



LIMBURGS  
ONCOLOGISCH  
CENTRUM  
V Z W

# Radiotherapie

Dr. M. Brosens  
Radiotherapeut  
LOC

3 maart 2015



## 1) Radiotherapie/ Radiobiologie

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

## 2) Klinische radiotherapie

- Historiek
- Radiotherapie als deel van kankerbehandeling

## 3) Externe bestraling

### Technische aspecten

- Doelvolumen
- Van 1D naar 4D

### Bestraling patiënt

- Patiëntentraject
- Toestellen
- Stereotacie

## 4) Brachytherapie





---

# Radiotherapie

## Fysische aspecten

Interactie met de materie

Eenheden



### *Electromagnetische straling*

Golven of kwanta (**fotonen**)

Lichtsnelheid

hoog energetische emissie → **ioniserend**

**$\gamma$ -straling** afgegeven door radioactieve isotopen,  
vb. Cobalt

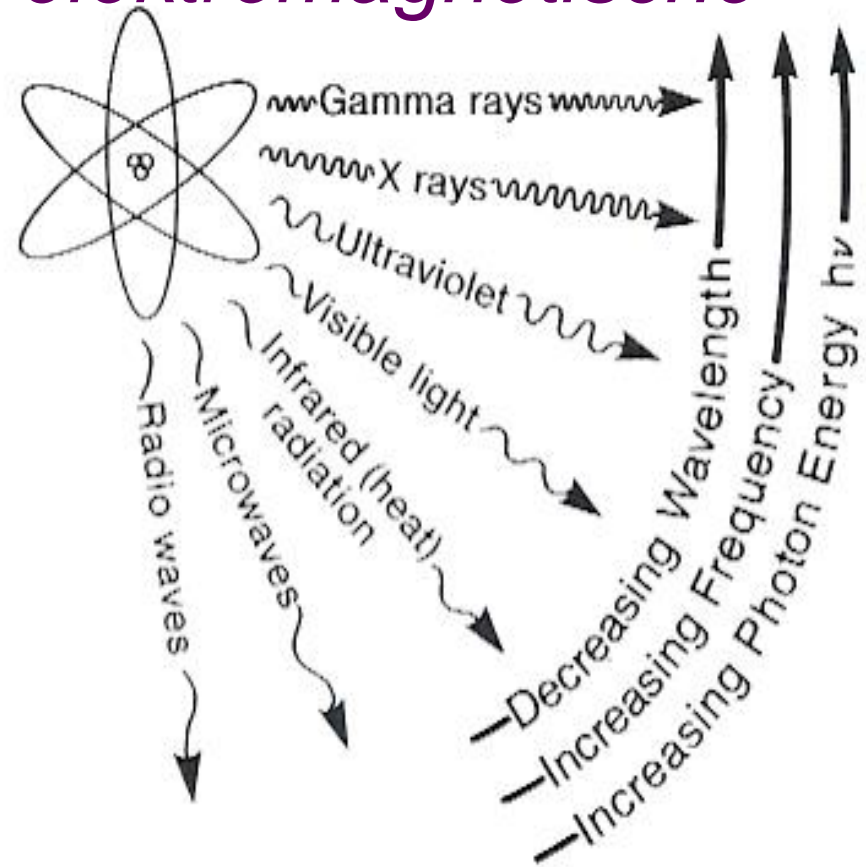
**X-straling** elektrisch opgewekt in  
röntgenbuis of lineaire versneller



# Radiotherapie

## Fysische aspecten

*Het spectrum van elektromagnetische straling:*



Kortere golflengte > hogere frequentie > hogere fotonenergie



---

# Radiotherapie

Fysische aspecten

## Interactie met de materie

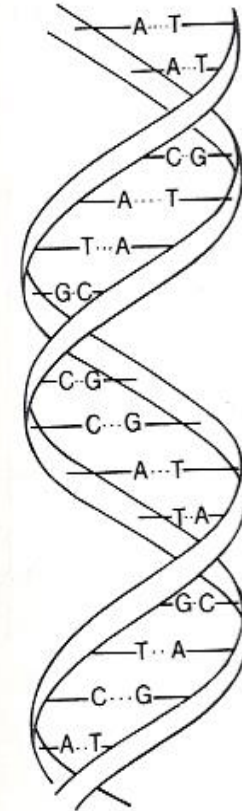
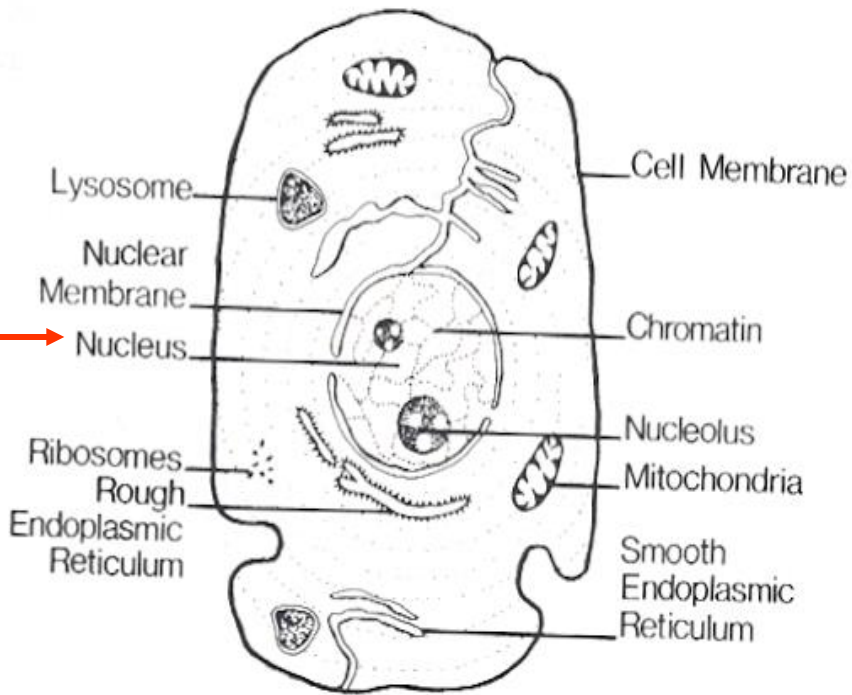
Eenheden



**DNA = deoxyribonucleïnezuur**

# Celkern

*Review of Cell Biology*



**DNA keten =  
dubbele helixbaseparen  
(adenine, thymine, guanine en cytosine)**



# Radiotherapie

## Interactie met de materie

### *Ioniserende straling*

De fotonen **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 en vrije radicalen gevormd (**geladen deeltjes**)



Straling



absorptie

**ionisaties vnl in watermolecules  
(80% vd cel = water)**



generatie vrije radicalen  
(en electronen)



**chemische processen: chemische  
verbindingen worden doorbroken**



**biologisch effect**



# Verschillende stadia vh stralingseffect

---

## ☞ FYSISCH STADIUM

- Stralingsdeeltje passeert door klein atoom/molecule (10-18ms)
- Ionisatie H<sub>2</sub>O tot vrije radicalen en e<sup>-</sup> (10-16s)

## ☞ CHEMISCH STADIUM

- Reactie van e<sup>-</sup> en radicalen met moleculen (10-90s)
- Enzymreactie (biochemische reactie) (uren)

## ☞ CELLULAIR EN WEEFSEL STADIUM

- Celcyclusblokkade (uren)
- Vroege effecten (dagen/weken/maanden)
- Late weefselschade (maanden/jaren)
- Genetische schade bij nakomelingen (generaties)



# Radiotherapie

## Interactie met de materie

---

### *Klinische praktijk radiotherapie*

- ☛ Meestal hoge energie **fotonen**  
(elektromagnetische straling)
- ☛ **Elektronen** (betastralen) voor oppervlakkige letsels
- ☛ (Protonen, geladen ionen, alfastralen: zeer weinig centra, in België nog niet beschikbaar, zeer duur, weinig indicaties)



**Alpha**

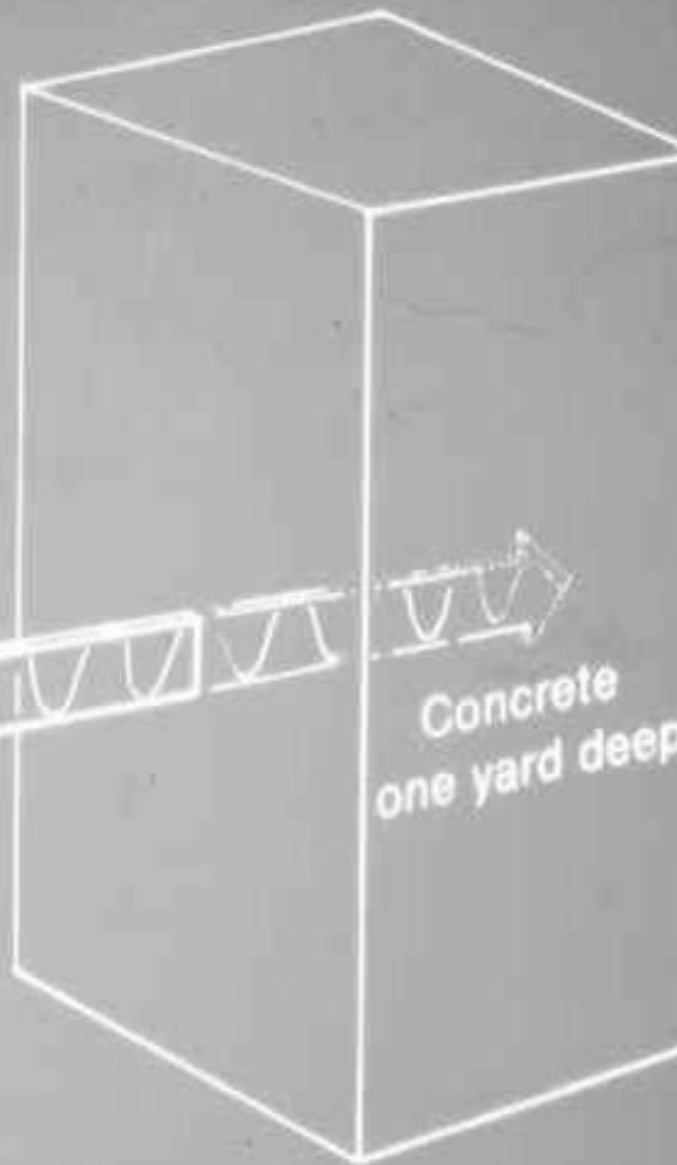


**Beta**

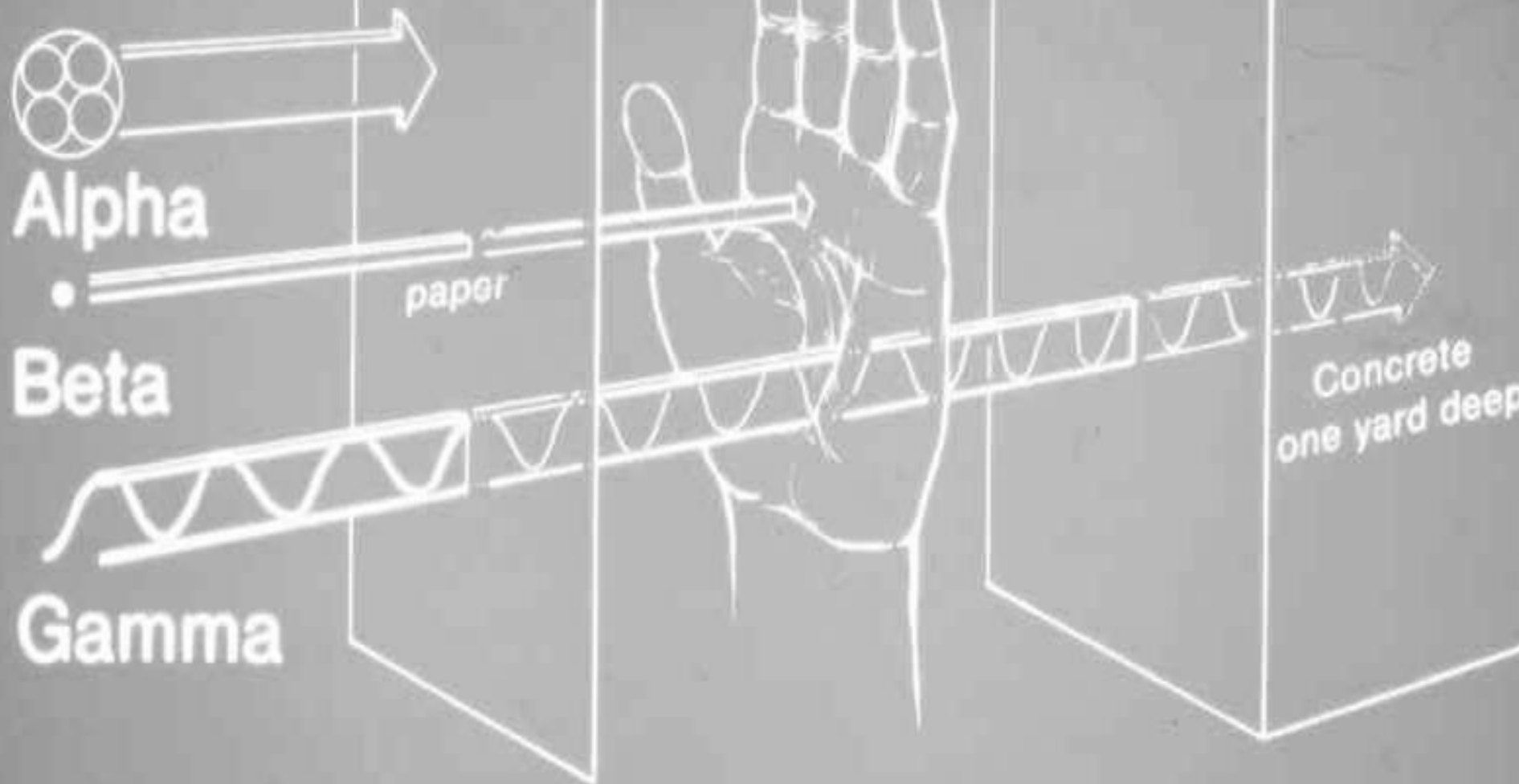
**Gamma**



*paper*



Concrete  
one yard deep





---

# Radiotherapie

Fysische aspecten  
Interactie met de materie

## Eenheden



## *Definities*

☛ Halfwaardetijd of **periode** = tijd nodig om de helft van de onstabiele atomen te desintegreren

☛ **Activiteit** = totaal aantal desintegraties per tijdseenheid

Becquerel (Bq) = één desintegratie per seconde

Curie (Ci) =  $3,7 \times 10^{10}$  Bq

= aantal desintegraties van 1 gram radium 226



# Radiotherapie Eenheden

- **Gray (Gy)** = de geabsorbeerde dosis  
= 1 joule (energie) / kilogram weefsel  
1Gy = 100 Rad  
gebruikt in radiotherapie
- **Sievert (Sv)** = eenheid voor equivalente dosis  
alfa > bèta > gamma.  
geabsorbeerde dosis x bepaalde factor  
gebruikt in de radioprotectie



☛ **RBE** ( relatieve biologische effectiviteit ) =

dosis a vd referentiestraling voor bepaald effect

---

dosis b vd beschouwde stralingssoort voor idem effect

☛ Referentiestraling = 200-250kV röntgenstraling



# FRACTIONATIE

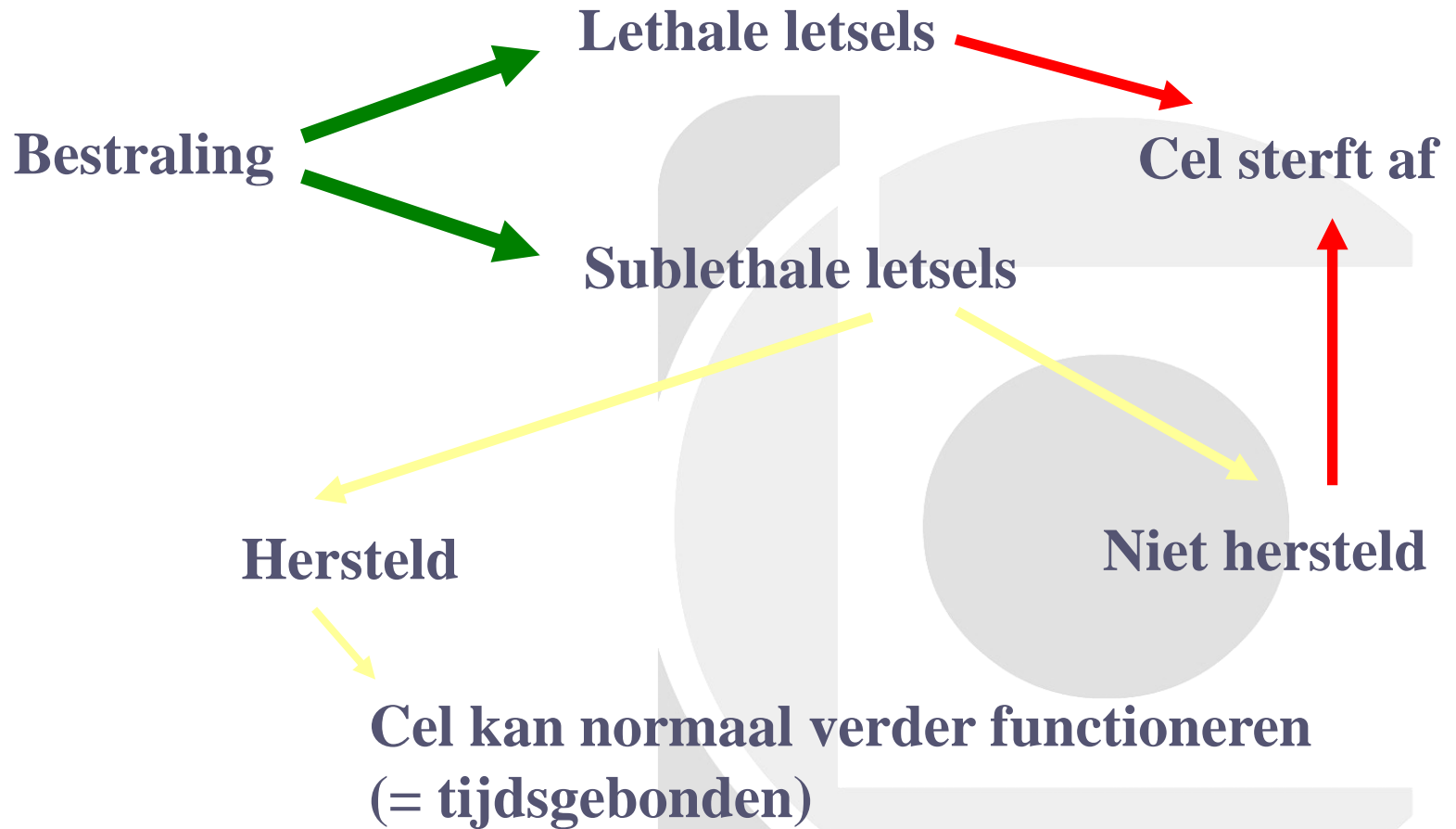
---

DOEL: alle tumorcellen vernietigen en tegelijk ruimte laten voor normale weefsels om zich te herstellen in het verloop van de R/



## DNA-herstelmechanismen in de cel:

- **Normale weefsels** :  
herstel schade in DNA na elke fractie:  
na +/- 8 uur is de schade praktisch volledig hersteld
  - **Tumorcel** : aberrante cel met slechte herstelmechanismen: weinig herstel
- ⇒ belang van **fractionering** voor differentieel effect tumor versus gezond weefsel





# Het 'waarom' v gefractioneerde RT: de **4 R's van de radiobiologie**

---

☞ **R**EPAIR

☞ **R**EOXYGENATIE

☞ **R**EPOPULATIE

☞ **R**EDISTRIBUTIE



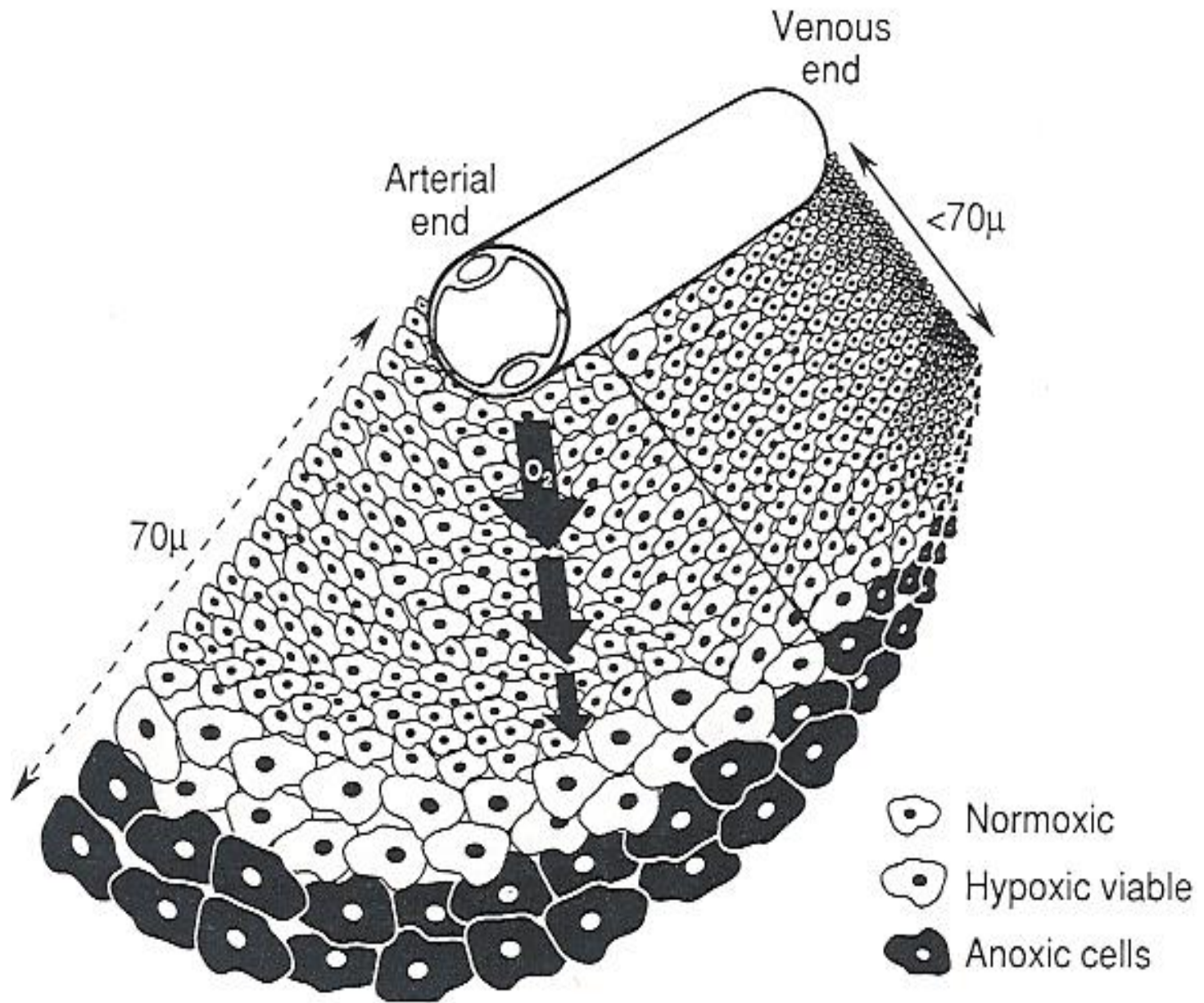
# 1. Repair

- ☛ = **herstel van sublethale DNA schade tss opeenvolgende bestralingsfracties (6-8u)**
  - >> 1x8Gy meer schade dan 2x4Gy !
- ☛ Normale cellen: betere herstelmechanismen dan tumorcellen
  - >> door fractionatie sparen gezonde weefsels



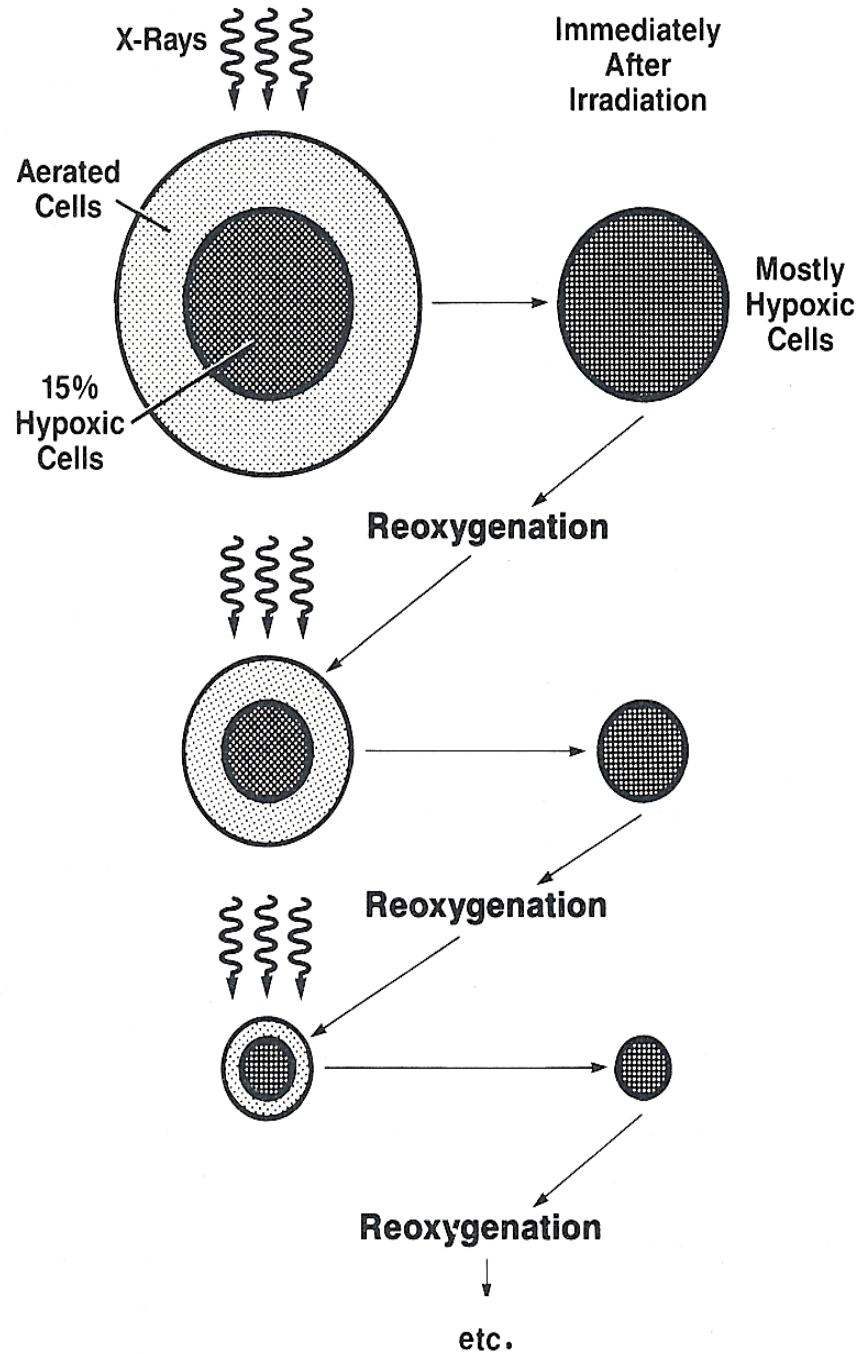
## 2. Reoxygenatie

- Tumoren: zones v hypoxische cellen:  
te weinig O<sub>2</sub> owv slechte vascularisatie vd tumor
- Hypoxische cellen > minder gevoelig voor ioniserende straling  
>> resistente tumorcellen  
(O<sub>2</sub> is nodig in de chemische processen met de vrije radicalen die het DNA beschadigen)





- Tijdens gefractioneerde bestraling treedt reoxygenatie op:
  - tumor krimpt**
    - >> **betere vascularisatie**
    - >> **betere O<sub>2</sub>-spanning in de overblijvende tumorcellen**
  - >> de gevoeligheid voor bestraling van de tumor neemt hierdoor toe bij fractionatie
- enkele uren-dgn, afh. v. tumortype





## 3. Repopulatie

**= versnelde deling v cellen die de capaciteit om te delen hebben behouden**

- van belang in gezonde weefsels en in tumoren:
  - positief indien sterker id nle weefsels dan id tumor
  - snelgroeïende tumoren: tss de fracties aangroei van tumorcellen vanuit de overlevende clonogene cellen
- binnen enkele dgn tot wkn op gang (weefselafh), blgr bij R/ van 4-8 wkn: dosiscompensatie noodzakelijk!!
  - onnodig verlengen van de behandelingsduur is nefast voor de prognose
  - geen electieve onderbrekingen vd R/
  - meerdere fracties/d kan oplossing zijn: totale R/duur korter



## 4. Redistributie

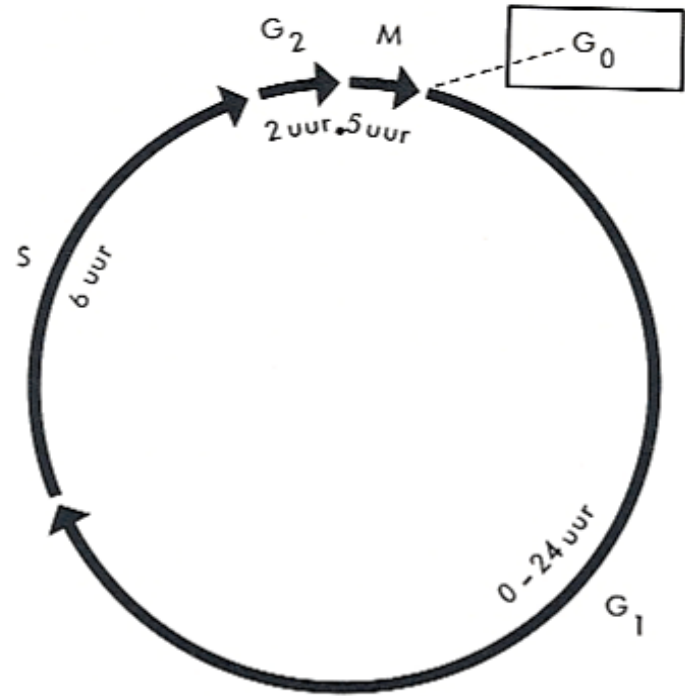
---

DNA = meest gevoelige structuur vd cel  
>> **cellen het meest gevoelig  
tijdens de mitose & G2 fase**

naarmate de bestraling vordert meer en meer cellen in dezelfde fase (synchronisatie)



# De Celcyclus:



## fasen

**G0**: cel die gedurende lange tijd niet deelt

**G1**: "presynthetische gap": relatieve rust

**S**: DNA synthese

**G2**: "postsynthetische gap": interval tss S en M

**M**: Mitose



---

Meerdere kleine dosissen geven  
t.o.v. één hoge dosis

- minder nevenwerkingen
- dezelfde tumorcontrole op voorwaarde dat de totale dosis binnen een bepaalde termijn wordt gegeven



# GENEZINGSKANSEN VERHOOGING

- ☞ **Radiosensitizers:** 'hypoxic cell sensitizers'
  - ☞ selectieve opname door de T, goede penetratie, lange werkingstijd
  - ☞ misonidazole: in hoge concentratie neurotoxisch
  - ☞ nicotinamide: doorbloeding verbeteren
- ☞ **Radioprotectors:** nle weefsels radioresistenter maken
- ☞ **Cytostatica:**
  - ☞ Ruimtelijke samenwerking (hoeft niet tegelijkertijd)
    - ☞ RT voor primaire tumor en CT voor metastasen
  - ☞ Locale samenwerking: tijdsrelatie belangrijk
    - ☞ concomitant, vergroten therapeutische breedte



# Basis voor tumorsterilisatie door ioniserende straling:

## Differentieel effect

tumor  $\Leftrightarrow$  gezonde weefsels:

- **Biologische factoren:** groter effect in tumor dan in normale weefsels  
“therapeutische werkingsbreedte”
- **Fysisch-technische factoren:** grotere stralingsdosis aan tumor dan aan omgevende gezonde weefsels



---

# Klinische radiotherapie Historiek

Radiotherapie als deel van kankerbehandeling



# Klinische radiotherapie

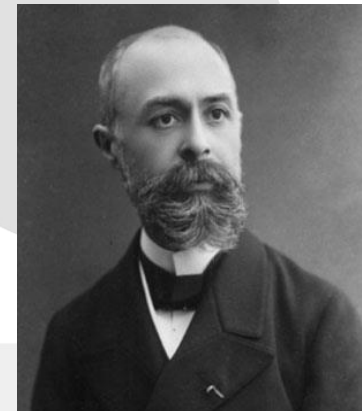
## Historiek

1895 Röntgen ontdekt de röntgenstraling

1902 - Marie en Pierre Curie ontdekken radium

- Becquerel ontdekt de radioactiviteit

1911 Bestraling wordt aangewend voor  
kankerbehandeling







SERIE A. N° 45

N° D'ORDRE

1127.

# THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES,

PAR

M<sup>me</sup> SKLODOWSKA CURIE.

1<sup>re</sup> THÈSE. — RECHERCHES SUR LES SUBSTANCES RADIO-  
ACTIVES.

2<sup>e</sup> THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le juin 1903, devant la Commission d'Examen.

MM. LIPPMANN, *Président.*

BOUTY,

MOISSAN, } *Examineurs.*

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1903



---

# Klinische radiotherapie

Historiek

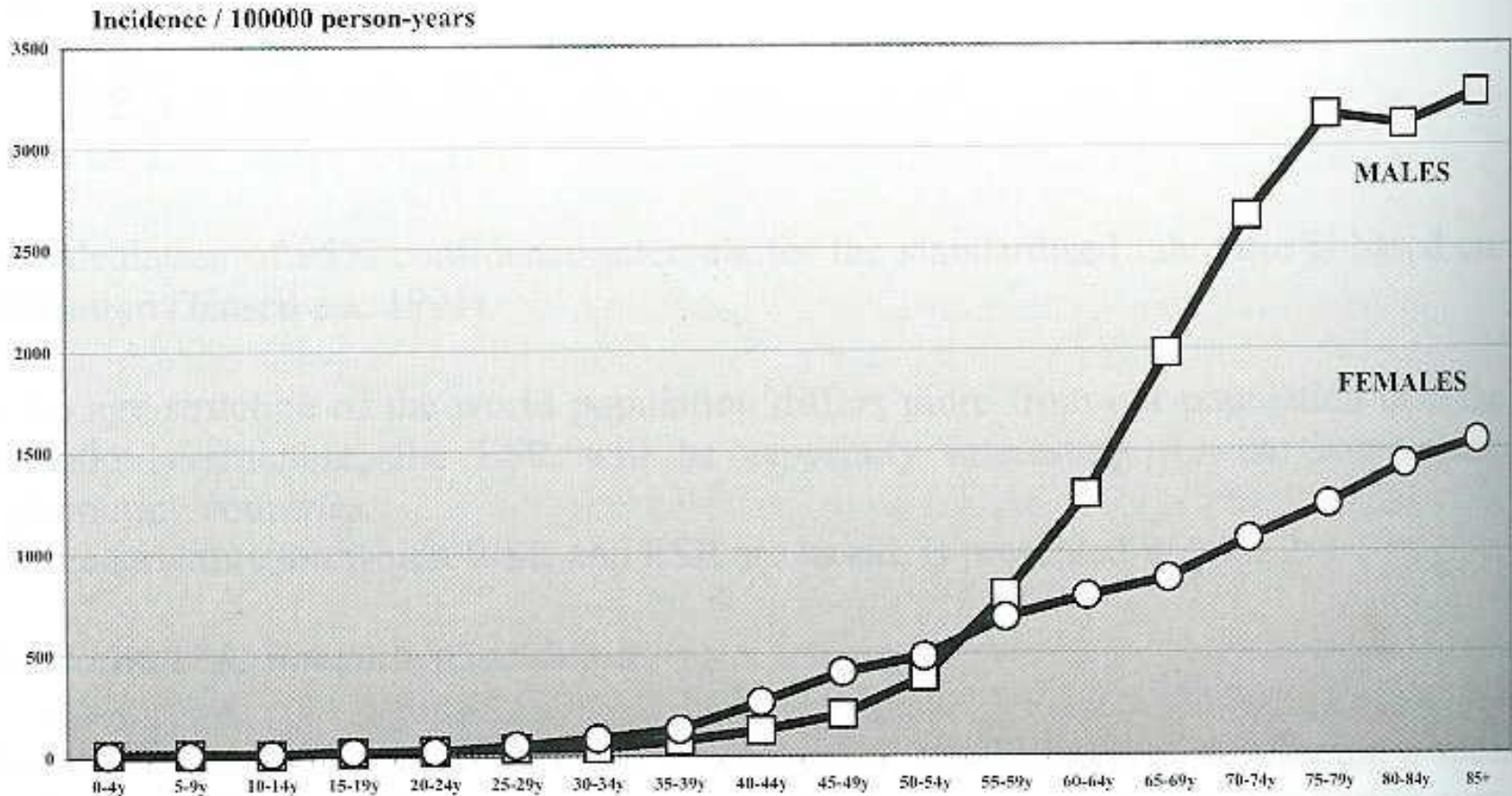
## Radiotherapie als deel van kankerbehandeling



# Klinische radiotherapie

## Radiotherapie als kankerbehandeling

### *Incidentie Limburg*

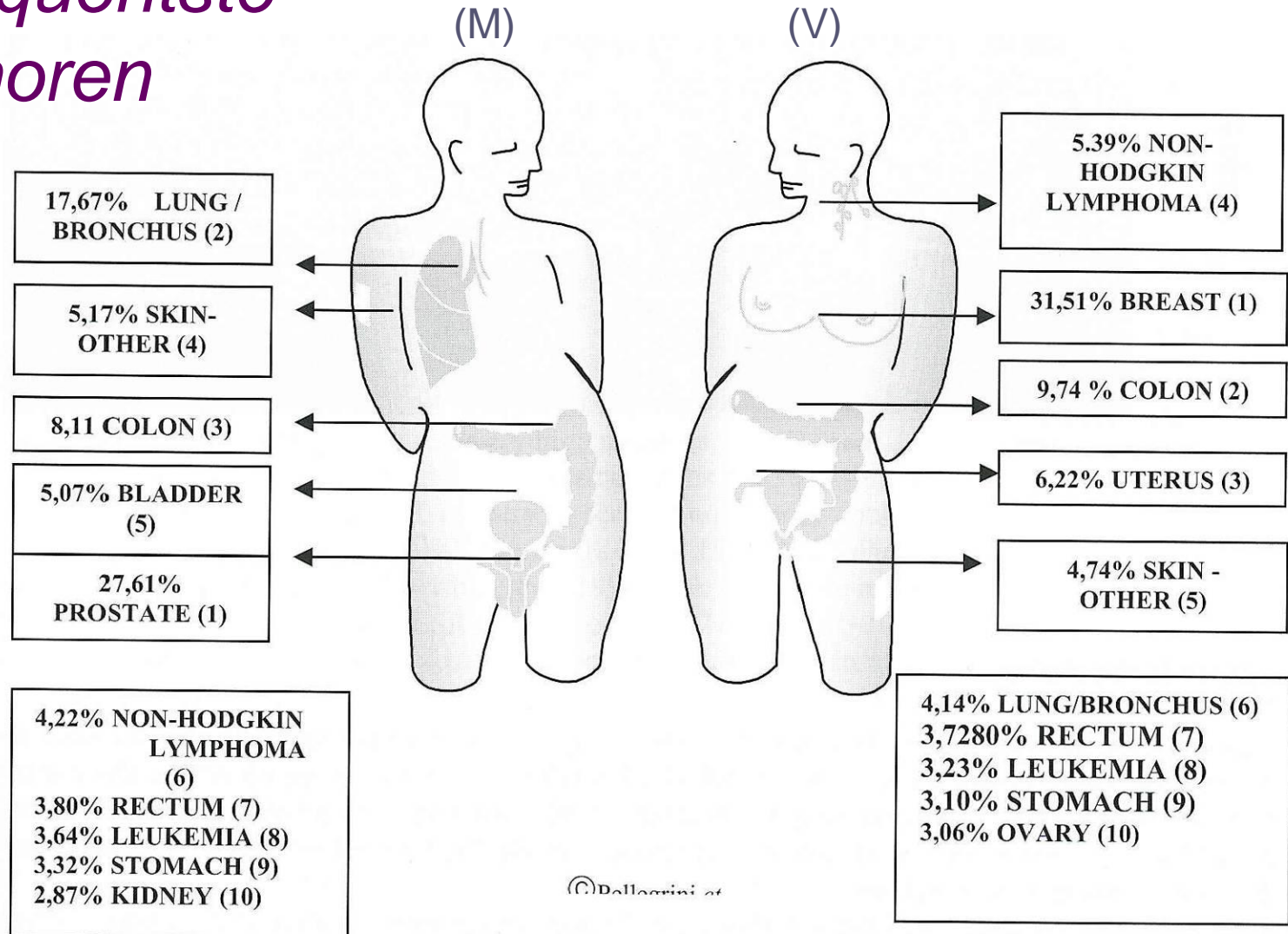




# Klinische radiotherapie

## Radiotherapie als kankerbehandeling

### *Frequentste tumoren*





### *Kanker*

- ☛ De 1<sup>de</sup> (?) doodsoorzaak (hart en vaatziekten)
- ☛ Tussen 1995 en 2015 wordt een toename verwacht van 48% → enkel door veroudering van bevolking
- ☛ Tegen 2020
  - 1 vrouw op 2
  - 1 man op 3



# Klinische radiotherapie

## Radiotherapie als kankerbehandeling

---

### Deel van oncologische behandeling

- Chirurgie
- Radiotherapie
- Chemotherapie
- Hormonale therapie



# Klinische radiotherapie

## Radiotherapie als kankerbehandeling

*Wie ?*

+/- 70% van alle kankerpatiënten (29 000/jaar)

Exclusief, meestal in combinatie

Curatief

vb. niet gemetastaseerde tumoren

Palliatief

vb. meta's, obstructie, ...

25 bestralingsafdelingen (+satelieten) in België



# Klinische radiotherapie

## Radiotherapie als kankerbehandeling

### ***Stralen maken geen onderscheid tussen tumorale en normale weefsels***

- zowel schade in de tumor én de normale weefsels, maar bestralingsimpact diversifiëren (radiobiologie)
- de bestralingstolerantie van de normale weefsels in het bestralingsveld bepaalt de dosis die we kunnen geven (bestralingsbehandeling)



---

Technische aspecten

Doelvolumen

Van 1D naar 4D



### *Bedoeling van radiotherapie*

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



***Doelvolumen =***

de structuren

(tumor en/of aanpalende klierstreken)

die we willen bestralen



### *Doelvolumen wordt bepaald door:*

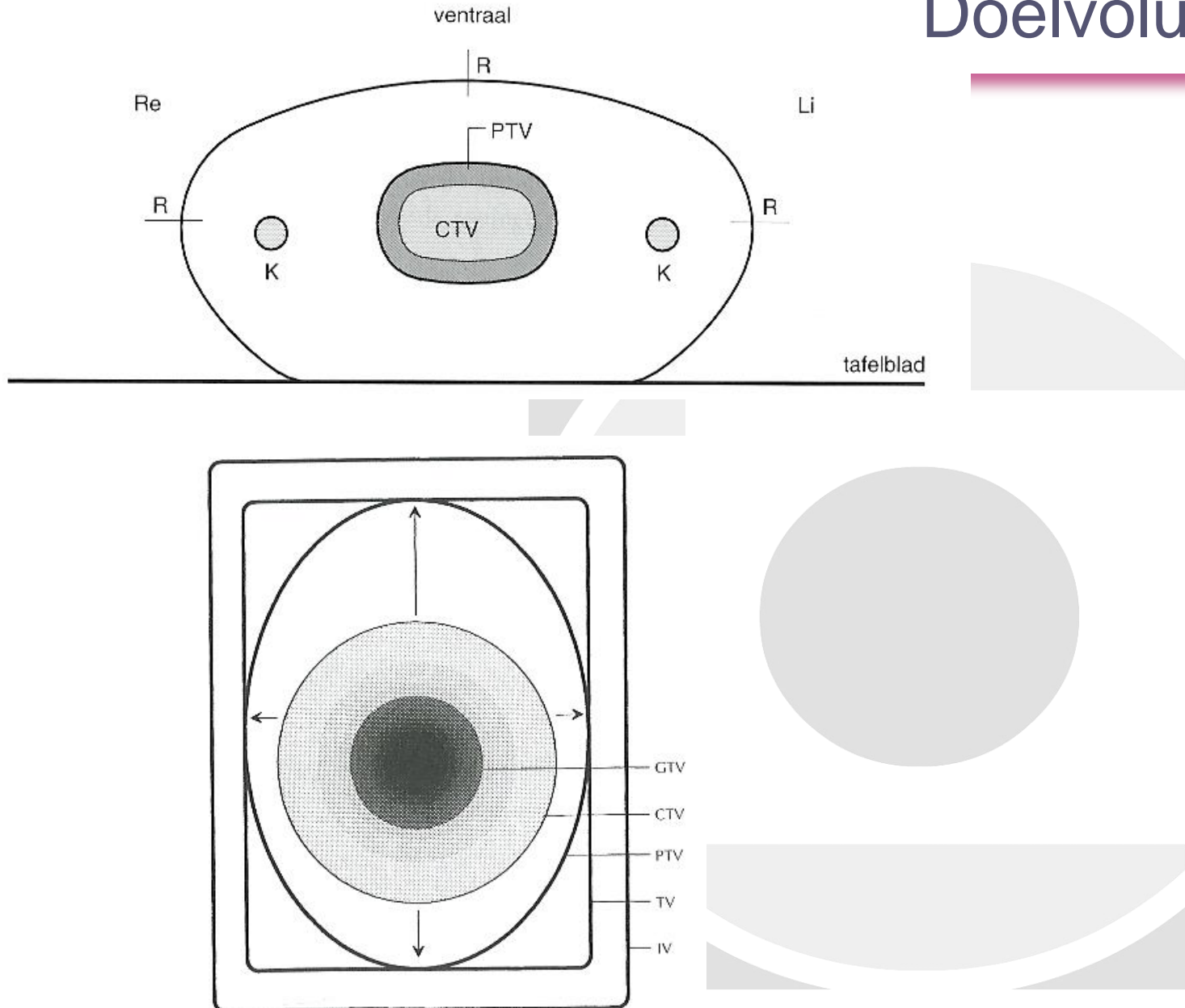
- Kennis van het spontaan ziekteverloop
  - Primaire tumor (lokaal)
  - klieren (regionaal)
  - metastasen
- Klinisch onderzoek
- Radiologie (conv.RX, CT-scan, NMR, echografie)
- Endoscopie
- Nucleaire geneeskunde (scintigrafie, PET-scan)
- ...



- **GTV** → **G**ross **T**umor **V**olume
- **CTV** → **C**linical **T**arget **V**olume
- **TPV** → **T**reatment **P**lanning **V**olume
- **TV** → **T**reated **V**olume



# Technische aspecten Doelvolumen

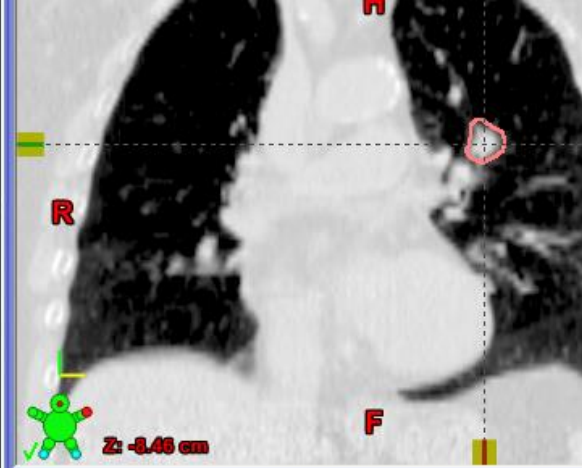




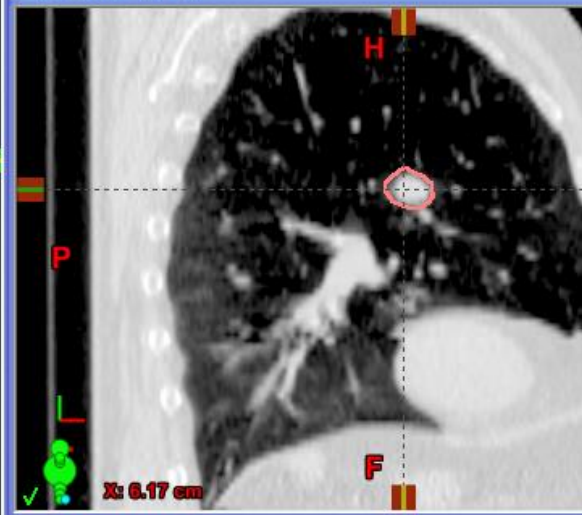
## • **GTV**

- **G**ross **T**umor **V**olume
- klinisch, diagnostische tumor

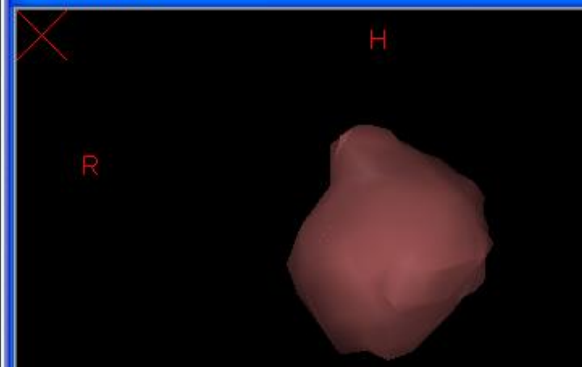




Sagittal - HV CT



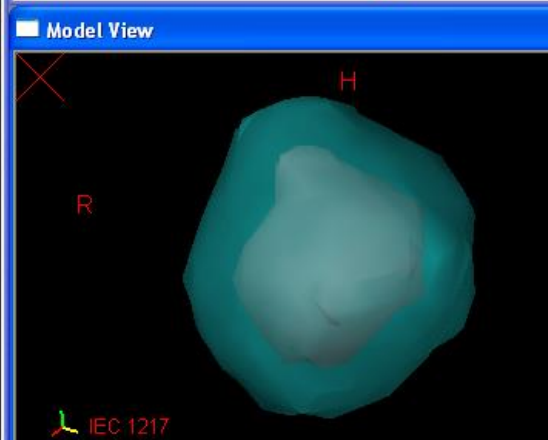
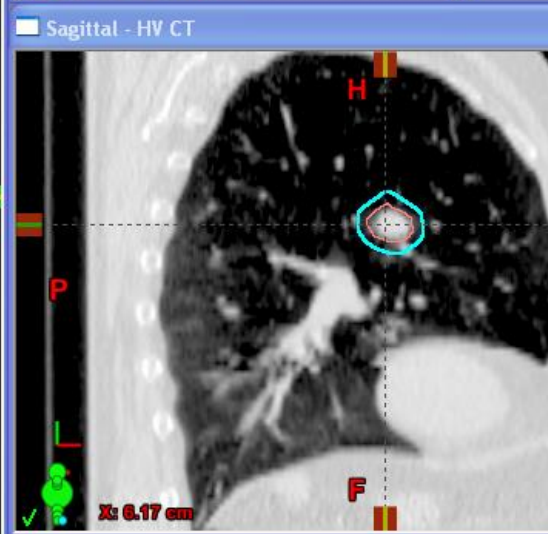
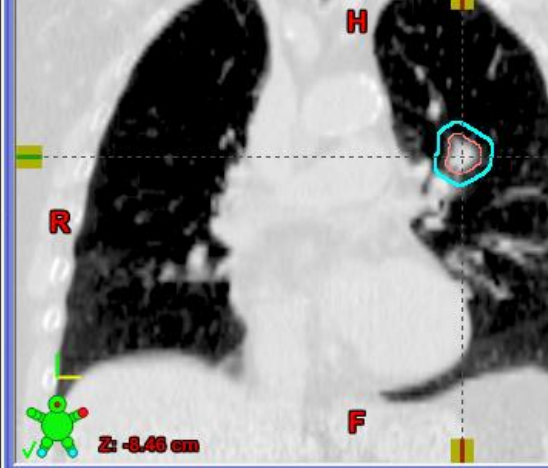
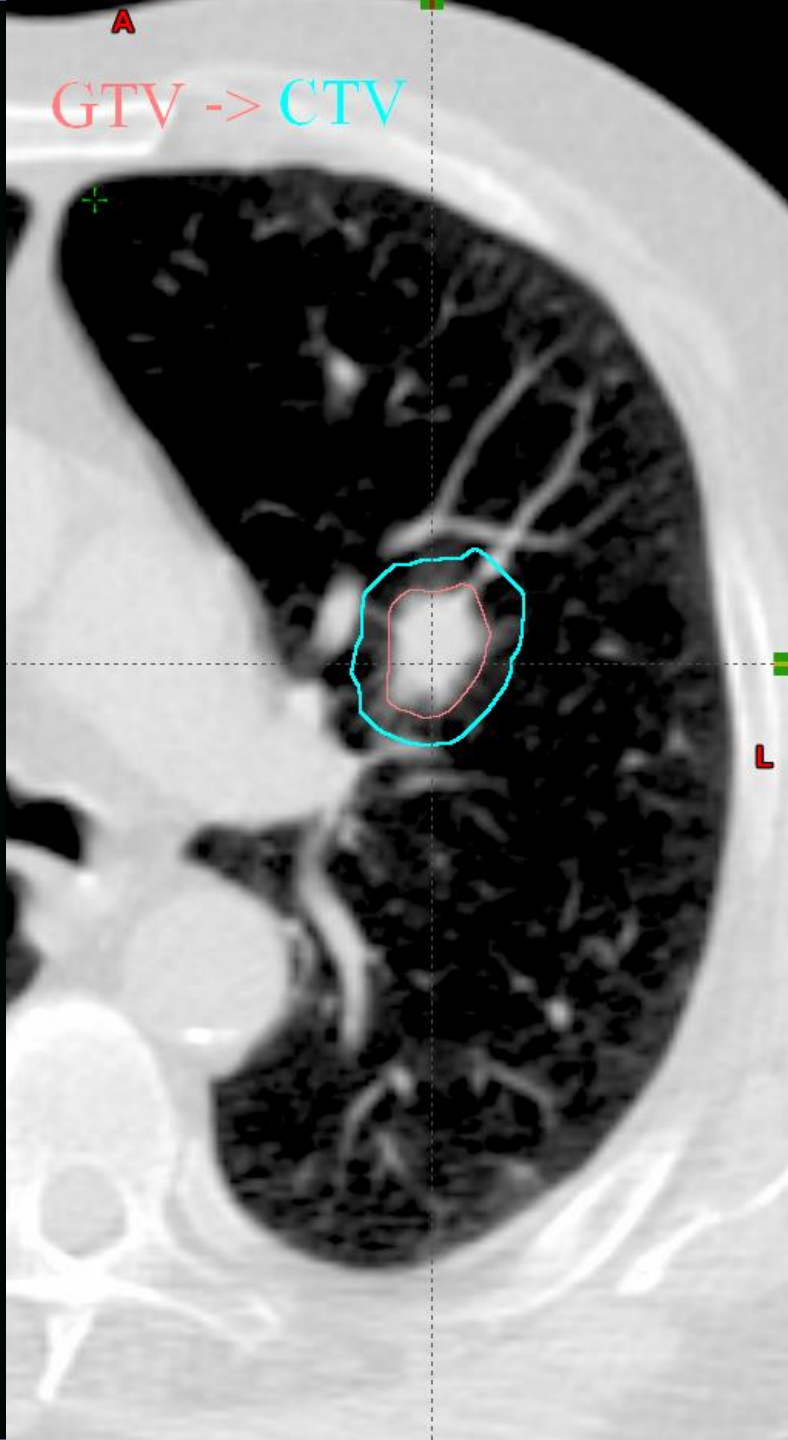
Model View





## **CTV**

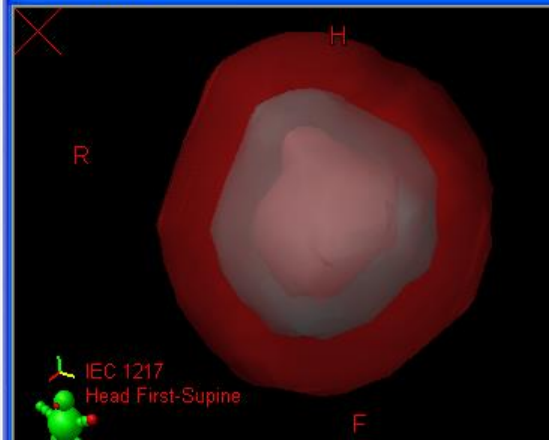
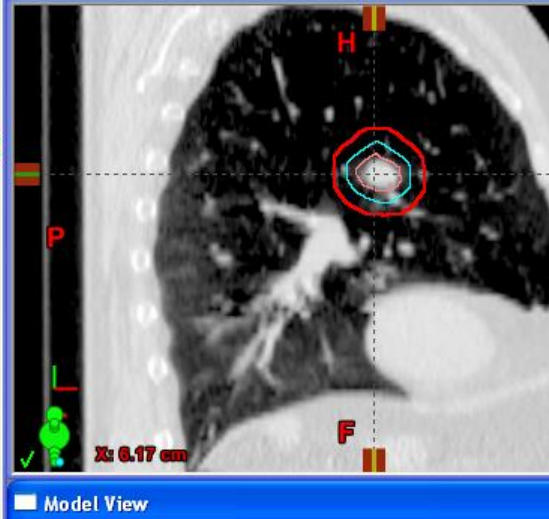
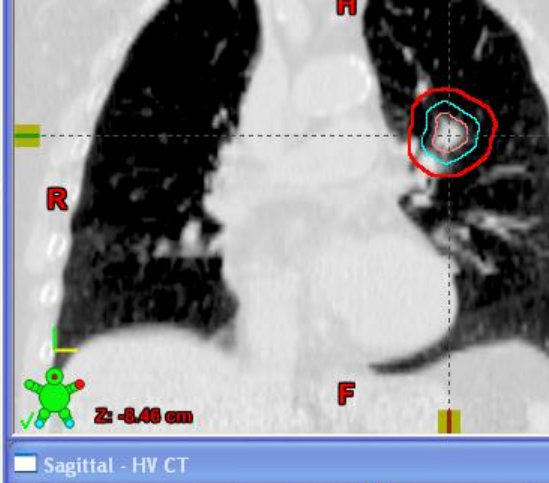
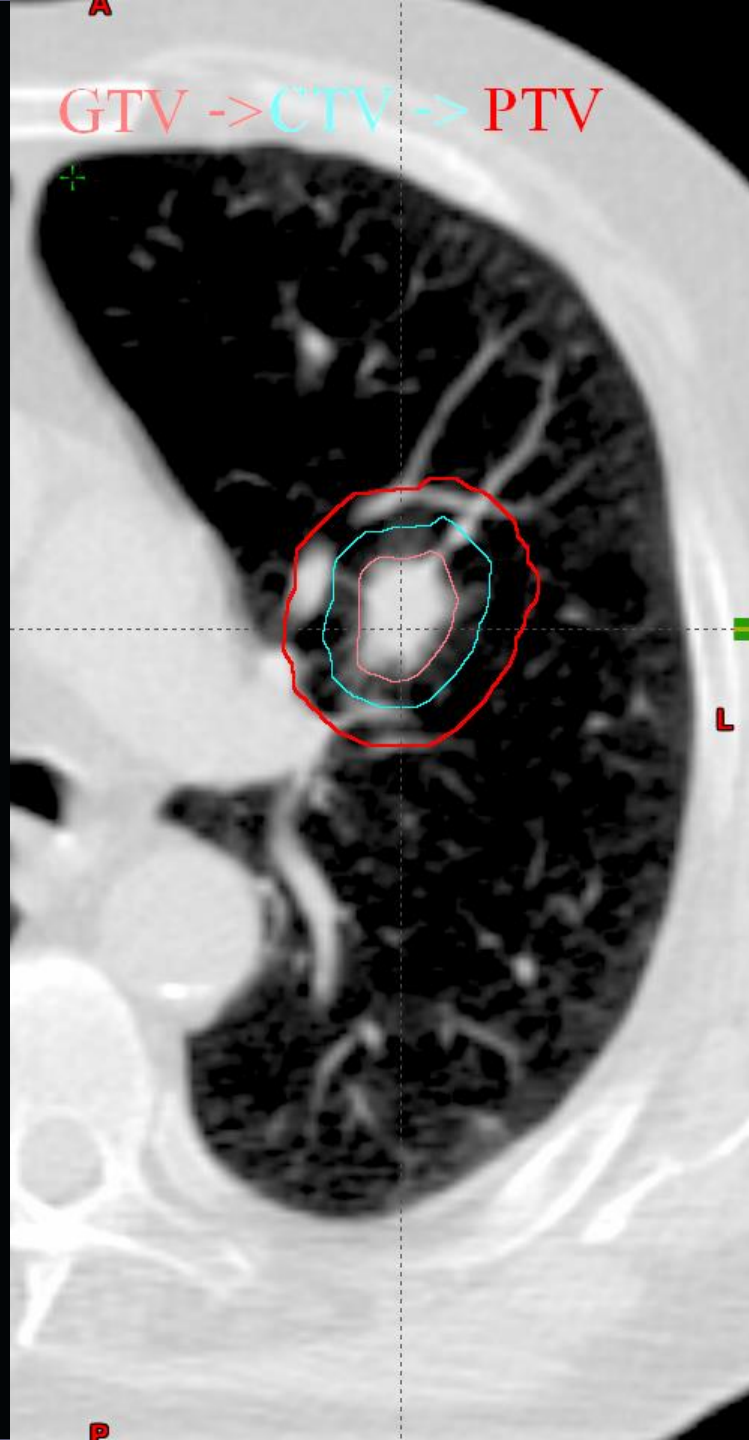
- **Clinical Target Volume**
- Macroscopische tumor plus potentiële aantasting





### **TPV**

- **T**reatment **P**lanning **V**olume
- CTV met marge, rekening houdend met
  - patiëntbeweging
  - vorm- en omtrekverandering
  - set-up afwijkingen



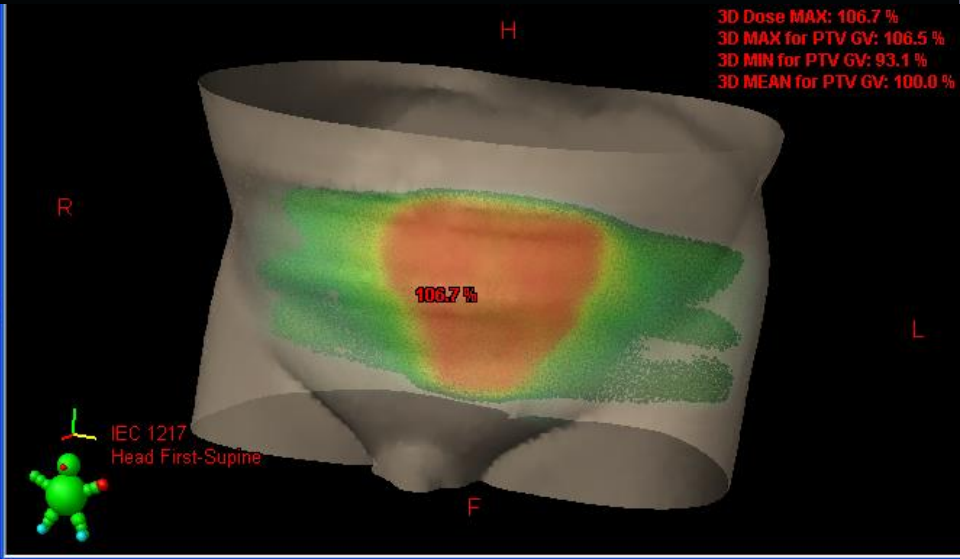
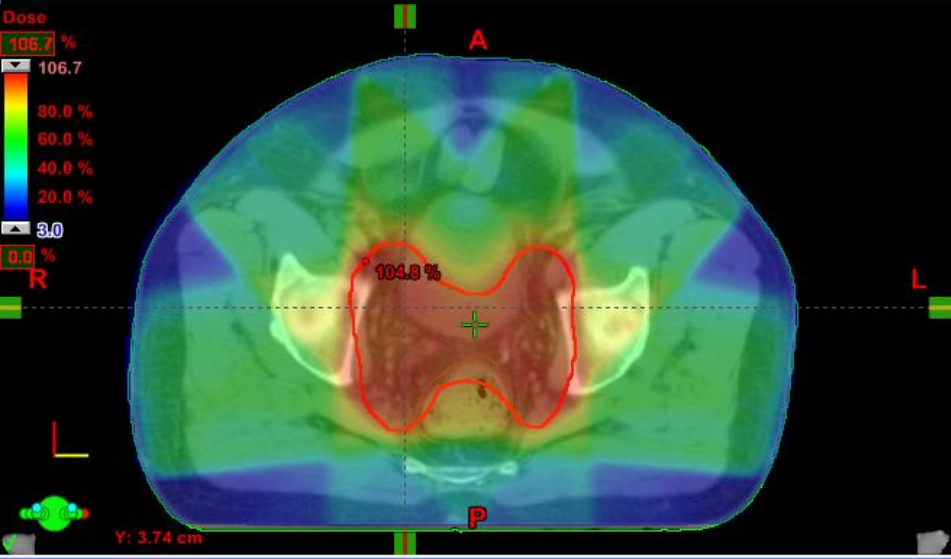


# Technische aspecten Doelvolumen

## • TV

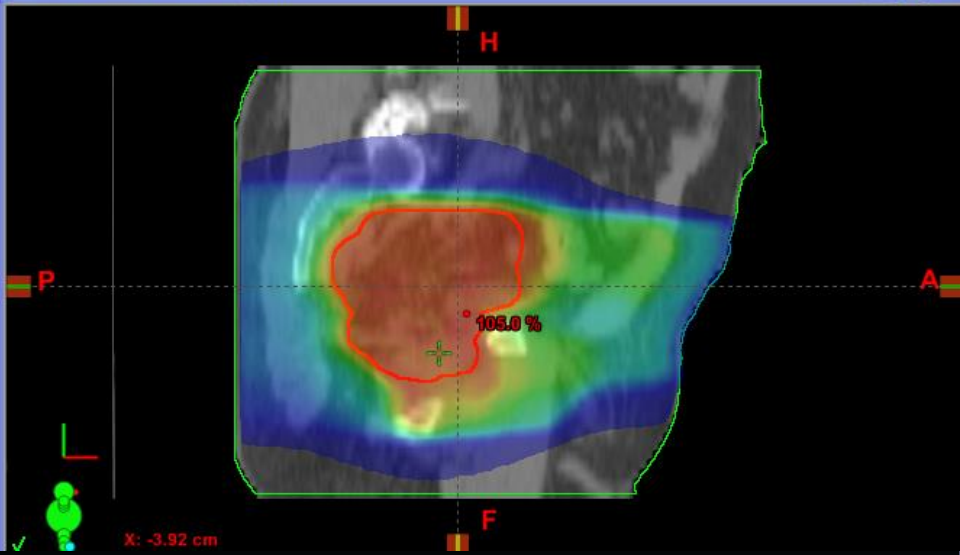
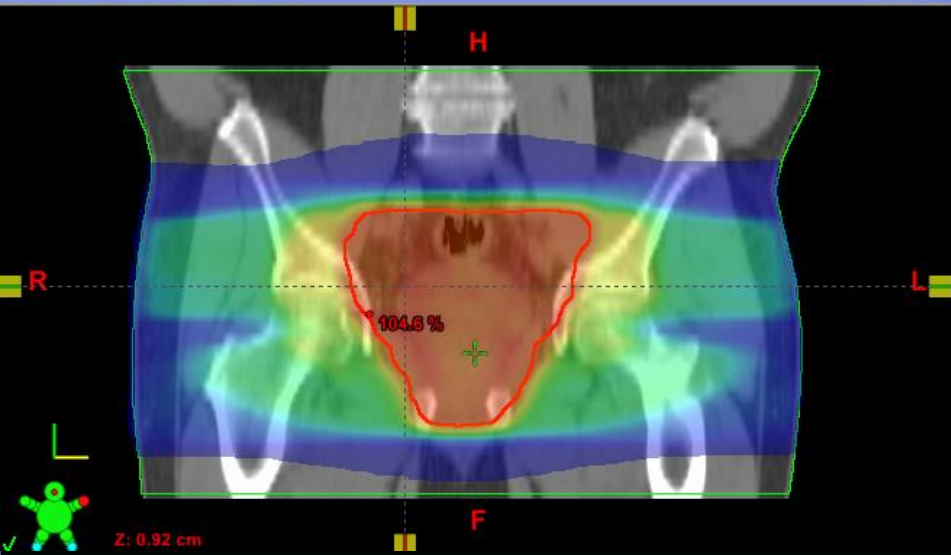
- **Treated Volume**
- Volume binnen een isodose die minimumdosis is rond het PTV bv.95%





GV IMRT - Retired - Frontal

GV IMRT - Retired - Sagittal





---

# Technische aspecten

Doelvolumen

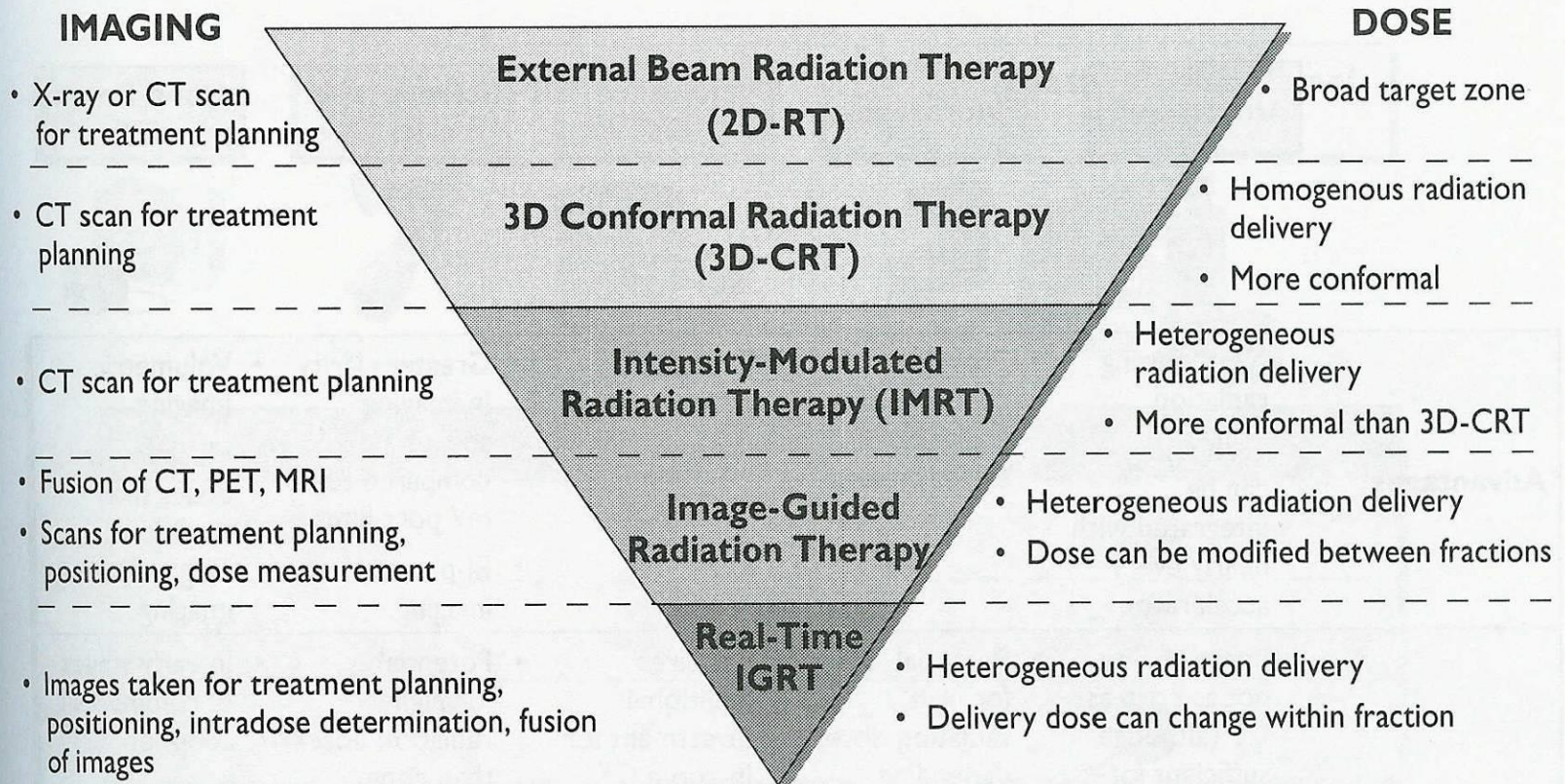
## Van 1D naar 4D



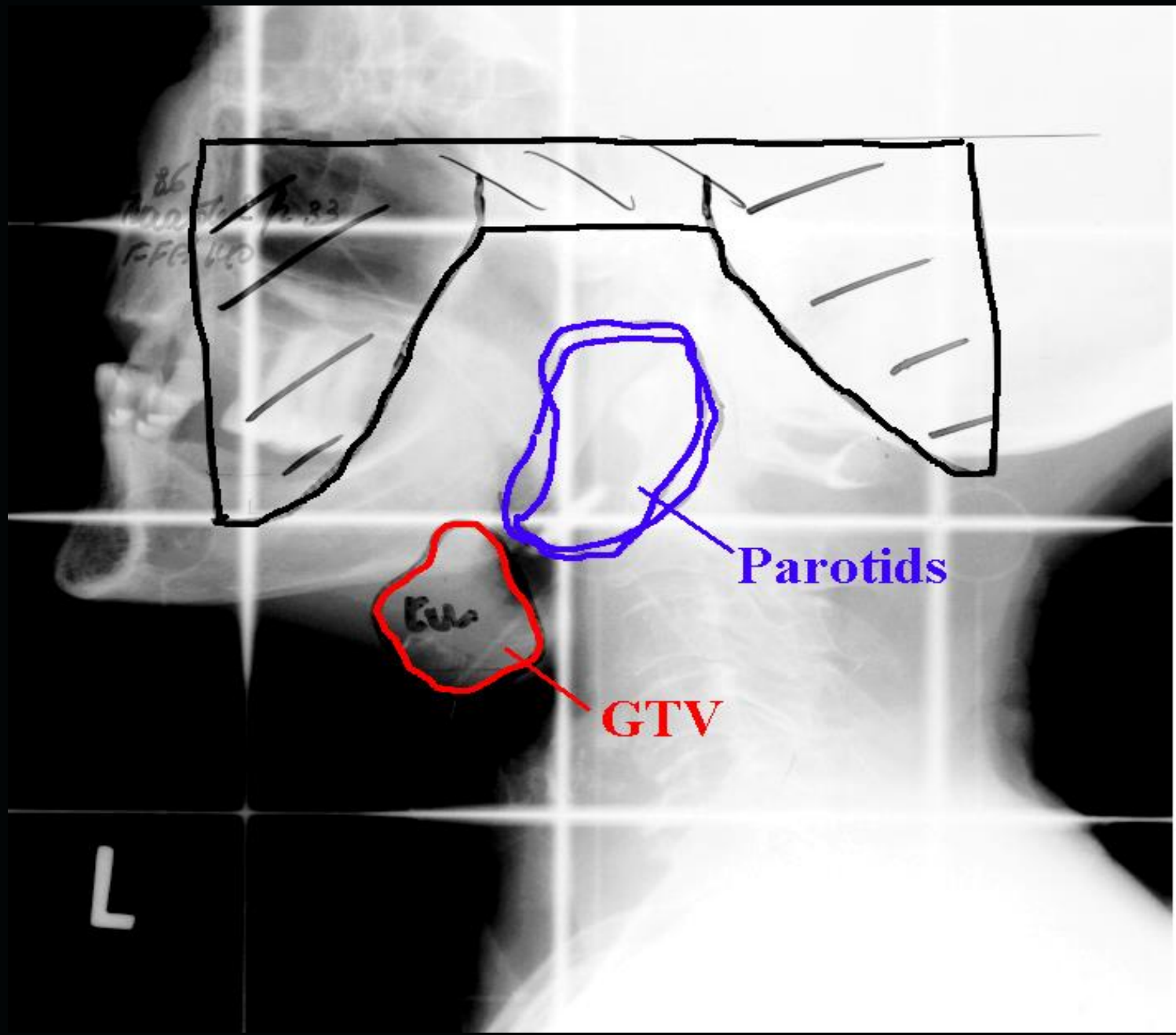
# Technische aspecten

## Van 1D naar 4D

### IGRT Involves Pre-Treatment Image Guidance



□ Current □ Emerging ■ Future



86  
1000  
FFB  
100

Parotids

GTV

Euv

L

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

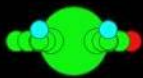
7.1

0.000 Gy

0.000 Gy

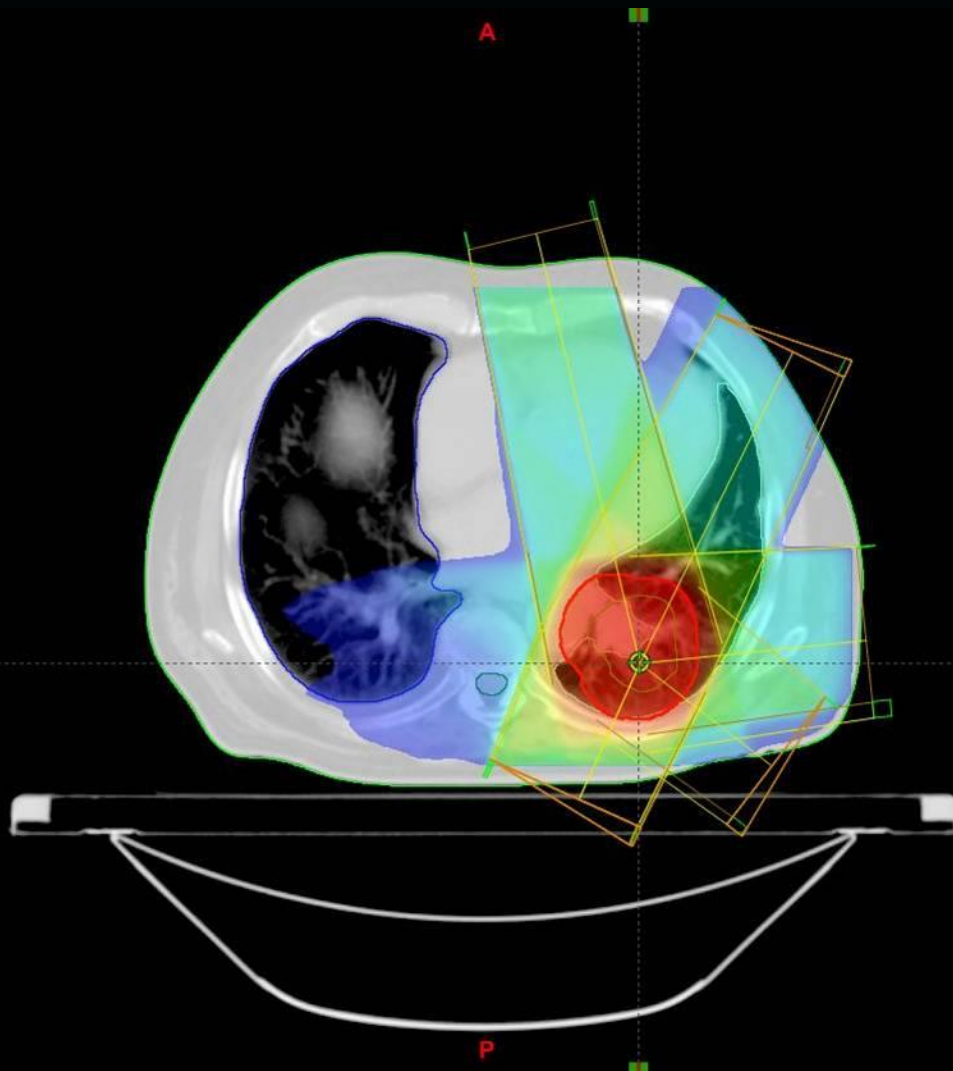
R

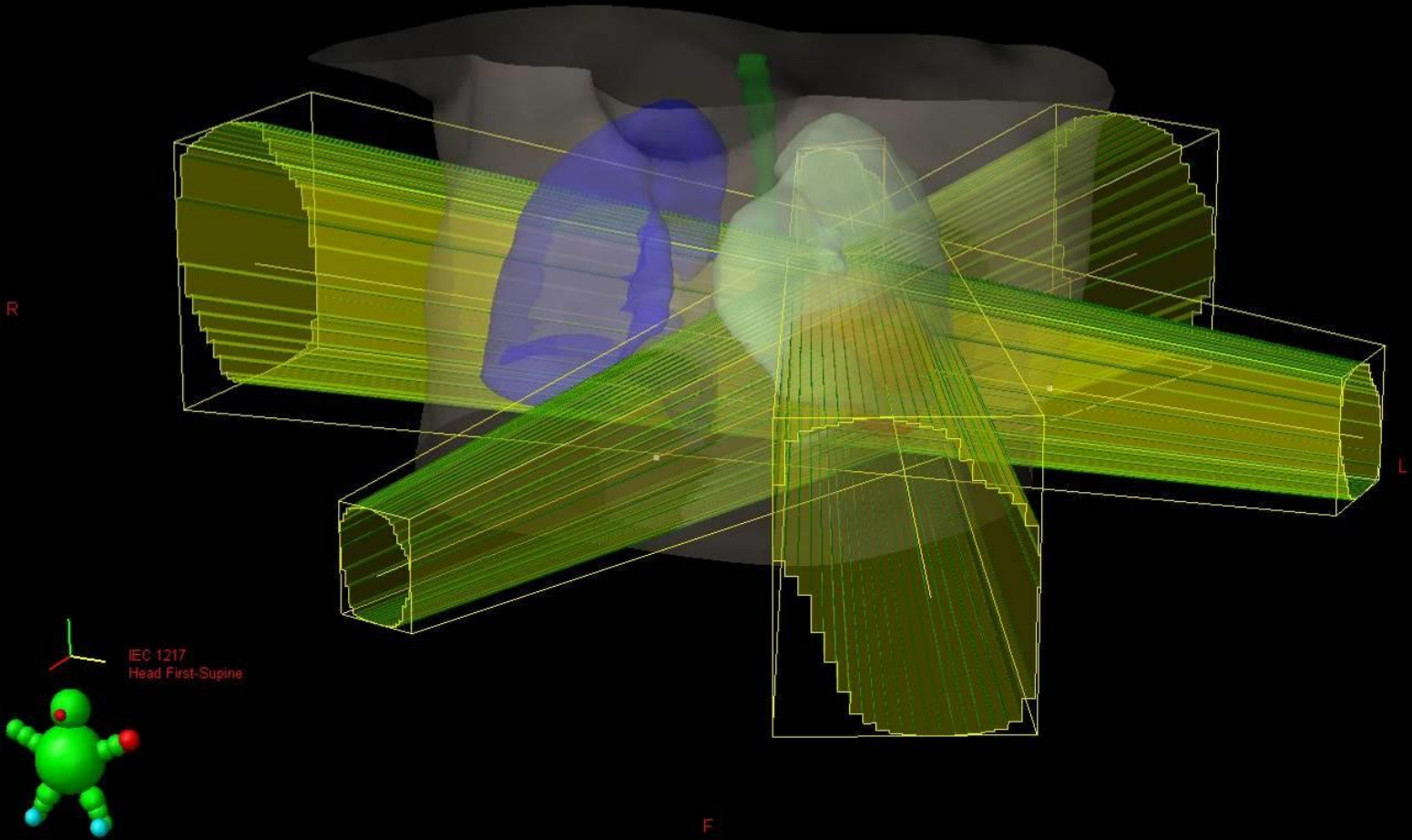
IEC 1217



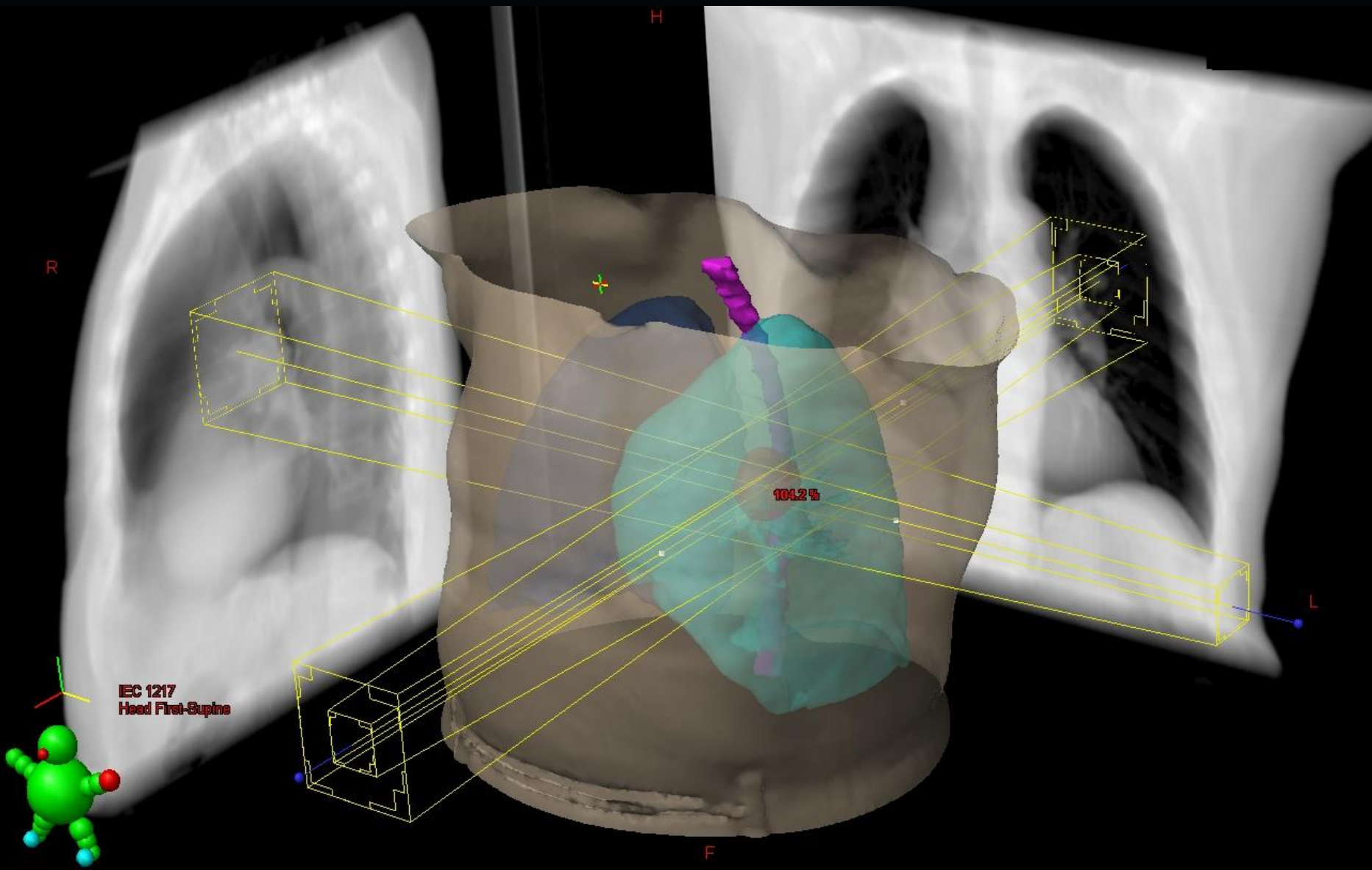
Head First-Supine

Y: 2.00 cm





IEC 1217  
Head First-Supine



R

H

IEC 1217  
Head First-Supine

104.2%

L

F



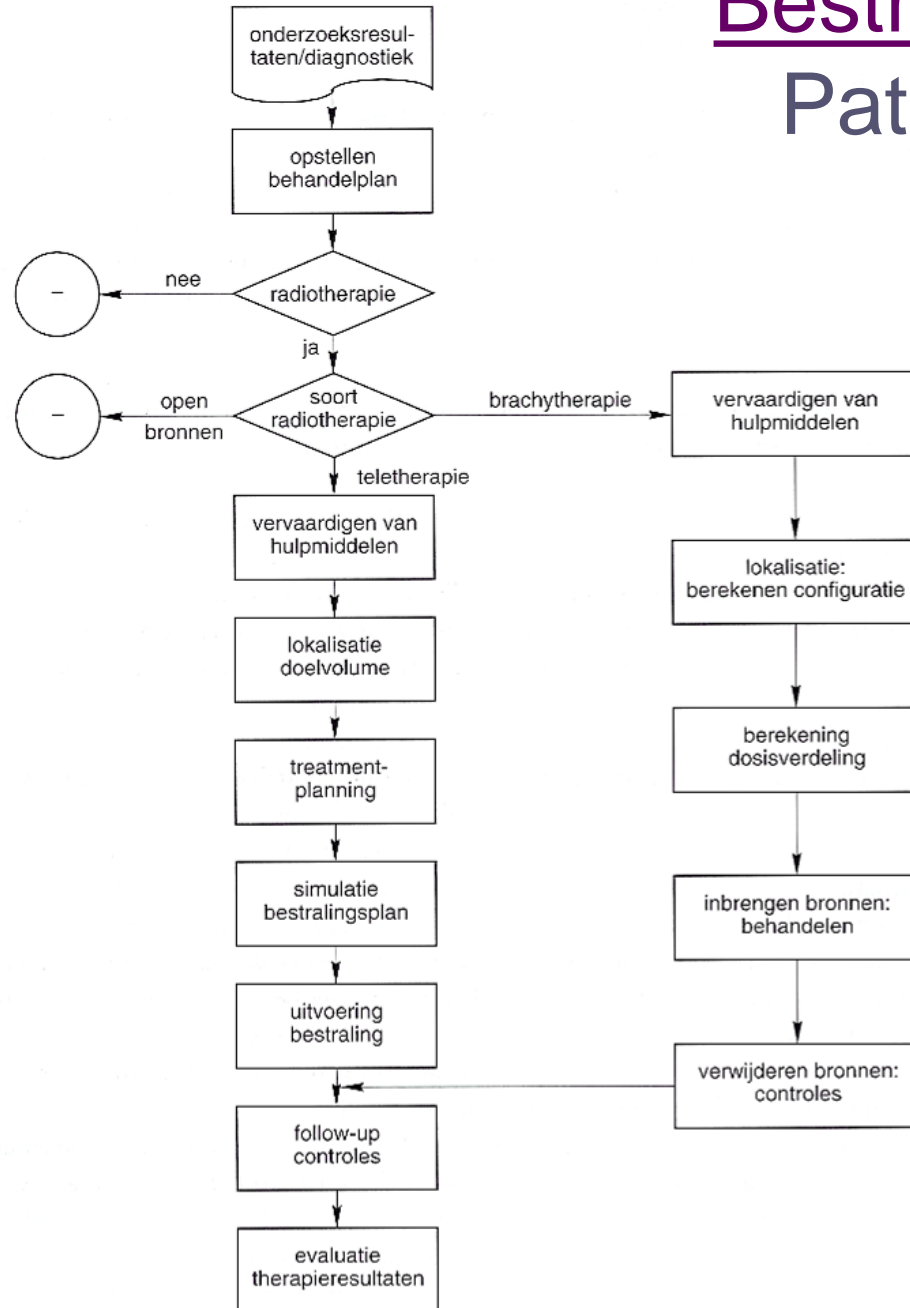
# Bestraling patiënt

## Patiëntentraject

Toestellen  
Speciale technieken  
Stereotaxie



# Bestraling patiënt Patiëntentraject

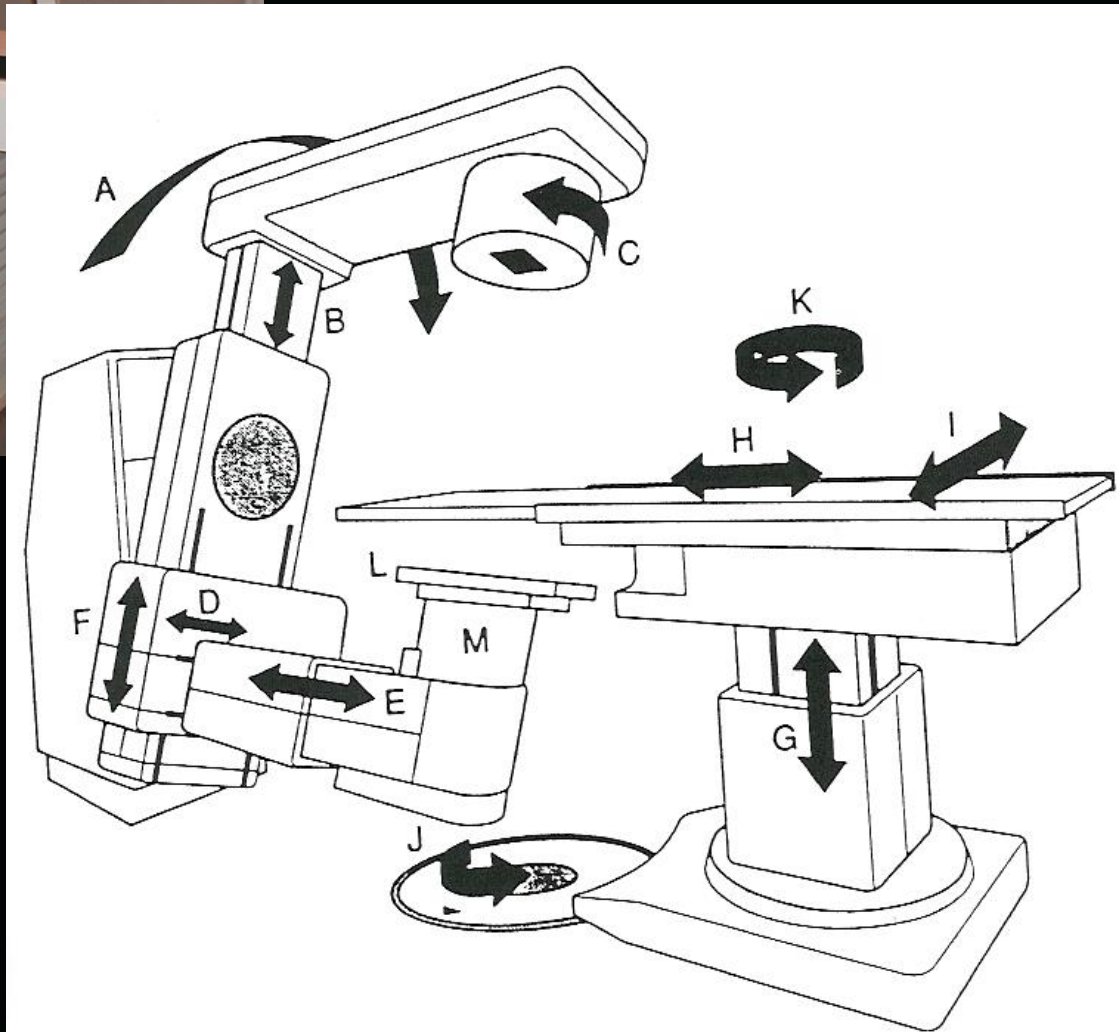
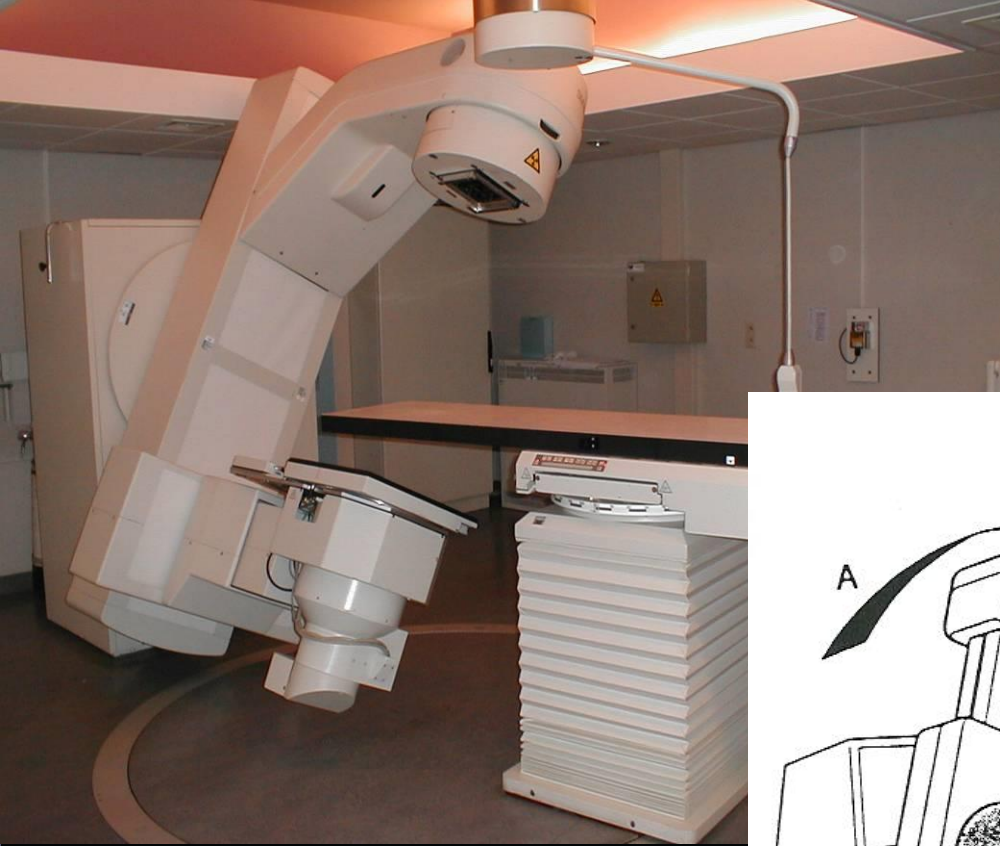




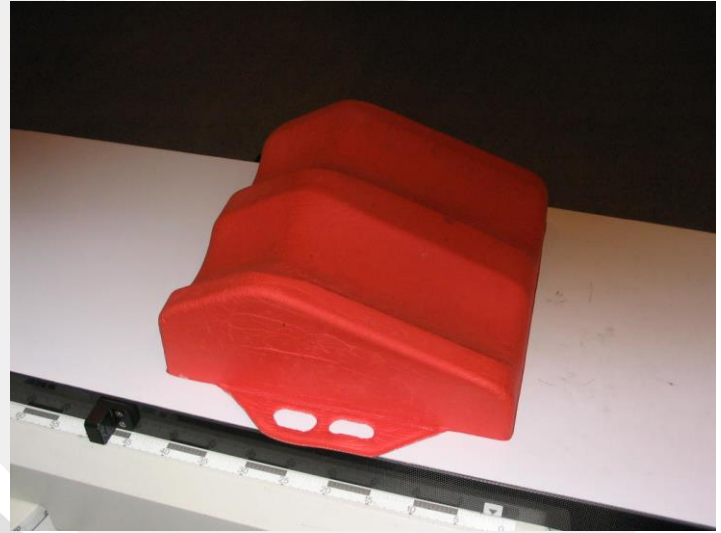
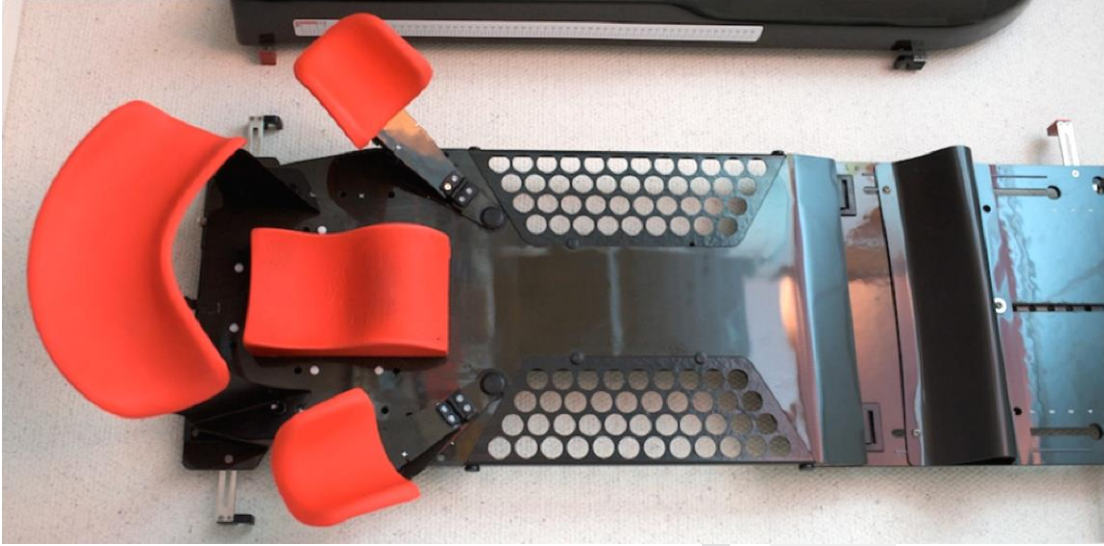
## Simulatie

- **Klassieke simulatie**
  - Scopie
  - Houding patiënt
- **Virtuele simulatie**
  - CT- scan
  - Houding patiënt



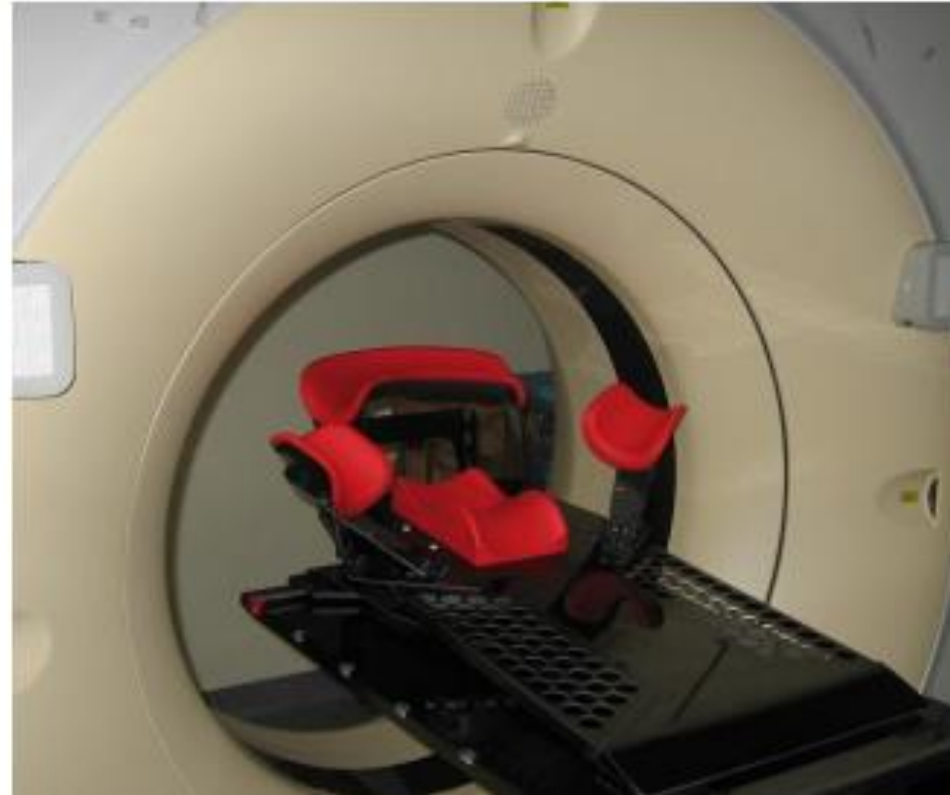




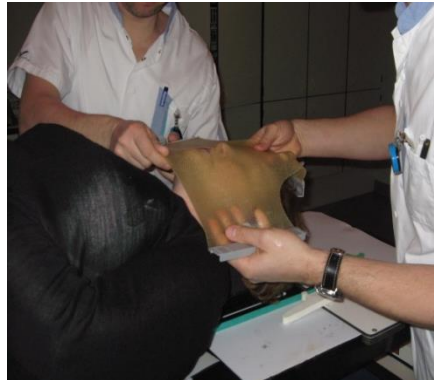
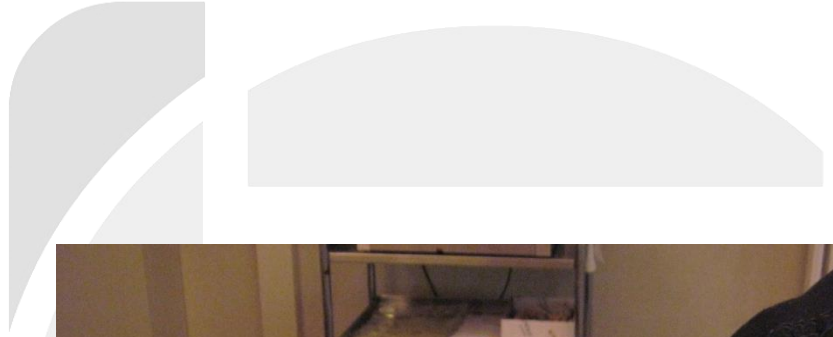


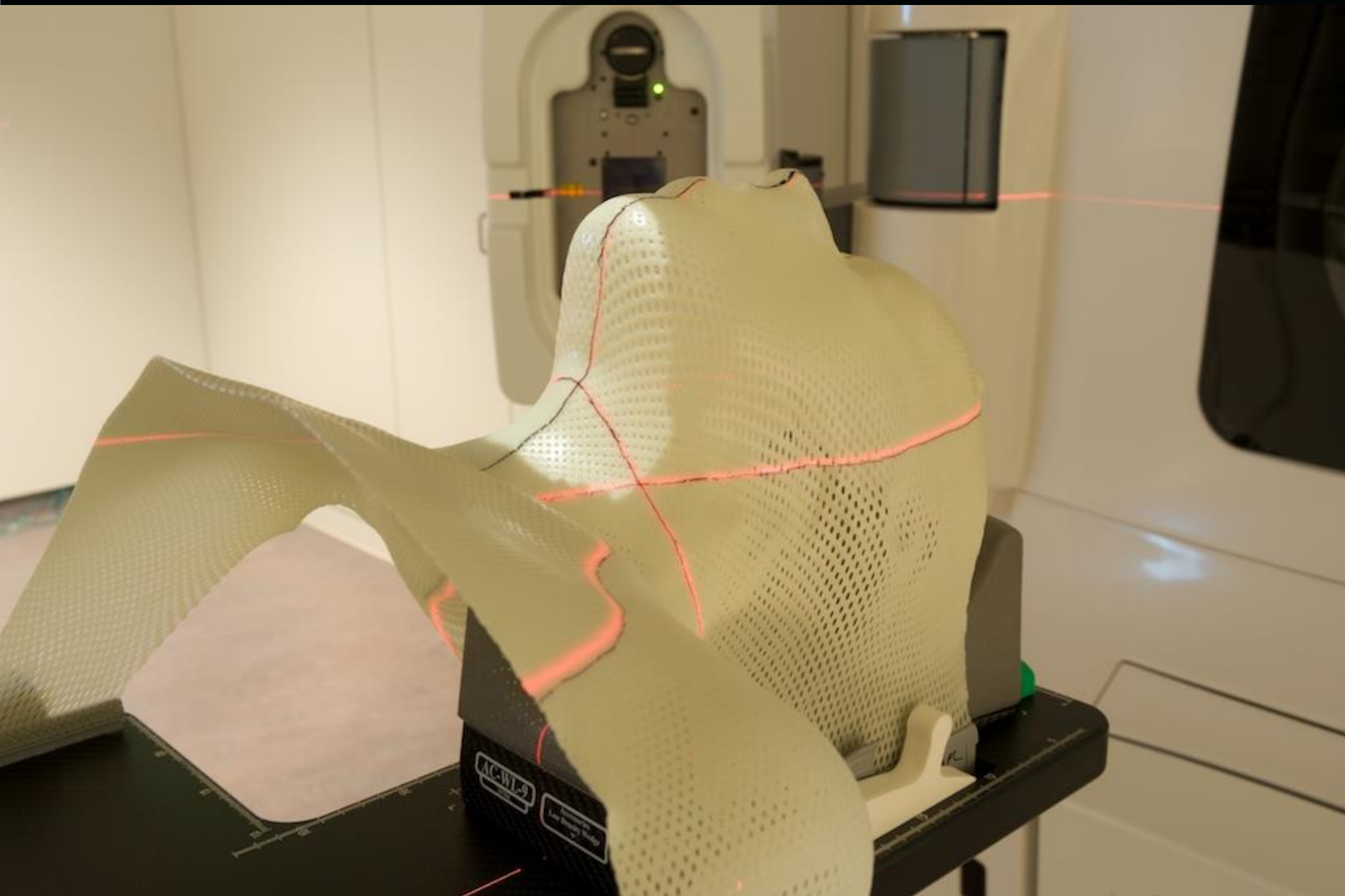














## Planning

### Intekenen

- Doelvolumen
- Risico-organen

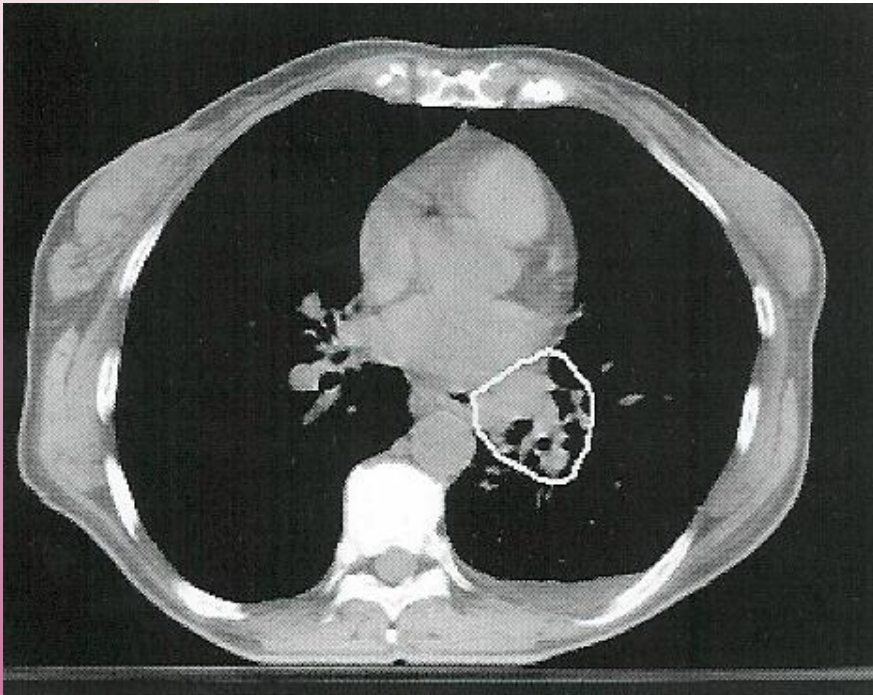
### Berekening



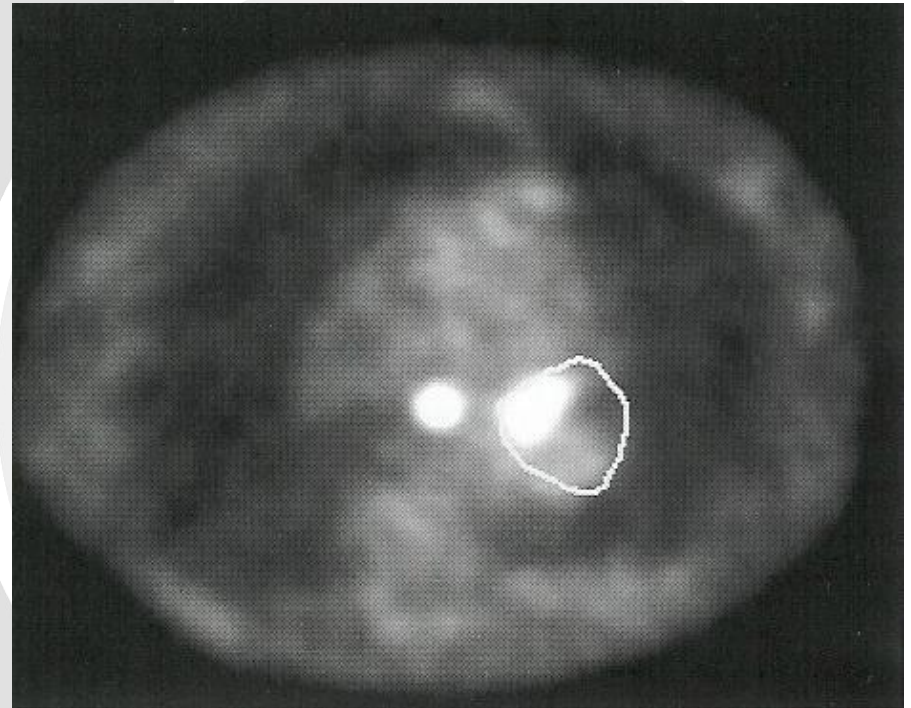


# Bestraling patiënt Patiëntentraject

## Beeldfusie



CT-scan

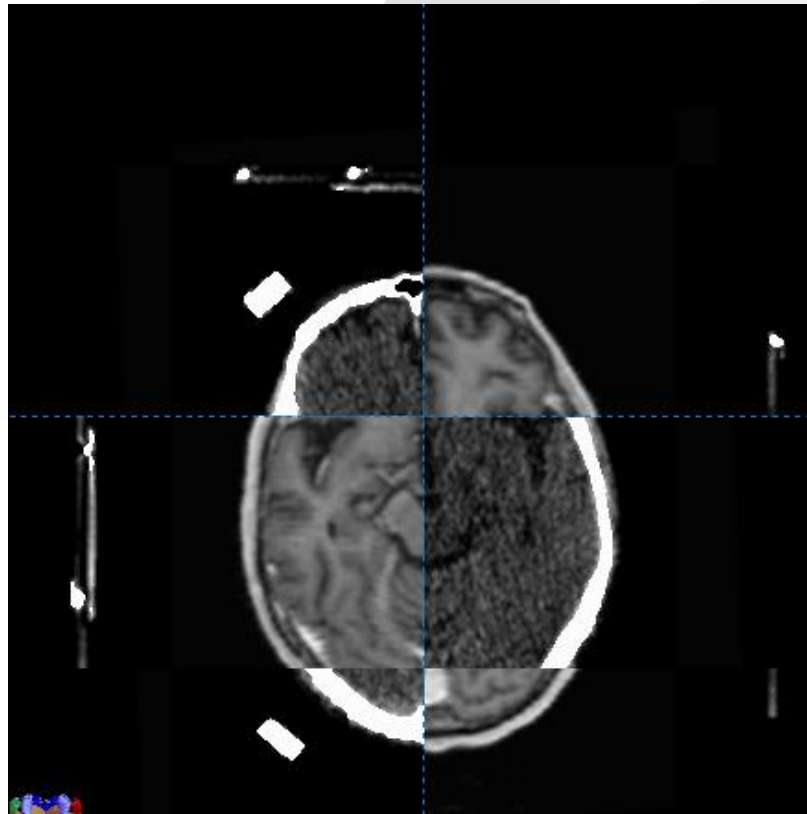


PET-  
scan

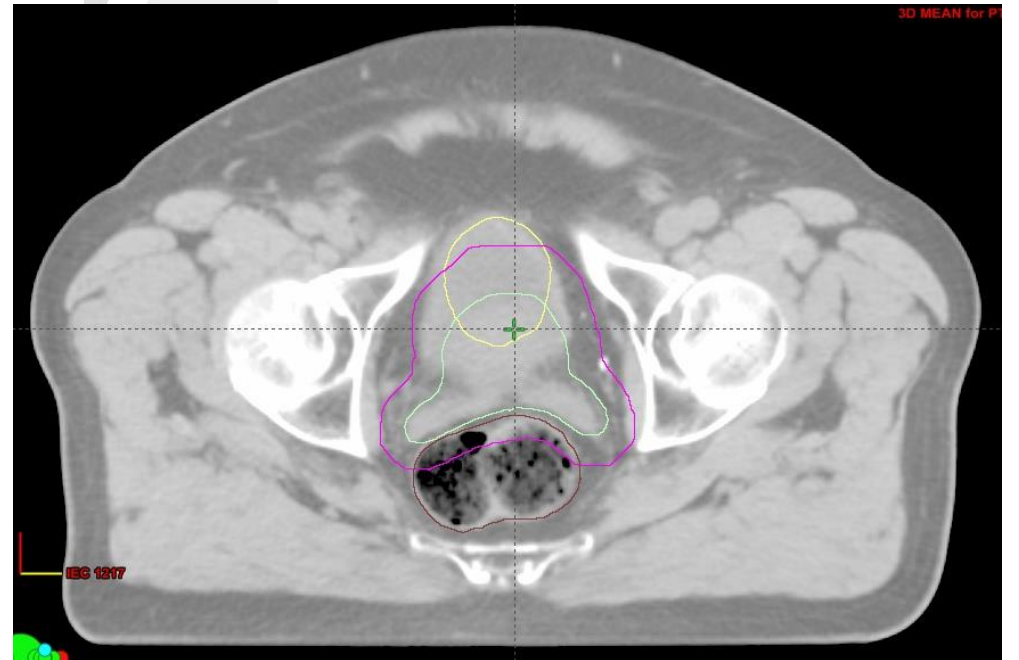
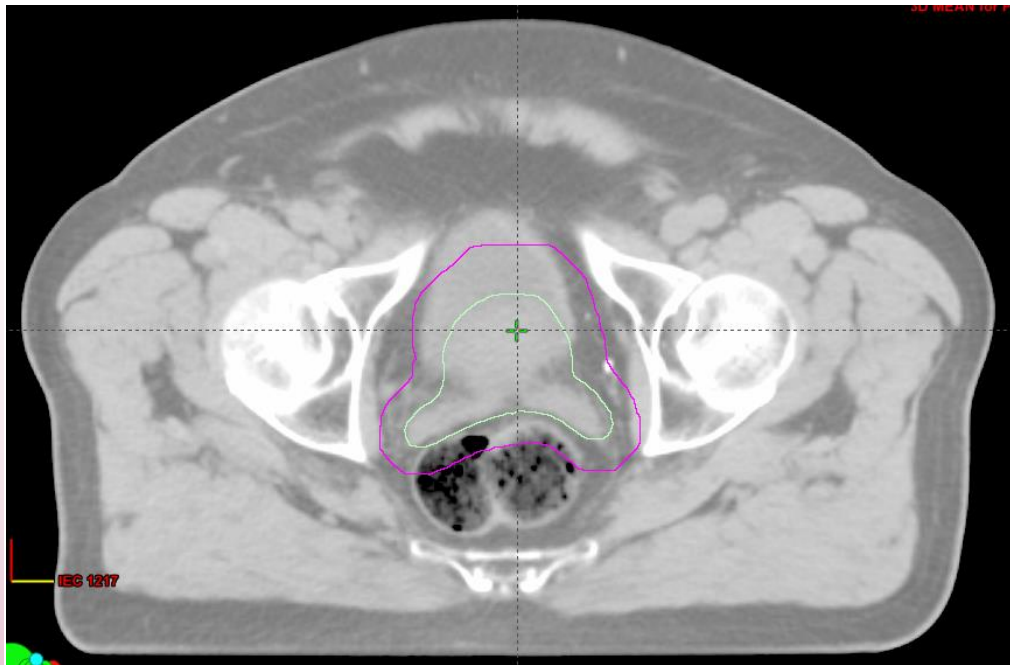


# Bestraling patiënt Patiëntentraject

## Beeldfusie



CT-scan + NMR





3D Dose MAX: 104.4 %  
3D MAX for PTV: 103.6 %  
3D MIN for PTV: 100.0 %  
3D MEAN for PTV: 101.5 %

R

A

RAO

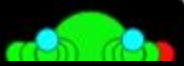
LAO

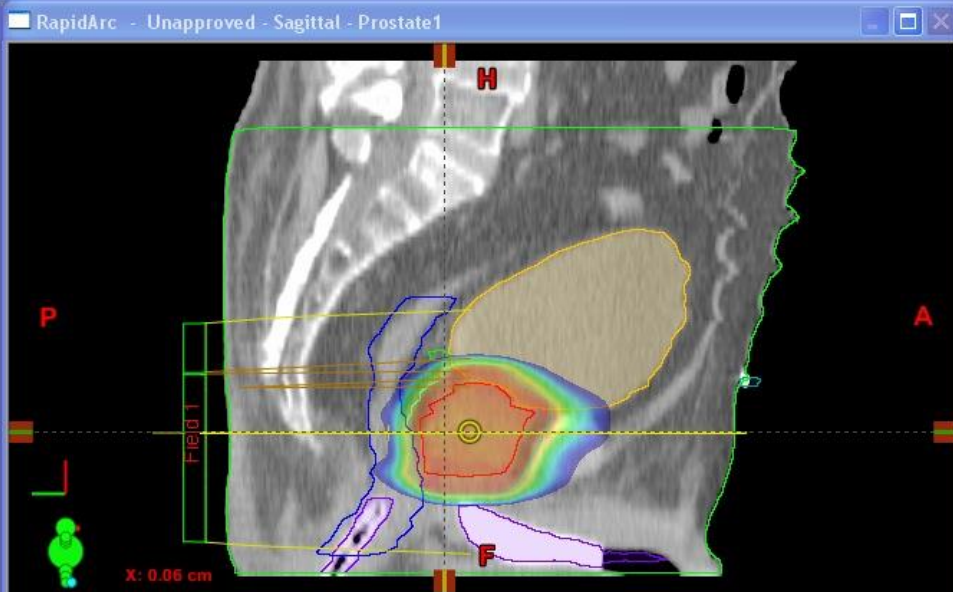
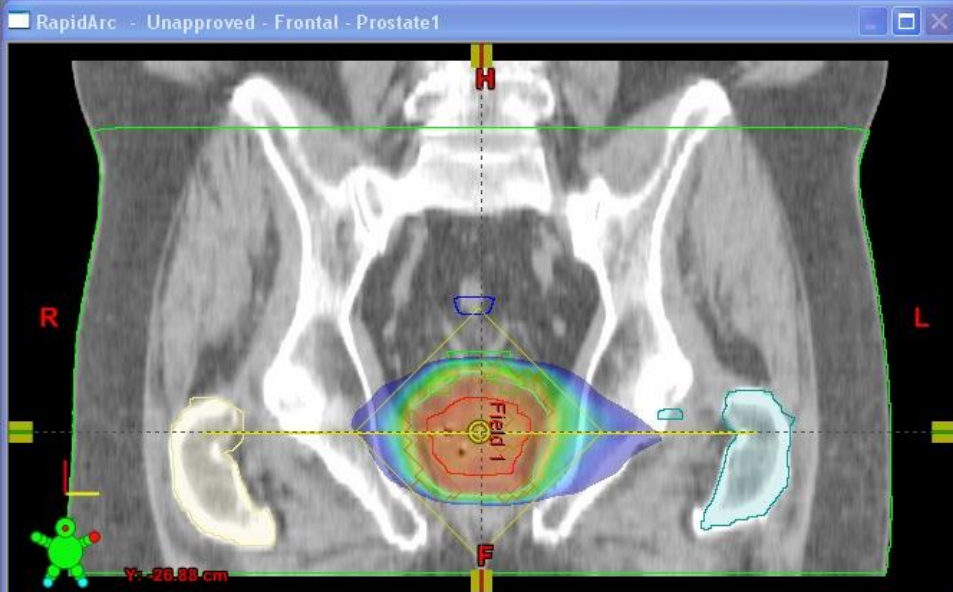
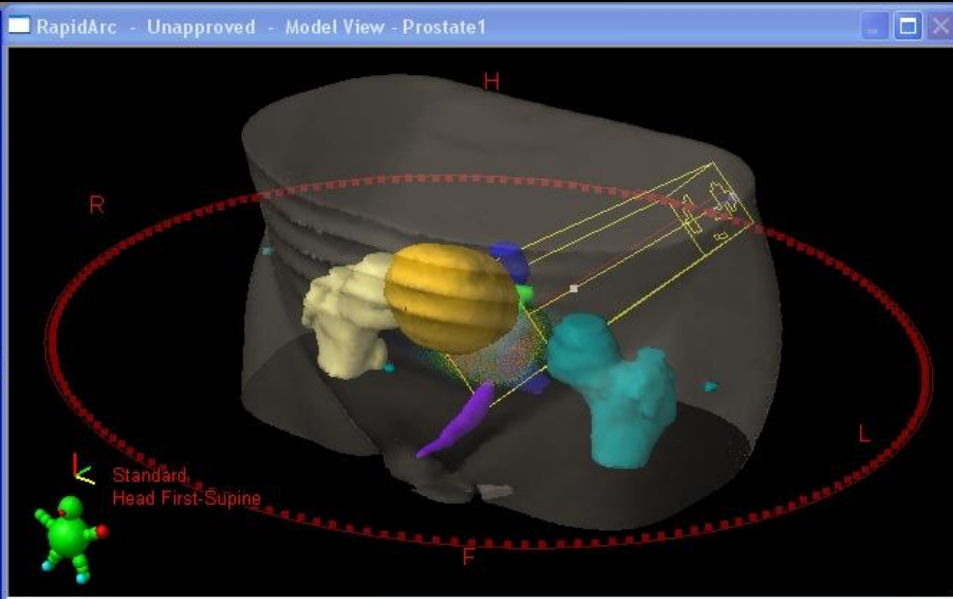
RPO

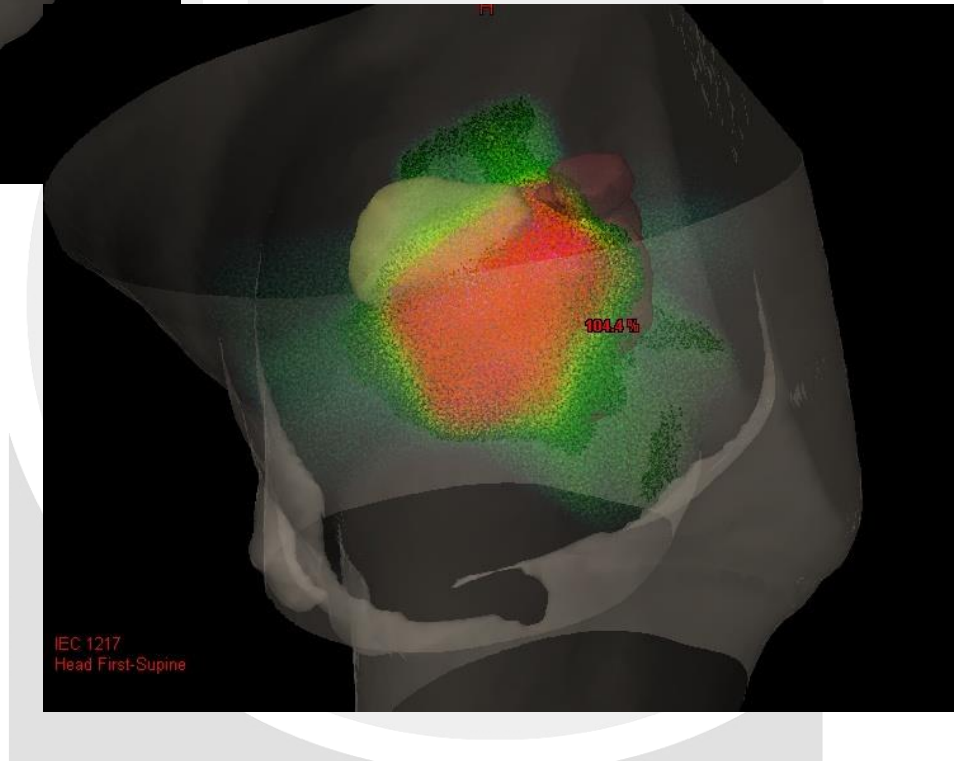
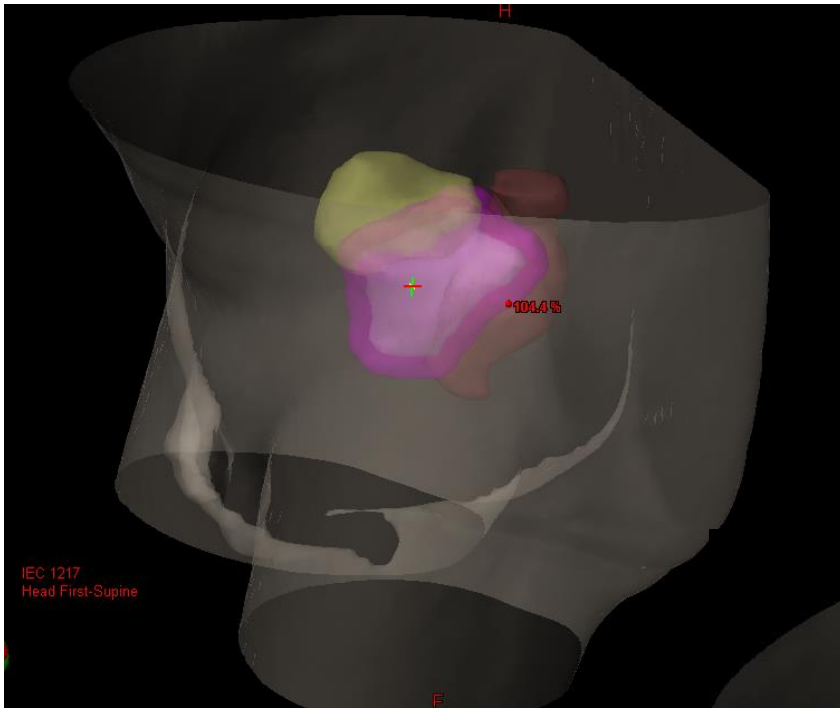
LPO

103.6 %

IEC 1217







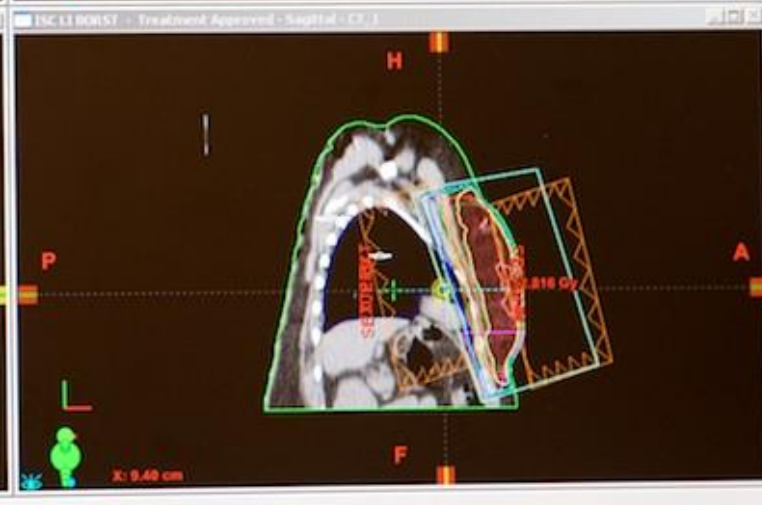
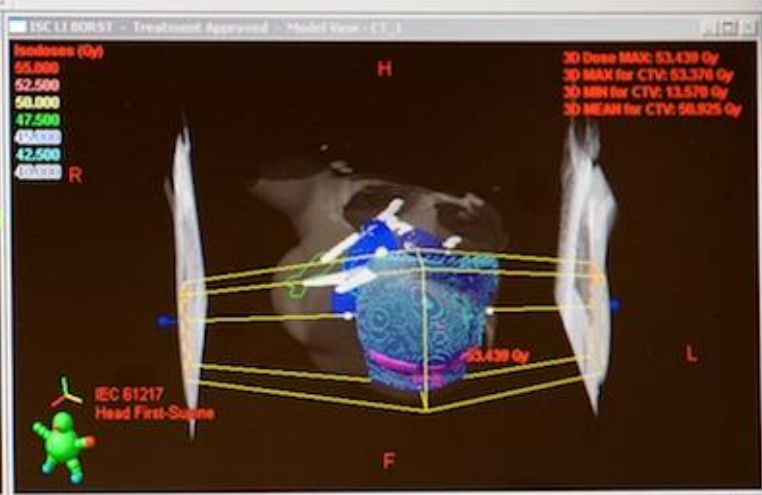
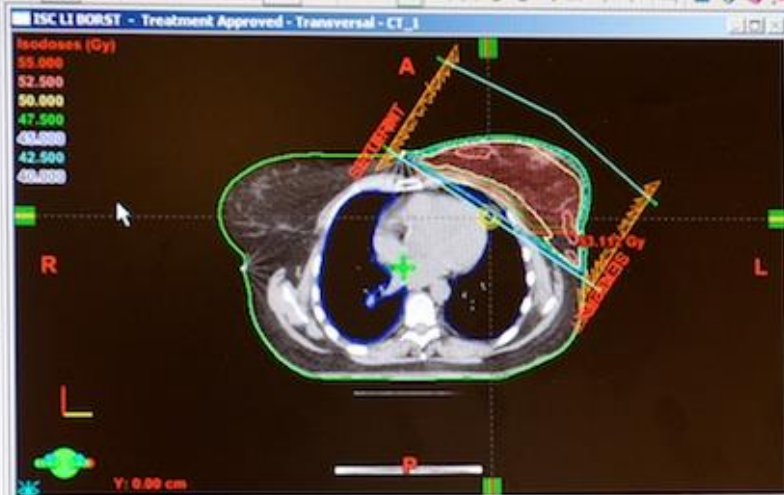
500055

- QA\_POP
- LI BORST ISC1
- ISC 600MUM1
- C1
- ISC LI BORST

---

ISC LI BORST

- CT\_1
  - Registered Images
    - CT\_1
      - BODY
      - BODY\_P
      - CAVITEITEN\_P
      - COMPENSATIE\_P
      - CTV
      - LI LONG
      - None
      - PTV
      - Phantom
      - RE LONG
      - enderstage
      - Use Origin
  - Reference Points
    - REF LI BORST
  - Dose
    - Fields
      - SETUP INT
      - SETUP INT ORR
      - SETUP EXT
      - SETUP EXT ORR
      - INTERN
      - INTERN ORR
      - Fluence
      - EXTERN
      - EXTERN ORR
      - Fluence



Selection | Registration | Contouring | Field Setup | Plan Evaluation

Fields | Dose Prescription |  Field Alignments |  Plan Objectives |  Optimization Objectives | Dose Statistics | Calculation Models | Plan Sum

Group	Field ID	Technique	Machine/Energy	MLC	Field Weight	Scm	Gantry Rtn (deg)	Coll Rtn (deg)	Couch Rtn (deg)	Wedge	Field X (cm)	X1 (cm)	X2 (cm)	Field Y (cm)	Y1 (cm)	Y2 (cm)	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	SSD (cm)	MU	Ref ID (Gy)
<input checked="" type="checkbox"/>	SETUP INT	STATIC-I	CLINAC4 - 6X		0.00	Varian IEC	303.6	15.1	0.0	None	12.8	-0.0	+12.8	24.2	+13.0	+11.2	9.4	0.0	5.6	87.8		
<input checked="" type="checkbox"/>	SETUP EXT	STATIC-I	CLINAC4 - 6X		0.00	Varian IEC	123.6	344.9	0.0	None	12.8	+12.8	+0.0	24.2	+13.0	+11.2	9.4	0.0	5.6	87.6		
<input checked="" type="checkbox"/>	INTERN	STATIC-I	CLINAC4 - 6X	Dose Dynamic	1.00	Varian IEC	303.6	15.1	0.0	None	12.8	-0.0	+12.8	24.2	+13.0	+11.2	9.4	0.0	5.6	87.8	252	
<input checked="" type="checkbox"/>	EXTERN	STATIC-I	CLINAC4 - 6X	Dose Dynamic	1.00	Varian IEC	123.6	344.9	0.0	None	12.8	+12.8	+0.0	24.2	+13.0	+11.2	9.4	0.0	5.6	87.6	240	



# Bestraling patiënt

Patiëntentraject

## Toestellen

Stereotactie



## Toestellen

- ☛ KV (Kilo Volt)
- ☛ Cobalt
- ☛ Lineaire versneller





VIEWIMAGES™





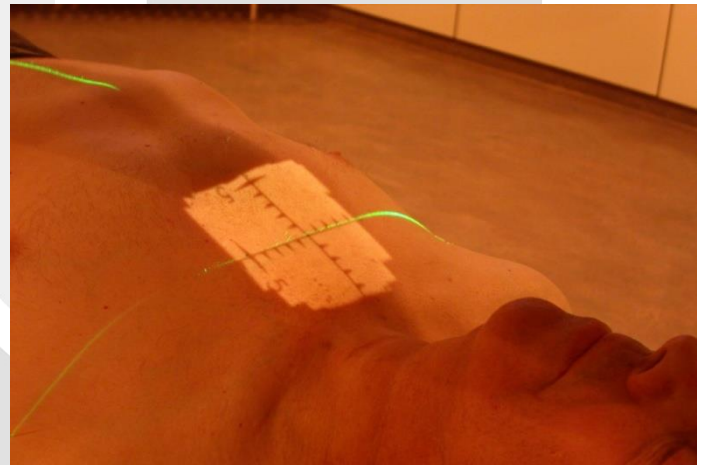
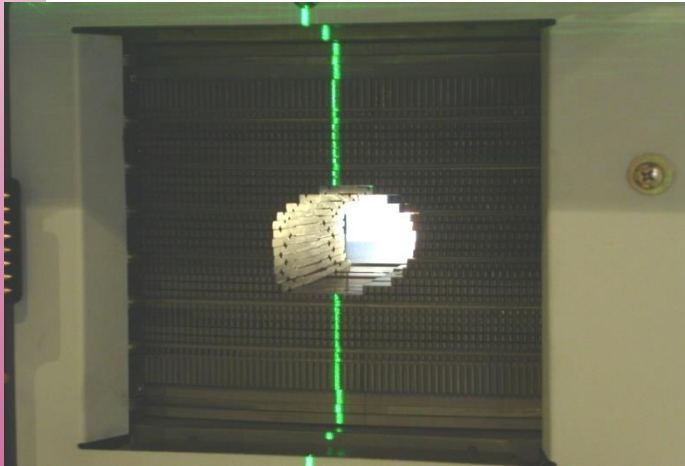
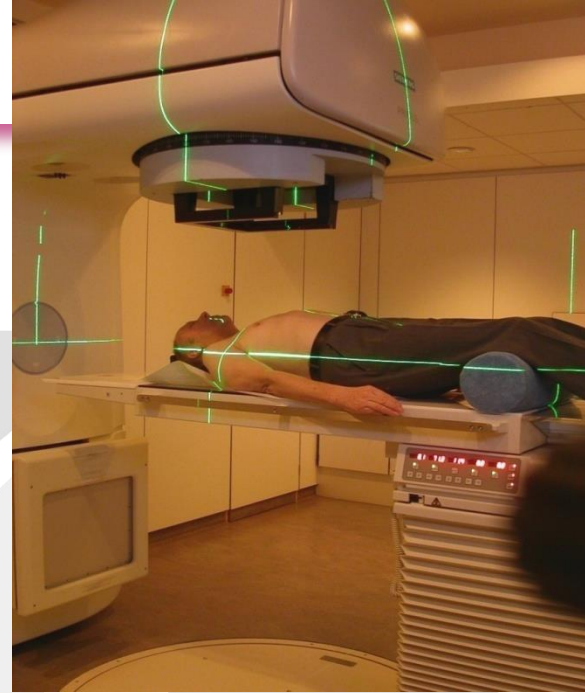
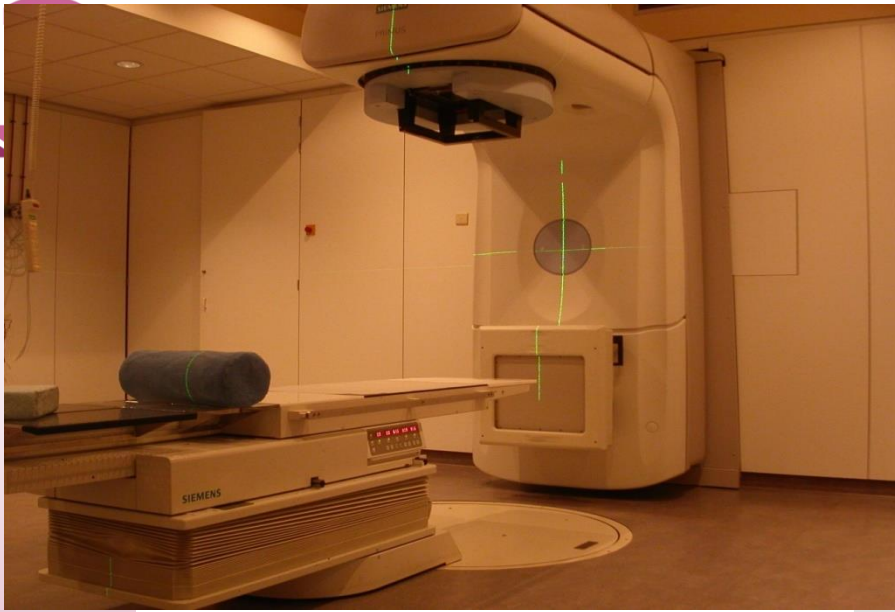


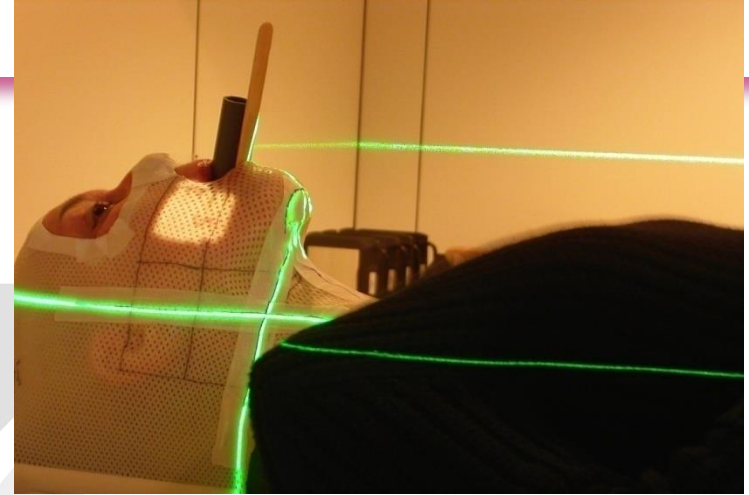
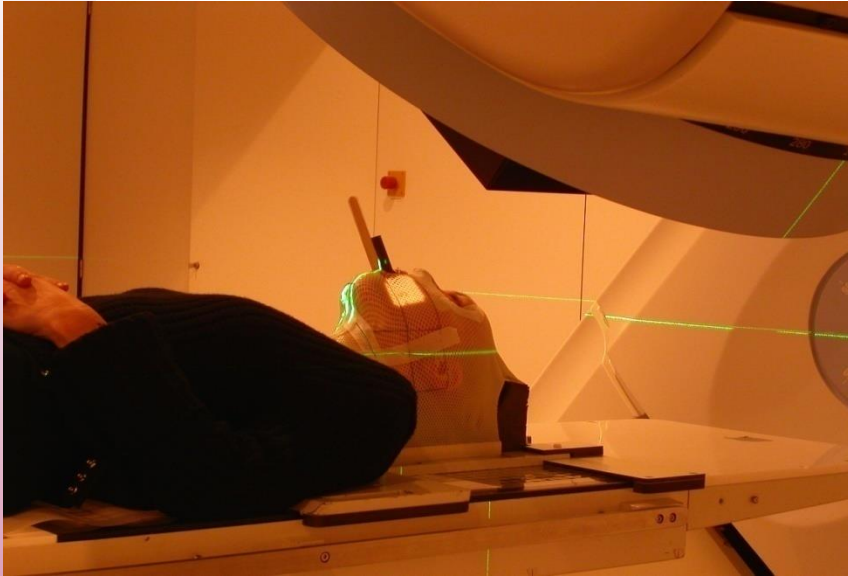
**Portal  
imaging**

**Bedienung**

**Patient  
monitoring**









# Bestraling patiënt Bestraling

---

Portal imaging

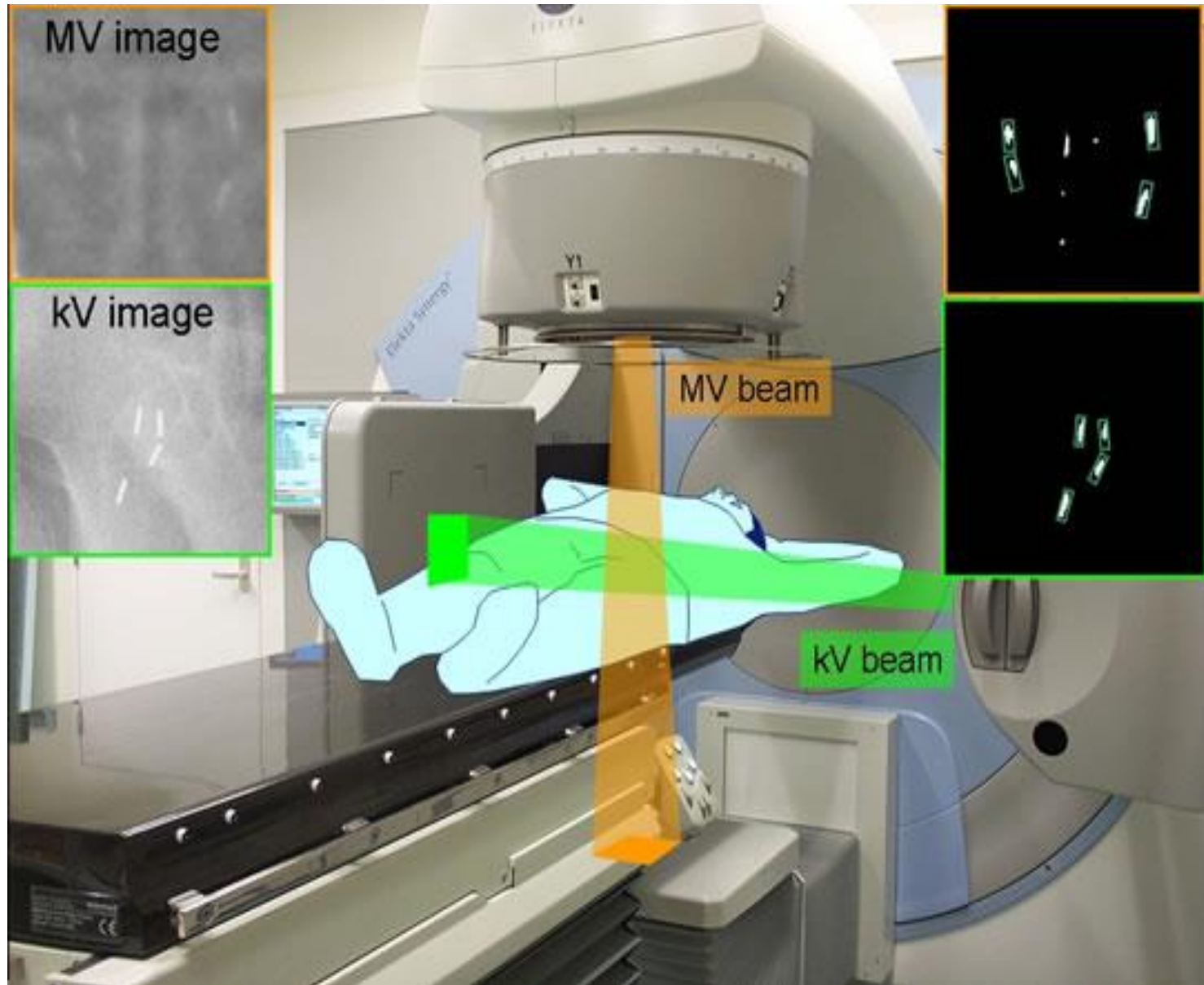
In vivo dosimetrie

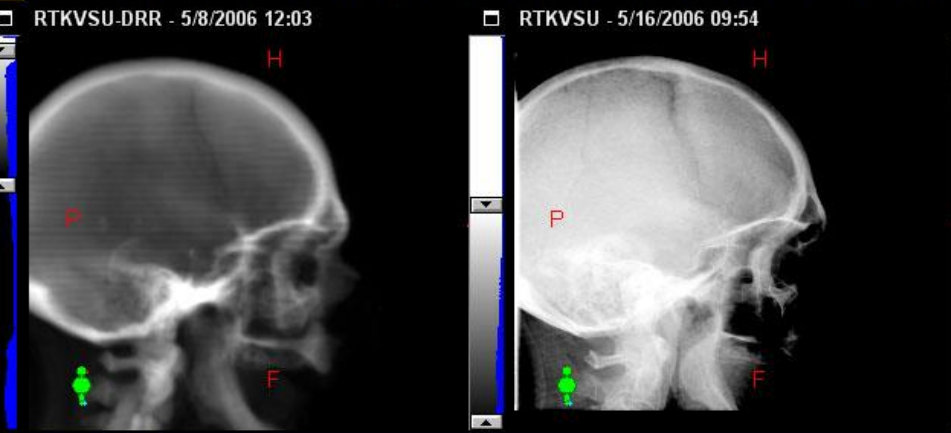
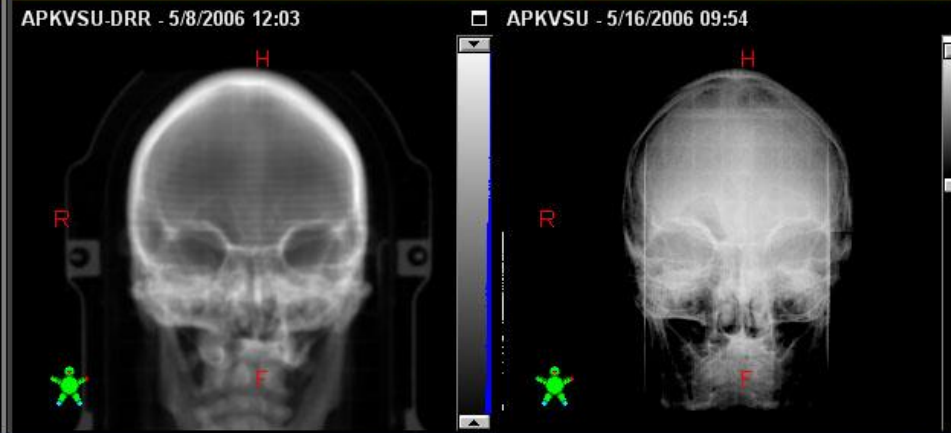
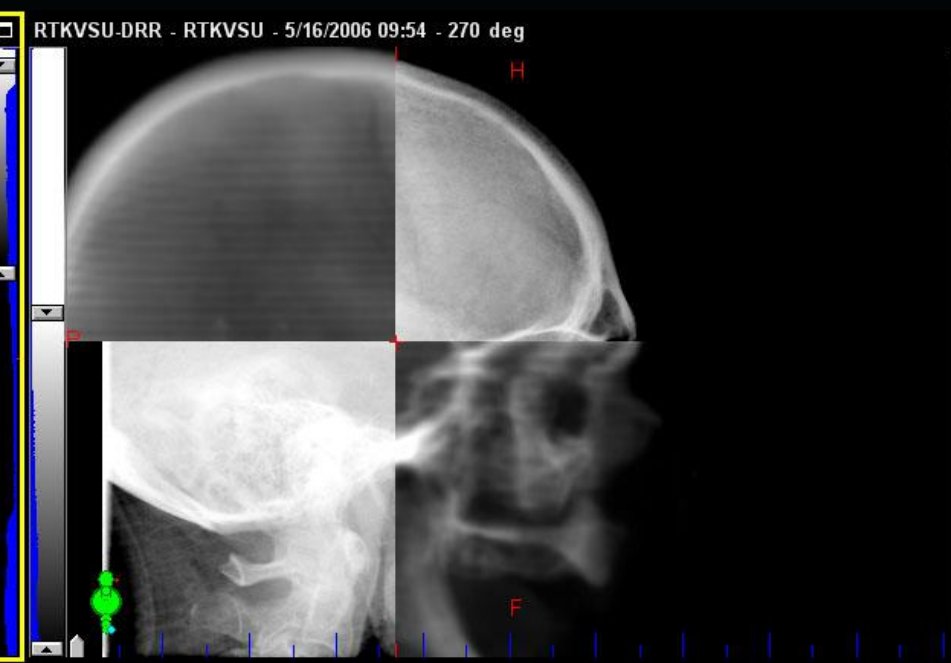
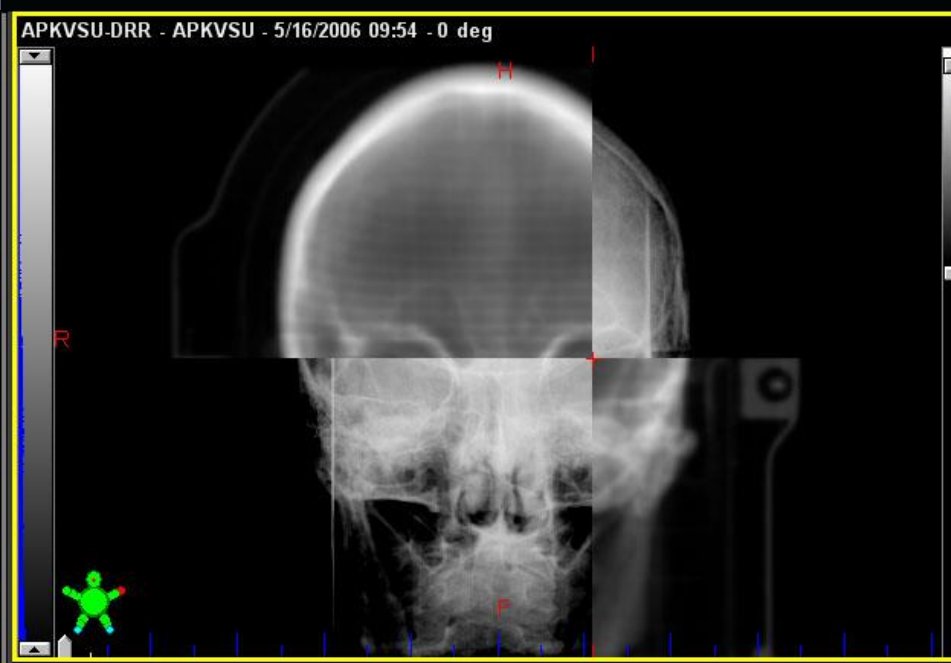
Verificatie



Beamview







Couch Shift (VAR\_JEC Scale)

	TARGET	ACTUAL	SHIFT		TARGET	ACTUAL	SHIFT	
Couch Vrt	21.0	21.2	-0.2	<input checked="" type="checkbox"/> Include	Couch Lat	999.3	999.3	0.0 <input checked="" type="checkbox"/> Include
Couch Lng	68.4	68.6	-0.2	<input checked="" type="checkbox"/> Include	Couch Rtn	0.00	0.0	0.0 <input type="checkbox"/> Include

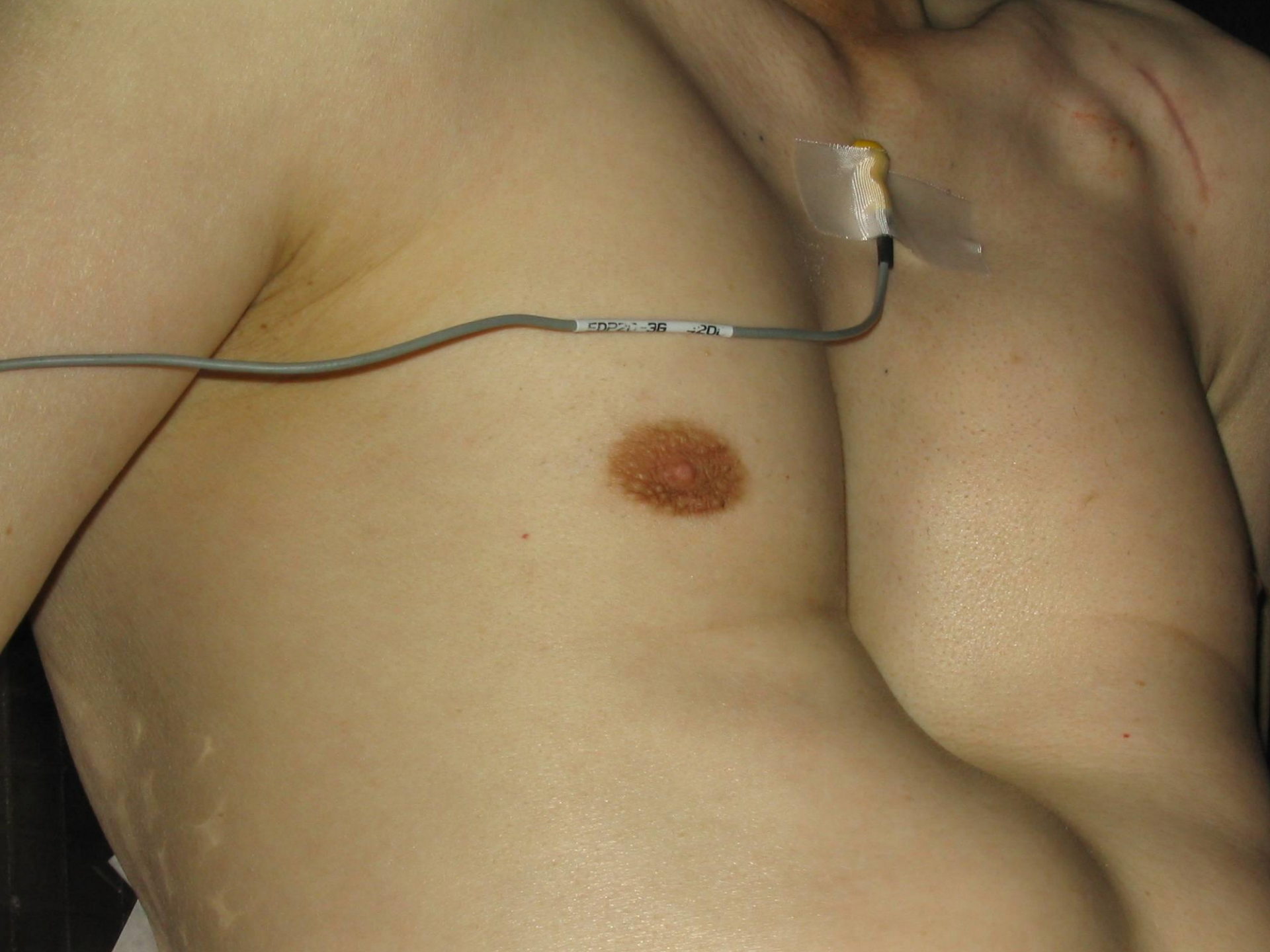
All units in cm and degrees

Perform the anatomy match

1. Acquire 2. Analyze



In Vivo





Re-take

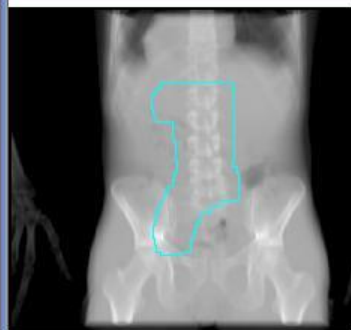
Save images

Initialize

Edit

View

[RO] PA-DRR - 11/03/2008 3:17



Clear Mode Up

Inactivate Field

Auto sequence mode

Fraction: 12/13

SEMINOOM

AP - SEMINOOM

PA - SEMINOOM

Plan

Actual

Plan

Actual

Plan

Actual

Technique

Static

Static

Coll Rtn

0.0

0.0

MLC

Static

Energy

18X

18X

Field Y

Couch Vrt

8.3

8.9

Dose Rate

500

Field X

Couch Lng

0.0

65.0

MU

94

94

Gantry Angle

180.1

180.0

Couch Lat

0.0

92.9

Iso Rtn

0.0

0.0

Tol. Table

Fotonen Primus

Y1

13.0

13.0

VW

Y2

13.5

13.5

Reticle

RETIC

RETIC

X1

4.4

4.4

Wedge

NoAccy

NoAccy

X2

8.1

8.1

Tray/  
Applicator

NoAccy

NoAccy

SSD

90.7

Show Setup Note...

Show Patient Photo

Close Patient

Add Portal Image

Add Film

Create Field

Override

Acquire Actuals

Edit Plan

Undo changes

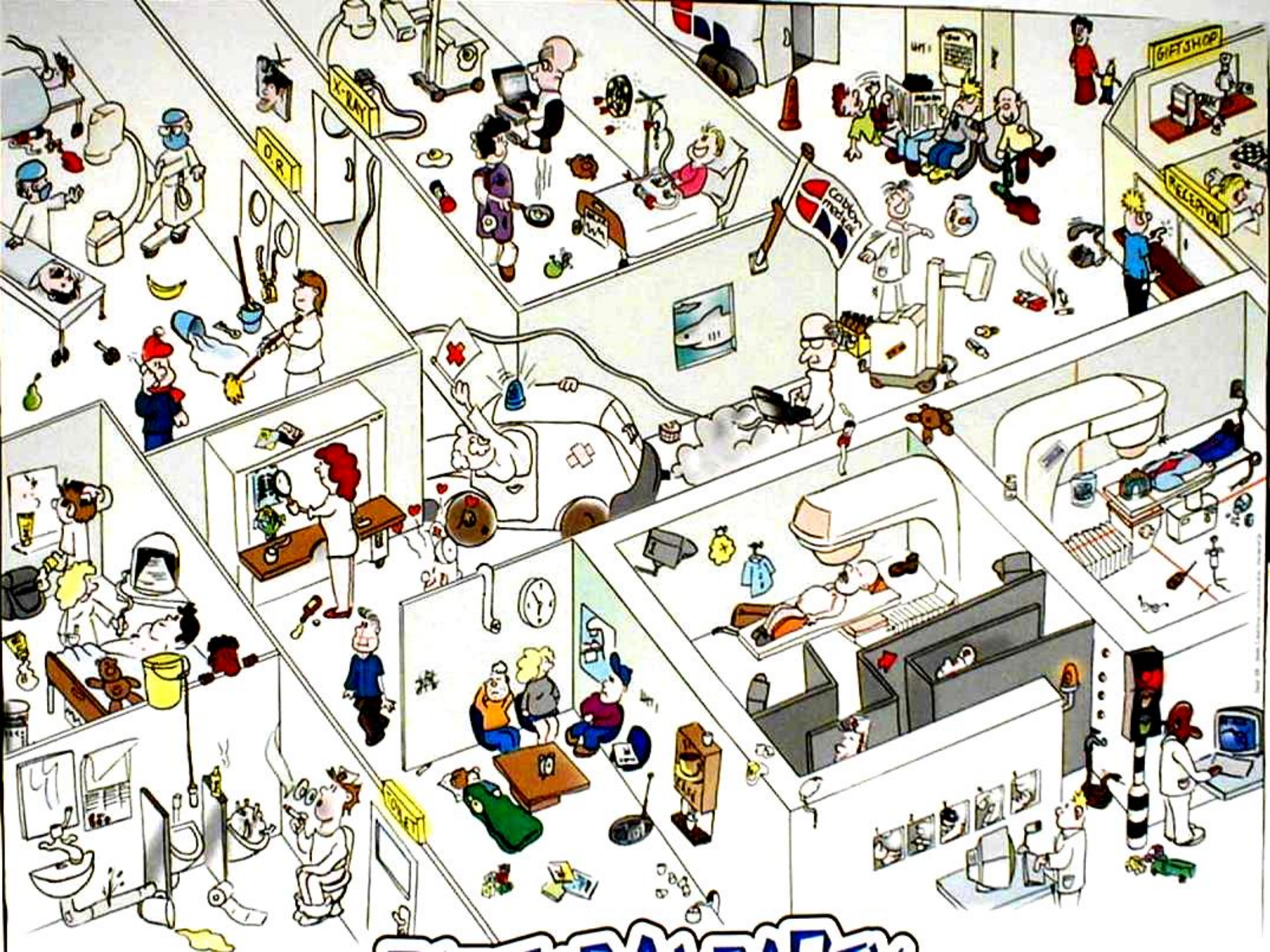
Help

Tools

Standby

Ready to radiate

AM





# Bestraling patiënt

Patiëntentraject

Toestellen

Stereotaxie



## Stereotaxie

Door driedimensionale techniek één of meerdere **zeer hoge dosissen** op een klein volume gegeven (**max 35mm**)



## *Indicaties*

### Intracraniëel:

- hersenmeta's
- AVM
- acousticus neurinoma's

### Extracraniëel:

- levermeta's
- longmeta's





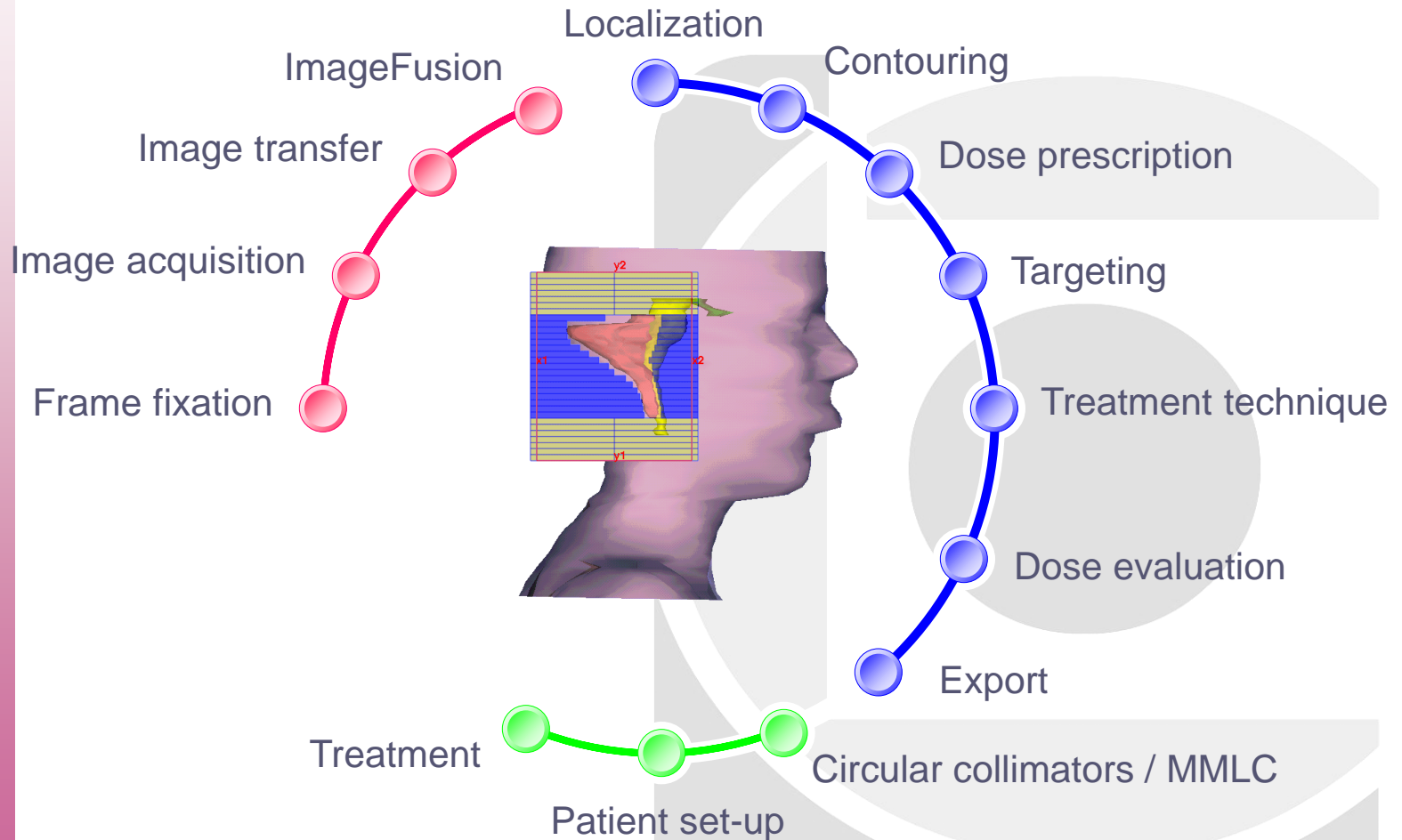
# Samenvattend

Stereotaxie

● **Imaging**

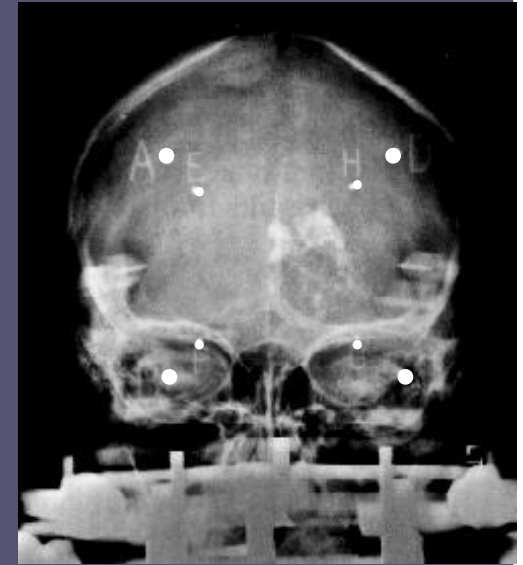
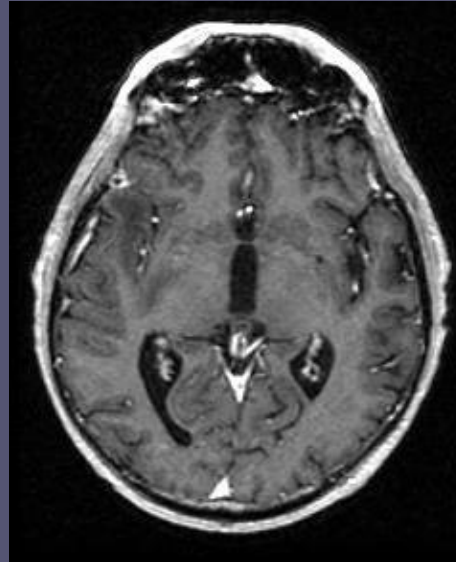
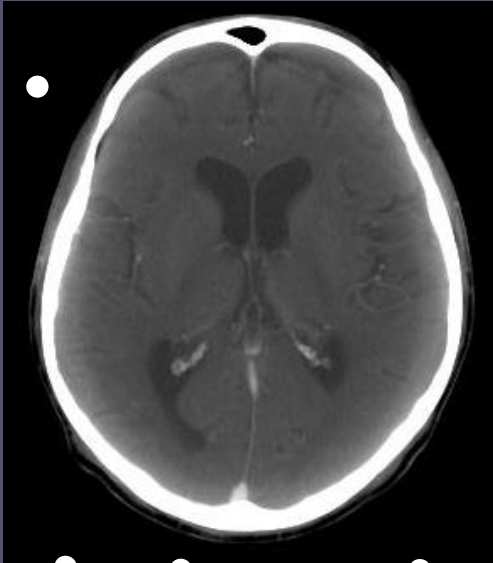
● **Treatment Planning**

● **Hardware**





# Beeldacquisitie en transfer





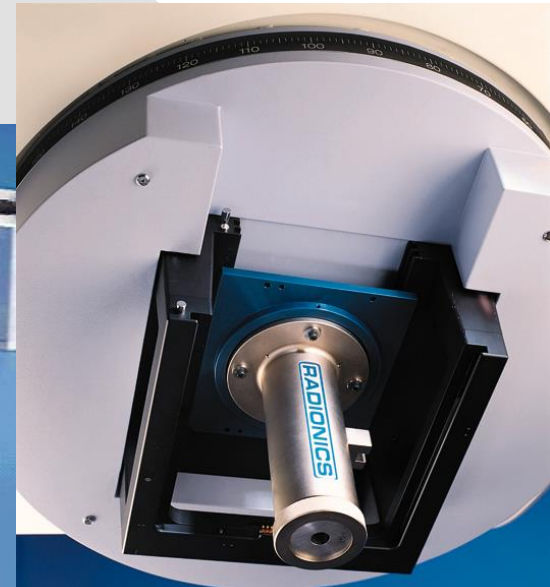
## Beeldfusie CT-NMR





## *Toediening*

- ☛ Ronde collimatoren: meest eenvoudig
  - Heel goed voor kleine ronde doelvolumes
  - Minder goed voor complexe doelvolumes
  - Meestal 5-tal bogen (arctherapie)

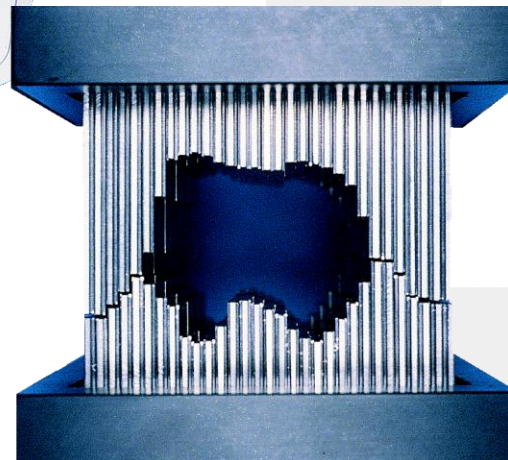




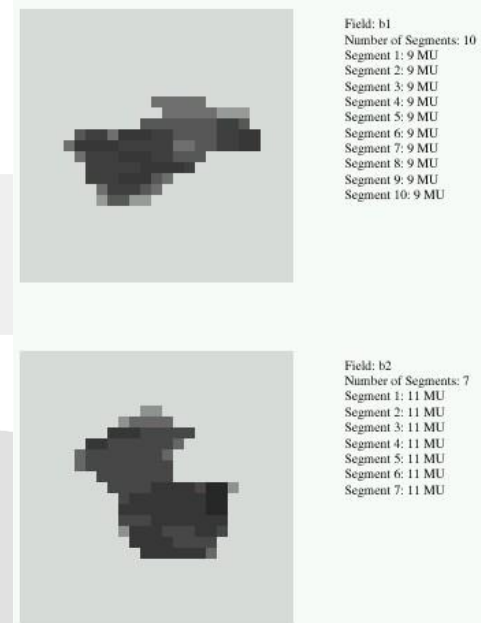
# Stereotaxie

## Micromultileaf collimator

- Meer ingewikkelde langwerpige doelvolumes mogelijk
- Intensiteitsmodulatie mogelijk



4mm leaves in isoc.









---

# BRACHYTHERAPIE





- **Interstitiële brachytherapie**  
aanbrengen bestralingsbronnen in de tumor zelf
- **Contact- of plesiobrachytherapie**  
bestralingsbronnen liggen tegen de tumor
  - intralumineel
  - intracavitair
  - oppervlakkige BT



## Voordeel t.o.v. externe RT

Door hoge dosisbestraling op een klein volume (tumor zelf al of niet met een veiligheidsmarge)

- hogere tumorcontrole
- minder nevenwerkingen t.h.v. omliggende goedaardige weefsels



Onderscheid maken tussen:

## Tijdelijk implant

- meestal Iridium
- welbepaalde implantatietijd
- berekening met de hand of TPS

## Permanent implant

- Iodium 125
- radioactieve bronnen blijven ter plaatse
- berekening steeds met TPS



# Tijdelijk implantaat

## VROEGER

### **Radium**

rigide naald v. 4 mm Ø  
en 3 cm lang

T<sub>1/2</sub> 1600 y  
HVL(lood) 16mm

## NU

### **Iridium**

draad v. 0,3 mm Ø  
- tot 50 cm

T<sub>1/2</sub> 74 d  
HVL (lood) 6mm



## Voordeel van iridium t.o.v.radium

- Iridium is **flexibel**. Kan zich dus plooien naar de anatomische structuren
- Belangrijk voordeel van **radioprotectie** gezien kortere periode, dunnere HVL lood, after-loading technieken (met de hand of remote afterloading)



# Invasief huidcarcinooma

---

Voornamelijk tumoren t.h.v. onregelmatig oppervlak, vaak i.h. aangezicht waar chirurgie mutilerend kan zijn

bv.

- lip
- neus
- oorschelp



# Dosisberekening: Systeem van Parijs

basisprincipes:

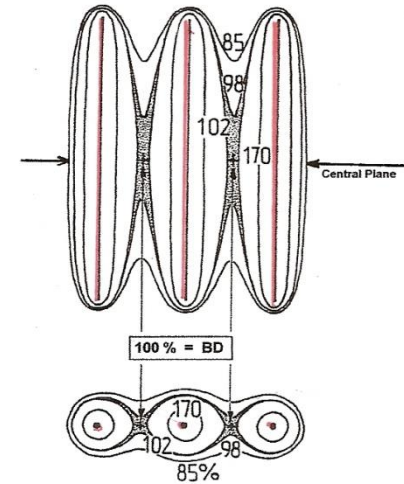
- de radioactieve lijnen moeten **evenwijdig** en **rechtlijnig** geplaatst worden en hun centra moeten in éénzelfde vlak liggen, loodrecht op de richting van de lijnen
- de lineaire **activiteit** van de bron moet uniform zijn over de volle lengte van de bron en identisch voor alle lijnen
- de lijnen moeten zich op **gelijke afstand** van elkaar bevinden (min. 8mm, max. 22 mm)
- volume-implanten: in driehoeken of vierkanten



# Stelsel van Parijs

Dosisberekening:

- **Basisdosisdebiet**



- **referentie-isodose = 85 %  
van het basisdosisdebiet**

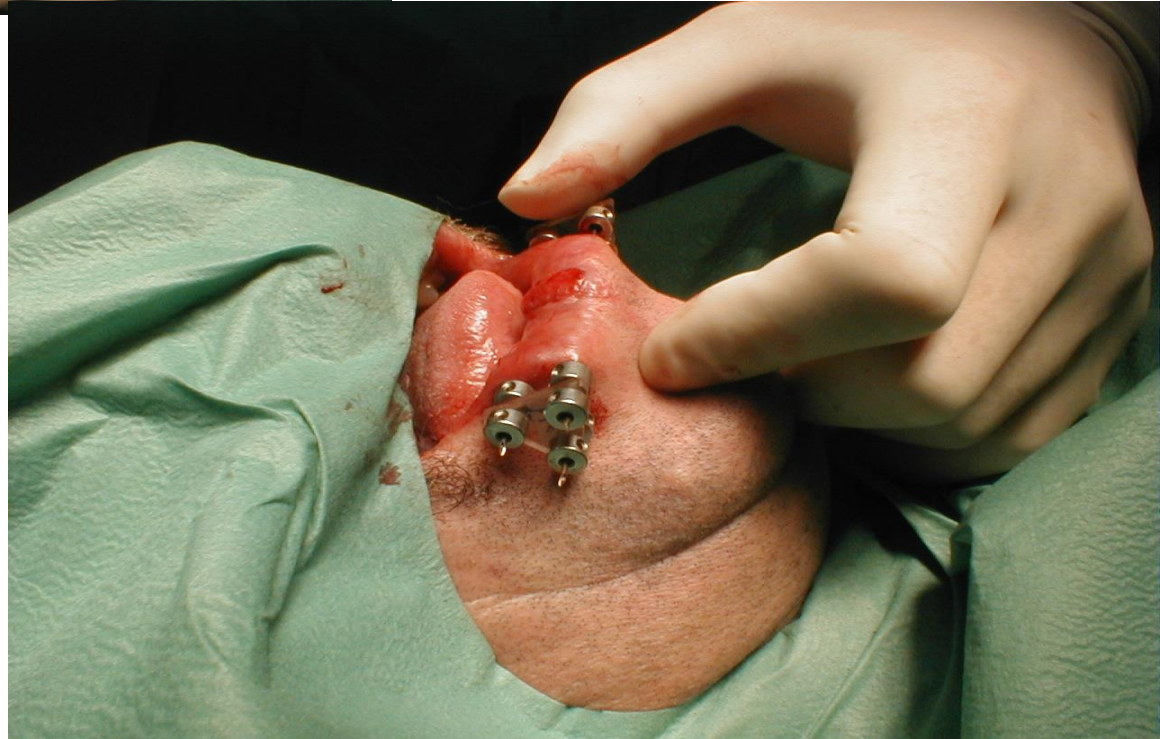
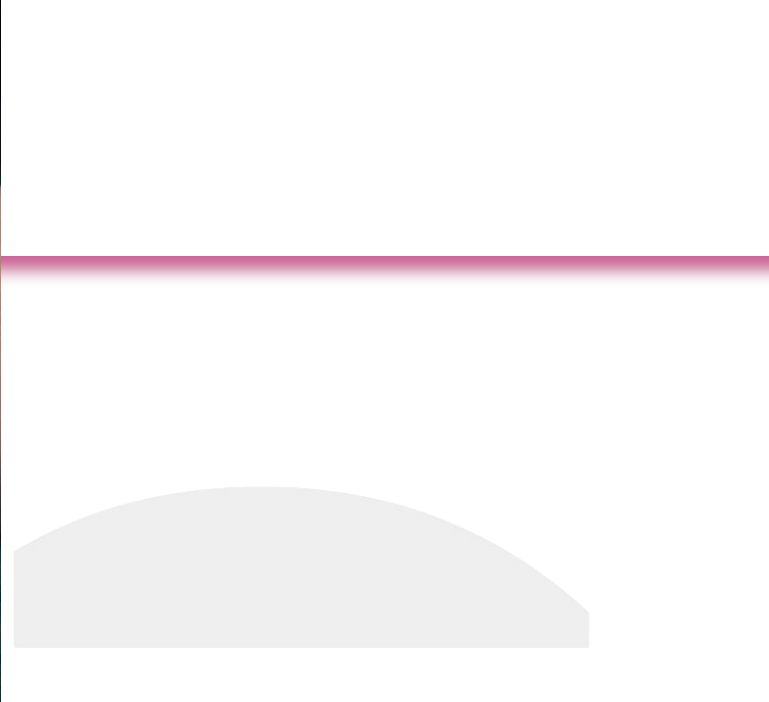
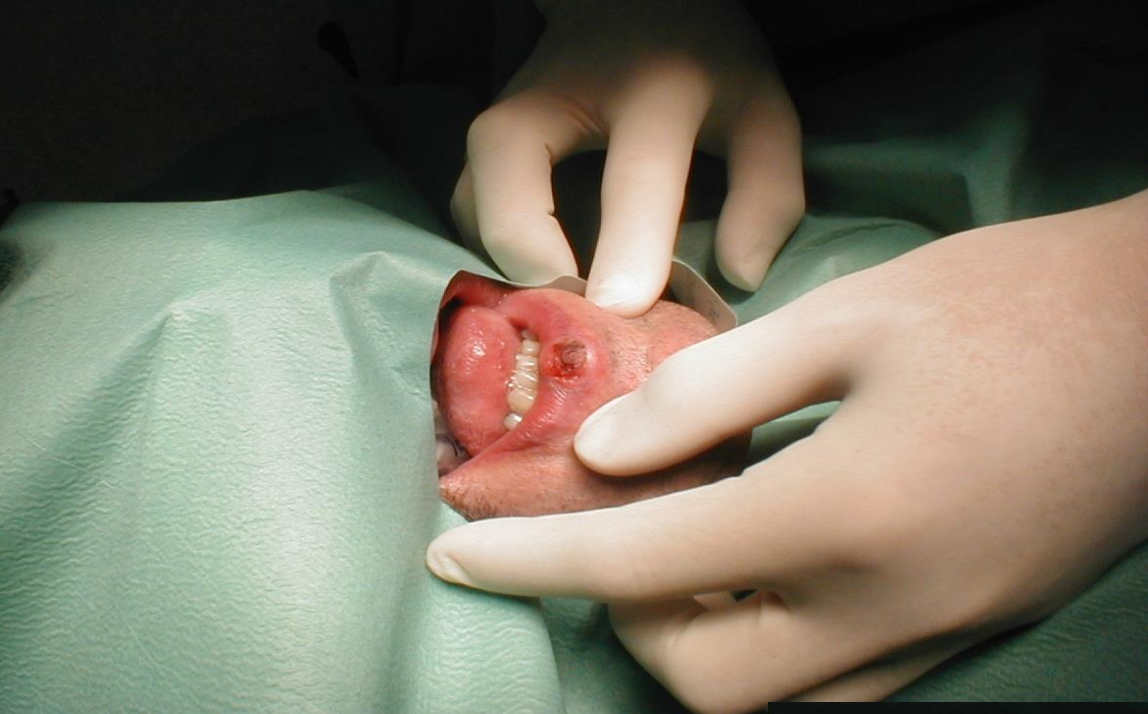
- hierop wordt de dosis voorgeschreven
- moet het doelvolumen omvatten

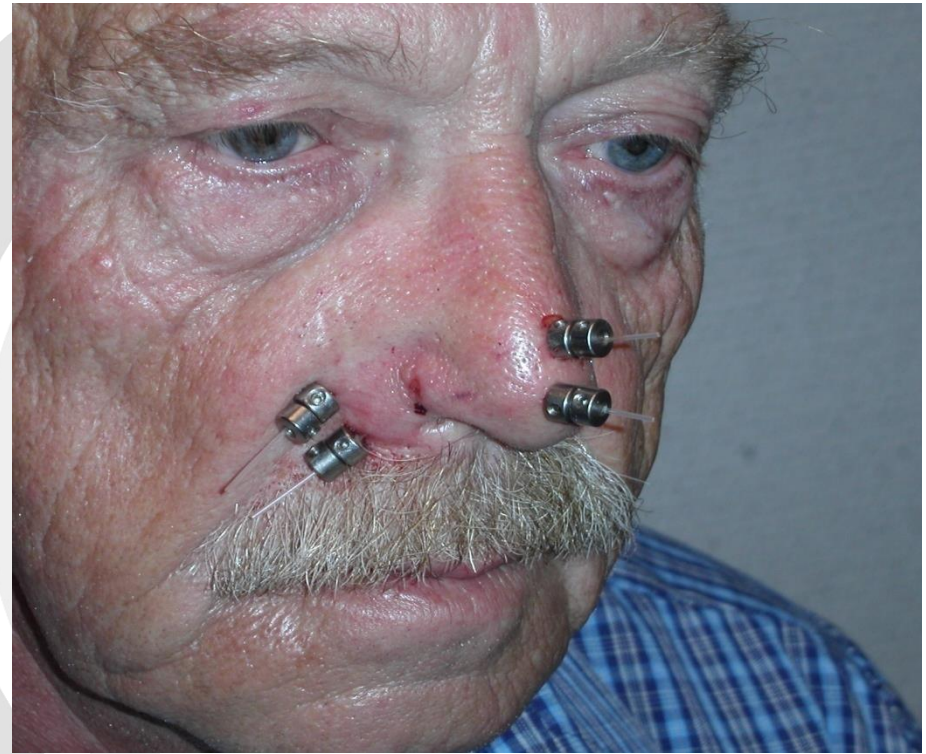


# Implantatieregels

---

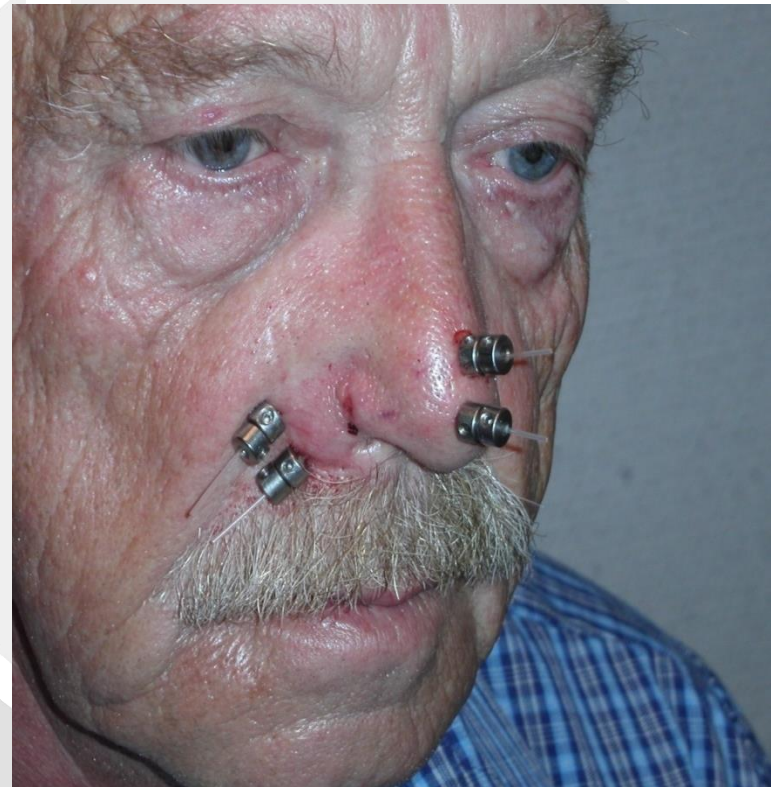
- bestraalde lengte is 0.7 de lengte v.d. Ir-draad
- Bestraalde dikte hangt af van de configuratie
  - 2 draden  $E \times 0.5$
  - vierkant  $E \times 1.55$
  - driehoek  $E \times 1.3$

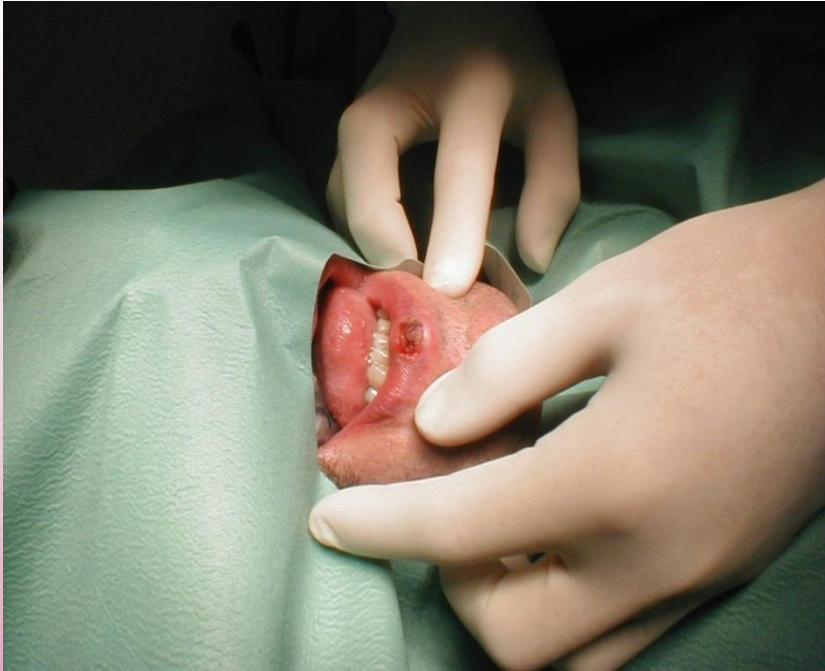


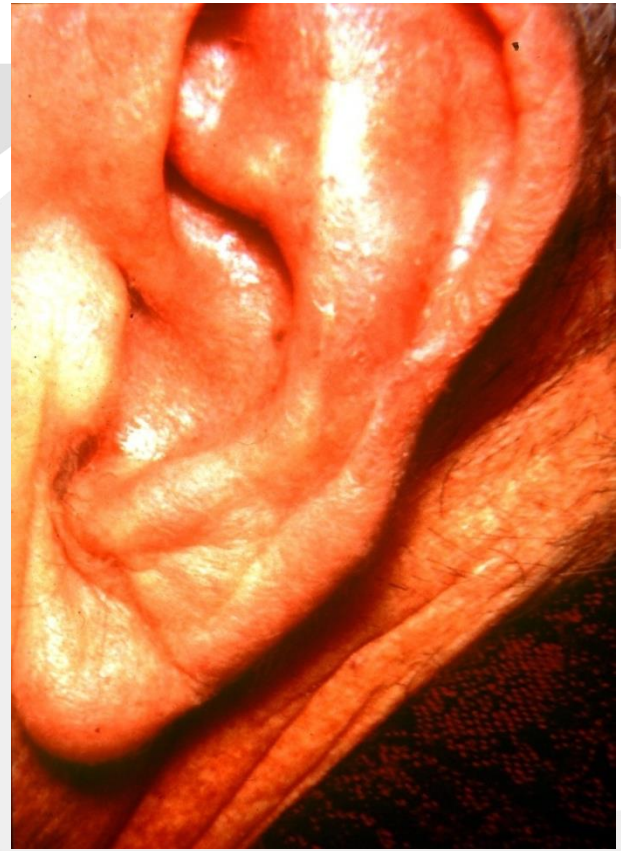












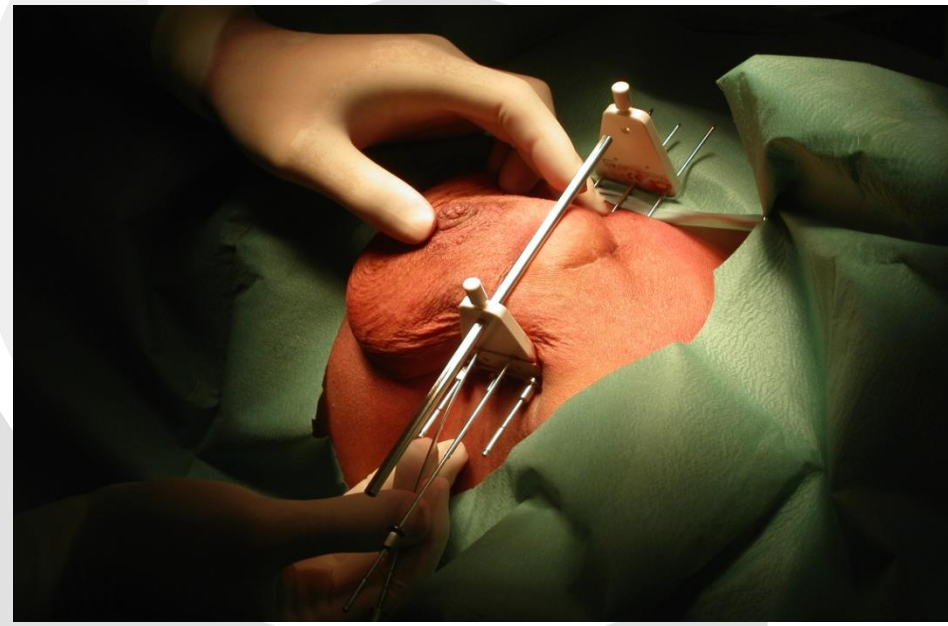
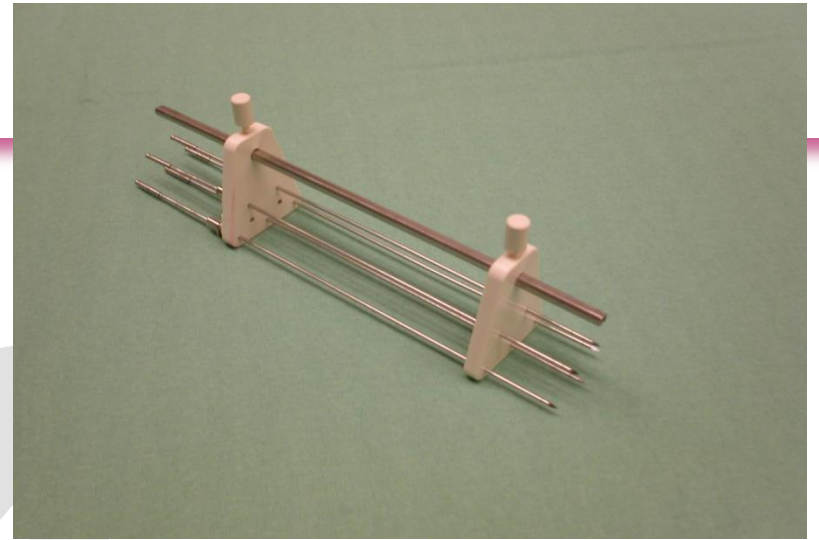
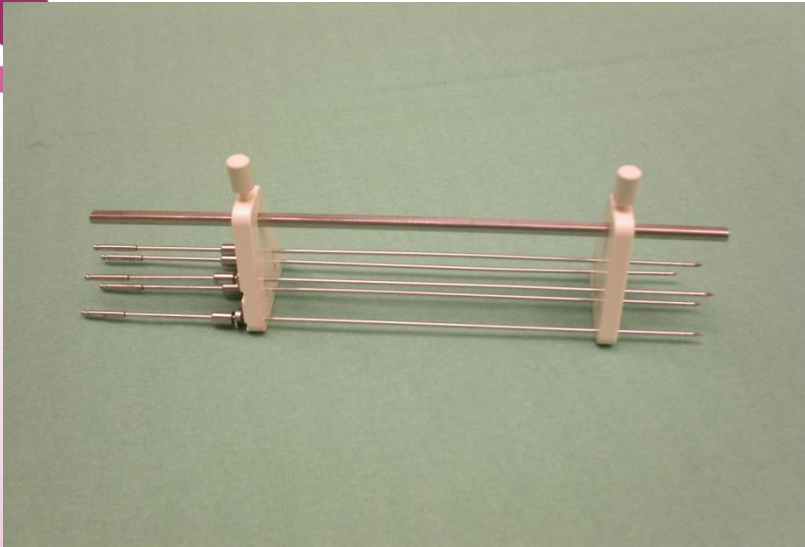


# Borstcarcinooma

---

Brachytherapie na uitwendige bestraling voor

- \* alle gelokaliseerde niet geopereerde tumoren
- \* alle tumorectomiën met positieve of nipte sectievlakken
- \* diepgelegen tumoren na tumorectomie







**PDR**

- Iridiumbron v. **4 mm** op geleiderdraad gemonteerd
- Geleiderdraad wordt om het uur met stappen van 0,5 cm **gepulseerd** om zo draad Iridium v.e. bepaalde lengte na te bootsen.
- ngl.de tijd die de bron op één plaats staat kan de dosis worden gemoduleerd en is het effect dus niet meer hetzelfde dan dat v.e. draad Iridium met een egale activiteit.



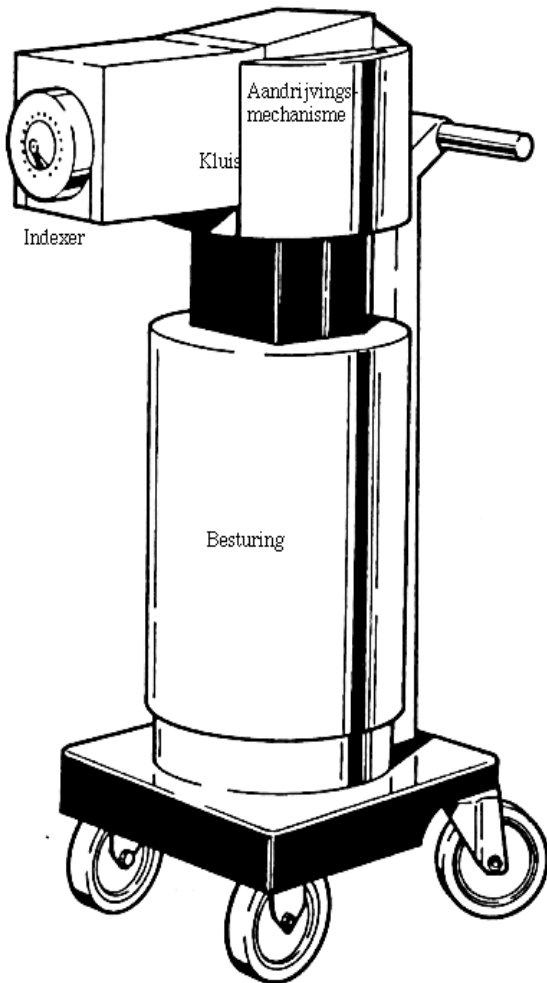
**Flexibele kabel**

**Ultra Flexibele kabel**

**Stalen omhulsel**



**Iridium bron  
0,4 mm**





# Voordeel PDR

---

- Debiet kan worden gekozen (ideaal tussen 0.6 en 0.9 Gy/h)
- Optimisatie van het implant (maar slecht geconfigureerd implant blijft slecht wegens hot-spots)
- Geen manipulatie van radioactief materiaal
- Weinig radioactief afval



# Nadeel PDR

---

- Kostelijk (bron, materiaal...)
- PC voor berekening
- Pannes



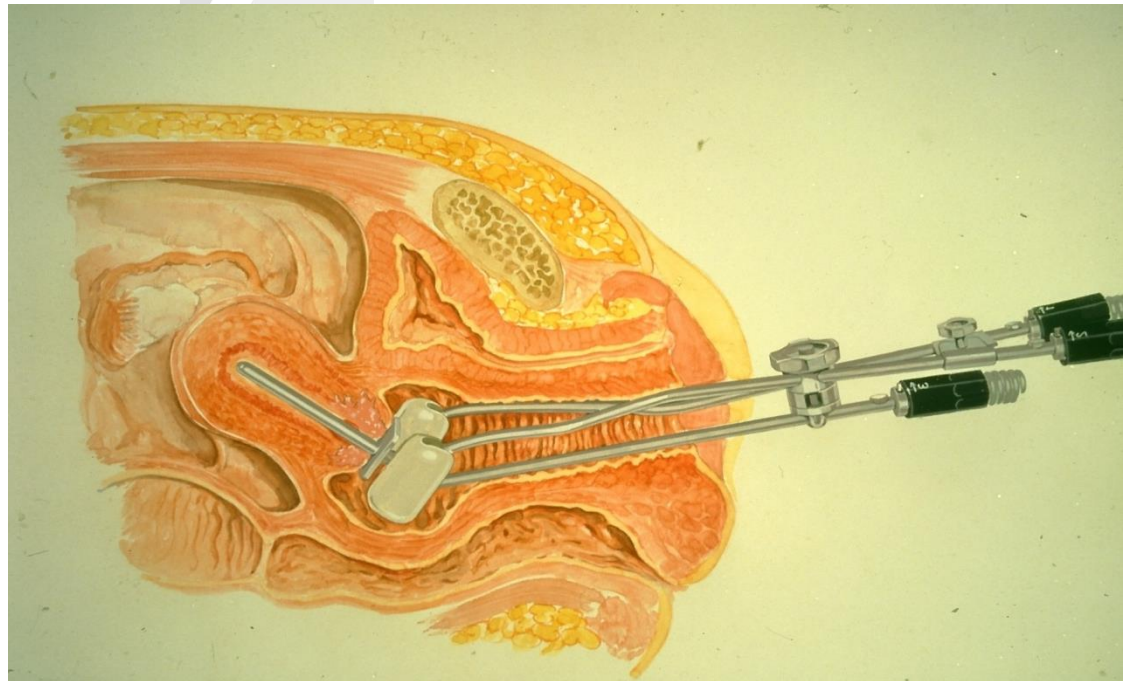
- Invasief baarmoederhals-carcinoma
- Baarmoeder-carcinoma
- Invasief vagina-carcinoma
- Postoperatief recidief



## Principe:

- heekunde zo mogelijk
- al ngl. kans op klier aantasting beginnen met ext.RT
- Brachytherapie

Zo inoperabel: Ext. RT + brachytherapie al of niet + concomitante chemotherapie





## peniscarcinoma

na circumcisio voor alle tu < 4 cm





- **Anaal kanaal carcinoma's**  
tot 4 cm na ext.RT + concomitante radiosensibiliserende chemotherapie (5 FU + CDDP of Mito)
- **Laag gelegen rectumcarcinoma's**  
tot 5 cm ext.RT + concomitante radiosensibiliserende chemotherapie (continu 5-Fu)  
Implantatie 6 tot 8 weken later op voorwaarde dat tu-residu < 2cm zonder sphincterstoornissen



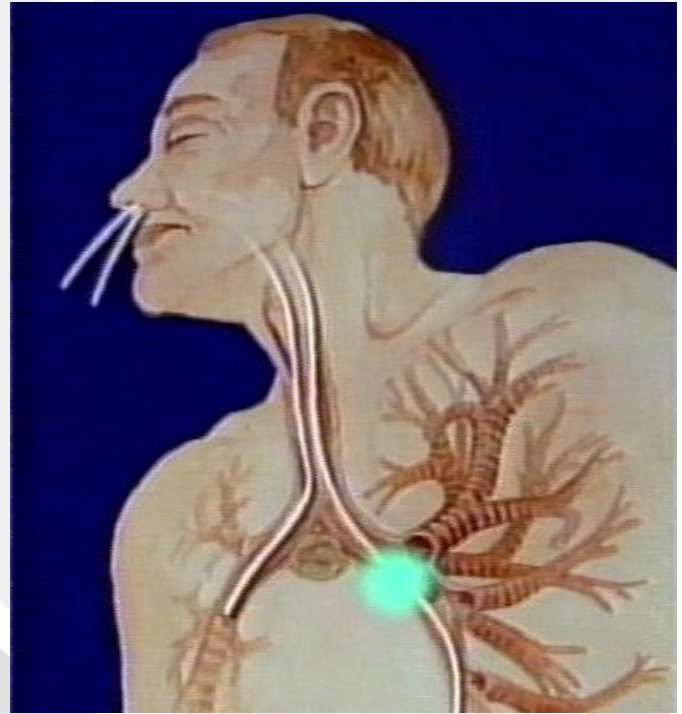
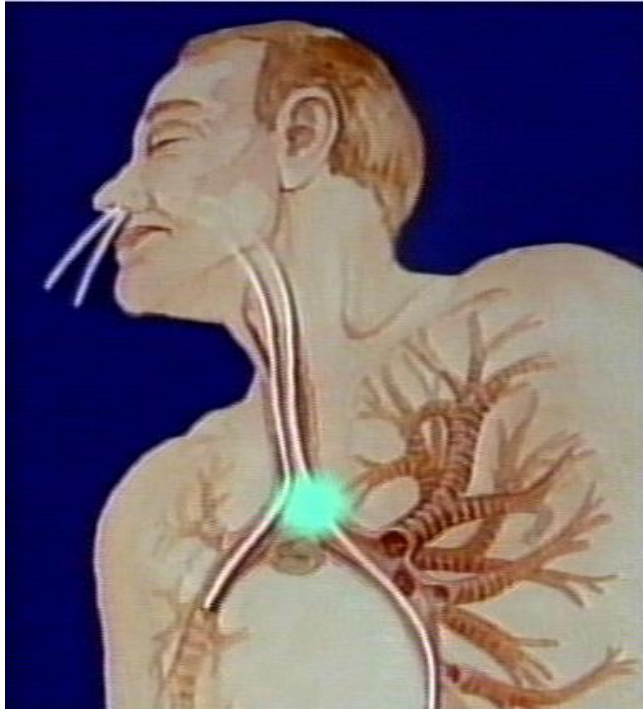
# Bronchuscarcinoma

- 'first intent' voor overblijvende endobronchiale component na externe bestraling
- desobstructie voor recidief na externe bestraling

Noot : **LDR** dosisdebiet tss 0.4 en 2 Gy/h

**MDR** 2 12

**HDR** >12





# Permanente implanten

## Iodium 125

zaadjes van 5 mm lengte en 1mm Ø **blijven ter plaatse**  
na implantatie

geometrie v.d. implantatie vooraf bepaald

**dosis x 3** t.o.v. externe RT

kostelijk ( +/- 50 Euro per zaadje)

T1/2: 60d



## - **Glioblastoma**

3 tot 5 zaadjes  
indien inoperabel  
na Ext-RT

## - **Prostaatcarcinoma**

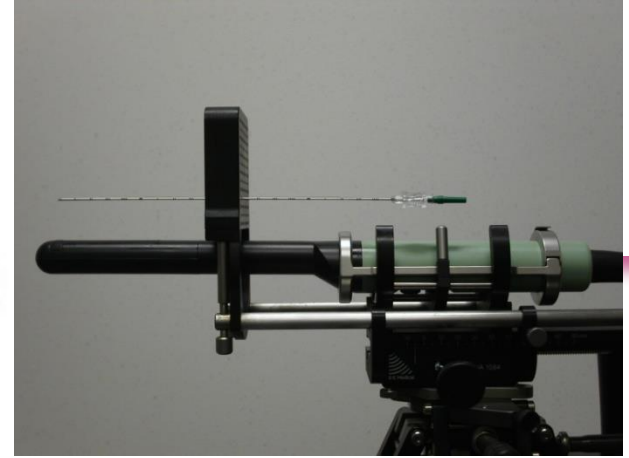
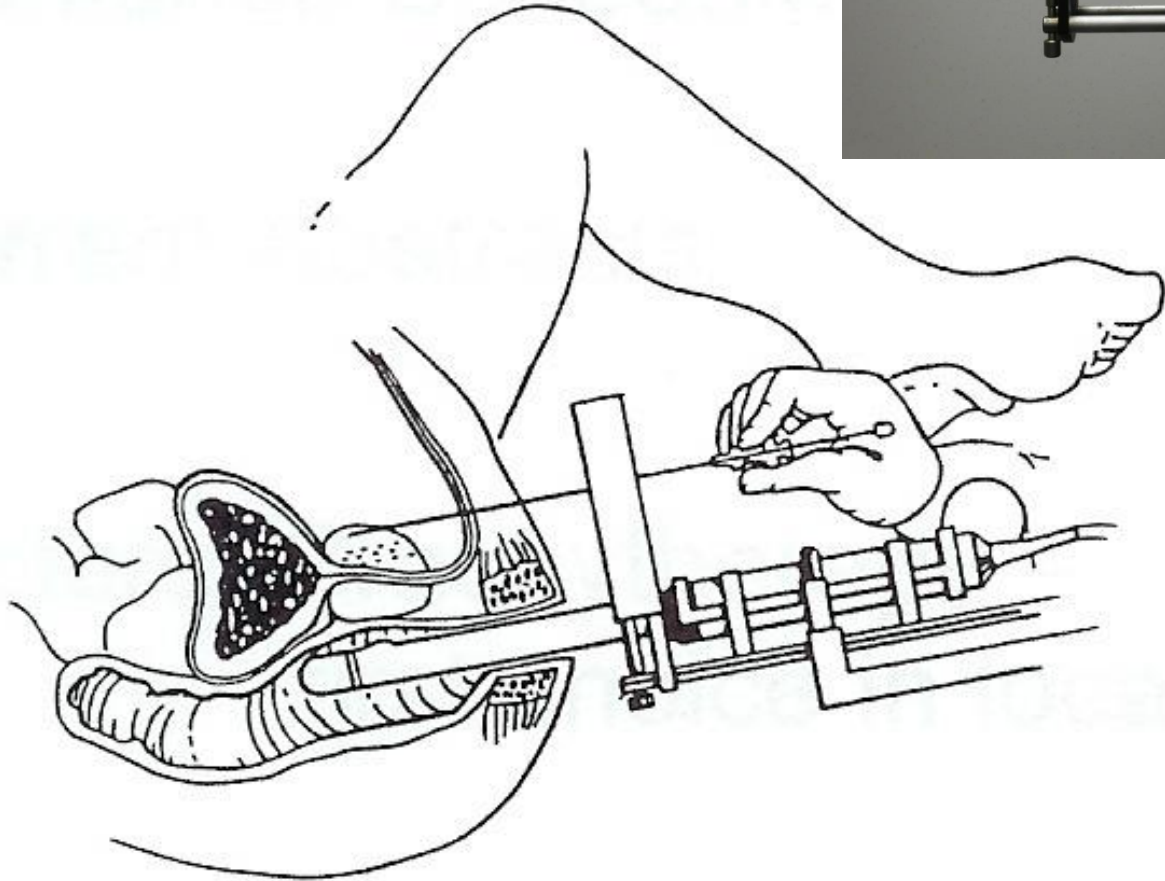
60 tot 100 zaadjes  
terugbetalingsvoorwaarden (+/- 9000 Euro)

- GI < 7
- PSA < 10 ng/ml
- volume < 40cc
- geen TUR



# Preparation of Suture

## 1. Preparation of Suture





Prostate  
Area: 12.15 cm<sup>2</sup>  
Volume: 42.42 cm<sup>3</sup>

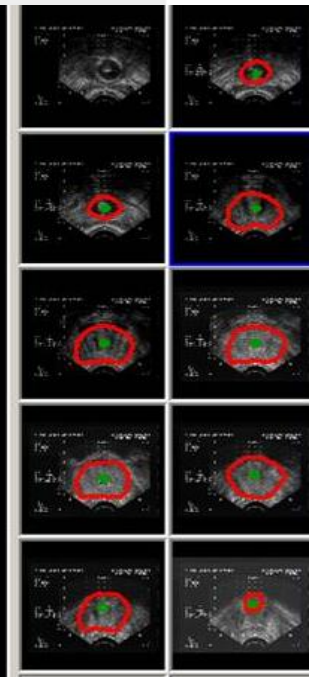
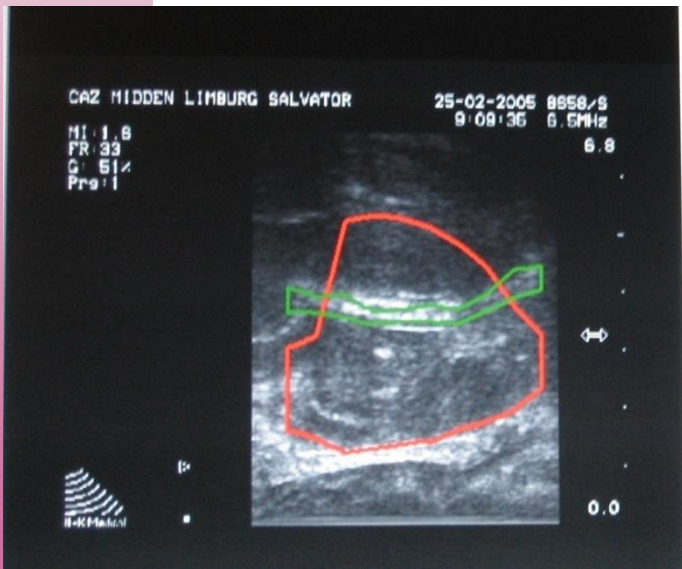
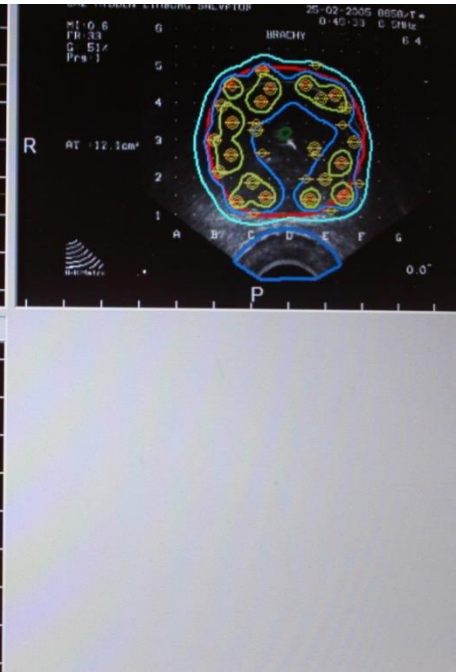
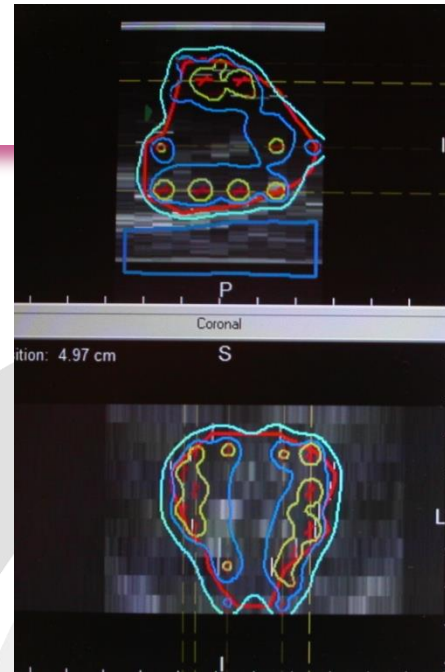
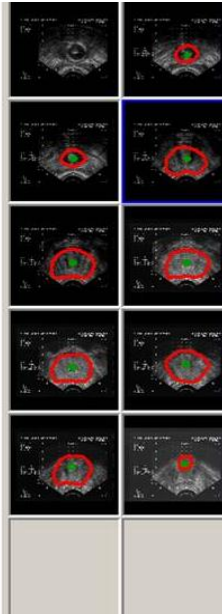
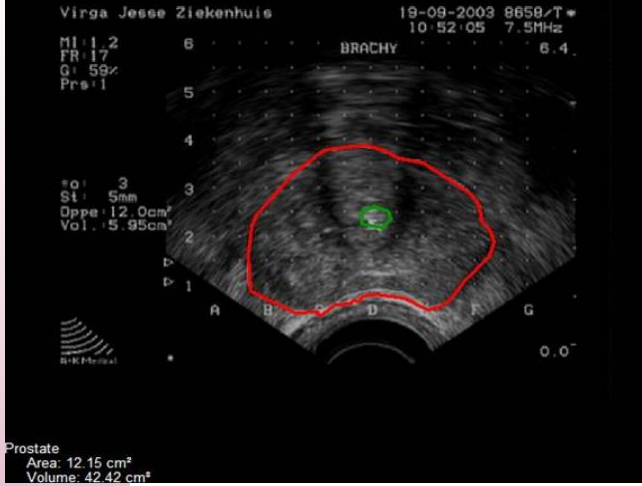
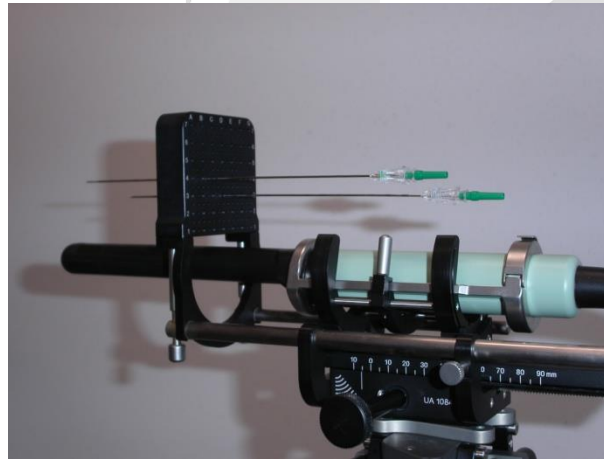
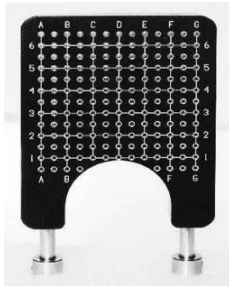
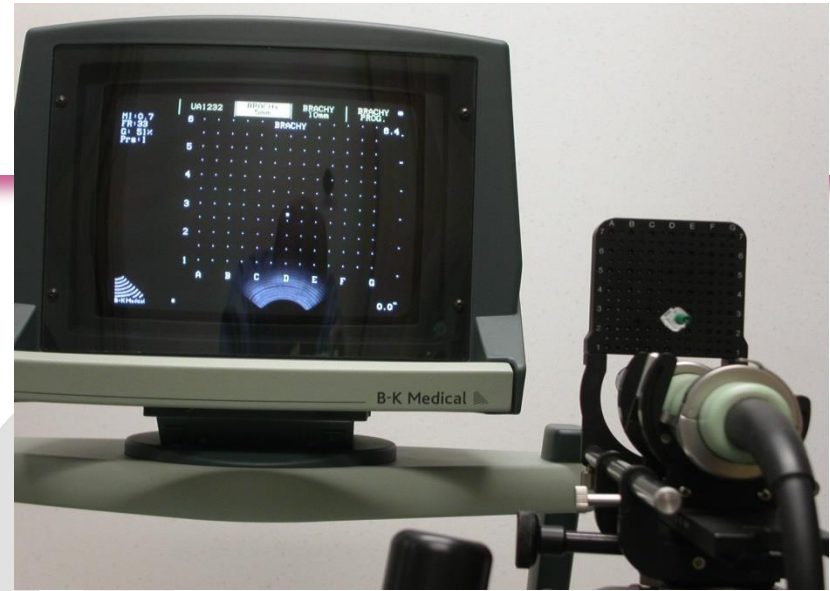
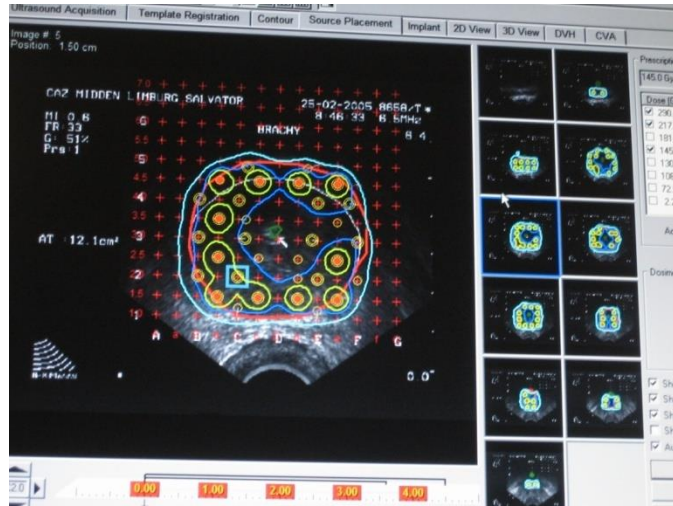
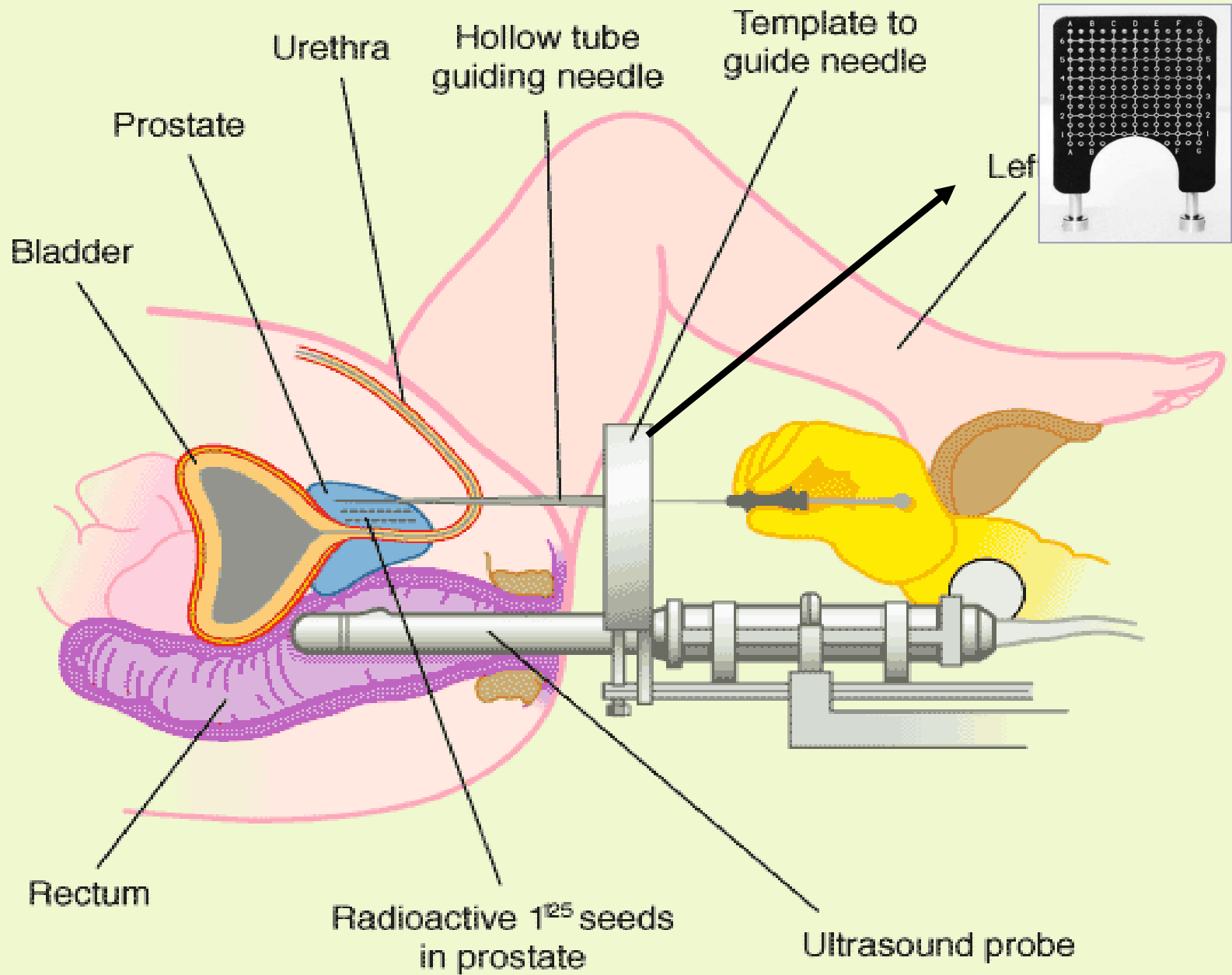


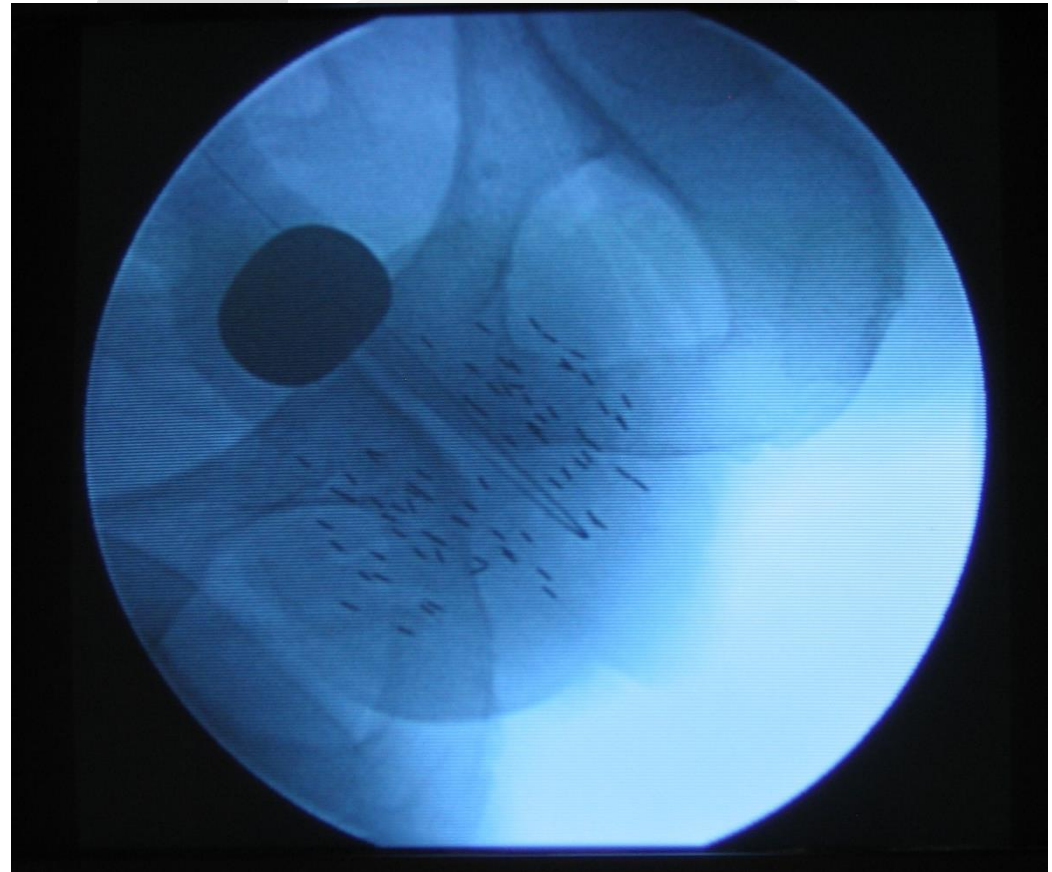
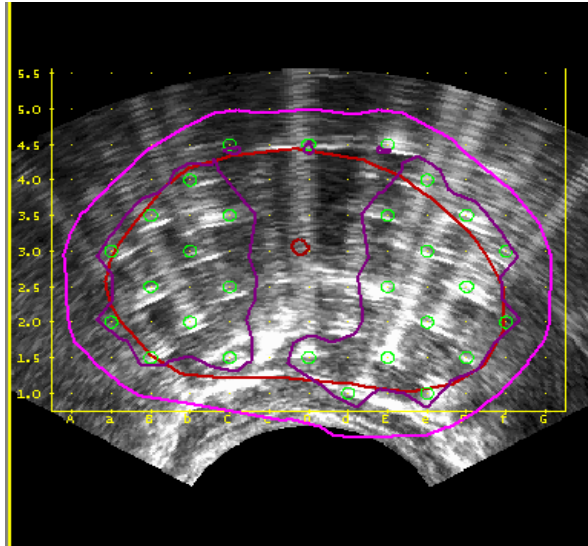


Image # 4  
Position: 1.00 cm











## Noot: Goedaardige indicaties

---

- Keloïden
- Endo-vasculaire brachytherapie
  - femorales (Iridium)
  - coronaires ( Strontium)

My father was a radiologist and assures me that radiation is **NOT** hazardous

