

Aplicacions mèdiques de la radioactivitat: LA RADIOTERÀPIA

Letícia López Expósito
Tutoritzat per Meritxell Mallorquí
2n Batxillerat
Curs 2011/12
INS Illa de Rodes

“La majoria de las ideas fonamentals de la ciència són essencialment senzilles i, per regla general poden ser expressades en un llenguatge comprensible per tots.”

- Albert Einstein

AGRAÏMENTS

Primer de tot voldria donar les gràcies a la professora Meritxell Mallorquí per haver estat una tutora excel·lent durant tot el procés i feina que ha suposat la realització d'aquest treball de recerca. Per haver-me guiat i ajudat tan en la recerca bibliogràfica com en l'estructura del treball en si.

D'altra banda voldria destacar l'ajut proporcionat pels professionals en la matèria, i sobretot al Dr.Eugeni Canals, oncòleg a l'hospital Josep Trueta de Girona, per haver-me guiat en l'estructura del treball i haver-me ajudat en la part central d'aquest: la radioteràpia. M'ha proporcionat molta informació mèdica que per altres vies no hagués pogut aconseguir: presentacions Power Points, fotocòpies o documents PDF oficials del mateix hospital. A més a més li agraeixo el donar-me l'oportunitat de conèixer al Dr.Carles Muñoz i al Dr.Diego Jurado, radiofísics a l'hospital Trueta, els quals van ajudar-me en la part de protecció radiològica, ja que la seva feina es tradueix en gran magnitud a aquest aspecte. També van donar-me l'oportunitat de visualitzar el funcionament de l'ICO (Institut Català d'Oncologia) al mateix hospital en activitat habitual.

Donar també les gràcies als meus pares per ajudar-me en aspectes de redacció i estructura del treball i específicament a la meva mare, per voler compartir la seva pròpia experiència amb el càncer.

ÍNDEX

1. Presentació.....	1
2. La radioactivitat	
2.1 Introducció a la radioactivitat.....	2
2.1.1 Radioactivitat natural.....	5
2.1.2 Radioactivitat artificial.....	6
2.2 Història.....	7
2.3 Aplicacions.....	9
3. Radioteràpia	
3.1 Introducció.....	11
3.2 Bases físiques i biològiques.....	12
3.3 Efecte Compton.....	17
3.4 Tipus de radioteràpia segons la distància de la font	
3.4.1 Radioteràpia externa.....	19
3.4.2 Braquiteràpia.....	21
3.5 Tipus de radioteràpia segons la seqüència temporal.....	23
3.6 Tipus de radioteràpia segons la finalitat d'aquesta	
3.6.1 Radioteràpia radical.....	24
3.6.2 Radioteràpia complementària.....	25
(Preoperatòria, Perioperatòria i Postoperatòria)	
3.6.3 Radioteràpia Pal·liativa.....	27
3.6.4 Radioteràpia condicionada a resposta.....	27
3.7 Etapes clíniques.....	29
3.8 Factors que condicionen l'elecció del tipus de radioteràpia.....	31
4. Tractament radioterapèutic segons el tipus de càncer.	
4.1 Mama.....	33
4.2 Pulmó.....	34
4.3 Pròstata.....	35
4.4 Recte.....	36

5. Epidemiologia de càncer a Catalunya.....	37
6. Protecció radiològica en medicina.....	44
6.1 Protecció radiològica estructural.....	45
6.2 Protecció radiològica operacional.....	48
7. Aplicació de la teoria: Hospital i centre Veterinari.....	50
8. Experiència personal d'un càncer de mama.....	56
9. Conclusions.....	57
10. Annexe.....	58
11. Bibliografia i webgrafia.....	60

1.PRESENTACIÓ

Els interessos concrets que van determinar la meua elecció cap del tema pel meu treball de recerca venen dirigits per un seguit de motius.

El principal motiu és el meu interès en la Medicina, carrera que m'agradaria cursar l'any vinent. És doncs, per aquesta raó, que vaig decidir escollir: "Les aplicacions mèdiques de la radioactivitat".

L'altre motiu, però no menys important, pel que vaig escollir aquest tema és per l'experiència familiar viscuda per la meua mare quan li van diagnosticar càncer de mama cinc anys enrere. Això ha suposat un augment de l'interès per part meua, de destacar la radioteràpia per sobre d'altres aplicacions, com per exemple, el radiodiagnòstic.

L'objectiu d'aquest treball és saber com s'aplica la radioteràpia, els diferents tipus i l'obtenció d'uns resultats estadístics sobre el càncer a nivell de Catalunya.

A més a més, un objectiu paral·lel és intentar aportar la informació i explicar el contingut de caire complicat, a partir d'explicacions més senzilles i comprensibles, combinant una part teòrica molt interessant amb parts més gràfiques i pràctiques que pretenen proporcionar una lectura amena i interessant d'aquest treball de recerca.

2.LA RADIOACTIVITAT

2.1 INTRODUCCIÓ A LA RADIOACTIVITAT

El concepte de radioactivitat es defineix com la desintegració espontànea de nuclis d'àtoms, produint-se isòtops inestables, a través de l'emissió de partícules subatòmiques denominades partícules alfa o partícules beta. També es produeix aquesta desintegració mitjançant radiacions electromagnètiques: els raigs X i raigs gamma. Aquestes partícules que es produeixen a partir d'aquestes desintegracions ionitzen el medi que atravessen.

Més generalment també és correcte definir el terme radioactivitat com un fenomen físic natural que es produeix quan alguns cossos radioactius emeten aquestes radiacions amb la capacitat d' ionitzar gasos, produir fluorescència, etc.

Què és una partícula alfa?

És una partícula nuclear de càrrega positiva, de símbol α , formada per la unió de dos protons amb dos neutrons. Corresponen a àtoms d'Heli 4 , totalment ionitzats. Aquestes partícules són emeses en una *desintegració nuclear*, on el nucli atòmic compost per protons i neutrons emet una partícula alfa composta de dos protons i dos neutrons, els anomenats *nucleons*. Després de la desintegració el nucli residual té dos protons i dos neutrons menys que el nucli inicial.

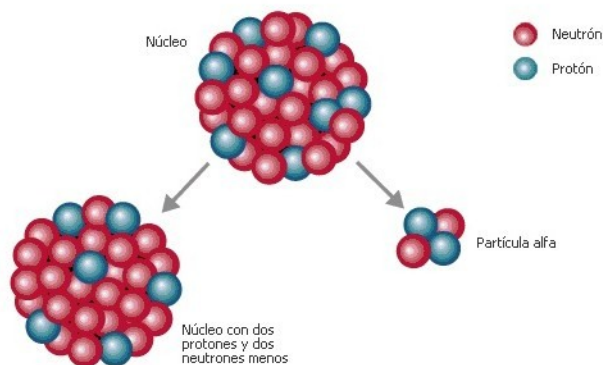


Figura 2.1.1

Desintegració nuclear. El nucli emet una partícula alfa. Observem que el nucli residual posseeix dos neutrons i dos protons menys. Els protons estan representats en blau i els neutrons en vermell.

Què és una partícula beta?

Correspon als electrons o a les seves antipartícules corresponents, els anomenats positrons. Tenen càrrega positiva i formen part de l'anomenada antimatèria.

Les radiacions ionitzants beta componen electrons positius o bé electrons negatius que són emesos en una *transformació nuclear*. El nucli atòmic a partir d'una partícula beta emet un *neutrino* (partícula neutra, massa nul·la, difícil de detectar), d'aquesta forma el nucli perd una càrrega. Si l'electró que emet el nucli és positiu el nombre atòmic disminueix a una unitat. Per contra, si emet un electró negatiu el nombre atòmic del nucli augmenta una unitat. El nombre de massa queda inalterat en els dos casos.

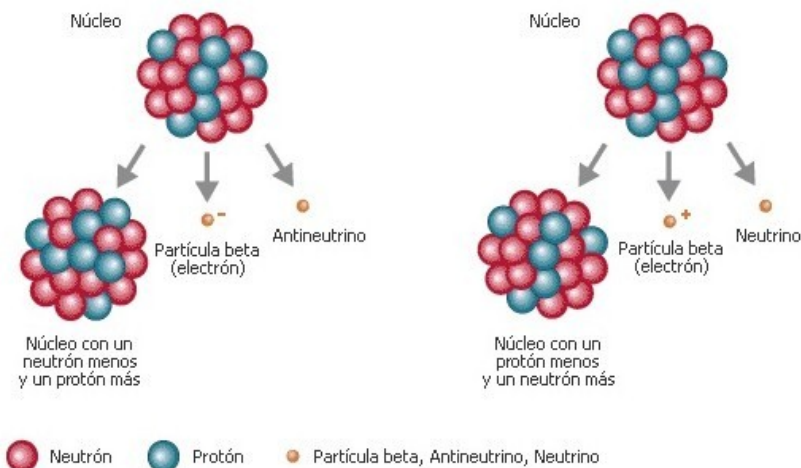


Figura 2.1.2

Transformació nuclear. Emissió d'un neutrí, si és positiu el nombre atòmic disminueix una unitat, si és negatiu augmenta una unitat.

Què són les radiacions electromagnètiques?

Oscil·lacions i alteracions que es produeixen en una determinada càrrega elèctrica, a través d'unes ones anomenades ones electromagnètiques, que combinen components elèctrics i magnètics. La radiació electromagnètica es pot ordenar des d'un espectre que s'exten desde les ones de freqüència molt elevades fins a les més baixes. Aquestes ones són els anomenats raigs X i raigs gamma. Els isòtops recuperen el seu estat fonamental emetent aquest tipus de radiacions, ja que estan sotmesos a un estat d'excitació molt alt.

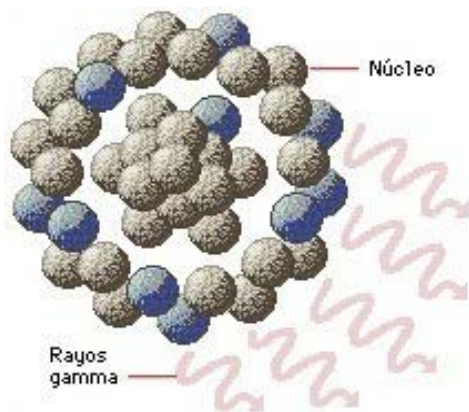


Figura 2.1.3

Pèrdua d'energia d'excitació del nucli a partir de l'emissió de raigs gamma.

L'emissió dels raigs gamma es produeix quan la desintegració beta no estabilitza el nucli, ja que l'energia que produeix no és suficient. La seva intensitat es redueix a mesura que penetra la matèria absorbent. Aquesta intensitat dependrà del grau d'energia i de la densitat física del material. El nucli es troba en estat d'excitació, és a dir, en un estat on es presenta més energia que habitualment, i per tant el nucli ha passat d'un estat fonamental (estat habitual) a l'estat d'excitació. El nucli excitat pot perdre l'energia d'excitació emetent raigs gamma o bé comunicar aquesta energia a partir d'un dels electrons de l'àtom.

El nucli en estat fonamental i per contra, en estat excitat, són el que anomenem *isòmers*.

Existeixen altres tipus de desintegracions radioactives com per exemple la *transformació interna*, en la qual es produeix una reorganització interna del nucli que provoca l'emissió de raigs X.

La forma de desintegració, el temps de semidesintegració i l'energia d'emissió són els factors característics d'un tipus d'isòtop determinat.

D'aquesta forma, a partir de les diverses desintegracions radioactives en destaquem per tant la seva activitat. També anomenada velocitat de desintegració, es basa en el nombre de nuclis atòmics, $N\lambda$, que es desintegren en 1 segon. Aquest procediment depèn d'una constant radioactiva, que s'anomena constant de desintegració. Si λ augmenta l'element és molt actiu, per contra si λ disminueix l'element és poc actiu.

La radioactivitat pot ser de dos tipus: radioactivitat natural o radioactivitat artificial.

2.1.1 RADIOACTIVITAT NATURAL

Correspon als isòtops que es troben a la natura, com per exemple els tres isòtops de l'hidrogen existents, o per altra banda altres tals com el C12 o el C13, que tenen propietats magnètiques. Aquesta radioactivitat pot provenir de dues fonts:

- Materials radioactius existents a la Terra desde la seva formació (Primigenis).
- Interaccions entre raigs còsmics i materials de la Terra que inicialment no eren radioactius (Cosmogènics).

Els **raigs còsmics** són partícules subatòmiques que provenen de l'espai exterior, amb una velocitat propera a la pròpia velocitat de la llum. Aquest tipus de radiacions atravessen gairebé qualsevol superfície, per tant no se'n pot evitar-ne la seva actuació. Això indica que les persones estem exposades a aquest fenomen, i aproximadament rebem cada any una dosi de 0'25 mSv (miliSievert), i curiosament, aquesta dosi pot augmentar amb l'altura, de la qual cosa concluïm que les persones que viatjen freqüentment amb avió están més exposats als raigs còsmics.

El **radó** és un gas procedent de l'urani. És present a Espanya en 1,2 mSv. Aquesta dosi es rep principalment a l'interior dels edificis ja que es concentra més.

Una altra forma de radiació natural serien els anomenats anteriorment, **raigs gamma**. És la radiació més nociva. La dosi mitja que una persona rep a l'any és de 0,45 mSv. Un clar exemple de com ens pot afectar aquest fet és als pulmons, ja que al voltant de 30.000 àtoms emissors de raigs alfa, beta y gamma es desintegren cada hora en ells.

D'altra banda tan en els aliments que ingerim com en el nostre propi cos existeixen nivells de radioactivitat natural. El potassi és la font principal de radiació interna en l'organisme, ingerit pels aliments fonamentalment. És curiós saber que el marisc és un dels aliments més radioactius naturals.

Una última forma de radiació natural és la pluja radioactiva. Es produeix una superposició de proves nuclears, principalment a causa de la radiació alliberada per l'atmosfera. Cal destacar que aquesta radioactivitat va augmentar el 1986 a causa de l'accident nuclear de Chernòbil.

2.1.2 RADIOACTIVITAT ARTIFICIAL

Es produeixen radioisòtops artificialment, en laboratoris nuclears. El procés es forma a partir del bombardeig de partícules subatòmiques, aquests isòtops artificials tenen una vida curta a causa de les inestabilitats que presenten. Un exemple n'és el Cesi, utilitzat en plantes nuclears de generació elèctrica, o l'Urani que s'utilitza per fabricar bombes atòmiques.

Els neutrons són els utilitzats per a la producció dels isòtops, ja que no experimenten cap tipus de força repulsiva per part dels protons dels nuclis en els quals penetren al no posseir càrrega elèctrica. Aquests positrons (formació d'una antipartícula de l'electró) és més abundant en aquest tipus de radioactivitat que en la natural. Els isòtops artificials duen a terme períodes de desintegració petits.

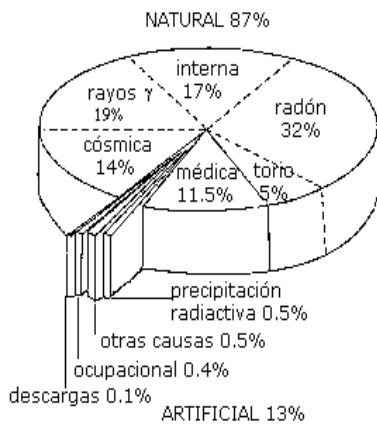


Figura 2.1.2.1 Ens mostra les aplicacions de la radioactivitat natural i artificial, respectivament.

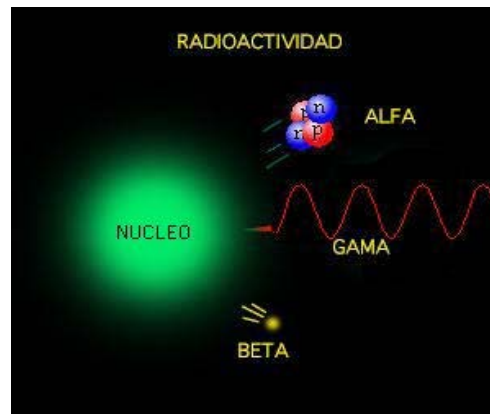


Figura 2.1.2.2 Esquema general que defineix la radioactivitat

2.2 HISTÒRIA

La radioactivitat és un fenomen present a l'Univers des del seu origen, descoberta el 1896 per Henri Becquerel (1852-1908). Va ser un físic francès guardonat amb el premi Nobel pels seus estudis sobre la radioactivitat de l'urani. Va observar com s'enfosquia una placa fotogràfica al col·locar sals d'urani i una làmina de vidre entre ambdós coses. Les sals d'urani posseïen una emissió pròpia d'energia. Els raigs que produïen aquest fenomen descarregaven un electroscopi la qual cosa significa que té càrrega elèctrica.



Henri Becquerel

Va compartir el premi Nobel amb Marie (1867-1934) i Pierre Curie (1859-1906), dos físics i químics francesos que van definir la radioactivitat com un fenomen associat als àtoms, independent del seu estat físic o químic. Són de rellevant importància els seus estudis de la peblencha, mineral de l'urani, en el qual van observar nivells de radioactivitat diferents de l'urani, ja que posseïa elements radioactius amb un radioactivitat més alta.

El matrimoni va dur a terme tractaments químics amb aquest mineral i van descobrir aquests nous elements radioactius: el Poloni i el Radi, d'altra banda Marie Curie va descobrir el Tori. Segons els dos físics 1 g de radi produeix 100 caloríes cada hora. Cal destacar l'importància del treball de Marie Curie per sobre de Pierre Curie, ja que a partir de descobriments anteriors com els de Roentgen (raigs X) i Becquerel, es va

interessar pel fenomen de la radioactivitat i va decidir estudiar-lo amb més profunditat, després a aquestes investigacions si va afegir el seu marit. És per aquesta raó que Marie Curie va morir a causa de la llarga exposició a la radiació, que com a conseqüència li va produir una anèmia, però ho va fer després del seu marit.



Marie Curie



Pierre Curie

Per aquella mateixa època André Louis Debierne (1899) va descobrir un element metàl·lic radioactiu present en tots els minerals de l'urani: l'Actini. Tanmateix els físics britànics Rutherford i Soddy van descobrir el gas radioactiu Radó.

A partir d'aquestes investigacions, la comunitat científica se n'adona que la radioactivitat és una font d'energia més potent en comparació a les ja conegudes. Totes aquestes investigacions impulsen dècades següents d'investigació a fons.

El descobriment d'aquest fenomen ha afavorit en diversos àmbits científics, entre els quals en destaca la medicina, els metges han utilitzat la radioactivitat per desenvolupar tècniques diagnòstiques i terapèutiques. Al començament es desconeixen els seus efectes biològics, però gràcies al desenvolupament de la medicina moderna actualment es treballa aplicant la radioactivitat a la medicina de forma segura.

2.3 APLICACIONES

Actualment les aplicacions de la radioactivitat són cada vegada més nombroses: L'Arqueologia, la Geologia i l'Antropologia emprenen mètodes de datació d'objectes i successos històrics utilitzant el carboni 14 o altres isòtops, que permeten definir una edat per als esdeveniments que descriuen la història de la Terra.

En Biologia, nombrosos avançaments realitzats durant la segona meitat del segle XX estan vinculats a la utilització de radioactivitat. Entre els més importants cal destacar el funcionament del genoma humà i d'altres animals, el metabolisme cel·lular o la transmissió de missatges químics en l'organisme.

En Agricultura s'utilitzen les tècniques amb substàncies traçadores* per analitzar les funcions de fertilitzants, hormones, herbicides, pesticides, etc.; amb substàncies radioactives es poden produir mutacions que millorin collites o eradicar plagues.

En la Indústria, els rajos X i la radiació gamma s'utilitzen per a la detecció de defectes en fosa i soldadura i la mesura d'espessors de làmines dels més variats materials. Els radio traçadors permeten l'anàlisi de problemes tals com el desgast dels pneumàtics dels automòbils, la detecció de fugides en canonades subterrànies, la determinació de l'eficàcia dels detergents, etc.

Els continguts de partícules materials en l'aire, de gran importància en Ecologia per a la determinació dels nivells de pol·lució atmosfèrica, poden analitzar-se amb la tècnica que es denomina activació neutrònica*.

En Medicina la radioactivitat és utilitzada com a mètode de diagnòstic (raigs X, estudis metabòlics amb substàncies traçadores*, tomografia axial i tomografia per emissió de positrons) i de curació (els tractaments de radioactivitat contra el càncer guareixen a milers de persones cada any). S'utilitza quotidianament en investigació (estudi del funcionament de substàncies rellevants per a la vida, com són els aminoàcids, l'ADN, els sucres, les penicil·lines, etc., mitjançant l'ús de nuclis radioactius). Serveix per entendre com funciona el cervell, quina acció realitzen els medicaments. De la mateixa forma, les radiacions poden destruir les cèl·lules tumorals.

*Substàncies traçadores o radio traçadors: dit d'una substància que revela l'existència d'un agent o procés, com el carboni 14 en la datació de restes arqueològiques.

*Activació neutrònica: anàlisi que consisteix en irradiar algun tipus de mostra per determinar-ne la composició dels seus elements amb neutrons tèrmics.

En medicina s'utilitzen isòtops radioactius en investigació per al tractament de tumors malignes o per la visualització d'òrgans (branca de la medicina nuclear).

Parlant en trets generals existeixen tres tipus d'aplicacions mèdiques de les radiacions ionitzants: el radiodiagnòstic, la medicina nuclear i la radioteràpia.

El radiodiagnòstic és la especialitat mèdica que s'ocupa de generar imatges de l'interior del cos per mitjà de diferents agents físics (Com els raigs X o els camps magnètics) i utilitzar aquestes imatges per el diagnòstic i pronòstic del tractament de malalties. Aquestes imatges obtingudes són el que anomenem radiografies.



Exàmen d'una radiografia

D'altra banda la medicina nuclear es defineix com la branca de la medicina que utilitza els isòtops radioactius, les radiacions nuclears, les variacions electromagnètiques dels components del nucli atòmic i tècniques biofísiques per la prevenció, terapia i investigació mèdica. El seu principal camp d'actuació es centra en el tractament de determinades malalties mitjançant l'ús de medicaments radiofàrmacs.

Cal destacar l'importància de la Radioteràpia per sobre de les altres aplicacions mèdiques ja que abarca un gran fons d'informació i és interessant per les seves aplicacions, en concret per a la **cura del càncer**.

3.RADIOTERÀPIA

3.1 INTRODUCCIÓ

La radioteràpia és la disciplina de la medicina que genera i utilitza les radiacions ionitzants per tractar el càncer o altres patologies.

Aquesta disciplina està implicada en els principis de la radiobiologia, en les bases físiques de la transmissió d'energia a l'organisme i en la interacció entre la radiació i el teixit.

Cal destacar la importància i presència de la radioteràpia en altres processos no oncològics, tot i que gran part d'aquesta està destinada a l'oncologia en aspectes de diagnòstic i cures clíniques i terapèutiques del malalt amb càncer, orientada a la utilització dels tractaments amb radiacions.

L'evolució de la radioteràpia com a disciplina ha estat un factor clau en medicina i ha estat gràcies als coneixements físics i radiobiològics, als avançaments tècnics i a la pràctica complexa que suposa.

El principal objectiu de la radioteràpia és administrar una dosi precisa de radiació a un volum blanc* definit, limitant al màxim la dosi en els teixits sans del voltant, de tal forma que s'aconsegueix el control del procés neoplàsic (multiplicació de les cèl·lules malignes).



Imatge que ens proporciona una idea general del procés radioterapèutic.

3.2 BASES BIOLÒGIQUES DEL CÀNCER

Parlar de càncer en general ens refereix a un terme global que abasta un grup de malalties amb un factor comú que mostra un desequilibri que es produeix en la relació proliferació-mort cel·lular programada, a favor de l'acumulació de cèl·lules, provocat per mecanismes genètics i amb diferències en histologia, morfologia, evolució i pronòstic, que es caracteritzen per la proliferació descontrolada de cèl·lules que envaeixen i danyen teixits i òrgans i que donen com a final la mort de l'organisme.

S'utilitza el terme neoformació per caracteritzar la formació d'un teixit nou, tan si és de caràcter normal com patològic, teixit atípic d'un tumor (neoplasma; benigne o maligne), i és sinònim de neoplàsia, que també s'utilitza per a caracteritzar la formació de teixit nou, encara que aquest terme sol reservar-se per les neoformacions malignes.

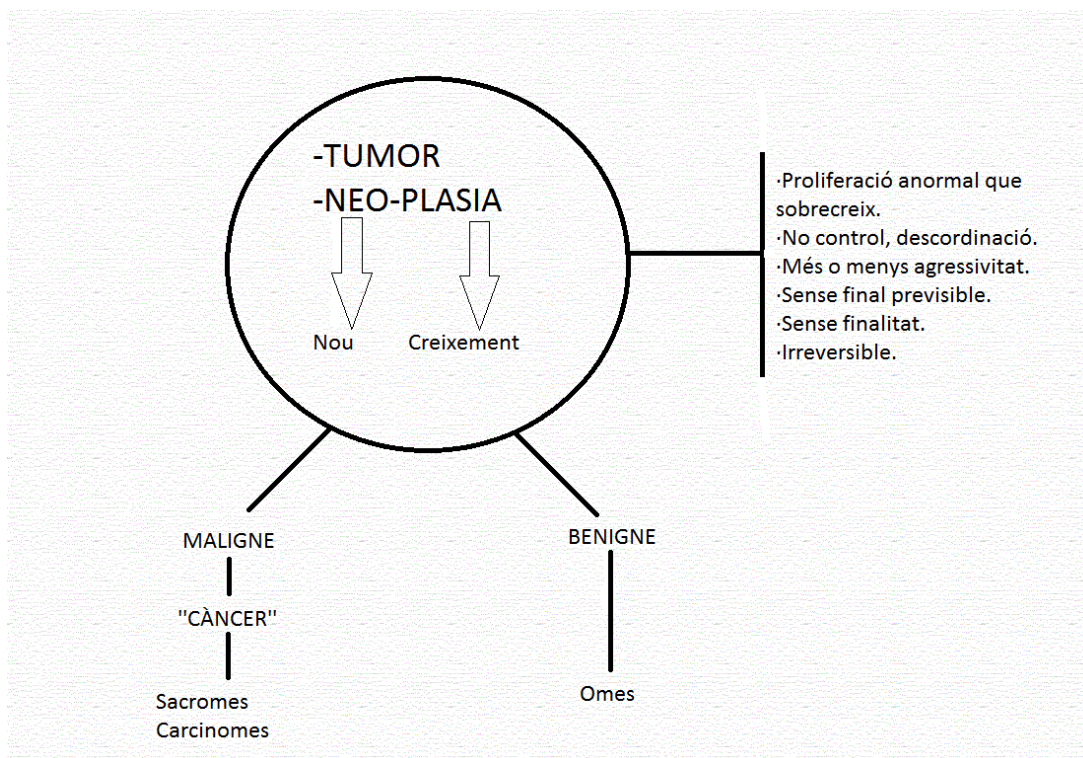


Figura 3.2.1: Esquematzació neoplàsica.

Actualment coneixem algunes de les diferències genètiques entre les neoplàsies malignes i benignes, en funció del nombre de mutacions i dels gens afectats, de forma que l'esdevenir biològic de la cèl·lula neoplàsica està intervenint per aquests gens mutats. Entre una neoplàsia maligne i un altre maligne existeix una àmplia diferència biològica.

Un 5% dels pacients que desenvolupen càncer tenen una predisposició heretada i les característiques d'aquestes famílies són, a grans trets:

- Una edat de començament més primerenca.
- Focus de desenvolupament neoplàstic bilaterals o multifocals.
- Existència de diferents parents afectats amb el mateix tipus de càncer.
- Ocasionalment, presència d'anomalies fenotípiques* associades a un síndrome genètic.

Actualment es coneix que el càncer és una malaltia genètica complexa que inclou alteracions en els gens involucrats en els processos que regulen la cinètica cel·lular. La identificació d'aquests gens i els seus productes ha permès conèixer millor l'etiologia* del càncer i establir noves estratègies per al seu diagnòstic, tractament i prevenció.

Qualsevol estructura orgànica, en situació normal, presenta un equilibri determinat en el que concerneix a la proliferació cel·lular i a la mort cel·lular programada. Aquesta situació fisiològica es coneguda com **cinètica cel·lular** normal i es regula en cada teixit o òrgan segons la seva funció. L'alteració d'aquest equilibri pot conduir a la proliferació cel·lular descontrolada, el que constitueix la base de l'origen de la neoplasia.

La conversió de la cèl·lula normal en un clon de cèl·lules neoplàsiques, originat per mutacions successives, es coneguda com neogènesis o carcinogènesis en el cas de les neoplàsies malignes, quan la successió esglaonada de les mutacions arriba fins a un punt en el qual es torna irreversible.

Els mecanismes de regulació de la cinètica cel·lular són:

- La proliferació cel·lular.
- L'apoptosi* o mort cel·lular programada.
- La reparació de l'àcid desoxiribonucleïc (ADN).
- L'envellament cel·lular.

*Fenotípiques: relatiu o pertanyent al fenotip, conjunt de caràcters visibles que un organisme presenta com a resultat de la interacció entre el seu genotip i el medi ambient.

*Etiologia: branca de la medicina que té com a objectiu estudiar les causes de les malalties.

*Apoptosi: mecanisme de mort cel·lular programada genèticament que permet l'eliminació de les cèl·lules envellides, malmeses, etc.

Les mutacions o expressions anormals en els gens condicionen alteracions de la regulació de la cinètica cel·lular generant la iniciació del procés neoplàstic; posteriorment, al cúmul de divisions cel·lulars successives s'afegeixen noves mutacions que alteren altres funcions cel·lulars. La major o menor afectació de cada funció varia segons el tipus de tumor. Per a que es produeixi la iniciació neoplàsica es requereixen de 4 a 7 mutacions en gens clau o una mutació determinant en un gen responsable de l'estabilitat genotípica i fenotípica de la cèl·lula, tenint en compte que la cèl·lula posseeix mecanismes de reparació que poden evitar la progressió descontrolada. Aquest fenomen es coneix com fenotip mutador, del qual dependrà el esdevenir de la neoplasia.

Les mutacions són canvis permanents a l'ADN i poden ser:

-Hereditàries.

-Induïdes, per factors mutagènics* durant el desenvolupament embrionari.

Produïdes per factors ambientals:

-Agents físics.

-Químics.

-Biològics (virus).

L'**ADN**, identificat inicialment en 1868 per Friedrich Miescher està constituït per un polímer format per quatre tipus de nucleòtids (monomers), cadascun dels quals conté un glúcid (desoxiribosa), un fosfat i una base nitrogenada de les quatre bases possible a l'ADN: adenina (A), guanina (G), timina (T) i citosina (C).

La naturalesa molecular del material genètic va ser descrita inicialment per Oswald Avery el 1943, i la disposició en doble hèlix va ser descoberta el 1953 per James Watson, Francis Clark i Rosalind Franklyn, permetent explicar la manera per la qual l'ADN es podia "desenrotllar" per a que fos possible la seva lectura o copia.

Als organismes multicel·lulars la majoria de l'ADN es troba en el nucli cel·lular; aquesta estructura es la base del material genètic dels organismes (juntament amb un altre àcid nucleïc, l'**ARN**) i és el component químic primari dels **chromosomes** i el material del qual estan formats els gens.

*Mutagènics: produït per una mutació.

La seva funció és codificar les instruccions essencials per fabricar un ésser viu idèntic a aquell del que prové o és quasi similar, en el cas de barrejar-se amb una altra cadena com és el cas de la reproducció sexual. Per tant l'ADN té: capacitat de replicació, capacitat per contenir informació i capacitat de mutació.

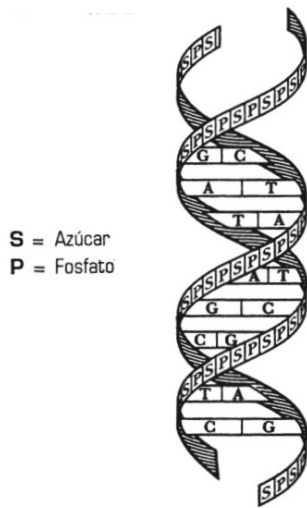


Figura 3.2.2

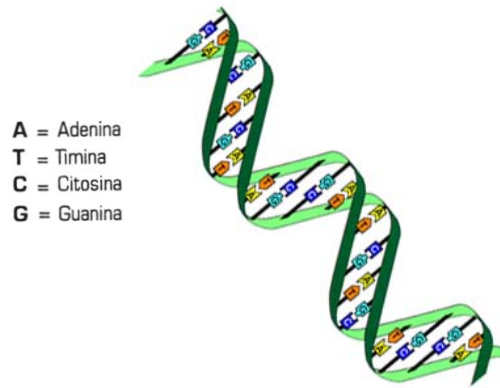


Figura 3.2.3

La regulació de l'ADN es realitza per mitjà de la transcripció genètica, on un missatger codifica els parells de bases siguent influenciats per mecanismes de senyalització i de recepció.

L'exposició contínua als agents carcinògens provoca alteracions en les cèl·lules susceptibles, però en la majoria de les ocasions es precisa de la intervenció d'uns enzims, coneguts com citocroms, que actúen transformant els procarcinògens en substàncies metabòlicament actives.

La variabilitat en l'aparició de tumors en individus exposos als mateixos carcinògens pot tenir relació amb la presència o absència d'aquests enzims.

D'altra banda, la integració de les mutacions depèn de factors endògens* que poden conferir susceptibilitat individual al càncer.

*Endògens: que són generats pel propi organisme.

Les cèl·lules canceroses poder posseir tot tipus de mutacions:

Segons la seva estructura:

- Simples: pèrdua d'un petit segment de l'ADN, que pot ocasionar una alteració mínima en l'estructura de la proteïna però en ocasions suficient per alterar la seva funció.
- Complexes.
- Deleccions: pèrdua d'un segment gran del cromosoma.
- Amplificació: on es repteixen varies còpies del mateix gen dins del cromosoma.
- Translocació: on hi ha intercanvi de material genètic entre dos cromosomes diferents.

Segons el nombre de cromosomes afectats:

- Aneuploidies: es donen quan està afectada només una part del total del nombre de cromosomes i el zigot presenta cromosomes de més a menys.
- Euploidida: quan la mutació afecta al nombre de jocs complets de cromosomes amb relació al nombre normal de cromosomes de la espècie.

En un futur posterior al descobriment del genoma, serà possible definir les lesions moleculars en els gens continguts a les cèl·lules i conèixer els múltiples processos que condueixen a la transformació progressiva d'una cèl·lula normal a una tumoral, associant un tipus de tumor específic amb un perfil d'expressió genètica determinat.

Aquests coneixement permetran el disseny lògic de noves estratègies de prevenció i desenvolupament de metodologies diagnòstiques i terapèutiques altament sofisticades: els tractament seran individualitzats segons el perfil biològic molecular del tumor del pacient.

3.3 EFECTE COMPTON

Aquest és l'efecte més important per les energies utilitzades en la radioteràpia i el teixit humà.

L'efecte Compton es produeix quan un fotó incident interactua amb un electró atòmic com si aquest estigués lliure (es considera lliure ja que l'energia del fotó és molt més gran que l'energia de lligadura de l'electró). Aquest electró rep energia, de forma que el fotó incident perd energia i desvia la seva trajectòria. D'aquesta forma podem afirmar que es produeix un decreixement en energia i un increment en longitud d'ona.

L'efecte és important ja que demostra que la llum no es pot explicar exclusivament com a una ona, la llum ha de comportar-se com si es tractés de partícules.

La probabilitat de que es produeixi l'Efecte Compton depèn de l'energia dels fotons incidents i de la densitat electrònica del medi (tot i que no depèn del nombre atòmic Z).

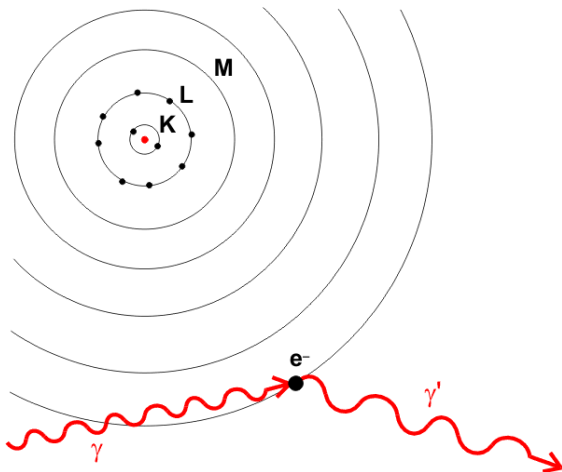


Figura 3.3.1: Efecte Compton d'un fotó sobre un electró lligat a un nucli.

Per arribar a la formulació de l'Efecte Compton es va utilitzar una combinació de tres fórmules fonamentals que representen els diferents aspectes de la física:

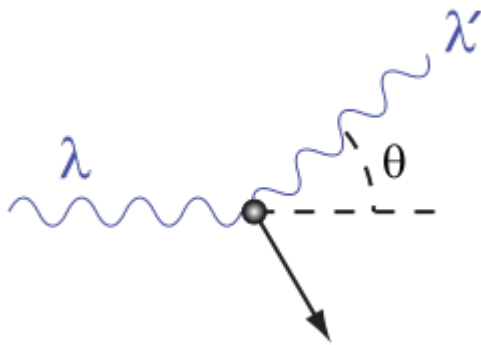
- La llum com a partícula, com es descriu en l'efecte fotoelèctric.
- Dinàmica relativista. Teoria de la relativitat especial.
- Trigonometria. Teorema del cosinus.

El resultat final ens dona l'equació de l'Efecte Compton:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

λ és la longitud d'ona del fotó abans de la dispersió, λ' és la longitud d'una ona del fotó després de la dispersió, m_e és la massa de l'electró, θ és l'angle en què el fotó canvia, h és la constant de Planck, i c és la velocitat de la llum.

Figura 3.3.2



Un fotó de longitud d'ona λ arriba de l'esquerra, col·lidiona amb l'objectiu en repòs, i un nou fotó de longitud d'ona λ' emergeix a un angle θ .

L'Efecte Compton va ser observat per Arthur Holly Compton al 1923, i posteriorment per Y.H.Woo. Arthur Compton va guanyar el Premi Nobel de la Física a l'any 1927 per aquest descobriment.

3.4 TIPUS DE RADIOTERÀPIA SEGONS LA DISTÀNCIA DE LA FONT

3.4.1 RADIOTERÀPIA EXTERNA

També anomenada teleradioteràpia és la modalitat que utilitza un feix de radiació externa al organisme que és dirigit cap al teixit a irradiar per diferents vies o portes d'entrada, anomenades camps. La font d'irradiació es troba a certa distància del pacient i s'utilitzen equips de grans dimensions.

Aquesta modalitat es desenvolupa en un *búnker*, àrea que disposa d'aparells electrònics per administrar i controlar al pacient en tot moment mentre que el tractament es duu a terme. Està protegit adequadament amb llàmines de plom, formigó i altres materials.

Dins d'aquesta habitació que denominem búnker trobem l'aparell d'irradiació juntament amb la denominada taula de tractament. Existeixen també sistemes de control dosimètric, compostos per una càmera de ionització, sistemes de control del pacient, és a dir, visual i auditiu, amb la presència d'una videocàmera i d'un intercomunicador, respectivament. A més a més consta d'un sistema d'emergència per a qualsevol accident imprevist.

Hi han diferents tipus d'aparells que s'utilitzen en radioteràpia externa:

- Tubs de RX (unitats de kilovoltatge).
- Aparells generadors de raigs gamma.
- Acceleradors de partícules (unitats de megavoltatge).
- Radioteràpia d'alta energia o megavoltatge

Tubs de RX (unitats de kilovoltatge).

En aquests aparells es crea una acceleració d'electrons en un tub longitudinal mitjançant un camp elèctric. Això succeeix en l'interior d'aquests tubs, que són metàl·lics, amb uns dispositius de refrigeració que permeten eliminar la calor que es produeix amb l'acceleració i el camp elèctric.

Quan els electrons comencen a xocar entre ells mateixos es generen els raigs X (fotons).

Aparells generadors de raigs gamma.

Aquest aparell en concret té un capçal amb un radioisòtop al seu interior. És de gran poder d'absorció i posseeix un orifici d'obertura variable pel qual emergeix el feix de radiació.

[Durant molts d'anys, va ser l'aparell de tractament radiant més usat i avui encara segueix tenint les seves indicacions per al tractament de certs processos].

Els aparells generadors de raigs gamma presenten un preu assequible en la compra i en el seu manteniment amb una manipulació del propi aparell poc sofisticada. Per aquests motius es va convertir ràpidament en la màquina indispensable en qualsevol centre mèdic.

Existeixen dos tipus d'aparells: la "Bomba" de Cobalt-60 i la "Bomba" de Cesi-137 (Actualment ja no s'utilitza).

·Acceleradors de partícules (unitats de megavoltatge).

La definició s'aproximaria a la dels tubs RX, però en aquest cas i a diferència d'aquests, l'acceleració dels electrons es produeix per mitjà d'un camp electromagnètic. D'aquesta forma el seu xoc genera raigs X (fotons X).

·Radioteràpia d'alta energí o megavoltatge

Ens distingim tres tipus:

- Acceleradors lineals (CLINAC).
- Acceleradors circulars (BETATRON), ja practicamente no s'utilitza.
- Acceleradors espiraliformes (amb forma d'espiral).

3.4.2 BRAQUITERÀPIA

La Braquiteràpia o curieteràpia prové de *brachy*, que en grec significa "curta distància", aquest terme es utilitza per a descriure tractaments amb la Font radioactiva situada a curta distancia, en contacte o a l'interior.

L'objectiu es aplicar la radiació de forma més específica, administrant més quantitat de dosi als volums reduïts amb menor percentatge de morbiditat.

En aquest tipus de radioteràpia s'utilitzen radioisòtops com l'Iridi-192 o el Iode-125, entre altres.

La braquiteràpia es caracteritza per una forma particular d'alliberar la radiació. La font d'irradiació es troba al centre del teixit, totalment en contacte amb el volum que s'irradiarà, de forma que la distribució de dosis és diferent a la radioteràpia externa.

Existeixen tres tipus de braquiteràpia en referencia als nivells:

- Braquiteràpia de baixa taxa de dosis: LDR, *Low Dose Radiation* (0,4-2 Gy/h).
- Braquiteràpia de mitja taxa de dosis: MDR *Medium Dose Radiation* (2-12 Gy/h).
- Braquiteràpia d'alta taxa de dosis: HDR *Higher Dose Radiation* (>12 Gy/h).

Si considerem la forma d'administrar la radiació, la LDR ho realitza de forma continuada, durant unes quantes hores mentre que la HDR ho fa en temps molt curts. Actualment existeix una altra forma coneguda com PDR (en anglès *Pulse Dose Radiation*), que realitza la irradiació de forma pausada, en períodes curts, repetits moltes vegades.

Arquitectònicament consta de:

·Gammateca

És la sala on es guarda el material radioactiu; sol tenir un taller annex per fabricar motlles, aplicadors i prótesis de protecció de zones crítiques.

·Radioquiròfan

Equipat amb una taula de quiròfan, instal·lació de RX per poder obtenir radiografies per al càlcul dosimètric i pantalles protectores.

·Habitacions d'hospitalització

Estan radioprotegides individualment amb un circuit de videocàmera i intercomunicador, per la vigilància contínua, i sistemes d'emergència.

D'altra banda cal esmentar que hi ha diferents tipologies braquiterapèutiques:

-Braquiteràpia endocavitària

Consisteix en la col·locació de dispositius (cilindres vaginals, sondes endouterines, endoesofàgiques, endobronquials, etc) amb les respectives fonts radioactives dins d'una cavitat corporal en contacte o proximitat del volum blanc. Es utilitzada freqüentment en el tractament de tumors ginecològics localitzats. Aquests implants són temporals, col·locats sota una indicació de temps i dosi preescrita de radiació. Un exemple en seria el Càncer de coll uterí.

-Braquiteràpia de contacte

Consisteix en la col·locació del material radioactiu en contacte, adoptant la forma de la zona a tractar, conseguint una distribució homogènia de la dosi. Exemple: melanoma intraocular.

-Braquiteràpia intersticial

Consisteix en l'implant quirúrgic de petites cargues radioactives directament dins del teixit a tractar. En aquest tipus de braquiteràpia s'introdueixen unes agulles a través de l'àrea tumoral. Aquestes agulles poden servir de guia per la introducció posterior de tubs de plàstic per els quals hi circularà la font radioactiva. Un exemple seria el Càncer de mama.

-Braquiteràpia metabòlica

Consisteix en l'administració del material radioactiu per via vascular o limfàtica*, dipositant-se en les teixits a irradiar. Exemple: Càncer de tiroïdes.

-Braquiteràpia intraserosa

Consisteix en la introducció del material radioactiu directament en les seroses* de l'organisme, realitzant la seva irradiació contigüitat. Un exemple, el Càncer d'ovaris.

-Radioimmunoteràpia

Procediment que consisteix en marcar amb un radioisòtop un anticòs monoclonal* dirigit a un antígen tumoral de membrana específic, administrant-se per via sistemàtica per arribar a concentracions suficients en els teixits a irradiar.

*limfàtic/a: pertanyent a la linfa, part del plasma sanguini que travessa les parets dels vasos capilars, es difón per els intersticis dels teixits i, després de carregar-se per substàncies produïdes per l'activitat cel·lular, entra per els vasos limfàtics, per els quals circula fins a incorporar-se a la sang venosa. *seroses: membranes que revesteixen les cavitats del cos animal incomunicades amb l'exterior i lubricades.

3.5 TIPUS DE RADIOTERÀPIA SEGONS LA SEQÜÈNCIA TEMPORAL

Segons la seqüència temporal respecte a altres tractaments oncològics, la radioteràpia pot ser:

·Radioteràpia exclusiva

Els pacients que reben aquest tipus de radioteràpia únicament reben radioteràpia, és a dir, no es veuen sotmesos a cap tipus d'intervenció quirúrgica. Això es veu determinat per les característiques neoplàstiques que presenta el tumor i la seva zona.

El risc d'extirpació d'un tumor en una zona com podria ser el coll és tan alt que només es pot procedir a la irradiació, ja que si es realitzés algun tipus d'intervenció quirúrgica es posaria en perill zones vitals del voltant com per exemple la mèdula espinal.

Cal destacar que en aquest tipus de radioteràpia es té molt en compte la immobilització precisa del pacient, ja que el tumor està present en llocs molt delicats, i qualsevol moviment durant la irradiació podria provocar danys greus als òrgans del voltant i per tant a l'estat del pacient.

·Radioteràpia adjuvant

Aquest tipus de radioteràpia es relaciona amb l'explicada posteriorment, la radioteràpia complementària.

Tal i com el nom indica, aquesta radioteràpia és un més a més en el procés d'eliminació d'un tumor que anteriorment ha estat tractat amb quimioteràpia. Bàsicament s'administra aquesta irradiació per assegurar la completa erradicació de les cèl·lules cancerígenes i per tant obtenir un control total de l'estat del pacient.

·Radioteràpia concurrent o sincrónica

En aquest cas el pacient està sotmés bàsicament a quimioteràpia, però també se li administren dosis menors de radioteràpia.

La quimioteràpia és, de forma general, qualsevol tractament mèdic basat en l'administració de substàncies químiques, és a dir fàrmacs. Aquest tipus de tractament s'administra per curar la tuberculosi, algunes malalties autoimmunes i el Càncer.

3.6 TIPUS DE RADIOTERÀPIA SEGONS LA FINALITAT D'AQUESTA

3.6.1 RADIOTERÀPIA RADICAL

La seva finalitat és la remissió completa de l'enfermetat i l'obtenció de la cura del procés neoplàsic, preservant l'òrgan afectat amb el menys deterioració funcional possible. Aquest tipus de radioteràpia realitza un volum blanc que engloba la totalitat del tumor primari i sovint les àrees més properes a aquest. Ha d'existir una dosi suficient que pugui assegurar l'eliminació de la malaltia. Podem diferenciar dos tipus d'aplicacions en la radioteràpia radical: l'intenció exclusiva (per exemple en el càncer de pròstata) i també cal tenir en compte el seu ús conjunt amb quimioteràpia (per exemple: càncer de coll uterí).

La gran ventatge de l'administració de radioteràpia radical amb intenció exclusiva és que permet la conservació de l'integritat total dels òrgans exposos a irradiació, preservant el seu funcionament.

D'altra banda, s'han de tenir en compte una sèrie de condicions que permetin exposar un pacient a aquest tipus de radioteràpia:

- L'estat general de l'organisme ha d'estar conservat.
- L'edat del pacient ha de ser preferiblement inferior als 80 anys.
- Absència de metàstasi a distància (aparició de cèl·lules neoplàstiques en un altre lloc de l'organisme).
- Absència de malalties associades greus.

En relació a la dosi necessària a administrar, es defineix com índex terapèutic la relació existent entre la dosi necessària per al control del tumor i la dosi màxima que els òrgans de risc poden tolerar. Per tant trobem dos nivells de dosi total a administrar:

- Tumors radiosensibles: dosi usual 35-50 Gy*
- Tumors de radiosensibilitat moderada (no tan sensibles): dosi usual 65-80 Gy.

Si ens referim a la modalitat d'administració d'aquest tipus de radioteràpia, es pot utilitzar en braquiteràpia, en radioteràpia externa o bé en combinacions d'ambdós.

*Gy: abreviatura de "Gray", unitat de radiació equivalent a 100 rads.

3.6.2 RADIOTERÀPIA COMPLEMENTÀRIA

La seva finalitat és la de completa o potenciar l'efecte d'una intervenció quirúrgica i/o mèdica.

Trobem diferents subtipus de radioteràpia complementària:

-Preoperatòria.

-Intraoperatòria.

-Posoperatòria.

-Preoperatòria

Administra una dosi de tractament radiant abans de realitzar-se una intervenció quirúrgica en cirurgia amb intenció curativa. Es realitza una definició del volum blanc que englobi totalment l'àrea afectada i s'administra una dosi suficient que asseguri un efecte en les cèl·lules malaltes.

S'indica per poder reduir el volum del tumor, esterilitzar zones tumorals microscòpiques, eliminació de cèl·lules en fase evolutiva, evitar l'exposició de les cèl·lules viables quan es realitza l'acte quirúrgic i per poder operar tumors que inicialment eren inoperables a operables.

Les condicions que s'han de complir per a que es pugui administrar la radioteràpia preoperatòria són:

- L'edat del pacient ha de permetre una cirurgia posterior a la radioteràpia preoperatòria-
- Absència de metástasi a distància.
- Absència de malalties associades greus.

En referència a la dosi s'utilitza el fraccionament habitual convencional en aquest tipus de situacions, que inclou 10Gy per setmana en cinc fraccions de 2Gy per fracció i dia. Les dosis totals oscil·len entre 40 i 50 Gy. Cal destacar que les dosis inferiors a aquests intervals no proporcionen efectes tan apreciables, per altra banda, les dosis superiors poden dificultar en gran magnitud la cirurgia posterior.

En aquest tipus de tractaments radioteràpèutics (fraccionaments habituals) es deixa un temps de postirradiació que oscil·la entre 3-6 setmanes abans de dur a terme la cirurgia. Si es superés el temps estimat es podria dificultar l'intervenció quirúrgica i podria augmentar la fibrosi.

-Perioperatoria o intraoperatoria

La seva finalitat és administrar una dosi de tractament radiant durant l'acte quirúrgic. A més s'administra una sobredosis d'irradiació en una zona de difícil delimitació i s'indica per apartar d'aquest camp d'irradiació els òrgans crítics.

-Procediment realitzat durant l'administració de radioteràpia intraoperatoria:

-En primer lloc, es realitza la extirpació del tumor.

-Posteriorment, davant la sospita de persistència de restes tumorals es procedeix a la irradiació de la zona afectada.

-A continuació es prossegueix amb la intervenció quirúrgica programada.

En aquest cas el pacient ha de complir una important condició: ha d'estar admés a ser intervingut quirúrgicament.

Les dosis que s'administren es duen a terme en una fracció única, que va des de 15 a 40 Gy, amb electrons d'alta energia.

Aquest tipus de radioteràpia és molt més explícita, ja que el volum blanc engloba la totalitat de l'àrea sospitosa d'infiltració microscòpica.

-Postoperatoria

La seva finalitat és la d'administrar una dosi de tractament radiant després d'una cirurgia amb intenció radical. En aquest cas, defineix un volum blanc que englobi l'àrea sospitosa afectada. Per tant, s'administra una dosi suficient per a que es pugui assegurar el control total de la zona que teòricament està afectada.

Aquesta radioteràpia consolida l'acció de la cirurgia en pacient d'alt risc, complementa l'acció quirúrgica, té com a objectiu eliminar la malaltia subclínica (o clínicament no detectable).

Es segueix amb el fraccionament convencional, les dosis oscil·len entre 40-50 Gy. En alguns casos s'administra a alguna zona de risc una dosi de 10-20 Gy per pura prevenció.

3.6.3 RADIOTERÀPIA PAL·LIATIVA

La seva finalitat és administrar un tractament radiant que permeti controlar els símptomes derivats d'un càncer en estat avançat. El seu objectiu es controlar el dolor, disminuir els síndromes oclusius (dolors abdominals aguts, persistents i generalitzats), disminuir els processos d'hemorràgies, controlar els processos ulceratius (que causa o pot causar úlceres) i la prevenció i control de processos neurològics (malalties neurològiques).

En aquest tipus de radioteràpia el volum blanc que es defineix engloba l'àrea responsable de controlar els símptomes del pacient.

Per tant, l'objectiu principal dels professionals mèdics que administren aquest tipus de radioteràpia als seus pacients és el control de símptomes que permetin millorar la qualitat de vida, y conseqüentment augmentar la satisfacció personal de cada pacient amb càncer.

Es considera que al voltant del 50% dels pacients amb càncer es beneficiaran d'un tractament pal·liatiu amb radioteràpia en el transcurs de la seva malaltia oncològica.

3.6.4 RADIOTERÀPIA CONDICIONADA A RESPOSTA

La seva finalitat és administrar una dosi de tractament sempre i quan hi hagi una resposta clínica.

Per al tractament curatiu els tumors grans necessiten altes dosis de irradiació, com 45-50 Gy en 3-4 setmanes o bé 60-70 Gy en 6-7 setmanes. D'altra banda per al tractament pal·liatiu no es recomanable administrar altes dosis per la possible lesió de teixits adjacents que es pugui produir.

El règim pal·liatiu més utilitzat es de 30 Gy en 10 fraccions de 3 Gy per fracció i dia, no obstant això, 20 Gy en 4 o 5 fraccions de 5 Gy per fracció i dia o bé 8 Gy en una sola fracció, són de similar efectivitat.

En pacients amb tumors avançats i amb una àmplia expectativa de vida (tractament curatiu) la dosi que se'ls proporcionarà serà de 40-50 Gy a 2 Gy per fracció i dia, respectivament. En algunes ocasions s'utilitza aquesta dosi amb finalitats pal·liatives.

Una de les diferències més importants entre el pacient pal·liatiu i el pacient curatiu és el seu paradigma, és a dir, el model de decisió que es pren a l'hora d'administrar un tipus de tractament o un altre. En aquest cas el pacient pal·liatiu ve determinat en el

nombre i qualitat de dies de supervivència que li resten i no en la relació dosis-temps-volum (dosis que s'administra, temps d'evolució del tumor i volum que aquest adquireix) com és en el cas dels pacients curatius.

3.7 ETAPES CLÍNIQUES

El procés corresponent al tractament radiant i als seus respectius procediments estarán determinats per les següents etapes clíniques, que esdevenen de forma successiva:

1. Avaluació inicial.
2. Decisió terapèutica.
3. Localització.
4. Pla de radiació.
5. Simulació.
6. Aplicació.
7. Control del tractament.
8. Avaluació final.
9. Seguiment.

·Avaluació inicial

Tal i com el nom ens indica, consisteix en realitzar una primera avaluació introductòria a partir d'una sèrie de resultats clínics obtinguts: analítics, radiològics...Que están basats en la naturalesa de la pròpia malaltia a tractar, la seva extensió i estat evolutiu i de la probabilitat existent de control sobre la mateixa.

·Decisió terapèutica

En aquesta etapa de la malaltia es dóna a terme l'elecció del tipus de tractament que es vol seguir. Tinguent el compte els objectius, la metodologia i el desenvolupament d'aquesta. S'estudia quin tractament s'adaptarà millor a les necessitats del pacient, i també a les diponibilitats tecnològiques existents.

·Localització.

En aquesta etapa es duu a terme la delimitació del teixit que s'irradiarà i tanmateix la seva protecció i la dels teixits adjacents.

Per realitzar aquesta fase s'utilitzen imatges anatòmiques bidimensionals (Com per exemple radiografies ortogonals) o tridimensionals (TAC, PET).

·Pla d'irradiació.

Tal i com el nom indica, aquesta etapa del procés conjunt té com a objectiu l'elaboració d'un seguit de procediments i mecanismes de control per a l'execució correcte de la

irradiació.

·Simulació.

Etapa que té com a objectiu la reproducció fiable y controlable de les condicions generals en les quals s'ha de dur a terme la irradiació terapèutica, amb especial atenció a la posició que ha d'adoptar el pacient i als paràmetres geomètrics de la irradiació.

·Aplicació.

Aquesta etapa té per objectiu administrar el pla d'irradiació previst, reproduint periòdicament els paràmetres de posicionament del pacient i les especificacions tècniques corresponents.

·Control del tractament.

En aquesta fase es realitza una evaluació a partir de la resposta de la malaltia i la tolerància immediata del pacient a la irradiació. A més a més es verifiquen les dades anatòmiques del pacient per modificar el pla d'irradiació si es considerés oportú i necessari.

·Evaluación final.

En aquesta es realitza una valoració clínica a partir dels elements, dades, procediments i mitjans instrumentals diferents, sobre els resultats del tractament i el mètode per supervisar l'evolució del pacient.

·Seguiment

Té per objectiu l'evaluació clínica continuada del pacient d'acord amb l'evaluació final i la patologia inicial.

3.8 FACTORS QUE CONDICIONEN L'ELECCIÓ DEL TIPUS DE RADIOTERÀPIA

Els diferents factors que determinen l'elecció del tipus adequat de radioteràpia són:

- Els relatius al procés tumoral.
- Els relatius al pacient.
- Els relatius a la tècnica.

Relatius al procés tumoral

Dependrà de:

- La radiosensibilitat del teixit.
- Àrea anatòmica afectada i dels òrgans que l'envolten.
- Situació local i regional de la malaltia.

Amb major volum les dosis a administrar serien menors amb l'objectiu de preservar òrgans de risc, això suposa una disminució en el control de la malaltia.

Relatius al pacient

- Edat.
- Estat general (Segons l'estat funcional determinat per l'Escala de Karnofsky-Figura 8.1).
- Síntomes predominants.
- Constitució física, ja que del volum corporal dependrà el tipus de radiació.
- Alteracions psíquiques.

Relatius a la tècnica

- Qualitat de la irradiació (Disponibilitat de l'equip adequat que s'adapti a la patologia).
- Volum de irradiació (Dependrà del equip del qual es disposi).
- Temps d'irradiació.

ESCALA DE KARNOFSKY

ACTIVITATS	PUNTUACIÓ	EQUIVALENT FÍSIC
Normal, sense queixes, falten indicis de malaltia.	100	Capaç de treballar i dur a terme activitats normals, sense necessitat de cures especials.
Porta a terme una activitat normal amb signes o símptomes lleus.	90	
Activitat normal amb esforç. Alguns signes o símptomes morbosos.	80	
Capaç de cuidar-se, incapaç de dur a terme un treball actiu.	70	No apte per a treballar. Capaç de viure a casa, satisfer la majoria de les seves necessitats. Necessita una ajuda d'importància variable.
Requereix atenció ocasional, però es capaç de satisfer la majoria de les seves necessitats.	60	
Necessita ajuda important i assistència mèdica freqüent.	50	
Incapaç, necessita ajuda i assistència especial.	40	Incapaç de satisfer les seves necessitats, necessita assistència equivalent a la d'un hospital.
Totalment incapaç, necessita hospitalització i tractament de suport actiu.	30	
Greument malalt. Tractament actiu necessari.	20	
Moribund, irreversible.	10	
Mort.	0	Mort.

Figura 8.1: Escala de Karnofsky, determina l'estat general del pacient.

4. TRACTAMENT RADIOTERAPÈUTIC SEGONS EL TIPUS DE CÀNCER

4.1 MAMA

El càncer de mama és el creixement desenfrenat de cèl·lules malignes en el teixit mamari. Existeixen dos tipus principals de càncer de mama, el **carcinoma ductal** (el més freqüent) que comença en els conductes que porten llet des de la mama fins al mugró i el **carcinoma lobel·lar** que comença en parts de les mames, anomenades lobels, que produeixen la llet materna.

Abans de procedir a un tractament radioterapèutic, el tumor de càncer de mama és extirpat per cirurgia. És doncs per tant un tipus de radioteràpia complementària la que s'administrarà a les pacients amb càncer de mama.

El tipus de radioteràpia complementària ve determinada en la majoria dels casos tenint en compte el tipus de cirurgia prèvia, segons aquesta hagi estat conservadora o radical. El tractament complementari amb radioteràpia s'haurà d'iniciar dins dels sis mesos posteriors a la cirurgia en els casos en que la pacient rebi quimioteràpia. En els altres casos es pot iniciar a les dues setmanes de la cirurgia i es recomana no proposar l'inici més enllà dels dos mesos del post-operatori.

En el cas de la cirurgia conservadora es recomana radioteràpia en tots els casos de carcinoma de tipus ductal. No es recomana en el carcinoma de tipus lobel·lar. S'administra radioteràpia estàndar a la mama amb dosis de 50 Gy. S'ha d'administrar també una sobredosificació amb dosis de 10-20 Gy, en el cas de que les zones properes estiguin afectades i sobretot en pacients menors de 45 anys.

El càncer de mama no afecta només a la zona mamària, sinó que es veurà també afectada la regió axil·lar, d'aquesta forma s'han de tenir en compte els següents aspectes:

-Mama: s'anconsella radioteràpia estàndard a la mama amb dosis de 50 Gy i una sobredosificació de 16 Gy en els pacients menors de 70 anys. En el cas de pacients amb factors de risc de recaiguda local s'individualitzarà la dosi.

-Regió axil·lar: després de la cirurgia ganglionar, en general no es recomana radioteràpia a la regió axil·lar, però en el cas en que el buidament axil·lar hagi estat insuficient i l'afectació axil·lar sigui massiva es valorarà el tractament radioterapèutic. En aquests casos s'administraran dosis de 50 Gy i en el cas de que els ganglis estiguin afectats es considerarà una sobredosificació.

4.2 PULMÓ

El càncer de pulmó és un conjunt de malalties resultants del creixement de cèl·lules malignes del tracte respiratori, en particular del teixit pulmonar i un dels tipus de càncer més freqüents a nivell mundial. El càncer de pulmó sol originar-se a partir de les cèl·lules epitel·lials, i pot derivar en metàstasi en altres teixits del cos.

Per determinar quin tipus de tractament s'administrarà a un pacient amb càncer de pulmó, primer de tot es segueix un estudi d'extensió, on el pacient serà sotmés a una anàlítica completa: Radiografia de tòrax, broncoscòpia, TAC toràcic i abdominal alt, TAC o RM cerebral si la malaltia està localitzada i gammagrafia òssea si existeix alguna alteració clínica.

A continuació es procedirà a l'estadificació, on s'utilitzarà un tipus de protocol determinat anomenat "Veteran's Administration Lung Cancer Study Group" que distingeix la malaltia entre **limitada** (parlem d'un tumor confinat amb un hemitòrax i ganglis supracaviculars) i **disseminada** (tumor amb ambdós hemitòrax i metàstasi a distància o embassament pleural).

D'aquesta forma hi hauran diferències en quant al tractament depenent del tipus de malaltia:

•Malaltia localitzada

S'administrarà quimioteràpia i radioteràpia toràcica, és a dir, estem parlant d'un tipus de radioteràpia adjuvant. L'administració s'iniciarà precoçment i es controlarà l'irradiació del tumor i de les àrees adjacents. S'administrarà una dosi de 50-54 Gy, 2-8 Gy per dia. Els tractaments posteriors equivaldran a una dosi de 50-60 Gy per fraccionament convencional (2-8 Gy per dia). La indicació de radioteràpia està també en funció de l'edat i l'índex de Karnofsky. En els pacients amb un bon estat general hauria de ser preferentment hiperfraccionada. En pacients amb una edat superior als 75 anys o amb pèrdua de pes superior al 10% caldrà una valoració individual.

•Malaltia disseminada

En aquest cas s'haurà d'administrar més dosi de quimioteràpia, tot i que també es combina radioteràpia quan la resposta del pacient és completa. Aquest tipus de radioteràpia serà toràcica de consolidació.

Després del tractament es realitzarà un seguiment al pacient (radiografies toràciques, TAC...).

4.3 PRÒSTATA

Es denomina càncer de pròstata al que es desenvolupa en un dels òrgans glandulars del sistema reproductor masculí anomenat pròstata. El càncer es produeix quan algunes cèl·lules prostàtiques muten i comencen a multiplicar-se descontroladament. Aquestes també podrien propagar-se des de la pròstata fins a altres parts del cos, especialment els ossos i els ganglis limfàtics originant una metàstasi. Aquesta afecció pot causar dolor, micció dificultosa, disfunció erèctil, entre altres símptomes.

La malaltia es desenvolupa més freqüentment en individus majors de 50 anys. És el segon tipus de càncer més comú en homes. No obstant això, molts homes que desenvolupen càncer de pròstata mai tenen símptomes, ni són sotmesos a teràpia. Diversos factors, incloent la genètica i la dieta, han estat implicats en el seu desenvolupament, però fins avui, les modalitats de prevenció primària conegudes són insuficients per eliminar el risc de contreure la malaltia.

La taxa d'errors amb el tractament en radioteràpia es deu en part a la resistència que presenten les cèl·lules tumorals a les radiacions inferiors a 70 Gy. Diferents estudis retrospectius han demostrat una relació directa entre control i dosi en el càncer de pròstata. Tots els estudis coincideixen en el fet que els nivells de dosi necessaris per controlar el càncer de pròstata superen els 70 Gy, però la possibilitat d'administrar aquestes dosis amb radioteràpia externa és limitada, per aquesta raó s'utilitza **braquiteràpia**.

La introducció en la moderna braquiteràpia en càncer de pròstata ha obert un gran camp de desenvolupament terapèutic.

Així en càncer de pròstata la radioteràpia s'ha consolidat com una alternativa terapèutica a la radioteràpia externa, amb resultats comparables i probablement menys efectes secundaris.

A més a més els pacients amb càncer de pròstata es poden veure exposats a quimioteràpia, depenent de les característiques que presenti el tumor.

4.4 RECTE

També anomenat càncer de còlon, inclou qualsevol tipus de neoplàsies del còlon, recte i apèndix. Es pensa que molts dels casos de càncer colorrectal neixen d'un pòlip adenomatós* en el còlon. Aquests creixements cel·lulars en forma de fong són usualment benignes, però de tant en tant es tornen cancerosos amb el temps. En la majoria dels casos, el diagnòstic del càncer localitzat és per colonoscòpia*.

El recte està localitzat a la regió pelviana i s'extén des de la mucosa transicional de la línia dentada anal dins al còlon. L'abordatge quirúrgic del recte és complicat i es veu limitat per la restricció òssia que suposa l'existència de la pelvis. Tot i això es realitzarà un tractament que combinarà cirurgia, quimioteràpia i radioteràpia.

Concretament estem parlant d'un tipus de radioteràpia complementària, que podrà ser preoperatòria o postoperatòria, que vindrà seguida de cirurgia.

Després de la cirurgia (radioteràpia postoperatòria) la radiació pot destruir àrees petites de càncer que poden no ser vistes durant la cirurgia. Si la grandària o el lloc d'un tumor fa difícil extreure-ho, es pot utilitzar la radiació abans de la cirurgia per reduir el tumor (radioteràpia preoperatòria). La radiació també pot utilitzar-se per alleujar els símptomes de càncer avançat com l'obstrucció intestinal, sagnat o dolor.

Aquest tipus de radioteràpia s'utilitza principalment en les persones amb càncer de còlon quan el càncer s'ha adherit a un òrgan intern o al revestiment intern de l'abdomen. Si això succeeix, el metge no pot estar segur si s'ha extirpat tot el càncer, i s'utilitza la radioteràpia per destruir les cèl·lules canceroses que van quedar després de la cirurgia

En radioteràpia preoperatòria s'administraran 25 Gy en 5 fraccions durant una setmana i després el tumor serà extirpat.

En radioteràpia postoperatòria s'administraran 50 Gy en fraccions de 5 Gy.

*Pòlip adenomatós: tumor o protuberància circumscrita visible macroscòpicament que es projecta en la superfície d'una mucosa.

*Colonoscòpia: Endoscòpia que permet l'estudi del còlon i, en general, de tot l'intestí gros

5. EPIDEMIOLOGIA DEL CÀNCER A CATALUNYA

Gràcies a la investigació duta a terme per l'Hospital Universitari de Girona Doctor Josep Trueta s'ha pogut realitzar un anàlisi complet amb informació hospitalària sobre tots els pacients amb tumors durant un període determinat de temps, que en aquest cas fa referència a l'any 2005 amb un informe realitzat al 2007 (El més recent possible).

L'objectiu d'aquesta investigació és principalment mantenir un control sobre el càncer, i particularment al centre, tot i que es té com a referent general tota Catalunya.

Per definir bé aquests casos de càncer cal tenir en compte un control de qualitat que va acompanyat d'una definició específica de cada cas en cada pacient, és a dir, cal estar totalment segurs de les característiques de cada cas.

Així doncs durant l'informe de 2007 s'observen 1888 casos de tumors invasius malignes* a l'hospital Josep Trueta (87,4%), 183 casos de tumors *in situ* (Tumor que no s'ha extès a teixits veïns), és a dir el que equivaldria al 8,5 % i casos de tumors benignes* i de comportament incert, amb 3,1% i 1% respectivament.

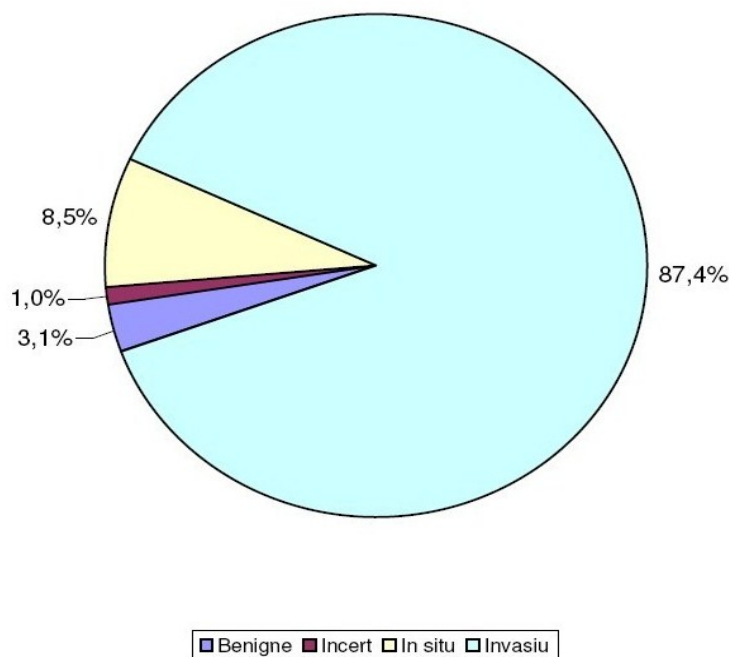


Figura 5.1

*Benigne: dit del mal, la malaltia, el tumor, etc., que no és maligne, no és perillós.

*Maligne: dit del mal, malaltia, tumor, etc., que presenta un caràcter greu i una tendència a la invasió general.

En quan a sexe i edat, si observem el gràfic a continuació, veiem que d'aquests, 1888 tumors malignes, un 60,9% corresponen als homes amb una mitjana d'edat de 67 anys, mentres que a les dones els hi correspondria un 39,1% amb una mitjana d'edat d'uns 65 anys aproximadament.

És per aquesta raó que observem un augment en el percentatge de tumors diagnosticats en homes que no pas en dones.

	Tumors (comportament maligne)		Edat	
	N	%	Mitjana	Mediana
Homes	1149	60,9	66,9	69
Dones	739	39,1	64,3	68

Figura 5.2: Quadre que mostra els resultats esmentats.

Per altra banda, també podem fer una distinció del control del càncer especificant la zona de residència dels pacients amb tumors:

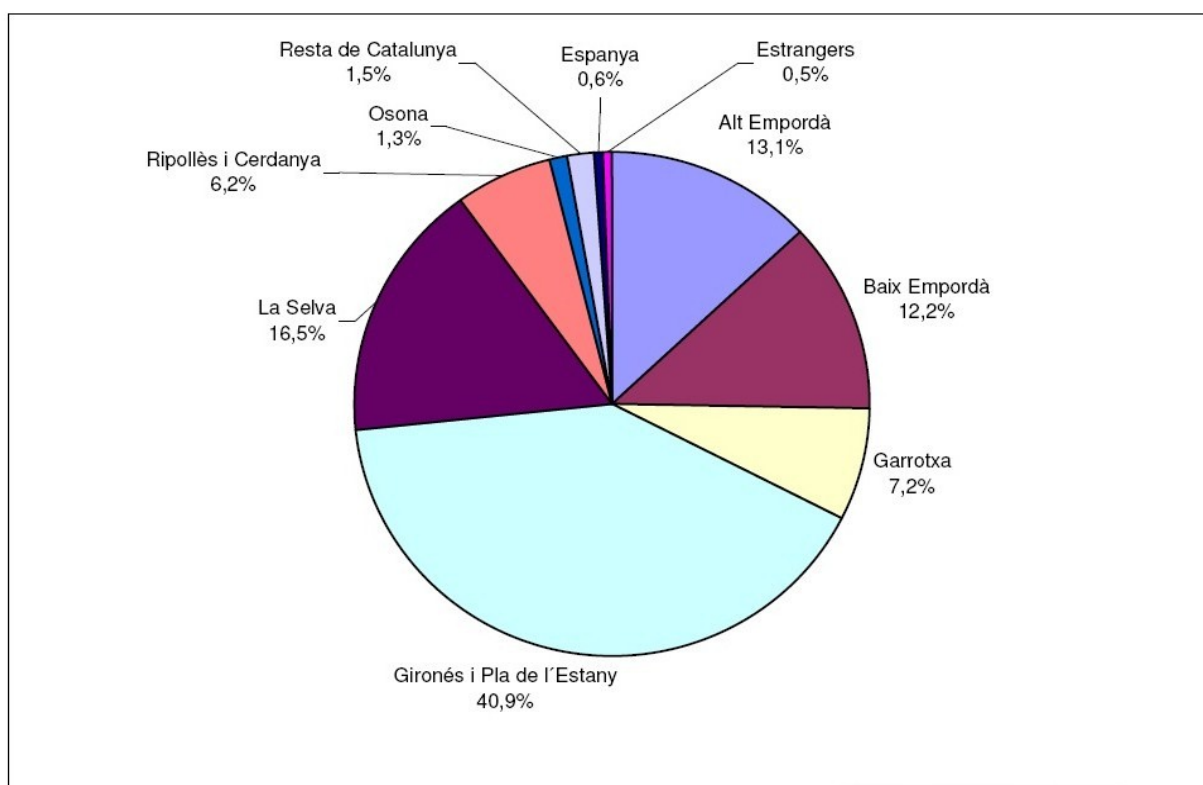


Figura 5.3

En àmbit general trobem a gent provinent d'altres zones d'Espanya amb un 0,6%, a continuació els estrangers amb un 0,5% i parlant sobre gent on el seu lloc de residència està present a Catalunya trobem que a la comarca del Gironès i el Pla de l'Estany presenta un nombre de diagnòstics de càncer més elevat que no pas a altres comarques catalanes, com per exemple la Garrotxa (7,2%). En quantitat menor però també important trobem nous diagnòstics tumorals al Baix Empordà, La Selva, L'Alt Empordà, etc.

A continuació ens centrem en la classificació general per localitzacions tumorals agrupades, sense diferenciar sexes. En general els casos més freqüents de càncer corresponen a l'aparell digestiu (26 %), aparell respiratori i òrgans intratoràcics (14 %), mama (9%) i de forma menys específica trobem una gran quantitat d'altres zones tumorals (19%).

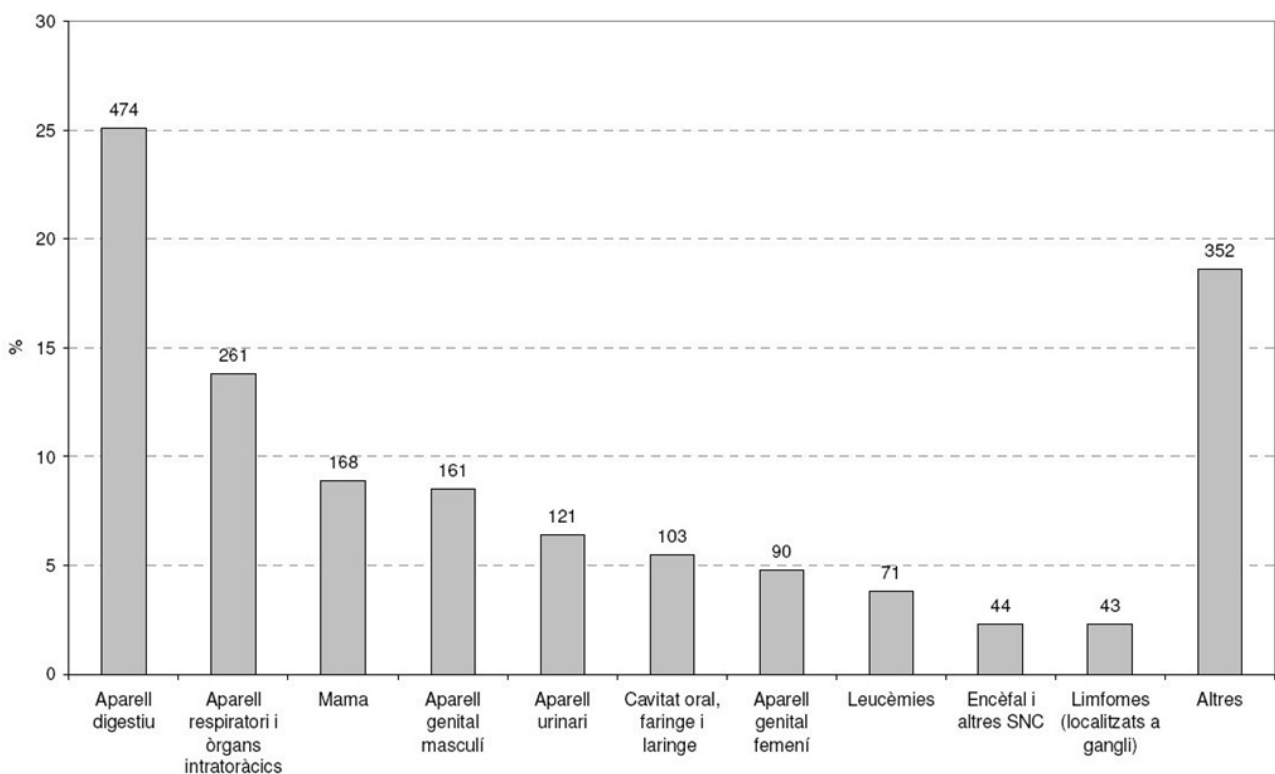


Figura 5.4: Gràfic on es representen les localitzacions tumorals agrupades.

Més detalladament podem concretar en cadascuna de les zones, sabent així quins òrgans/parts del teixit o aparell són més tumorals segons l'estudi realitzat als pacients. En aquest cas ens referim a l'aparell digestiu, on trobem que la zona més propícia a tumors és el colon amb un 39%. Cal destacar el fet que en les dones el percentatge de tumors en l'aparell digestiu és menor que en el cas dels homes.

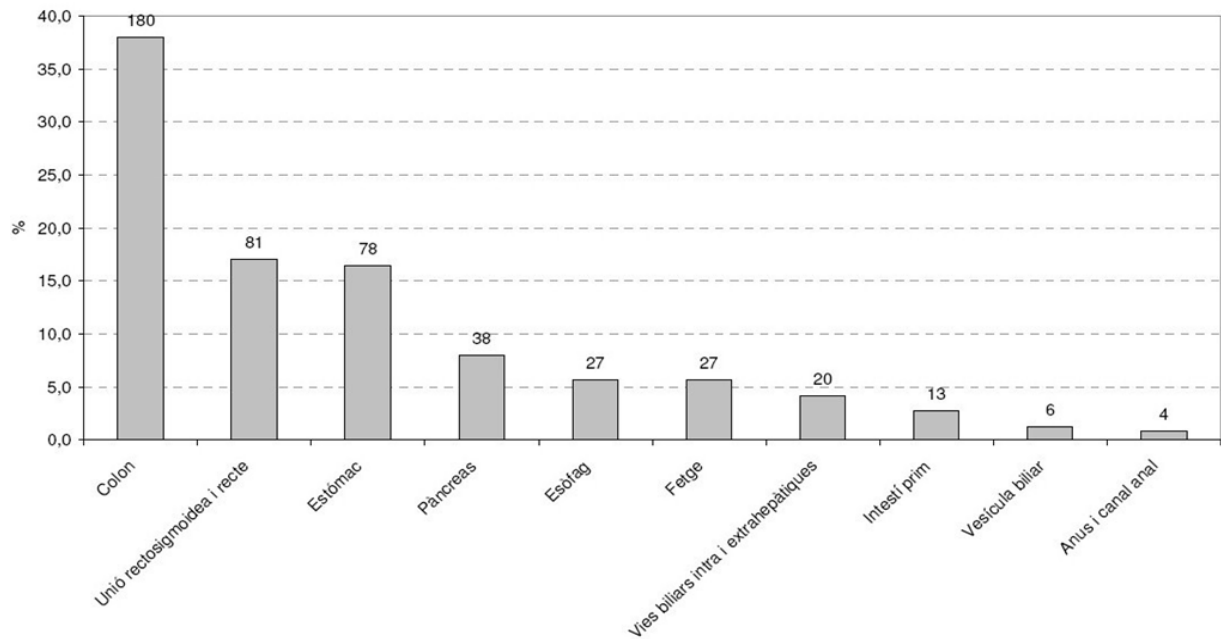


Figura 5.5: Zones tumorals a l'aparell digestiu.

En l'aparell respiratori i conjuntament els òrgans intratoràccics podem trobar la clara diferència entre les zones, ja que amb el 94% dels tumors nous corresponen a la localització de bronquis i pulmó. Amb menys percentatge trobem el cor i mediastí, la pleura i la tràquea, respectivament.

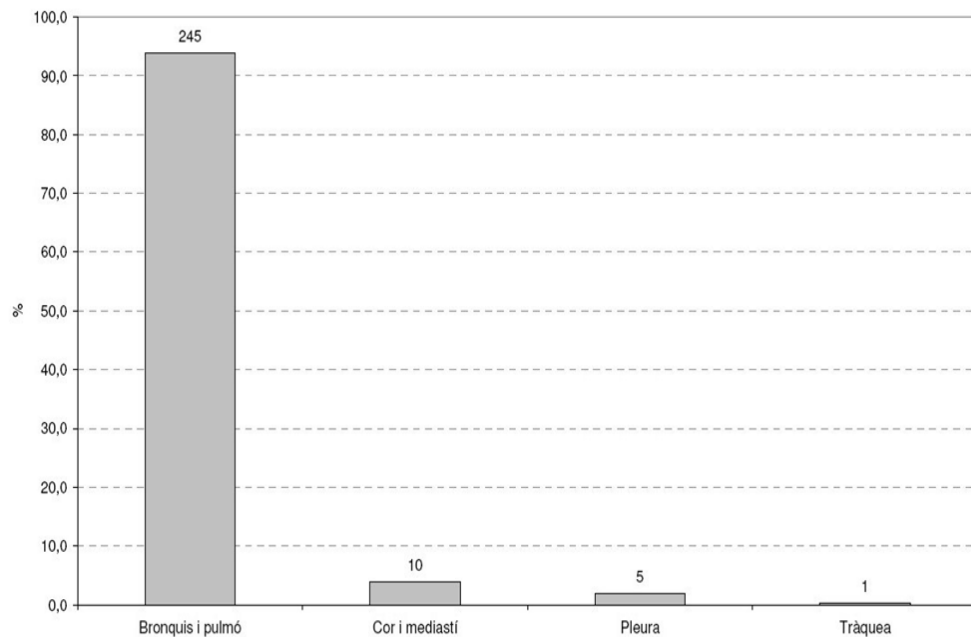


Figura 5.6: Zona tumoral a l'aparell respiratori.

A l'aparell genital femení dels 90 tumors trobats en l'estudi realitzat per l'Hospital Josep Trueta durant l'estudi de 2007, s'han produït 39 a la matriu dels quals al cos i 19 al coll de l'úter. I un 27% corresponent a la localització ovàrica.

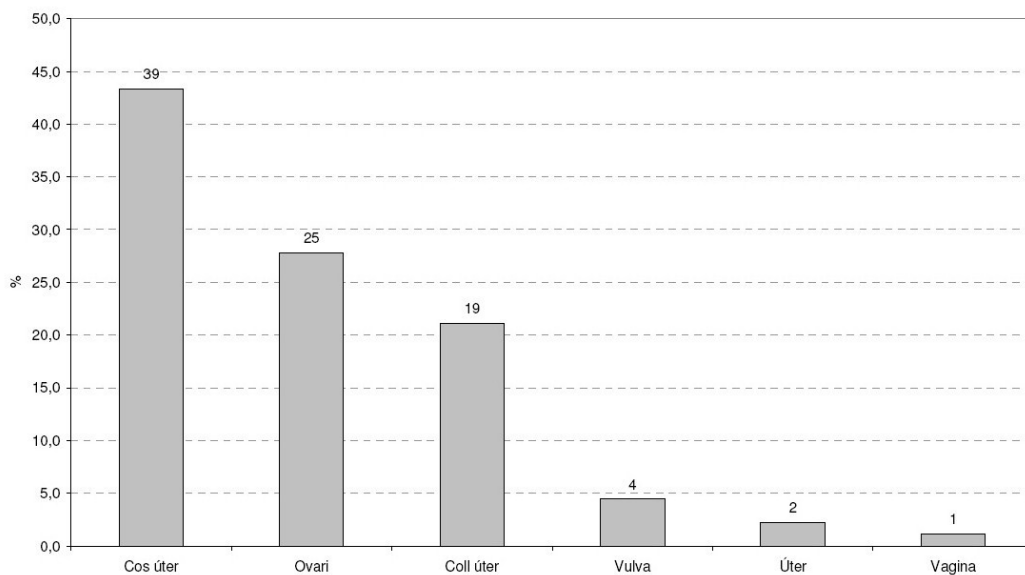


Figura 5.7: Zona tumoral a l'aparell genital femení.

D'altra banda en l'aparell genital masculí trobem que el 90% de tumors corresponen a la localització de la pròstata, seguida amb menor percentatge per la localització dels testicles i el penis.

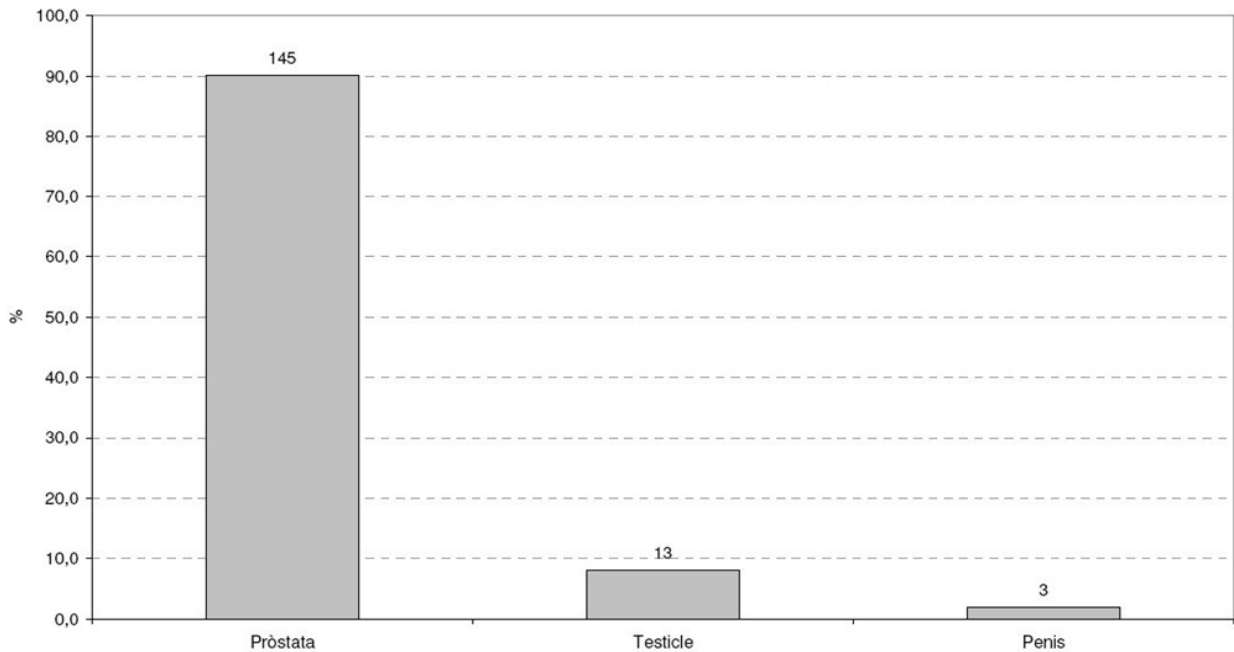


Figura 5.8: Zona tumoral a l'aparell genital masculí.

A continuació observem la distinció realitzada entre homes i dones amb els 10 tumors més freqüents corresponents a cada sexe.

En quan a les dones el càncer més freqüent és el de mama, seguit del càncer de colon i d'anus i els tumors localitzats a la zona de bronquis i pulmó. Amb menys freqüència trobem els limfomes.

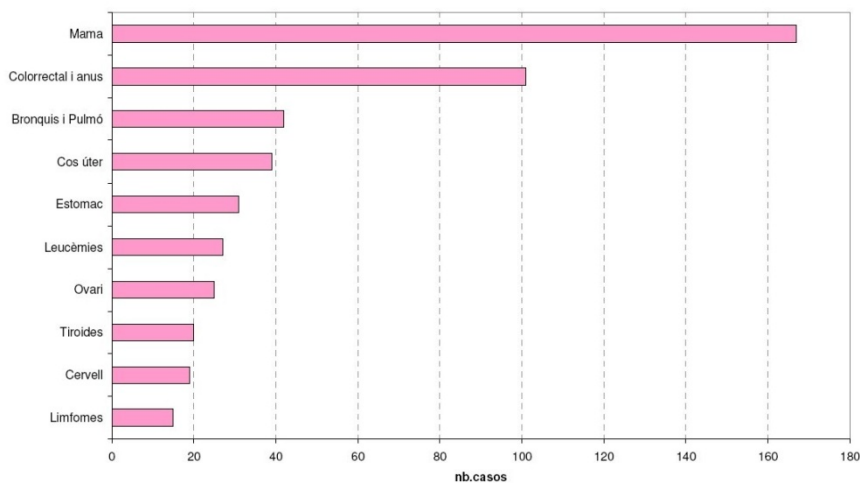


Figura 5.9: Distinció tumoral entre sexes.

En el cas dels homes observem que el percentatge més alt de tumors correspon a la zona de bronquis i pulmó, seguit per el colon i l'anus (com en el cas de les dones) i per el càncer de pròstata. En últim lloc trobem els tumors localitzables a la zona del ronyó, amb un percentatge molt menor.

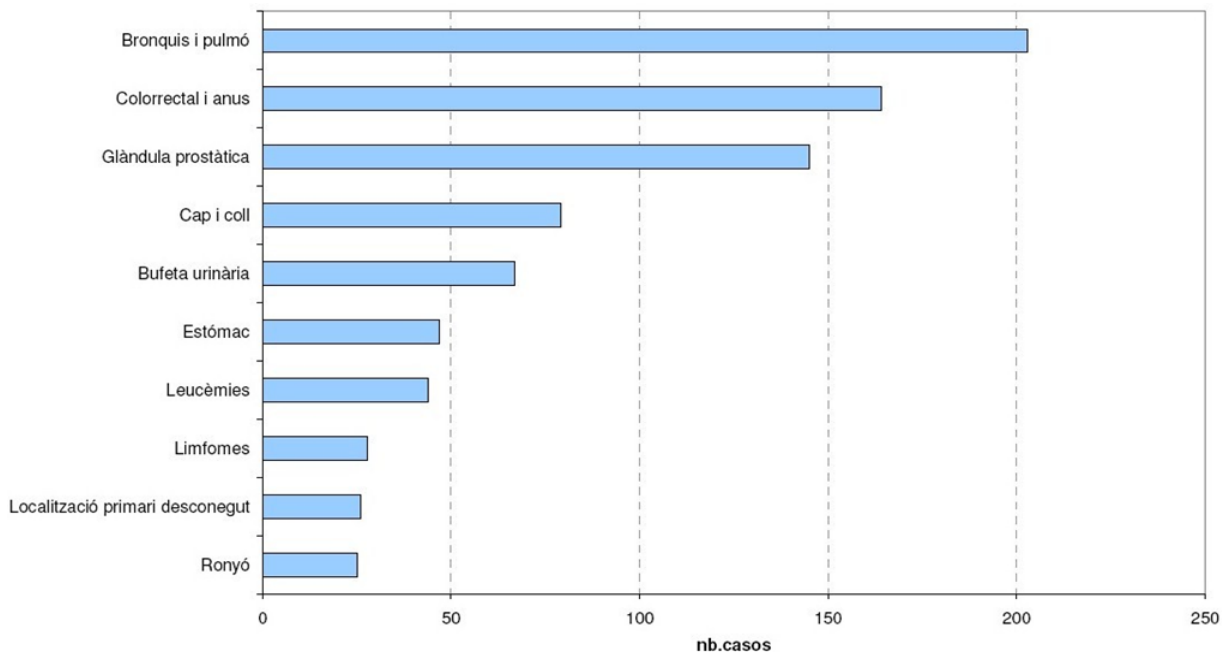


Figura 5.10: Percentatge més alt de tumors en homes.

6. PROTECCIÓ RADIOLÒGICA EN MEDICINA

Parlan en trets generals existeixen tres tipus d'aplicacions mèdiques de les radiacions ionitzants: el radiodiagnòstic, la radioteràpia i la medicina nuclear.

La protecció radiològica s'entén com una eina de gestió de mesures per a la protecció de la salut enfront els riscos (per a les persones i el medi ambient) generats per l'ús de la radiació ionitzant. El seu objectiu consisteix en proporcionar un nivell adequat de protecció a les persones sense limitar inadequadament les pràctiques beneficioses a les que donen lloc les radiacions (Exemple: el tractament radioterapèutic que es duu a terme en la cura d'un càncer de mama).

Tots estem familiaritzats amb els raigs X ja que segurament molts hem estat sotmesos en alguna ocasió a una exploració radiològica. Actualment amb el que implica l'avenç en medicina, els aparells moderns i actualitzats de raigs X (amb els blindatges i la concepció de l'instrument) han reduït la dosi proporcionada al pacient i al metge. Però aquest factor, tot i que és determinant per a la protecció del pacient i del professional a causa de la menor quantitat de dosi rebuda, calen certes precaucions addicionals que encara redueixen més una possible absorció d'aquesta dosi. Primerament destaquem l'existència d'un seguit de tres regles bàsiques en radiologia:

-Distància: exposició mínima del metge davant la realització d'una radiografia, en tractaments radioterapèutics, etc.

-Blindatge: col·locar pantalles protectores (el que s'anomena blindatge biològic) entre la font radioactiva i les persones.

-Temps: considerat un factor clau en l'exposició de qualsevol individu a la radioactivitat i, concretament en medicina els metges procuren exposar el menys temps possible el pacient.

Però la protecció radiològica és molt més sofisticada i per tant presenta molts més aspectes que cal esmentar, al ser un concepte que constitueix molta informació la protecció radiològica es descompon en:

-Protecció radiològica estructural.

-Protecció radiològica operacional.

6.1 PROTECCIÓ RADIOLÒGICA ESTRUCTURAL

Parlem de protecció radiològica estructural quan ens referim a tot allò que, sempre compromentent la seguretat radiològica, estigui relacionat amb les infraestructures i el disseny de les instal·lacions: blindatges, canalitzacions dels desaigües, circuits dels aires condicionats, disposició de les sales, etc. Aquest tipus de protecció ha d'estar implementada i supervisada per un expert en la matèria sempre contemplant els principis bàsics de la protecció radiològica.

En la següent imatge es pot observar esquemàticament les diverses instal·lacions radioactives hospitalàries:



Figura 6.1.1: La radioteràpia externa i el radiodiagnòstic correspondrien a les fonts externes artificials i, d'altra banda la medicina nuclear i els laboratoris formarien les anomenades fonts no encapsulades.

-El **disseny** aplicat al sentit comú: cal optimitzar la circulació de pacients, la circulació de personal, el flux del material radioactiu per la instal·lació i la disposició dels equips radioactius a les sales i voltants. Cal controlar l'accés directe al lloc de control, sense travessar les sales d'exploració, les finestres del lloc de control han de permetre controlar al pacient en tot moment, les zones de treball han de ser fàcils de netejar i que no presentin materials absorbents, l'obertura de les portes d'accés a les sales ha d'evitar exposicions inadvertides, no s'han d'instal·lar portes corredores, s'han d'eliminar els accessos directes i els mecanismes de ventilació han de ser els adequats per a l'activitat programada. D'altra banda s'ha de valorar si cal blindar el circuit de les canonades de desaigües i instal·lar zones amb pressió negativa.

Exemple: Instal·lació de MN

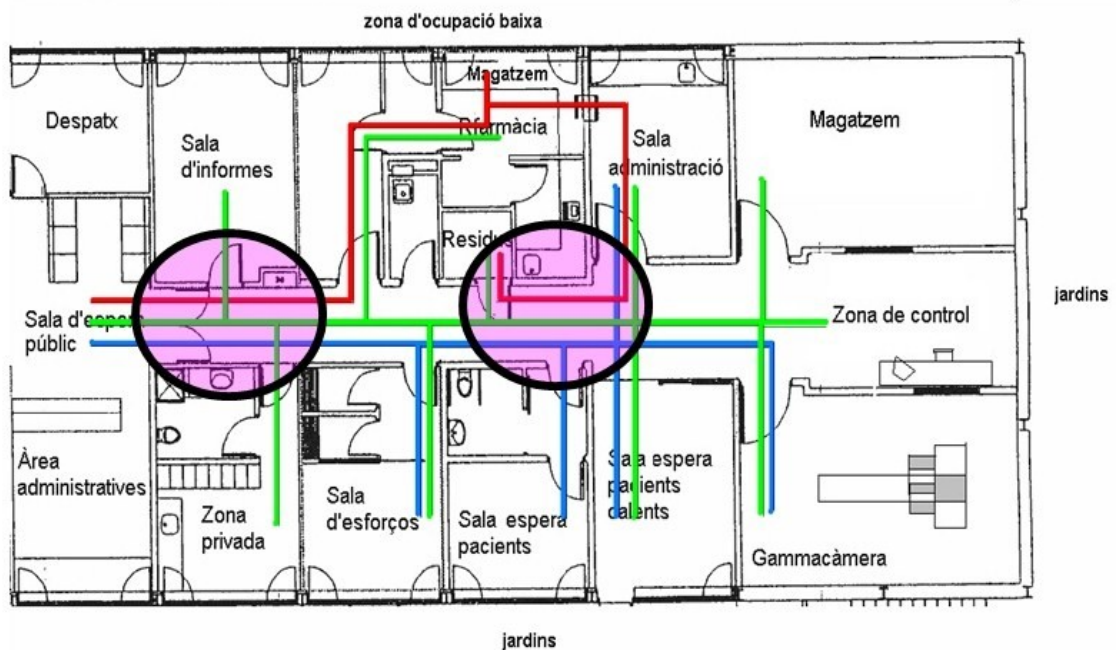


Figura 6.1.2: En aquesta imatge observem un esquema d'una instal·lació de Medicina Nuclear en un centre mèdic. Es poden diferenciar els diferents canals de comunicació entre les diferents sales de la zona.

Exemple: Instal·lació de MN

El terra, recobert de...

- Material no absorbent
- Fàcil de netejar
- Resistent a productes químics
- Doblat sobre les parets
- Juntes segellades
- Fixat a terra



... I molts més altres detalls.



Figura 6.1.3

-Els **blindatges** (càlculs conservadors, sobredimensionals): en aquest cas s'ha de valorar la variabilitat dels blindatges i els costos de la construcció, a més cal calcular tot el relacionat amb la infraestructura en sí: parets, sostres, terres i altres elements tipus mampares, calcular sempre simulant el pitjor escenari possible (càrrega de treball, energia, tipus de radiació...). Per últim s'han de controlar les obertures a les barreres per conduccions/cablejat, les unions entre els elements estructurals s'han de solapar i el blindatge d'altres unions estructurals.

Exemple: Búnker d'un accelerador lineal per a radioteràpia

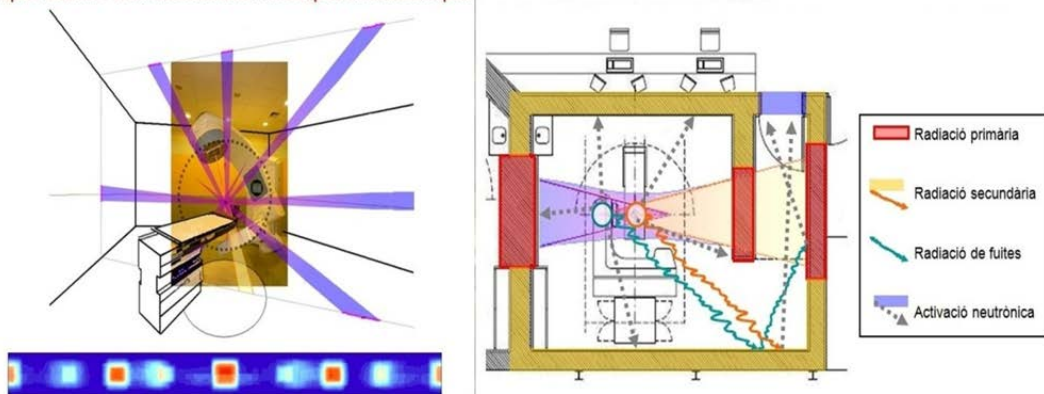


Figura 6.1.4: En aquest esquema observem el control de les barreres per cablejat, les unions entre els elements estructurals i el blindatge en general en un exemple clar d'un búnker d'un accelerador lineal per a radioteràpia.

Per a realitzar els càlculs s'han de tenir en compte el tipus de partícules, la seva energia, la càrrega de treball, factor d'ús i d'ocupació de les zones a protegir, distància a les zones, els materials del blindatge i els límits de dosi de les zones a protegir.

Aquests càlculs sempre s'han de realitzar a partir dels procediments amb les pitjors condicions, per seguretat.

6.2 PROTECCIÓ RADIOLÒGICA OPERACIONAL

Parlem de protecció radiològica operacional quan ens referim a tot allò que, sempre que pugui comprometre la seguretat radiològica, està relacionat amb qualsevol procediment, ús o hàbit de la feina duta a terme per els metges:

- Protocols, normes, instruccions...
- Hàbits a la feina.
- Ús de materials adequats: paper assecant, bolquers...
- Ús de proteccions individuals: davantals, guants, ulleres, protectors específics de tiroïdes, gònades...
- Disponibilitat d'elements estructurals com: mampares, cortines, carrets, tubs monodosi blindats...
- Vigilància: dosimetria i classificació del personal treballador, classificació d'àrees...

Dosimetria personal



Figura 6.2.1

*La persona porta el dosímetre en totes les situacions que està potencialment exposada a les radiacions ionitzants.

Dosimetria d'àrea

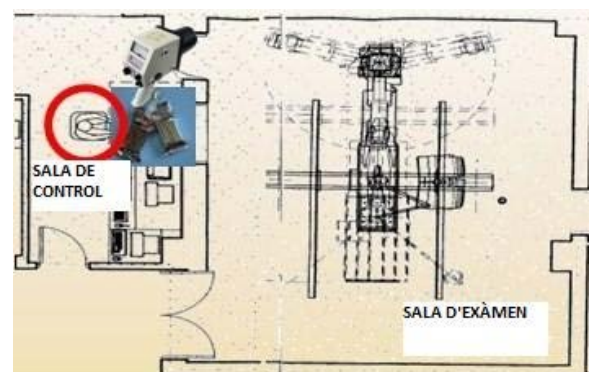



Figura 6.2.2

*Es mesura la dosi que hi ha en una àrea determinada. Les persones que hi treballin rebran aquestes dosis.

·Disminuir la dosi als pacients, disminueix la radiació dispersa i per tant, la dosi al treballador exposat. Més aspectes que afavoreixen a la disminució d'aquesta dosi són els següents:

- Controlar la distància entre el tub i el pacient, entre el pacient i el receptor d'imatge.
- Nombre de projeccions i la seva geometria.
- Col·limació (Confinar la radiació emesa per una font a un feix ben definit de raigs paral·lels o bé ocupant un determinat angles sòlid).
- Ús de reixeta antidifusora (que no escampa les partícules amplament).
- Magnificació.
- Temps d'escòpia, taxa de frames...
- kVp utilitzat.
- Aprofitar les utilitats de l'equip.
- Limitar el nombre de personal mèdic treballant a la sala on es duen a terme les intervencions radiològiques.

Davantals:



Lead Equivalent (mm of Pb)	Attenuation	
	% at 70kV	% at 105kV
0.25	97 +/- 2	90 +/- 2
0.35	98 +/- 2	94 +/- 2
0.50	99 +/- 2	97 +/- 2

Figura 6.2.3: Davantals de plom utilitzats per a la protecció.



Figura 6.2.4: Material de protecció.



Figura 6.2.5: Eines de protecció radiològica

7. APLICACIÓ DE LA TEORIA: CENTRE VETERINARI I HOSPITAL

Per poder entendre millor tota la recerca bibliogràfica, també vaig poder visitar un centre veterinari i l'Hospital Josep Trueta per aprofundir d'una forma més "pràctica" sobre l'anteriorment esmentat.

-Centre Veterinari

Tenir l'oportunitat d'experimentar de primera mà i observar la maquinària corresponent utilitzada al Centre veterinari Canis, Girona, va ser una de les parts pràctiques més grates de duu a terme.

Tot i que la part teòrica anterior està enfocada a les aplicacions mèdiques de la radioactivitat, però específicament a la radioteràpia. És si més no interessant poder tenir l'oportunitat d'adquirir coneixements també en altres aplicacions mèdiques com és en aquest cas el radiodiagnòstic. Més detalladament tenir l'oportunitat i la idea d'enfocar el radiodiagnòstic no només en humans, sinó en animals.

És doncs per aquesta raó que la finalitat de realitzar aquesta visita va ser poder entendre, a partir de tot el treball teòric anterior, com funciona una sala de radiologia d'un hospital veterinari. La decisió fonamental en escollir que es fés aquest punt del treball orientat als animals, va ser bàsicament per intentar mostrar el que serien les mateixes aplicacions de la radioactivitat des d'un altre punt de vista, interessant i diferent.

En una sala de radiologia en un hospital veterinari podem trobar diferents tipus d'aparells tots destinats a l'obtenció d'una imatge digital per poder especificar un diagnòstic en concret.

Una sala de radiologia d'aquestes característiques compta amb maquinària específica per a la correcta realització de les radiografies. Les diverses fotografies que veurem a continuació mostren les màquines presents i necessàries:

·Primer de tot trobem aquest tipus d'aparell que correspon al regulador de potències per duir a terme (segons el tipus de individu i les seves característiques) la radiografia d'una forma correcte. La unitat que mesura la potència és el kilovolt, i així ho indica a la part superior de l'aparell.



Figura 7.1

·La posició que adopti l'animal, en aquest cas, és de suma importància per poder duur a terme la radiografia amb el menys marge d'error possible. Dependrà de la zona hipotèticament afectada l'acció de posicionar-se d'una forma o bé d'una altra. En la següent imatge es mostra la zona en la qual s'ha de col·locar l'animal.



Figura 7.2

A la mateixa imatge es pot observar, a la part inferior de la màquina, el mecanisme per on s'introdueix la placa que obtindrà la imatge. Més amunt, s'observa l'aparell que realitzarà la radiografia.

Fins ara hem mostrat la part radioactiva de la maquinària, com la mateixa paraula indica aquells aparells que emeten radiació, és per aquesta raó que es prenen mesures de prevenció contra aquesta.

Els professionals que realitzen aquestes pràctiques a la sala de radiologia han de protegir-se mitjançant l'ús de la vestimenta en imatge i els guants corresponents. Posseeixen plom, un material que protegeix de les radiacions radioactives. Es solen utilitzar unes sabates especials



Figura 7.3



Figura 7.4

·Quan s'ha dut a terme la radiografia el professional, que en aquest cas és el veterinari, col·loca la placa on hi queda reflectida la imatge en un altre aparell, de tal forma que en fa la lectura i fa possible la seva interpretació digital a l'ordinador:



Figura 7.5: Colocació de la placa i lectura



Figura 7.6: Interpretació digital

D'aquesta forma s'obté el diagnòstic corresponent. El veterinari observa el resultat d'una radiografia tal i com podem observar a la imatge. El contrast de grisos, blancs i negres ens mostren els diferents teixits: muscular, ossi, etc. A partir d'un programa informàtic es pot millorar la qualitat de la radiografia per poder determinar clarament el diagnòstic.

-Hospital Universitari Josep Trueta

D'altra banda també és interessant explicar l'experiència personal que m'ha suposat realitzar aquest treball amb l'ajuda i guia d'un metge especialista en oncologia, el Dr. Canals (ICO), el Dr. Muñoz (radiofísic de l'hospital) i el Dr. Jurado, també radiofísic.

Principalment ha estat gratificant el fet de poder realitzar un treball d'aquestes característiques amb professionals en la matèria. La contínues visites a l'ICO (Institut Català d'Oncologia) m'han servit per poder encarar molt millor el procés de realització i la gran recerca que suposava aquest treball. És per aquesta raó que vaig acudir diferents cops per a la visualització de material de caire important i que queda reflectit en el treball de tal forma. A més a més van concedir-me l'oportunitat de veure el servei de radioteràpia de l'hospital amb activitat habitual.

El Dr. Diego Jurado em va proposar una visita especial encarada a la visualització del funcionament radioterapèutic a l'Hospital Josep Trueta en concret. Per aquesta raó es va predisposar una visita en la qual vaig tenir l'oportunitat d'observar els aparells que s'utilitzen. També vaig rebre una explicació general de com es duu a terme el procés radioterapèutic.

Primer de tot el que tenen molt en compte són les característiques detallades que presenta cada pacient, és doncs per aquest motiu que sotmeten a cada pacient amb càncer a un TAC, abans de començar a irradiar-lo. Això és produeix ja que el TAC proporciona informació tridimensional sobre el cos del pacient, i per tant sobre el tumor i la situació que aquest presenta.



Figura 7.7: Monitor des del qual s'obtenen les imatges



Figura 7.8: Màquina TAC

En 3D.

A partir d'aquest punt s'estudien molt bé les imatges en 3D obtingudes per tal de determinar exactament per quines vies caldrà començar la irradiació. Això vol dir que, si per exemple ens trobem amb un cas d'un pacient que presenta un tumor al coll, ja que és una zona delicada, caldrà estudiar molt bé quins serán els focus per els quals entrarà la radiació, per evitar un possible dany de la mèdula òssea.

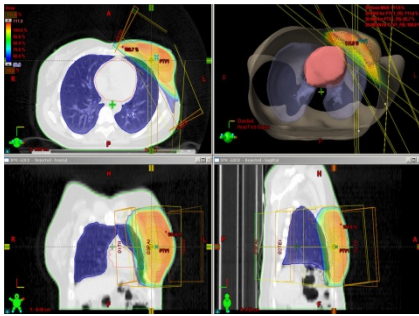


Figura 7.8: Preparació i planificació dosimètrica en 3D d'un càncer de mama. Institut Català d'Oncologia, Girona.

A continuació es procedeix a administrar al pacient radioteràpia.

A la figura posterior s'observa l'accelerador lineal d'electrons, màquina amb la que es tracta al pacient. Dins de l'accelerador lineal d'electrons, com la mateixa paraula diu, es creen electrons que es transporten de forma lineal cap al focus d'irradiació de la màquina. La velocitat adquirida per aquests electrons és la mateixa que la velocitat de la llum. A partir d'això es genera radiació.

Quan aquesta radiació arriba al focus, s'ha de tenir en compte que cal evitar la radiació extra d'altres òrgans i parts properes al tumor, és per aquest motiu que al focus de l'accelerador hi han unes plaques petites de plom que adapten la forma específica del tumor. D'aquesta forma disminueix el risc d'irradiar amb la mateixa intensitat zones properes a la zona afectada i permet un control més detallat del procés.



Figura 7.9



Figura 7.10

És important esmentar que aquesta màquina té la capacitat de girar 360° en diferents direccions (Esquerra o dreta). Tots aquests detalls existeixen per poder assegurar de la forma més detallada la posició del tumor i per poder irradiar per diferents parts i posicions de l'organisme.

El procés anterior equival a un tipus de radioteràpia en concret: les etapes clíniques de la teleteràpia. Tal i com s'explica en apartats anteriors del treball aquest procés abarca una informació molt més profunda, però és interessant poder veure de primera mà com funciona el procés radioterapèutic en un hospital d'aquesta magnitud, i adquirir-ne una idea general.

8. EXPERIÈNCIA PERSONAL D'UN CÀNCER DE MAMA

“Em dic Elvira i tinc 50 anys, al Gener de 2006 em van diagnosticar càncer de mama, aleshores tenia 44 anys.

Voldria començar dient que tenim un sistema sanitari públic dels millors del món, haver d'afrontar una experiència vital tan dura com aquesta malaltia, sense tenir el suport econòmic necessari, ha de ser terrible. Han passat cinc anys des que vaig patir la malaltia, i avui en dia, totalment recuperada, he de dir que tot i la por i la incertesa de no saber què passaria amb la meva vida, vaig confiar en mi mateixa i en els metges que m'havien de tractar.

En el meu cas, després de la cirurgia, vaig iniciar d'immediat tractament de tipus hormonal i tractament radioterapèutic, m'administraven 50 Gy en fraccions de 2 Gy, posteriorment em van realitzar una sobredosis de fins a 60 Gy.

En quan als efectes secundaris de la radioteràpia cal dir que depenen de molts factors. En alguns casos es produeixen efectes mínims, mentres que en d'altres són més importants. De qualsevol manera penso que és major el benefici per curar la malaltia que els efectes secundaris que puguin produir el tractament.

En aquest testimoni m'agradaria dir que la paraula càncer no és sinònim de mort, que afortunadament la medicina ha avançat molt en investigació, proves diagnòstiques i tractaments. És veritat que cada dia sembla que hi hagin més casos de càncer, però també és veritat que és molt alt el percentatge de cura, per això és tan important la detecció precoç.

Finalment voldria enviar un missatge a totes les persones que estan passant per un moment tan difícil en les seves vides com és tenir càncer, i és que mai s'ha de perdre l'esperança, tenir una actitud positiva, confiar en que es pot superar, intentar en la mesura de lo possible portar una vida normal, tenir suport de la família i els amics és molt important. No són només paraules d'alè, ho dic de la forma més sincera i personal.

D'altra banda només em queda donar les gràcies a totes les persones que m'han ajudat a superar la malaltia, a tots els metges que em van tractar en les diferents àrees i en especial al Dr. Pedro Suárez, especialista en patologia mamària, que va ser qui em va operar, al personal sanitari i psicològic, a la meva família, amics i a Déu.”

9. CONCLUSIONS

A partir de tota la recerca bibliogràfica realitzada per poder dur a terme aquest treball de recerca, puc destacar personalment els següents aspectes:

- La gran quantitat de tipus de tractaments radioterapèutics existents en els hospitals (pàg. 19).
- La varietat i quantitat d'aparells i tècniques de protecció radiològica (pàg.44).
- Els casos de càncer a Catalunya segons territori, sexe, edat i tipus, com s'ha anat veient en els diferents comentaris que he anat realitzant al llarg del treball (pàg.37).

En primer lloc i hipotèticament, m'ha sorprès la gran quantitat de material del que disposen els hospitals i centres mèdics per administrar radioteràpia. Ignorava per complet el munt d'aparells i elements existents i l'ús que se'n pot extreure.

Gràcies a les contínues visites a l'hospital Trueta de Girona, he pogut adonar-me'n de primera mà de la variabilitat de tècniques radioterapèutiques segons el tipus de càncer, l'edat i fins i tot sexe.

D'altra banda em va cridar l'atenció tota la maquinària que utilitzen els físics, oncòlegs i personal mèdic en general.

De totes formes, el que m'ha interessat més i alhora impressionat, ha estat la recerca estadística que vaig realitzar. Gràcies a les dades que em van proporcionar vaig poder conèixer de primera mà el grau d'epidemiologia de càncer a Catalunya.

Primerament creia que territorialment on es donaven més casos de càncer era al Barcelonès, Valles Oriental, Vallès Occidental, etc. Aquest pensament previ ve determinat pel fet que aquestes àrees són de les més poblades de Catalunya.

Per altra banda, també suposava que el nombre de tumors malignes era superior a les dones que no pas als homes, i realment els homes presenten un nombre més elevat que les dones (60,9% i 39,1% respectivament).

Per últim, i en una valoració profundament personal, tot i que sempre he estat conscient del procés de cura al qual va estar sotmesa la meva mare, adjuntar la seva experiència en aquest treball i voler compartir-la m'ha sorprès, però alhora m'ha ajudat a entendre des d'un altre punt de vista no tan científic, en què consisteix la radioteràpia i el càncer.

10.ANEXE

El següent annexe és un article que pertany al diari "El País Digital", publicat el 2 de Novembre de 2010. Parla sobre el càncer i la impossibilitat de trobar-ne la cura.

"Es utópico esperar que se halle una cura global contra el cáncer"

Eduardo Cazap. Presidente de la Unión Internacional contra el Cáncer

BUENOS AIRES | LETICIA COSTA

Esperar una vacuna contra el cáncer o una cura global contra la enfermedad es "utópico". Pero si se previniera y detectara a tiempo, 70% de los enfermos sobrevivirían, dijo Eduardo Cazap, presidente de la Unión Internacional contra el Cáncer.

El cáncer no es una enfermedad con una sola causa, entonces la expectativa no puede estar puesta en que aparezca una cura "milagrosa" que haga que la enfermedad desaparezca, dijo a El País Eduardo Cazap, oncólogo argentino presidente de la Unión Internacional Contra el Cáncer (UICC por sus siglas en inglés). "Es utópico", consideró. "Cuando estaba la poliomielitis -enfermedad que afecta el sistema nervioso- se encontró el virus, se creó la vacuna y hoy prácticamente está erradicada", ilustró. "Eso no va a pasar con el cáncer", dijo. ¿Por qué? En su opinión, porque hay cánceres de distintos orígenes y distintos grados de agresividad. "Hay cánceres que están relacionados con el Sol, otros asociados con la dieta, otros genéticos" y otros que dependen de diversos factores. "Es muy poco probable, al menos con los conocimientos actuales, que aparezca una vacuna contra el cáncer", consideró Cazap, quien también es presidente de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Oncología Médica y es miembro del Consejo Ejecutivo del Instituto Nacional del Cáncer argentino.

Sin embargo, sí es posible, como de hecho sucedió con el cáncer de cuello de útero, que surjan vacunas o tratamientos concretos contra tipos específicos de cáncer, comentó. El punto, subrayó, es que no hay que esperar una "cura mágica", sino prevenir. "Hay maneras de que cada uno de nosotros contribuya a que la enfermedad se presente menos y que cuando se presente se haga de una forma mucho más tratable", enfatizó. Para el oncólogo, toda persona puede hacer su prevención personal de la enfermedad. "Si yo cuando voy a la playa me expongo al Sol con cuidado, si como bien, si hago ejercicio, si trato de no aumentar de peso, si no fumo" y reiteró, "si no fumo, si no fumo, si no fumo, mis posibilidades de tener cáncer son muchísimo menores".

Cada año 12 millones de personas contraen la enfermedad. La denominada "curabilidad estadística global" -porcentaje de personas que se curan entre todos los tipos de tumores-, ronda el 50%. "Si se implementara en todos los países lo que ya se sabe, en 10 años estaríamos en el 70%", consideró Cazap.

"Lo que ya se sabe", agregó, incluye prevenir, detectar de forma precoz y, aplicar los mejores tratamientos posibles. "Entre los tumores detectados precozmente yo diría que son más los que se curan que los que no", comentó. "El problema está en que hay ciertos tumores que si no se detectan inicialmente, cuando la enfermedad está más avanzada la cura es muy difícil, o imposible", agregó.

Por eso, para Cazap, la lucha contra el cáncer no es sólo un tema de recursos. "Hay países con enorme cantidad de recursos y mala estructura, como Arabia Saudita", comentó. "Tienen grandes hospitales y no tienen quién los atienda".

En el otro extremo ubicó a Uruguay. "Pero hay otros países y pongo el caso de Uruguay, que tienen recursos limitados pero buena estructura de salud", expresó y valoró especialmente el combate contra el tabaquismo y el Programa Nacional de Control del Cáncer (Pronaccan).

"Es un problema de fondos pero también de políticas y de usar los recursos existentes de una manera inteligente y apropiada", dijo el oncólogo.

Además, comentó, cada región suele tener perfiles diferentes en cuánto a los tumores más frecuentes. Por eso, se apunta a que cada país tenga su propio programa de atención y coordine estrategias de prevención.

Por ejemplo, Uruguay cuenta con un esquema de distribución del cáncer en ciertos sitios del cuerpo que coincide con el de algunas regiones de Argentina o Brasil, Estados Unidos y Canadá. Los tumores más frecuentes en el país según cifras de 2008, son el de mama -71 casos cada 100.000, una de las tasas más altas del mundo-, el de próstata -56 cada 100.000-, el cáncer de pulmón, -52 cada 100.000 hombres y 9 cada 100.000 mujeres-, y el colorectal -34 cada 100.000 hombres y 25 cada 100.000 mujeres.

Sin embargo, en otras zonas de Argentina, Perú o Brasil comentó Cazap, hay una mayor incidencia de cáncer de cuello de útero. Y en los países sobre el océano Pacífico hay problemas de cáncer gástrico y de vías biliares.

Consultado sobre si es posible que los tumores sean más agresivos en adultos jóvenes que en los mayores, el oncólogo desestimó esta posibilidad. "El concepto de que el cáncer es más agresivo en los jóvenes y menos en los viejos no es correcto", expresó y dijo que lo que puede generar esta percepción es que existen algunos tipos de cáncer como la leucemia que, siendo de por sí muy agresivos, afectan más a los niños y los jóvenes que a los adultos mayores. "Es una razón de la biología de la enfermedad: los cánceres son más o menos agresivos por las células tumorales y no por la edad de la persona", aclaró Cazap.

11. BIBLIOGRAFÍA I WEBGRAFÍA

>> Visualització de diversos documentals (Canal "YouTube"):

- "Maire Curie i Pierre Curie. Genios e inventos".

- "¿Qué es el cáncer?" (AECC, asociación española contra el cáncer).

>> Material didàctic proporcionat per l'Hospital Josep Trueta (Girona): presentacions Power-Point i fotocòpies.

>> Llibre proporcionat per el Dr. Canals: "Elementos de Radioprotección en Radiodiagnóstico", A.Vidal-Quadras, C.Baixeras, F.Fernández i M.Ribas. Departament de Física, UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA. Bellaterra, 1989.

>> Biblioteca Premium Microsoft Encarta 2006

>> Webgrafia:

www.aecc.es

www.monografias.com/trabajos16/radiactividad/radiactividad.shtml

<http://es.wikipedia.org/wiki/Radiactividad>

<http://usuarios.multimania.es/billclinton/ciencia/isotopos.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Radiactividad_natural

www.sociedadelainformacion.com/departfqtobarra/nuclear/radiactividad/radioactividad.htm

http://newton.cnice.mec.es/newton2/Newton_pre/2bach/radiactividad/rartificial.htm

<http://es.wikipedia.org/wiki/Positr%C3%B3n>

http://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n_radiol%C3%B3gica

<http://es.wikipedia.org/wiki/Radioterapia>