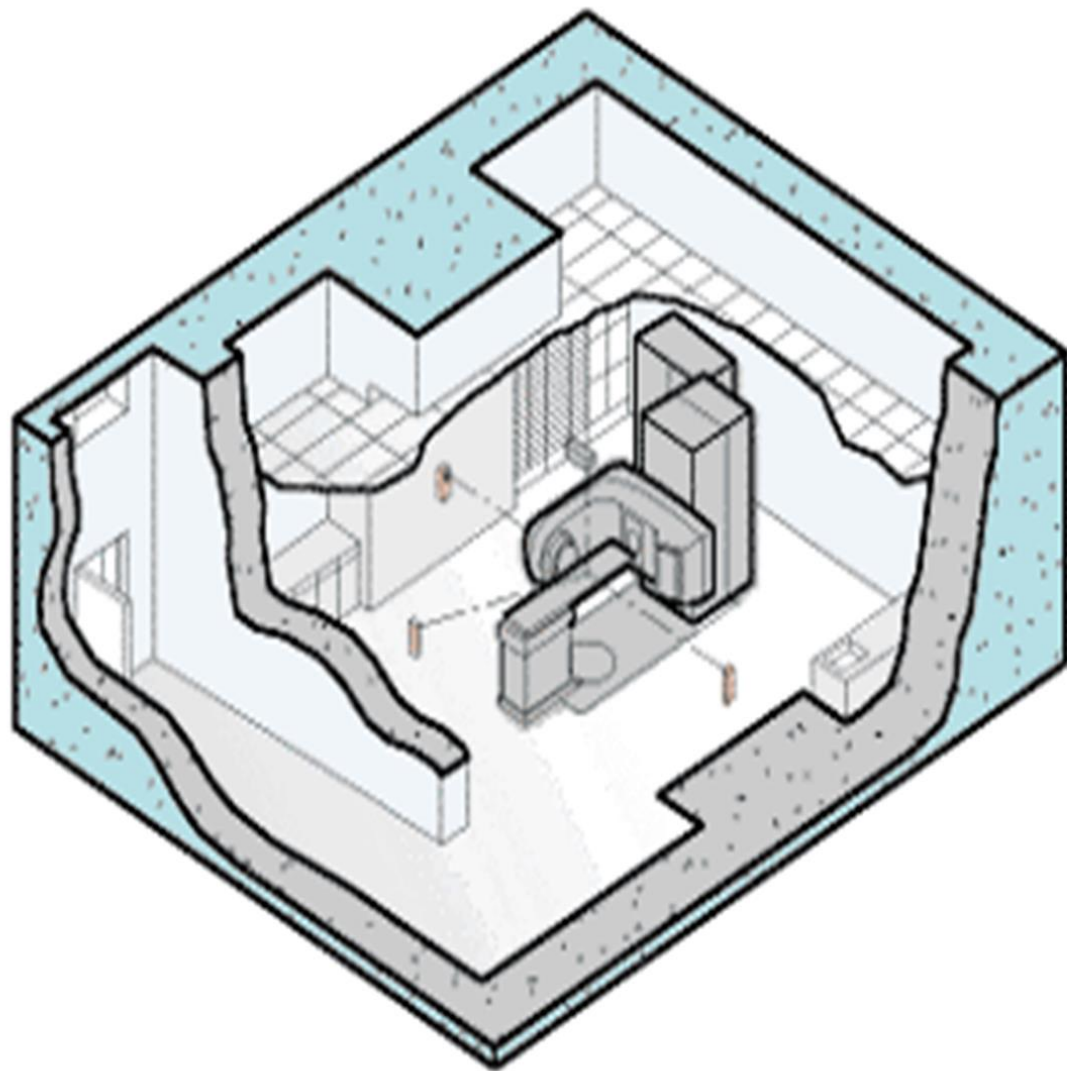


Hogere dosis

- Dosis voor RX 25uSv
- Dosis voor CTscan 5 mSv
- Dosis voor behandeling 1800 mSv
8000 mSv



Blootstelling beperken bij **personeel:** Bunker



- **wanden bunker**

bv. 6 MV fotonen;
halveringsdikte beton/lood
10,2 cm/1,54 cm

- **vorm van bunker**



Blootstelling beperken bij personeel: Bunker



De betonnen muren en plafonds zijn meer dan 2m dik



Blootstelling beperken bij personeel: Bunker



Deur bunker





Blootstelling beperken bij personeel: Bunker



De deur bevat een laag van 10 cm lood en 15 cm polyethyleen om respectievelijk fotonen en neutronen af te schermen



Waarschuwingslicht boven deur bunker





Blootstelling beperken bij personeel: Bunker

- Metingen ook op het dak en in de kelder
- Meting ter hoogte van deur: $<0,5$ $\mu\text{Sv/h}$
- Omrekening: max 1 mSv/j
- Gemiddelde achtergrondstraling in België:
3,6 mSv
- In de Ardennen: 0,8 – 1 mSv hoger
- Transatlantische vlucht (7u): 0,05 mSv



Blootstelling beperken bij personeel: wanneer kan er gestraald worden?

- Enkel als het toestel opstaat
- Als de deur gesloten is (deur-interlock)
- Als de verpleegkundige de opdracht hiertoe geeft
- Noodstoppen
- Straling is enkel aanwezig als er gestraald wordt! (<> nucleaire geneeskunde)



Blootstelling van personeel

- Waarschuwingssysteem
- Deur lock systeem
- Video controle aan de bestralingsdesk





Blootstelling beperken bij personeel: brachytherapie

➤ HDR afterloader:

- Laden gebeurt volledig *geautomatiseerd* en computergestuurd
- In minibunker
- geen onnodige bestraling van personeel
- Als bunkerdeur opengaat stopt de bestraling automatisch





☞ Personeel

- Opleiding radioprotectie
- Dragen van dosimeters
- Noteren belangrijke incidenten:
patiëntveiligheidsteam
- Teamwork



Blootstelling beperken bij personeel:

• Dosimeters lichaam





Blootstelling beperken bij patiënten

- Rechtvaardiging
- Optimalisatie
- Dosisbeperking

ALARA-principe
‘As Low As Reasonably Achievable’



Blootstelling beperken bij patiënten

Indicatie -**rechtvaardiging**

- Multidisciplinair (MOC)
- raadpleging bij radiotherapeut – oncoloog
- nood/nut van radiotherapie >> nadelen van de bestraling: meestal alleen bij behandeling van ernstige (meestal kwaadaardige) ziekten



Blootstelling beperken bij patiënten

- ☞ **Simulatie:** Nauwkeurige **immobilisatie** van de patient
 - hulpstukken
- ☞ **Doelvolumen** zo nauwkeurig mogelijk determineren:
fusie CT TPS met diagnostische beeldvorming
 - Ct scan
 - Pet
 - MRI
- ☞ **Dosimetrie – planning – bestralingstechniek**
 - Dosis doelvolumen: hoog en homogeen
 - Dosis gezonde weefsels – organen: zo laag mogelijk
 - IMRT en Rapid Arc techniek
 - Stereotactische bestralingen
 - Deep Inspiration Breath Hold bestralingen , vb borstkanker
- ☞ **Kwaliteitscontrole :**
 - preRT verificatie bestralingsplan op toestel
 - Dosimetrie op de EPID
 - CBCT beeldvorming voor elke fractie
- ☞ **Patientveiligheid:**
 - Identificatie patient voor elke fractie



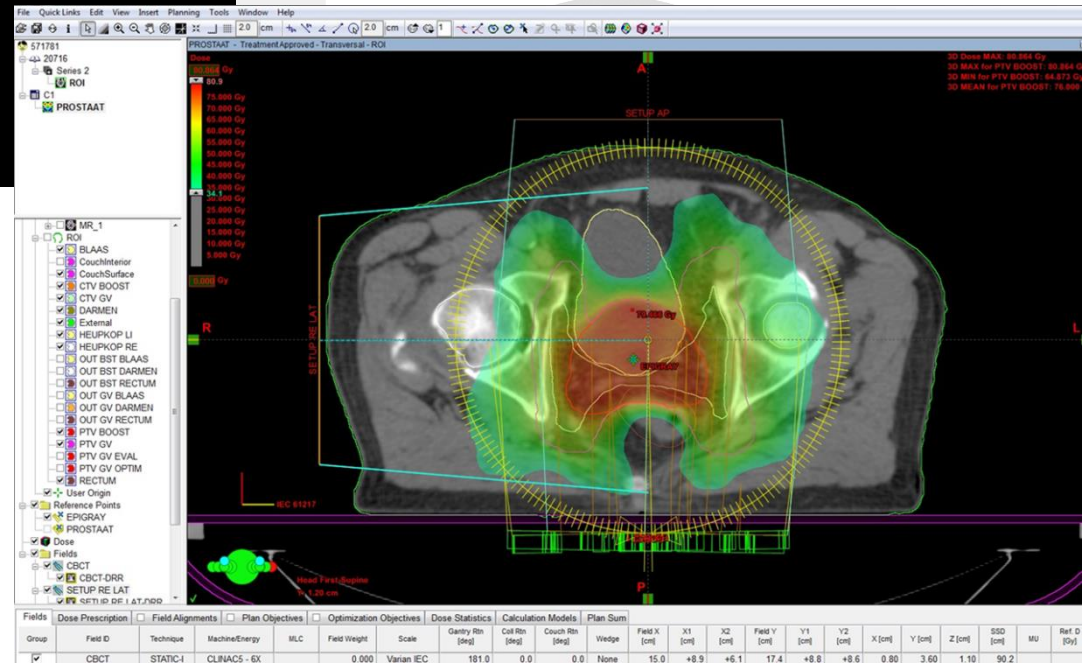
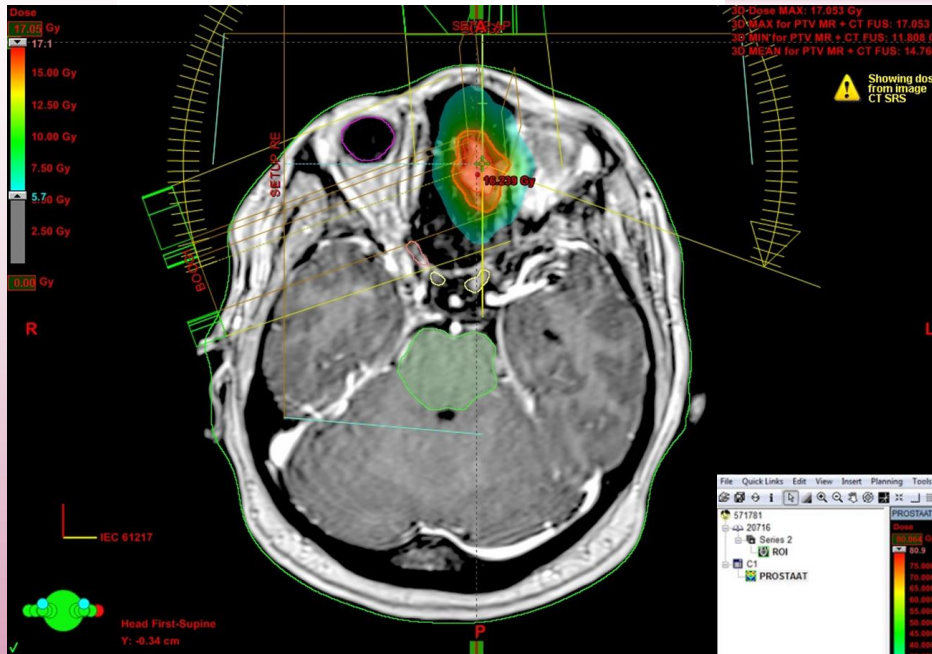
☞ Patiënt

- Optimale voorbereiding van de bestraling:
immobilisatiesystemen
- Verificatie:
Online controle-
Beeldvorming op toestel: bestraling aanpassen
bij o.a.
 - Beweging patiënt
 - Vermagering
 - Tumorgroei/-afname





Blootstelling beperken bij patiënten





Blootstelling beperken bij patiënten

- Kwaliteits- en veiligheidsprogramma
 - Onderhoud toestellen
 - Digitale informatie overdracht
 - Identificatie van patiënten met pasfoto
 - kwaliteitscontrole rt-plan op bestralingstoestel: EPID dosimetrie
 - Beeldvorming tijdens de radiotherapie
RX – CT scan
 - Incidentmeldingsysteem



Camerasbewaking patiënt tijdens RT



