REIAL ACADÈMIA DE DOCTORS

Biomaterials per a dispositius implantables en l'organisme. Punt de trobada en la Historia de la Medicina i Cirurgia i de la Tecnologia dels Materials

•

Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari electe

Excm. Sr. Josep Anton Planell i Estany

Doctor en Ciències Físiques

A l'acte de la seva recepció, 7 de novembre de 2006, i

discurs de contestació de l'acadèmic de número

Excm. Sr. Pere Costa i Batllori

Doctor en Veterinària

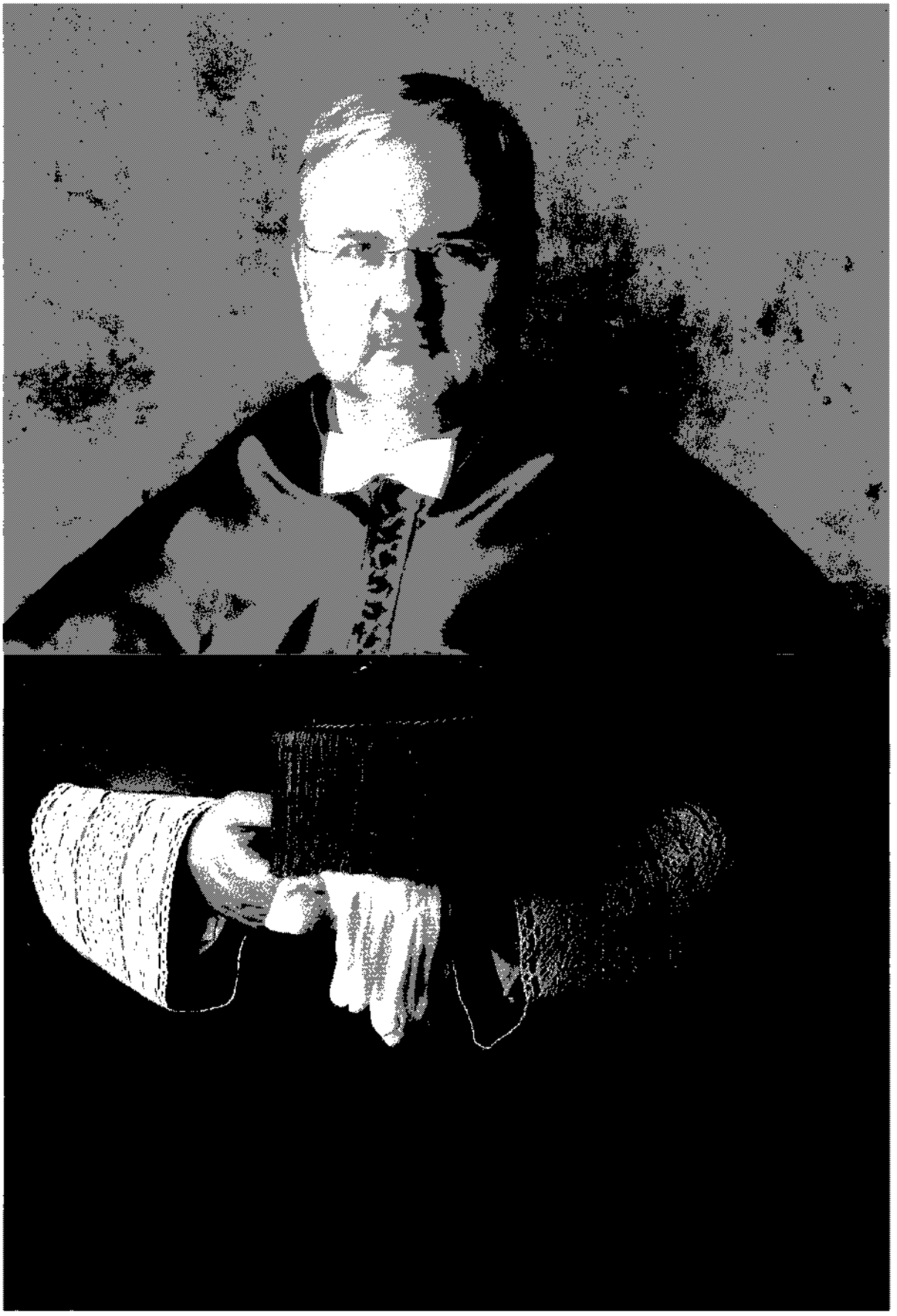
Barcelona

2006

Dr. Josep Anton Planell i Estany

Biomaterials per a dispositius implantables en l'organisme. Punt de trobada en la Historia de la Medicina i Cirurgia i de la Tecnologia dels Materials

REIAL ACADÈMIA DE DOCTORS
-Publicacions-



Excel·lentíssim Senyor Degà President,
Excel·lentíssimes Senyores Acadèmiques i
Excel·lentíssims Senyors Acadèmics,
Excel·lentíssimes i Il·lustríssimes Senyores i
Excel·lentíssims i Il·lustríssims Senyors,
Senyores i Senyors,

Les meves primeres paraules volen ser d'agraïment a aquesta Il·lustre Corporació que amb tanta dignitat presideix l'Exel·lentíssim Senyor Doctor Josep Casajuana, per acollir-me a formar-ne part com a membre numerari. El seu merescut i reconegut prestigi fan que em senti profundament satisfet i gratificat per aquest honor i privilegi que m'és atorgat.

En començar aquest discurs voldria esmentar unes quantes cites que de fet venen a situar tant els objectius com els dubtes que han configurat el que ha estat la meva dedicació a la recerca al llarg dels últims vint-i cinc anys:

"Quan un científic distingit però d'edat avançada afirma que quelcom és possible, quasi amb tota certesa té raó. Quan afirma que quelcom és impossible, està probablement equivocat" (Arthur C. Clarke)

"La ciència pot establir límits al coneixement, però no hauria d'establir límits a la imaginació" (Bertrand Russell)

"La Medicina és la única professió que treballa incessantment per destruir la raó de la seva existència" (James Bryce)

"L'enginyeria és l'art professional d'aplicar la ciència per a l'òptima conversió dels recursos naturals per al benefici de la humanitat" (Ralph J. Smith)

"La predicció és molt difícil, especialment quan es refereix al futur" (Niels Bohr)

"La clonació de humans està en la majoria de les llistes de les questions que més preocupen en relació a la Ciència, juntament amb el control del comportament, l'enginyeria genètica, el transplantament de caps sencers, la poesia generada per ordinador i el desenfrenat creixement de flors de plàstic" (Lewis Thomas)

"Res em xoca. Soc un científic" (Harrison Ford a Indiana Jones).

Al llarg dels últims vint-i cinc anys he tingut la fortuna de poder treballar en recerca multidisciplinar en Biomaterials, és a dir al voltant de les ciències clàssiques, Física, Química i Biologia, de l'Enginyeria, sobretot de Materials i Mecànica i de la Medicina i la Cirurgia. És per això que en escollir el tema del present discurs, he pensat en reflexionar sobre allò al que he dedicat la major part dels meus esforços professionals i que a l'hora m'ha reportat el major gaudi intel·lectual. He pensat que analitzar l'evolució dels Biomaterials, tant des d'una perspectiva històrica de la Medicina i la Cirurgia, com des de l'evolució històrica de la Ciència i la Tecnologia dels Materials, podia permetre entendre millor com els avenços científics en un camp fecunden idees aplicables en d'altres. Quan es revisa la història de la Medicina, en tot cas la medicina occidental tal i com la coneixem, s'observa que els seus grans avenços han vingut associats als de la Ciència i de la Tecnologia en altres

camps. No hi ha dubte que des de la farmacopea antiga, basada en herbes, ungüents i elixirs, fins a l'actual fruit de l'evolució de la Química i de la indústria química, i que ha conduït a potents camps de recerca i industrials en l'àmbit farmacèutic i biotecnològic, el canvi ha estat extraordinari. De forma similar el pas des del cirurgià/barber de baixa categoria social fins al segle XIX, cap al cirurgià/heroi de bona part dels segles XIX i XX, fins al cirurgià/tecnòleg de finals del segle XX i principis del XXI que col·loca les pròtesis ortopèdiques navegant mitjançant un ordinador, els canvis produïts per l'evolució científica i tecnològica han estat espectaculars. Tot això no ha estat possible només per la introducció per separat de l'anestesia i l'asèpsia en l'àmbit de la cirurgia, sinó que també ha estat per l'aparició d'implants substitutius de parts danyades de l'organisme, ha estat per la sofisticació dels aparells existents en un quiròfan, i ha estat finalment per la transformació de l'hospital des d'un centre on la possibilitat d'acabar-hi morint era altíssima, fins a convertir-se en el centre on es concentra la més elevada densitat d'aparells sofisticats destinats a salvar la vida. Si Galileu tornés avui a la Terra i visités una universitat, molt probablement la reconeixeria, tant pel que fa a espais, activitats i fins i tot infrastructura, però si visités un hospital probablement li costaria identificar la majoria d'activitats que s'hi porten a terme, la infrastructura i probablement només reconeixeria els espais que fan referència a llits i malalts. Tot això ha succeït gràcies als grans avenços científics i tecnològics en general.

Aquesta situació ha fet canviar radicalment el paradigma de la salut per als ciutadans. La salut passa de ser una relació individual entre el ciutadà i el seu metge, a ser un bé de consum públic: el ciutadà té dret a unes prestacions, i el metge forma part d'un engranatge complex en el que s'hi troba situat per la divisió del treball relacionat amb la salut pública. Actualment veiem que això ho han aprofitat els governs de tots el colors, i veiem com l'organització de la salut pública constitueix un element de gran pes polític tant en les societats democràtiques

del benestar com en els règims totalitaris, tant de dretes com d'esquerres.

En la situació actual doncs, s'entén que els governs dels estats han d'assegurar un nivell de salut, de benestar social i de qualitat de vida a la seva població, a la vegada que optimitzar els recursos públics que s'hi dediquen. Per això serà necessari seleccionar i utilitzar tecnologies sanitàries que combinades amb els avenços de la investigació científica, el desenvolupament i la innovació tecnològica permetin aconseguir tots els propòsits citats. Això ha fet que s'hagi anat desenvolupant un sector de recerca i de desenvolupament tecnològic, consolidant un sector industrial i econòmic associat a les tecnologies mèdiques i quirúrgiques. En el seu moment van aparèixer sectors associats al que es coneix com l'electromedicina, o bé als implants ortopèdics o dentals, als materials clínics d'un sol us, i així successivament amb altres sectors. Avui en dia tot aquest àmbit es coneix com a la Bioenginyeria, també coneguda com a Enginyeria Biomèdica. És precisament la disciplina que aplica els principis i mètodes de l'Enginyeria a la comprensió, definició i resolució dels problemes en la Biologia i en la Medicina. Aquesta branca de l'Enginyeria ha anat creixent a mesura que la demanda en la concepció, disseny, fabricació, avaluació i certificació, comercialització, instal·lació, manteniment, calibració, reparació, modificació i ensinistrament en l'ús d'equips i instruments mèdics ha anat augmentant, a mesura que els avenços en la tecnologia mèdica han anat plantejant noves qüestions relatives a la seva eficàcia, eficiència i seguretat.

1. LA MEDICINA A LA SOCIETAT MODERNA

"La quantitat que un individu pot arribar a consumir en termes d'atenció sanitària és pràcticament il·limitada" (Enoch Powell, Ministre britànic de Sanitat).

Es pot dir que fins ben recentment la medicina occidental s'ha anat desenvolupant al llarg de tota la seva història a petita escala: basant-se en l'encontre cara a cara entre el pacient i el sanador, professional o no, honest o només xerraire. Els metges treballaven generalment per compte pròpi, disposaven de la seva pròpia clientela, i la relació metge-pacient era un compromís voluntari, privat i confidencial.

Actualment, tot això ha canviat. L'atenció sanitària moderna s'ha convertit en una indústria colossal tant en el sector públic com en el sector privat. En molts països és el sector que consumeix un percentatge més alt del producte interior brut, com ara als Estats Units, on assoleix un 15 per cent. D'aquesta manera la salut i els avenços en ciència biomèdica són notícia i motiu d'interès permanent en els mitjans de comunicació. Tanmateix, malgrat els èxits espectaculars com en el cas de tractaments quirúrgics a vida o mort, hi ha un ampli sector del que en general denominem opinió pública que és molt crític amb el sector sanitari, al qual es qualifica de monstre, de institució fora de control impulsada més pels beneficis i pel poder professional que no pas per les necessitats dels pacients. Un bon exemple es pot trobar en les vagues periòdiques de metges i de personal dels hospitals, on tant l'administració com els sindicats, en la seva disputa, s'acusen mútuament de tractar al pacient com un número en una cartilla. Els milions de persones que han perdut la fe en la medicina científica occidental es queixen de que hagi desaparegut el contacte personal que era inherent a l'art de curar.

Aquest pas des d'ofici individual a empresa gegantesca és en part el resultat dels grans progressos realitzats en la

investigació bàsica i clínica, i de les revolucions farmacològiques i quirúrgiques. En la dècada de 1850, Claude Bernard va poder finançar les seves investigacions gràcies a la dot de la seva esposa. George Sumner Huntingdon (1851-1916), que va identificar la corea de Huntingdon, era un obscur metge rural nord-americà i tot l'instrumental que precisava li cabia en el seu maletí. En canvi, el seu contemporani, el bacteriòleg Robert Koch, que també va començar com a metge rural, va acabar sent un dèspota i treballant en diferents i magnífics instituts de recerca. A partir d'un cert moment la recerca i l'avenç en biomedicina han anat lligats a grans centres de recerca i grans hospitals. El creixement, la inversió de capital, la burocratització, la mercaderia, l'economia a gran escala i la divisió del treball s'han convertit en principis indissolublement units a la gestió hospitalària i sanitària. La maquinària mèdica ha experimentat durant el segle XX un impuls extraordinari, i avui en dia és impensable que la medicina oficial no estigui lligada a centres de recerca i a hospitals docents amb alta tecnologia.

En aquest marc actual, els metges mantenen una posició destacada, malgrat que només són una peça més del complex engranatge en el que s'emmarca la divisió del treball relacionat amb la salut. Aquesta estructura de l'atenció sanitària, ja sigui pública o privada, és d'una tal dimensió i complexitat que potser nou de cada deu empleats en una empresa mèdica moderna, no treballaran mai directament amb un malalt. Antigament el metge es limitava a tractar a l'home, a la dona o al nen malalt, el millor que podia. Avui, amb el temps s'ha anat fent que la medicina representi un paper més ampli i més actiu en el benestar dels ciutadans i en l'organització d'una societat sana. De forma associada al que coneixem com l'estat del benestar, la medicina s'ha anat convertint en un bé d'us comú a les llars, les oficines i les fàbriques, als jutjats i a les escoles, a les ciutats i a l'Exèrcit. En les societats de mercat avançades, la sanitat és un bé de consum, la demanda de la qual - gràcies a uns ingressos folgats - no deixa d'augmentar. Des de que

l'astut canceller Otto von Bismark va posar en marxa una assegurança mèdica gestionada per l'Estat en la nova Alemanya unificada de 1883, els polítics han comprovat que una millor sanitat pot servir de pastanaga amb la que temptar a l'electorat. Els vots no s'aconsegueixen només amb pa i circ, sinó també amb llits i cirurgia. Hem vist així com tots els règims polítics, ja siguin democràtics o totalitaris, han jugat la carta d'una sanitat pública al servei dels treballadors. Apart de l'Europa democràtica del benestar sorgida després de la Segona Guerra Mundial, els exemples dels règims totalitaris com la Itàlia de Mussolini, l'Espanya de Franco, l'URSS comunista o la Cuba de Castro, són paradigmàtics.

Amb anterioritat a aquest procés, el paper de l'Estat era només puntual i els serveis sanitaris reglamentaris estaven restringits a problemes concrets, com ara les polítiques relatives a malalties transmissibles. Cap al 1900 es van començar a publicar les primeres lleis que regulaven l'autorització als professionals de la sanitat de practicar-la. Malgrat que en cap país l'Estat no prohibia la pràctica als il·legals, per tal d'assegurar una correcta pràctica la ética mèdica estava autoregulada implícitament pels propis professionals. La medicina seguia sent una transacció privada per als que podien pagar-la, i l'Estat no cobria cap mena d'atenció sanitària.

Bismark havia pronosticat que en sistemes democràtics on els treballadors havien començat a votar, el proporcionar-los serveis sanitaris gratuïts havia de convertir-se en una manera de prevenir el descontentament i les revolucions. De fet les economies industrials van entendre que tant en la guerra com en la pau els convenia una població que a més d'alfabetitzada i complidora de la llei, també estigués sana. Tots els règims polítics del segle XX van apostar per una sanitat pública al servei del poble. Així mateix, les guerres mundials van mobilitzar ingents quantitats de recursos públics en serveis sanitaris centralitzats, tant per a permetre que el soldats continuessin al front, com per a mantenir la moral de la població civil.

La salut gestionada des de l'Estat va començar a establir mesures per garantir la salut pública, i per això es van haver d'utilitzar i desenvolupar disciplines com l'estadística, la sociologia i l'epidemiologia. Es van establir polítiques de salut, formular lleis, educar, crear organismes i implementar pràctiques específiques, com ara cribats, anàlisis, informació sanitària, cures prenatals i benestar infantil. En aquest marc polític, la salut pública passa a ser una expressió de la vitalitat de la col·lectivitat: no s'ha de buscar resoldre situacions concretes sinó que s'han de planificar les intervencions. Això es denomina "medicina social", i només cal anar a un centre d'atenció primària i llegir els fulletons que s'ofereixen als ciutadans-pacients. Per altra banda la modernització de la medicina va veure com les velles malalties, en particular els diferents tipus d'infeccions, cedien terreny i adquirien preponderància les patologies cròniques. La medicina havia de passar a ocupar-se de tot un conjunt de disfuncions profundament arrelades i omnipresents que fins aleshores s'havien deixat de banda: bebès delicats, nens retardats, mares anèmiques, administratius amb úlceres, artrítics, dolors d'esquena, ictus, trastorns congènits, depressió i altres neurosis i totes les patologies de la vellesa, que una longevitat més perllongada col·locava en un primer pla. Per a lluitar contra tots aquests mals que es poden qualificar com una mescla de patiments, infortuni i deteriorament, la medicina havia d'adoptar les característiques d'una disciplina positiva i sistemàtica de manera que exercís un control sobre tota la població, tant la gent sana com els malalts. Aquesta actitud vigilant significa estudiar periòdicament els individus des de la seva infantesa fins a la seva vellesa tot registrant els seus trastorns congènits, crònics i constitucionals, analitzant alhora la mala salut en relació a variables com ara el sou, el nivell educatiu, la classe social, la dieta i l'habitatge. En el segle XX la malaltia no només s'entén com a fenomen biològic, sinó que és un concepte com a fenomen social, i per tant fan falta eines com ara l'estadística, la sociologia, la psicologia i la política per a poder-la entendre. En aquest sentit, el possible problema d'un

ciutadà-pacient transcendeix la relació individual metge-pacient i s'ha convertit en un problema social que la maquinària de la salut pública s'haurà d'encarregar de resoldre. Aquí els exemples actuals són múltiples: prevenció del càncer de mama, tabaquisme, obesitat i altres.

Així, durant el segle XX es van implementar multitud de programes i polítiques dirigits a millorar el que s'entén per a salut pública. La ideologia que sustentava aquesta visió anava des de l'esquerra socialista fins a la dreta feixista. En tots els casos el model liberal-individualista de la medicina hipocràtica, que considera sagrat el contracte privat entre el pacient i el metge de capçalera, quedava superat i fora de lloc. Les noves filosofies de la salut van subscriure la visió positiva i esperançadora de la socialització de la medicina i de la medicalització de la societat. Els èxits de la bacteriologia, la medicina tropical i la revolució quirúrgica van fer augmentar la confiança en el que la medicina i l'atenció sanitària podien aconseguir. Aquesta línia de pensament fa aparèixer un equívoc ben intencionat i que encara ens acompanya: en un mon destrossat per les guerres, la violència, la lluita de classes i la depressió econòmica, la medicina podria ser una força noble per a fer el bé, també en el mon subdesenvolupat.

Cal no perdre de vista tampoc que al llarg dels segles hi ha hagut mecanismes diversos que de forma lenta i desordenada han anat situant la medicina també en l'àmbit públic, tant estatal com privat. Els metges han estat sempre sotmesos a la possibilitat de ser cridats en situacions d'emergència pública, com ara en èpoques de pesta o de guerra. En el segle XIX es van començar a desenvolupar alguns aspectes de la medicina pública: fer front a l'amenaça creixent dels malalts pobres i els perills mediambientals causats per la industrialització. El segle XIX va portar dispensaris i hospitals per als malalts necessitats, mantinguts per donacions d'organitzacions benèfiques (religioses o laiques) i subsidis públics. Per tal de lluitar contra les creixents malalties de la societat industrial, algunes nacions

van promulgar lleis a favor d'un bon sanejament, d'aigües netes i clavegueres, i per una major higiene. Això va fer que les administracions públiques i privades contractessin metges per treballar com a administradors sanitaris, analistes públics, inspectors de fàbriques, experts forenses, metges de presons i supervisors de manicomis. Els metges van començar a treballar en el sector públic i van començar a pensar que podien perdre la seva independència.

Al mateix temps el mercat oferia oportunitats atractives per alguns. Des del començament de l'època moderna, la medicina nord-americana, en particular, demostrà ser imaginativa, amb l'energia suficient per impulsar noves especialitats i arribar a acords comercials a l'hora d'oferir més serveis i més proves diagnostiques, mentre que es temptejaven noves fonts de clients i d'ingressos. La sanitat es va convertir en un negoci més, i de fet en un negoci molt pròsper. Els metges, sobretot als Estats Units, tenien consultes privades en les grans ciutats, i van descobrir els avantatges d'actuar com els seus col·legues els advocats i els homes de negocis i van obrir consultes impressionants. Utilitzaven els mitjans més moderns, tenien telefonistes i tècnics, aparells de raigs X, màquines i reactius de laboratori i així atreien als pacients i els transmetien confiança. Aquesta era una activitat quasi totalment desconeguda aleshores a Europa. L'any 1929 la Clínica Mayo de Rochester, Minnesota, ja era una organització enorme que tenia 386 metges en nòmina i 895 persones entre tècnics de laboratori, infermeres i altres treballadors. Ocupava un edifici de quinze pisos i comptava amb 288 sales d'exploració i vint-i-un laboratoris.

Els sistemes eren força diferents segons els països. Rússia, després de la Revolució Bolxevic de 1917, va passar a tenir uns serveis mèdics i hospitalaris finançats per l'Estat, en els quals primaven la ciència i els coneixements. Els tractaments gratuïts i universals finançats pels impostos eren un dret de tots. Malgrat que el nivell general no era ni homogeni ni molt bo, el cert és que aquesta reforma va ser un pas endavant. Per la seva

banda, Alemanya va seguir funcionant amb el seu pla bismarckià de seguretat social per als treballadors, regulat per l'Estat i gestionat, al igual que el seu equivalent britànic, per associacions de voluntaris o per organitzacions empresarials. Part de les classes mitjanes, excloses dels beneficis estatals, pagaven per anticipat als metges a través d'assegurances privades o professionals. A França, un sistema de seguretat social estatal reemborsava al pacient els honoraris del metge i li oferia escollir lliurament metge i hospital. Tanmateix, els hospitals públics tenien problemes financers i escassa qualitat, per la qual cosa els assegurats anaven en massa als hospitals privats. A Espanya, un segle XIX que no consolida l'estructura d'estat-nació com van fer a la resta d'Europa les polítiques liberals, fa que el segle XX comenci sense cap estructura estatal sòlida, tampoc en l'àmbit sanitari.

Als Estats Units les assegurances mèdiques es van convertir en un gran negoci, i entre 1940 i 1960 les assegurances privades van créixer de forma espectacular, i finalment va ser aquest model d'assegurança el que va acabar conquerint la medicina privada nord-americana. Les famílies de classe mitjana, i sovint els empresaris que les contractaven, pagaven la assistència primària i hospitalària a través dels seus plans d'assegurança i els metges i els hospitals podien competir per una clientela pròspera.

En aquest període de temps, a Alemanya les polítiques sanitàries van prendre altres camins. Hitler va imposar l'aturament del "deteriorament biològic i psicològic" de la "raça ària". Els metges i científics van participar activament i amb entusiasme en polítiques nazis tal com l'esterilització dels "genèticament inadequats". Els metges van esterilitzar a uns 400.000 deficients mentals, epilèptics i alcohòlics fins i tot abans de començar la guerra, el setembre de 1939. Posteriorment les "morts per compassió" es convertiren en rutinàries en els hospitals psiquiàtrics: entre gener de 1940 i setembre de 1942, es van gasejar 70.723 malalts mentals. Alguns van ser víctimes

dels programes nazis d'experimentació humana. La "solució final" al "problema jueu" es va basar en un raonament mèdic exhaustiu.

També al Japó els metges experimentaren amb humans. El 1936 es creà un centre científico-mèdic a Pingfan, al nord de Manchuria, aleshores sota l'ocupació militar japonesa, dirigit pel doctor Shiro Ishii, pioner en recerca bacteriològica. Va produir suficients microorganismes letals – els del carboncle, la disenteria, el tifus, el còlera i la pesta bubònica – com per eliminar a tota la humanitat varies vegades, i alguns d'ells van ser provats en la població local.

Una de les reaccions de la postguerra contra aquest tipus de perversions va ser la creació del moviment ètic internacional de la medicina i un dels seus fruits va ser el Codi de Nuremberg (1947). Malgrat que no va aconseguir definir el genocidi, el Codi va garantir que no es tornessin a produir abusos en la investigació mèdica. Les seves normes es van polir més tard en la Declaració d'Helsinski sobre investigació mèdica (1964), que va marcar la diferència entre experiments terapèutics (investigació clínica combinada amb l'atenció professional) i experiments no terapèutics (els que no beneficien a l'individu).

Després de la Segona Guerra Mundial la salut es va convertir en un sector decisiu per al creixement de l'economia, sobretot nord-americana, i abastava a la indústria farmacèutica, als fabricants d'aparells de diagnòstic, d'instrumental de laboratori i d'equipaments terapèutics, juntament amb el personal sanitari, els equips dels hospitals i tots els que estaven més a l'ombra com eren els assegurators, els advocats, les empreses de relacions públiques i de gestió. Posteriorment la despesa ha continuat pujant sense que hagi anat en proporció amb un increment en el nivell de salut de la població.

En paral·lel a tot aquest procés, les crítiques al sistema sanitari s'han anat fent cada cop més ferotges en el mon

desenvolupat en les últimes dècades del segle XX. S'han anat plantejant qüestions relatives a l'efectivitat de l'atenció sanitària en relació al seu cost, o bé qüestions relacionades a la seva equitat i a la seva seguretat. Així mateix apareix la preocupació en relació a la protecció del pacient en front d'una mala pràctica mèdica. Resultar irònic pensar que els qui fan aquestes crítiques són persones que viuen unes vides molt més llargues i sanes del que no havien estat mai abans. Aquesta erosió de la confiança ha portat a molts a intentar formes alternatives de curació que semblen ocupar-se més del pacient. De fet, tots aquests problemes rellevants associats al procés de socialització de la medicina mereixen reflexió i debat públic. La medicina moderna té una capacitat excepcional de mantenir a les persones vives, sanes i sense dolors, i això explica en part l'augment de la mitjana de la vida dels ciutadans dels països més desenvolupats. Tanmateix, també es pot dir que la seva contribució a la millora de la salut global de la humanitat és més que discutible. Molts creuen que les inversions en salut pública, en higiene mediambiental i en una millor nutrició farien més per als països del Tercer Mon que tots els sofisticats programes de medicina clínica. Per altra banda en els països més desenvolupats, l'èmfasi ha passat d'intentar superar les malalties a aconseguir millors estils de vida, aconseguir cossos més perfectes i viure encara més anys amb una bona qualitat de vida. Probablement tot això es pot considerar una adulteració de la medicina i és possible que ens trobem a l'avant-sala de grans transformacions. El nou mil·leni haurà d'aportar noves respostes. Els avenços científics i tecnològics hi tindran molt a dir, i probablement seran possibles nous plantejaments en els tractaments. El que no es podrà evitar serà un debat i decisions sobre la sostenibilitat de l'actual sistema social d'atenció sanitària.

Aquest ràpid repàs a la situació de l'atenció sanitària actual ens permet veure que aquesta es basa en sòlides i complexes estructures administratives i hospitalàries. És en els hospitals i clíniques on els pacient són tractats, i els tractaments inclouen o

poden incloure diagnòstic, terapèutica i en el seu cas rehabilitació. Totes les fases del tractament requereixen complexos, sofisticats i costosos aparells que basen el seu funcionament en modernes tecnologies. L'evolució de l'atenció sanitària i en general de la medicina està doncs fortament lligada a l'evolució de la Ciència i la Tecnologia.

2. ATENCIÓ SANITÀRIA. BREU REVISIÓ DELS FACTORS QUE HI INTERVENEN A TRAVÉS DE LA HISTÒRIA DE LA MEDICINA I LA CIRURGIA

"Hi ha de fet dues coses, ciència i opinió; la primera engendra coneixement i la segona ignorància" (Hipòcrates)

"L'art de la Medicina consisteix en entretenir al pacient mentre la naturalesa cura la malaltia" (Voltaire)

L'atenció sanitària que s'aplica als pacients és una forma d'entendre la medicina i la cirurgia aplicades com a eines per a mantenir la salut de la població. Per tal d'entendre aquest concepte en el seu conjunt serà necessari apuntar tots els elements que en formen part i analitzar-los breument de forma històrica. Aquests són: la malaltia, els metges, el cos humà, el laboratori, les teràpies, la cirurgia i l'hospital. Passarem doncs, una breu revista a tots ells.

LA MALALTIA

La malaltia ha estat, i seguirà sent, un producte social no menys important que la medicina que la combat. De fet, moltes malalties estan associades a l'evolució tecnològica, és a dir, associades al domini del medi natural, i per tant a l'avenç de la civilització.

Els nostres precursors paleolítics, caçadors-recaptadors, vivien una vida curta a causa de la duresa i els perills de l'entorn. Tanmateix, es van escapar de les plagues que van assetjar a les societats posteriors. Com que eren nòmades, vivien en petits grups dispersos que mai es quedaven en un mateix lloc el temps suficient per contaminar les fonts d'aigua o dipositar la immundícia que atrau als insectes que propaguen les malalties i així, les malalties infeccioses (verola, xarampió, grip i altres per l'estil) els hi devien resultar pràcticament

desconegudes, atès que, per altra banda, els microorganismes que les causen requereixen d'elevades densitats de població. Sobretot però, no tenien els animals dòcils que han representat un paper tan equívoc en l'historia de la humanitat. Si bé les criatures domesticades han facilitat la civilització, també han resultat ser una font de malaltia contínua i devastadora. Així, mentre els humans colonitzaven la terra, eren alhora colonitzats per patògens tal com cucs i insectes paràsits, a més de microorganismes com bacteris, virus i protozous, amb una propagació ultra-ràpida i que poden provocar greus malalties en l'hoste.

L'arribada de l'agricultura va deslliurar a la humanitat de l'amenaça malthusiana de la fam, però també va desfermar un nou perill: la malaltia infecciosa. Els patògens que en altre temps havien estat exclusius dels animals es traslladaren a l'home a través de processos evolutius llargs i complicats. En el curs de la història, aquestes adaptacions darwinistes han portat a una situació en la qual l'homo sapiens comparteix més de seixanta malalties microbianes amb els gossos, i només algunes menys amb el bestiar vacum, les ovelles, les cabres, els cavalls i les aus de corral. En resum, els assentaments humans van permetre a les malalties d'assentar-se també, i es podria dir que l'evolució tecnològica agrícola i ramadera comporta aquest tipus de contraprestació.

Per altra banda, l'expansió incessant de la civilització, el comerç, els mercaders, els mariners, les guerres i les invasions estenen la malaltia arreu. El paper de la ciutat en la transmissió de les malalties va ser decisiu. De fet, la relativament fàcil conquesta de Sud Amèrica pels espanyols i la posterior necessitat d'importar esclaus de l'Àfrica, allà on les poblacions autòctones no es van poder recuperar, respon a la catastròfica mortaldat portada pels conqueridors amb la verola, la grip, el xarampió i el tifus entre d'altres. D'Amèrica els conqueridors van portar a Europa la sífilis.

En l'actualitat, juntament amb les velles malalties de la pobresa, i les malalties més conegudes, han començat a aparèixer les malalties relacionades amb l'edat i amb l'opulència. El càncer, l'obesitat, les malalties coronàries, la hipertensió, la diabetis, l'emfisema i moltes malalties cròniques i degeneratives s'han anat expandint entre els països pròspers i en procés d'envelliment i estan ara començant a desbordar-se per tot el Tercer Mon a mesura que s'exporta l'estil de vida occidental.

Fins fa ben poc la vida es vivia a tot arreu sota l'imperi de la malaltia. La meitat dels nens que naixien no sobrevivien a la infantesa, d'aquí la curta esperança de vida dels països més pobres. La gent, sobretot els pobres, va haver d'acostumar-se a la malaltia, el dolor, la discapacitat i l'envelliment prematur. Tanmateix, aquest panorama ha canviat radicalment en les regions més riques i avançades del mon en la última part del segle XX. La lluita contra tot aquest conjunt de malalties l'ha liderat en la medicina occidental el metge mitjançant farmacopea, cirurgia i més recentment implants quirúrgics i actualment tractaments que poden requerir d'equips tecnològicament molt sofisticats.

ELS METGES

La civilització va buscar remeis i alleugeriment a les malalties, i des dels primers temps, curar es va convertir en un ofici dels endevinaires i els bruixots que combatien els trastorns caiguts del cel i oferien remeis contra ells. Els guaridors primitius combinaven las funcions de curandero, bruixot, vident, mestre i sacerdot i s'atribuïen poders espirituals per a curar al malalt, combatre la bruixeria i assegurar la fertilitat.

El progrés i l'estabilització de les civilitzacions va permetre que les pràctiques curatives es tornessin més acurades i es van passar a registrar per escrit. A l'antiga Mesopotàmia va sorgir un sistema mèdic oficial basat en un diagnòstic que recorria a

tècniques de predicció i endevinació, entre elles la hepatoscòpia o inspecció dels fetges d'animals sacrificats. Els tractaments mesclaven els ritus religiosos i els tractaments empírics. Tres tipus de guaridors exercien sota la direcció d'un metge en cap: un vident expert en endevinació; un sacerdot que realitzava exorcismes i conjurs; i un metge que emprava medicaments i realitzava operacions i embenatges.

A l'Egipte dels faraons (del tercer mil·leni abans de Crist cap endavant) el metge formava una de les tres parts de la divisió pública de guaridors, sent les altres dues els sacerdots i els bruixots.

Els grecs identificaven la salut i la malaltia amb diferents deus i herois, sent el més important d'ells Asclepi, en llatí Esculapi, una figura similar a l'egipci Imhotep. Homer el descrivia com un guaridor tribal de ferides, malgrat que arreu l'aclamaven com a fill d'Apolo, deu de les curacions.

Trencant amb aquestes pràctiques sagrades, la primera aparició a Occident d'una medicina essencialment laica va arribar amb els metges hipocràtics que van sorgir en el mon de parla grega durant el segle V abans de Crist. Aquests, al menysprear als guaridors tradicionals i religiosos, van crear un ideal elitista d'identitat professional. Com que ja no es pretenia intercedir amb els deus, el vertader metge seria l'amic savi i digne de confiança situat a la capçalera del malalt. Fomentaven les teories naturals de la salut i de la malaltia així com unes formes de curació naturals.

Diu la llegenda que Hipócrates (460-377 abans de Crist) va néixer a la illa de Cos i que era una font de saviesa mèdica i un home honorable. Les quasi seixanta obres que componen l'anomenat corpus hipocràtic sembla que van ser escrites per diverses mans al llarg d'un cert període de temps. Més o menys com en la medicina ayurvèdica india, el corpus explicava àmpliament la salut i la malaltia des del punt de vista dels humors. El cos estava subjecte a uns ritmes de

desenvolupament i canvi que venien determinats per uns fluids essencials (humors) confinats en el si d'un embolcall dèrmic i així, la salut i la malaltia derivaven del desplaçament de l'equilibri.

Segons els autors hipocràtics els desequilibris es podien prevenir mitjançant un estil de vida sensat (règim) i corregir per mitjans mèdics o quirúrgics. Els metges hipocràtics no pretenien realitzar cures miraculoses sinó que s'obstinaven sobretot en no fer mal (*"primum non nocere"*) i es presentaven a si mateixos com a fidels amics del malalt. Aquesta inclinació humanitària demostrava la dedicació del metge al seu art més que a la fama i la fortuna i consolava als malalts angoixats. De fet el Jurament Hipocràtic aborda les preocupacions ètiques sobre la conducta dels metges. Aquesta aproximació a la medicina no deu resultar gaire estranya per aquells que no siguin tan joves ni per aquells que hagin llegit alguna història, novel·la o llibre on es descrigui la relació metge-pacient fins ben entrat el segle XX. De fet l'aproximació actual és radicalment diferent atès que qualsevol diagnòstic ve precedit per una bateria de proves que poden incloure anàlisi de sang i orina, raigs X, electrocardiograma, ecografia, endoscòpia, tomografia i moltes altres. A partir d'aquí, la terapèutica actual acostuma a desfermar un conjunt d'actuacions que generalment sempre inclouen tractament farmacològic i fins i tot tractament quirúrgic. El seguiment de la rehabilitació inclourà de nou bateries de proves diagnòstiques. Per tant res d'això està més lluny d'una aproximació natural a la curació d'un desequilibri.

Poc se sap d'Hipòcrates, però Galè, l'emperador de la medicina en l'imperi romà és una altra cosa. La seva egolatria i omnisciència, i la magnitud dels escrits deguts a ell que han perdurat fins avui confirmen que la seva autoritat ha dominat la medicina durant quasi un mil·leni i mig. Va desenvolupar l'anatomia de l'esquelet i el coneixement dels nervis, però com que la dissecció humana era summament polèmica, a penes va desenvolupar l'anatomia interna humana.

Amb la cristianització de l'Imperi romà, la medicina i la religió es van superposar, fonent-se en algunes ocasions i entrant en conflicte en d'altres. Alguns dels primers pares de l'Església van desaprovar la medicina pagana. A imitació del culte grec a Esculapi, prosperaren els llocs sagrats de curació i s'implorava salut als sants i als màrtirs. Cada òrgan i malaltia del cos va adquirir el seu sant particular.

En l'anomenada edat de l'obscurantisme, l'art de curar era exclusiu de monjos i clergues, els únics homes il·lustrats que quedaven a occident. La flama de la medicina clàssica, mentre tant, es mantenia viva en el mon islàmic, molt més avançat.

Al llarg de l'Edat Mitjana i fins a ben avançat el Renaixement i molt més enllà, es considerava que el metge ideal era un home – la professió seguia sent monopoli masculí – que havia rebut una llarga educació universitària per a fer d'ell un expert en les arts liberals i les ciències. Havia de ser un home recte, digne de confiança i temorós de Deu, seriós, sobri i consagrat a l'estudi, no a guanyar diners.

La consulta exercida pel metge a tot Europa tenia característiques comuns que han estat arrelades fins al segle XIX: mitjançant un acurat interrogatori, el metge esbrinarà els símptomes, tot fent l'historial del pacient, determinarà la naturalesa de la malaltia, formularà un diagnòstic i disposarà el tractament. Això inclouria probablement la prescripció de medicaments d'herbes que l'apotecari hauria de compondre. El tractament pot incloure algun acte quirúrgic que farà intervenir al cirurgià, una altra llumenera menor de la professió. Abans de la introducció dels exàmens físics sistemàtics i les proves de diagnòstic, la tasca dels metges no era pràctica: el que comptava era aprendre dels llibres, l'experiència acumulada, la memòria, el criteri i un tracte amable amb el malalt.

A mesura que augmentava el nombre de metges, la medicina es va organitzar, primer a la Itàlia urbana, on començaren a sorgir associacions que assumien la

responsabilitat de formar aprenents, examinar als candidats, vigilar als farmacèutics i supervisar els medicaments. A l'Europa meridional no existia una gran línia divisòria entre el cirurgià i el metge. En altres llocs es va estendre un abisme social i professional perquè fora d'Itàlia la cirurgia estava exclosa dels programes d'estudis. Al nord d'Europa estava lligada a l'ofici de barber i els metges la consideraven totalment indigna.

En front de les infeccions i trastorns, un metge a la vella usança podia escollir entre les opcions hipocràtiques conservadores (esperar i observar, quedar-se al llit, tònics, cures, paraules amables, calma i esperança), o possibilitats heroiques, com ara forts purgants, dràstiques sagnies o altres. En qualsevol cas, les opcions de l'atenció primària eren limitades, ja que abans del segle XX, la farmacopea era molt pobre: dels milers de medicaments d'us autoritzat, pocs eren vertaderament eficaços, entre ells es trobava la quinina per al paludisme, l'opi con analgèsic, el còlquic per a la gota, la digital per estimular el cor, el nitrit d'amil per dilatar les artèries en cas d'angina de pit i la versàtil aspirina, presentada el 1896. La medicina podia comprendre les malalties de les que morien les persones, però no podia evitar que en morissin.

Amb el temps van anar apareixent instruments i aparells que van contribuir al que serien exàmens físics minuciosos i posteriorment al reconeixement mèdic general. Primer va ser l'estetoscopi, inventat el 1816, i seguidament instruments com l'oftalmoscopi i el laringoscopi atorgaren nova precisió (i mística) al problema del diagnòstic. De fet l'estetoscopi potser encara és l'instrument paradigmàtic que defineix al metge, al qual se'l reconeix pel seu estetoscopi penjat al coll. A partir de la dècada de 1860 es va disposar de termòmetres compactes per a mesurar la temperatura del cos humà, i els esfigmomanòmetres van permetre comprovar la tensió arterial. El metge general de principis del segle XX que tenia accés a un laboratori de diagnòstic podia examinar també els fluids

corporals, i això va significar cada cop més la recerca de microbis, desvetllats per la recent ciència de la bacteriologia.

El segle XX va comportar un clar desplaçament del centre de gravetat dintre de la professió, des del metge general a l'especialista. Va ser als Estats Units on aquesta separació es va produir de forma més clara, essent la medicina general inexorablement derrotada per les especialitats. En un ambient de competència de mercats, els pediatres, els cardiòlegs, els oncòlegs i tots els altres especialistes van cobrar impuls i es disputaven la clientela en termes de reconeixement científic. En aquest sentit només cal visitar la consulta privada d'un metge actual per veure les parets entapissades de diplomes. Com a exemple extrem, als Estats Units l'any 1999 només un 10% dels 800.000 doctors nord-americans eren metges de capçalera. A l'altre extrem es troba el Regne Unit, on de tots els metges, aproximadament un terç són metges generals, amb la funció d'atendre les famílies i actuen com a filtre abans de que el pacient pugui accedir a l'hospital i a l'especialista. Aquest és en certa forma el model que implanta la Conselleria de Salut a Catalunya.

La funció dels metges, i el que la gent esperava d'ells, va canviar durant el segle XX. Les antigues malalties infeccioses agudes estaven disminuint, i en tot cas, a partir dels anys 30 es podien curar amb medicaments derivats de la sulfonamina o, a partir dels anys quaranta amb els antibiòtics. Tanmateix, en part a causa d'una major longevitat, s'estaven descobrint malalties cròniques noves i rares i la població semblava sentir-se pitjor. L'autoavaluació de les malalties va augmentar en un 150% de 1930 a 1980. El nord-americà mitjà anava al metge 2.9 cops a l'any el 1930; l'any 2000 aquesta xifra s'havia duplicat. Per què? Malgrat que en el seu conjunt estiguessin més sanes, les persones es tornaren més sensibles als símptomes i més proclius, o disposades, a buscar ajut per a malalties que els seus avis haurien descartat per trivials o intractables. Mentre tant s'animava als malalts a esperar i a exigir més dels seus metges.

De fet, veiem en l'actualitat que en molts casos el malalt veu la seva malaltia com un espisodi desafortunat de la seva vida i ni tan sols pensa en les seqüeles d'aquesta. El metge i la medicina han de ser capaços de deixar-lo com nou i com si rés no hagués passat. El nivell d'exigència sobre el metge i sobre el sistema sanitari s'ha convertit quasi en insuportable per als seus professionals. Un exemple terriblement enganyós i de fet un mal exemple per a la ciutadania és el de les lesions i fractures en els esportistes d'elit. Veiem com actualment un pilot de motos de competició es trenca tot un reguitzell d'ossos i que mitjançant una operació quirúrgica en la qual se li implanten claus, plaques o altres sofisticats sistemes d'osteosíntesi, aquest pilot torna a córrer una carrera la setmana següent. Així mateix veiem que un jugador d'elit es trenca el lligament creuat del genoll i després de ser operat, al cap de sis mesos torna a jugar al màxim nivell amb les majors demandes mecàniques sobre el genoll operat. Aquesta imatge de que tot es reparable i que queda com a nou fins i tot després del pitjor accident o fractura és altament negativa. Si pensem que fa només uns anys aquest tipus d'accidents eren motiu d'un canvi dràstic de vida atès que les facultats físiques del pacient quedaven fortament mermades, veiem que l'evolució de la tècnica quirúrgica i l'aportació dels corresponents implants han representat un avenç notable. Tanmateix, ningú sembla voler explicar que el que es fa amb els esportistes d'elit no és el mateix que es pot fer amb tot el conjunt de la població, i que en molts casos, l'estat físic d'aquests al cap dels anys, no és el que seria desitjable per a una població sana. En qualsevol cas el fet de no acceptar que certs tipus d'operacions i de malalties poden canviar radicalment l'estil de vida del pacient posa molta pressió sobre el sector sanitari i sobre els seus professionals. Aquest aspecte contradictori que permet donar una relativament bona qualitat de vida on abans l'afectat o bé acabava morint o bé quedava fortament impedit, fa que a la fi sembli que el metge acabi sent culpable de les possibles seqüeles d'una operació o accident. Això fa aparèixer el síndrome de "estar millor, sentir-se pitjor" i

la població, que durant molt de temps havia respectat als metges, se'n va desil·lusionant.

Per altra banda, un cop que els metges es van fer molt més poderosos des del punt de vista terapèutic, gràcies als antibiòtics i a altres injeccions màgiques, i que la visita i el tractament dels pacients es massificava en els centre d'atenció i els hospitals, ja no van tenir la necessitat de cultivar l'art d'agradar als seus pacients. La sensació de que podien solucionar molts dels problemes que se'ls presentaven va fer que el pacient es convertís en un cas. Provistos així d'unes armes més eficaces, solien oblidar el significat psicològic i els beneficis que comportava una relació metge-malalt estreta i de confiança.

A principis del segle XXI les esperances de gaudir de bona salut són majors que mai. Tanmateix, la confiança en la professió mèdica ha trontollat. En un món mèdic que és cada cop més burocràtic i més tecnològic, sembla que el toc personal hipocràtic està en perill de que es perdi. Això ajuda a explicar la revitalització de la medicina irregular des de la dècada dels seixanta. Si el segle XVIII va ser l'edat d'or del "curanderisme", el segle XIX va portar nous moviments fonamentats en el rebuig a la medicina ortodoxa. Algunes noves doctrines de salut desaprovaven l'estil de vida moderna per la seva artificialitat i instaven al retorn a la simplicitat, i afirmaven que les seves filosofies seguien els models saludables de la natura. Aquestes doctrines van aconseguir el major nombre de partidaris als Estats Units, però el focus de la gran idea innovadora que va ser la homeopatia va ser a Alemanya, i va ser Samuel Hahnemann el seu creador. Sostenia que hi ha dues formes de curar: el tractament "al·lopàtic" del que participa la medicina ortodoxa, que segons ell estava equivocat i que utilitza remeis que en l'home sa produeixen símptomes contraris als de la malaltia que es vol combatre, i el seu propi mètode "homeopàtic", la clau del qual és que "per a curar una malaltia s'han de buscar fàrmacs que puguin provocar els mateixos símptomes en el cos

humà sa". Aquesta és la primera llei de la homeopatia: *similia similibus curandur*, una malaltia es cura quan se'n produeix una altra d'anàloga. Aquesta llei es completa amb la segona, la de les dosis mínimes: quan menor és la dosi, més eficaç és el fàrmac. Això respon a la preocupació de Hahnemann per a la puresa dels medicaments: dosis minúscules de medicaments absolutament purs senten molt millor que dosis massives d'altres que estiguessin adulterades. Els èxits de la medicina i de la cirurgia ortodoxes en la primera meitat del segle XX van conduir cap a un creixent desinterès per a la medicina alternativa. Però com que la medicina ortodoxa es va anar fent més burocràtica i científica i en certa forma més autoritària, la medicina alternativa torna a gaudir de les seves oportunitats. Les crítiques contraculturals dels valors occidentals i l'admiració per a les filosofies curatives orientals han ajudat a produir aquest moviment.

Finalment s'ha de comentar que des de la era hel·lènica, la medicina ortodoxa ha estat un monopoli masculí. Malgrat que les dones participaven en activitats pràctiques com la infermeria i l'obstetrícia, no va ser fins a la meitat del segle XIX que les dones van començar a poder-se titular com a metges a la Universitat. Actualment sembla que estem en el bon camí perquè el sexisme en la professió mèdica passi a estar definitivament eliminat.

EL COS

El coneixement anatòmic del cos està associat a la possibilitat de dissecar cadàvers, al llarg de la Història. La dissecció de cadàvers - i fins i tot possiblement l'experimentació en esclaus vius - es va iniciar a la Alexandria hel·lènica. Galè i els seus contemporanis, al no poder dissecar humans, van haver d'esquarterar animals morts i d'experimentar en animals vius. La presumpció que els humans eren automàticament idèntics als animals va conduir a certs errors. L'islam tampoc autoritzava la dissecció humana. La creença cristiana en la santedat del cos va induir al Vaticà a

regular la manipulació dels cadàvers. El 1482 el papa Sixte IV va manifestar que, a condició que les despulles mortals procedissin d'un criminal executat al qual a la llarga se li donés cristiana sepultura, no hi havia dificultat per a la dissecció. Això va representar donar un fort impuls al desenvolupament de la medicina i la cirurgia. Ha estat precisament la dissecció el que ha permès entrar a estudiar i entendre la naturalesa humana i ha fet que la medicina occidental sigui única. Cap altra medicina, al no permetre la dissecció no ha pogut arribar tan lluny. De fet la medicina occidental està basada en la convicció que la clau de la salut i de la malaltia es troba en el cos humà, i és on s'ha de buscar. Malauradament aquesta visió ha fomentat una visió reduccionista força miop, ja que s'ha focalitzat en les parts en comptes del conjunt. Ha produït una visió mecanicista del cos i s'ha limitat en general a considerar relacions lineals causa-efecte. Com a detall a esmentar, es té constància que la primera dissecció pública va ser feta a Bolònia cap a 1315 per Mondino de Luzzi.

EL LABORATORI

Cap al 1800, un grup de metges parisencs van revolucionar la investigació i el pensament mèdics perquè van saber aprofitar l'oportunitat que per al desenvolupament de la ciència mèdica va significar la utilització de grans hospitals públics que eren fruit de la centralització que la Revolució Francesa havia portat a terme. Un dels elements importants va ser la invenció de l'estetoscopi (Laënnec). Malgrat que en un primer moment l'estetoscopi era un simple cilindre de fusta d'uns 22 centímetres i un sol auricular, de seguida es va demostrar que era una innovació diagnostica crucial, almenys fins al descobriment dels raigs X. En les dècades següents l'ús de l'estetoscopi es va convertir en una pràctica habitual i fins als nostres dies. Portar l'estetoscopi al coll és probablement la imatge més familiar de la medicina moderna: representa algun tipus de prova objectiva, de mesura externa sobre el pacient per tal de formular un diagnòstic. Transmet la idea de "ciència".

Cal destacar en aquest punt la importància de Pierre Louis, que entre altres contribucions, va perfilar els continguts de la nova medicina. Mantenia que els símptomes tenien un valor clínic secundari, i que els signes que es descobreixen en l'exploració física eren molt més significatius. Els signes eren les guies més objectives per determinar les lesions dels òrgans malalts, per identificar la malaltia, fer un diagnòstic, i quan fos possible, decidir un remei. Per tant, per a Louis i col·legues, la medicina clínica era un ciència empírica que s'havia d'aprendre en les sales dels hospitals i les morgues, mitjançant el registre i l'exploració dels fets. L'aprenentatge de la medicina havia de ser un procés en el que s'expliquessin els signes visuals, els sons i els olors de la malaltia, en definitiva una educació dels sentits. Louis va ser, a més, un defensor apassionat dels mètodes aritmètics dissenyats per avaluar quantitativament els tractaments. Això era una aproximació precursora del que serien més tard els assaigs clínics.

Laënnec, Louis, col·legues i deixebles van detallar minuciosament els signes patològics en els morts i els vius. El seu treball va portar a establir la teoria ontològica de la malaltia, és a dir a demostrar que els estats de malaltia eren objectivament diferents dels de la normalitat. En altres paraules, el passar dels símptomes (variables i subjectius) als signes (constants i objectius) va permetre establir el concepte de malaltia com a entitat específica.

París va començar a rebre estudiants d'Europa i Nord-America que tornaven a casa seva fent propaganda de la medicina francesa, i equipats amb el coneixement de la patologia, la química i la microscopia, i amb un estetoscopi a la maleta. Això va fer que a tot arreu la formació mèdica es sistematitzés i que es donés al voltant de l'hospital. Gràcies a l'Escola de París, l'hospital es va convertir en el lloc essencial per a la investigació mèdica, atès que la seva riquesa en material clínic era insuperable. En paral·lel es va començar a desenvolupar una institució investigadora rival: el laboratori. El

1850 els laboratoris van començar a transformar la fisiologia i la patologia i a deixar petja també en la formació mèdica. Un cas paradigmàtic és el de Justus von Liebig que a la Universitat de Giessen, Alemanya, va desenvolupar un programa a l'Institut de Química que va revelar detalls decisius sobre el que més tard es van denominar processos metabòlics interns. El que va fer va ser sotmetre organismes vius a anàlisis químiques rigorosament quantificades, mesurant i analitzant el que entrava (menjar, oxigen i aigua) i el que sortia (urea, sals, àcids i biòxid de carboni). Investigant sistemàticament en nutrició i metabolisme, Liebig i la seva escola van iniciar el que més tard seria la bioquímica. Aquests estudis, que demostraren que no hi havia diferències entre els components químics que formen la vida dels components químics ordinaris que es poden obtenir sintèticament, van impulsar el materialisme científic com a filosofia dominant en les escoles alemanyes de recerca de la segona meitat del segle XIX.

En l'àmbit de la fisiologia Müller va escriure un gran tractat i els seus deixebles van jugar un paper molt important dintre d'aquest camp: Helmholtz va mesurar el calor animal i la velocitat de les conduccions nervioses; Ludwig va realitzar investigacions pioneres relacionades amb les secrecions glandulars i la formació d'orina als ronyons; Du Bois-Reymond, catedràtic de Fisiologia a Berlín va estudiar sobretot l'electrofisiologia dels músculs i els nervis; Brücke va anar a Viena i va estudiar la química fisiològica, la histologia i la fisiologia neuromuscular.

Cap a 1830 es va perfeccionar significativament el microscopi, el que va permetre el ràpid desenvolupament de la nova ciència de la histologia. En particular es va produir un avenç revolucionari de la citologia, la nova ciència de les cèl·lules iniciada per un altre deixeble de Müller, Theodor Schwann. L'alemany Rudolf Virchow va ser el màxim impulsor de la teoria cel·lular per explicar la majoria de fenòmens biològics. França va seguir aportant investigadors eminents,

sent el més important Claude Bernard: efecte de verins com el monòxid de carboni i el curare sobre els músculs, el paper del fetge en el manteniment del nivell de glucosa, les funcions digestives de les secrecions pancreàtiques i el paper dels nervis vasdilatadors en la regulació del volum de sang en els vasos sanguinis.

La medicina científica va emergir més lentament a Gran Bretanya i als Estats Units, i un nombre cada cop més gran d'estudiants d'ambdues nacionalitats acudien a les universitats alemanyes a estudiar biologia i medicina. Un d'ells, William Henry Welch, va introduir els mètodes alemanys en la medicina experimental americana, al campus John Hopkins de Baltimore. Cal destacar també l'obertura de l'Institut Rockefeller per a la Investigació Mèdica el 1901 a Nova York.

Louis Pasteur (1822-1895) va ser la superestrella de la següent generació d'investigadors mèdics. No era metge, sinó químic. Va ser un gran microscopista que es va interessar en els microorganismes a causa dels seus estudis de fermentació relacionats amb la fabricació de vi i cervesa. A partir d'acurats experiments va invalidar la vella teoria de la generació espontània. Basant-se en els seus resultats va desenvolupar el procediment per eliminar microorganismes de la llet: la "pasteurització". Així mateix es deuen a ell els primers passos en el desenvolupament de les vacunes. Tanmateix, va ser l'alemany Robert Koch que, gràcies als seus meticulosos experiments, va confirmar la teoria dels gèrmens com a causants de malalties.

La microbiologia va ser crucial en el desenvolupament de la medicina tropical. Aquesta especialitat va tenir un paper clau en la propagació global del poder d'occident. De fet, la medicina anava per darrera del comerç i de la bandera colonitzadora, i al final havia de respondre a les necessitats i conveniències de l'imperialisme polític, militar i econòmic. Tenia una doble missió: no només facilitava l'expansió colonialista, sinó que proporcionava la justificació de la missió

de l'home blanc portant la medicina als tròpics. Malgrat els molts èxits que ha obtingut la ciència mèdica aplicada a la medicina tropical - per exemple la dessecació de zones pantanoses tot disminuint les malalties causades pels mosquits, el que va permetre de construir el canal de Panamà - també s'ha demostrat que moltes vegades els models, mètodes i inversions sanitàries de la ciència mèdica occidental no són adequats per a les necessitats reals de Tercer Món, tal com s'ha comprovat en les campanyes per a l'eradicació de la malària.

Els triomfs de la ciència mèdica del segle XX no admeten comparació amb altres. El segle XX ha portat grans i nombrosos avenços en biologia, química, fisiologia, així com la proliferació de noves especialitats, totes elles englobades en la ciència mèdica. Alguns descobriments van sorgir d'accidents afortunats, com va succeir amb la penicil·lina, però d'altres van ser fruit de recerques perseverants: Paul Ehrlich va provar més de sis-cents compostos amb arsènic abans de trobar el Salvarsán per tractar la sífilis. Els avenços en aquest sentit han estat molt nombrosos i importants.

La revolució microbiològica iniciada per Pasteur i Koch va ser l'embrió de la nova ciència de l'immunologia, malgrat que els mecanismes de producció d'anticossos no van ser dilucidats fins a les dècades de 1950-1960 per part de MacFarlane Burnet.

Potser l'especialitat que ha rebut més reconeixement ha estat la genètica. El gran avenç per a la medicina es va produir quan la nova especialitat de la biologia molecular va permetre a Francis Crick i a James Watson caracteritzar l'estructura en doble hèlix de l'ADN. La combinació entre els estudis clínics i la investigació en el laboratori han permès anar desvetllant el component genètic de moltes malalties com ara la fibrosi quística i la corea de Huntington. La genètica ha generat expectatives de curació per a diferents tipus de malalties, malgrat que encara sembla que estem molt lluny de poder fer-les efectives.

L'orgull de la medicina hipocràtica era "no provocar cap dany". L'experimentalisme del laboratori ha anat fent possible que la perspectiva de la medicina moderna sigui que cap coneixement no està prohibit: tot és possible en el seu model de medicina mecànica. Sovint, aquesta enorme capacitat empírica, en principi destinada a fer el bé, és una arma de doble tall. En ciència sembla avui clar que tot el que es pugui fer es farà, o al menys, així sembla que ha estat fins ara: el cas de la bomba atòmica i el que sembla que poden ser els arsenals d'armes químiques i bacteriològiques ho semblen demostrar. El "si es pot fer es farà" en el mon de la medicina clínica i de la cirurgia, genera moltes pors si no es tenen en compte unes responsabilitats ètiques més amplies. Podria ser que el model biomèdic acabés sent del tot miop, degut a que investigant la malaltia d'una manera cada cop més microscòpica deixés de banda o ometés el mantenir sempre enfocada una imatge real més amplia de les poblacions, el medi ambient i la salut general.

LES TERAPIES

El segle XIX no només va permetre que la investigació de laboratori donés origen i fes créixer noves ciències biomèdiques, sinó que va donar peu a avenços farmacèutics espectaculars. Aquest fet és de gran rellevància, atès que la terapèutica havia quedat endarrerida respecte d'altres branques de la medicina. L'últim recurs de la medicina, tant domèstica com professional, han estat sempre les herbes medicinals: fulles, arrels, escorces triturades, en remull, en infusió, etc. Aquesta ha estat la base de la farmacopea al llarg de tota la Història. A tots aquests remeis coneguts per egipcis i grecs, la medicina àrab va afegir nous formularis que contenien drogues perses, índies i en general orientals, tal com la càmfora, la senet de l'Índia, el senet, la nou moscada i el macis, el tamarinde i el mannà. La medicina occidental les va absorbir totes, així com les noves substàncies arribades amb el descobriment del Nou Mon. Les farmacopees oficials, de forma general i durant molt de temps, no van ser més que un barreja vergonyosa de remeis que no

servien per a res: acostumaven a incloure productes inútils de caire màgic. Cal recordar en aquest sentit que Samuel Hahnemann, fundador de la homeopatia, estava totalment convençut que la farmàcia tradicional a base de grans quantitats de medicines diverses feia més mal que bé.

En tot cas convé recordar que la medicina humoral no basava la curació en el fet que les medicines hi juguessin un paper decisiu. Els recursos dels quals disposava la terapèutica tradicional es basaven en la regulació de la dieta i de l'entorn (per exemple, els coneguts canvis d'aires i/o d'aigües) i els bons consells. D'una bona medicina no s'esperava que ataqués frontalment la malaltia, sinó que sobretot purgant, fent suar i/o que netejant la sang, ajudés a la natura a restaurar l'equilibri.

Durant el segle XIX, d'una forma lenta, inhomogènia i desigual la farmacologia es va anar basant cada cop més en els estudis de laboratori, que de fet tants èxits estaven aportant a la medicina. Així, les medicines es van anar transformant progressivament en substàncies obtingudes en una línia de producció, gràcies als avenços en el camp de la Química. Aquest procés va tenir lloc primer a França i després a Alemanya. La capacitat de produir aquests components químics amb eficàcia va ser essencial per desenvolupar la producció en massa i la comercialització de les medicines.

De forma quasi immediata, quan la pròspera indústria química va albirar els enormes beneficis que es podien obtenir gràcies a les pastilles, es va reforçar la simbiosi entre la recerca i la fabricació de fàrmacs. La indústria farmacèutica va donar la mà a la farmacologia acadèmica i, sobretot a Alemanya, van sorgir les millors escoles. A partir de 1900 la indústria va començar a transformar en beneficis els èxits obtinguts al laboratori. El cas paradigmàtic és el de l'aspirina, comercialitzada per Bayer a Alemanya. A Anglaterra, la companyia Burroughs-Wellcome finançava als laboratoris per què la farmacologia fos més científica i poder, així, ser pionera en el desenvolupament de nous tractaments.

En un període de temps relativament breu van aparèixer un seguit de fàrmacs, com el Salvarsan per la sífilis, el Prontosil (Bayer) contra infeccions per estreptococs i basat en la sulfanilamida, o el M&B 693 que apart del estreptococs funcionava també contra els neumococs, contra els quals el Prontosil no actuava. La nova família de les sulfes podien tractar la erisipela, la mastoïditis, la meningitis i algunes malalties del sistema urinari. La sulfanilamida podia resoldre un cas de gonorrea en només cinc dies.

El primer antibiòtic (destructor de la vida) va ser la penicil·lina, identificada el 1928. La penicil·lina destruïa no només els estafilococs, sinó també els estreptococs, els gonococs, els meningococs, els neumococs, mentre que no tenia efecte tòxic en els teixits sans i no impedia les funcions defensives dels leucòcits. Degut a que el Penicillium era complicat de produir i a més era inestable, Fleming que l'havia identificat va pensar que des el punt de vista clínic era poc prometedor i va aturar la seva recerca. Deu anys més tard un equip científic a Oxford liderat per Howard Florey, i en que participava Ernst Chain, va reprendre la recerca amb èxit. El 1943 es va provar amb bons resultats en ferides de guerra i es va començar a produir en gran escala. El 1945 Fleming, Florey i Chain van compartir el Premi Nobel. S'havia demostrat també com la penicil·lina era efectiva contra el carboncle, el tètanus, la sífilis, i com era el primer fàrmac efectiu contra la pneumònia.

A la penicil·lina van seguir altres antibiòtics: actinomicina i estreptomicina. Al llarg de la dècada de 1950 van anar apareixent noves drogues de molts tipus, entre elles la cortisona, d'un valor incalculable contra la artritis reumatoide i altres afeccions inflamatòries; el liti, el primer psicofàrmac efectiu en trastorns maníaco-depressius; i la clorpromazina efectiva contra l'esquizofrènia.

Els antibiòtics no eren útils contra virus com ara la grip, però van començar a aparèixer noves vacunes antivirals, sobretot contra la malaltia que atacava als nens: la polio. A

partir de la dècada de 1970 es van aconseguir progressos com en l'aciclovir, efectiu contra l'herpes labial i l'herpes zoster. Malgrat tot, molts virus com la grip o el VIH segueixen frustrant als científics, doncs muten molt ràpidament.

A diferència d'abans de 1900, en que la farmacopea existent servia de ben poc, en la dècada de 1960 va aparèixer el corn de l'abundància en quant a medicaments. Es podia disposar de fàrmacs realment efectius: antibiòtics, antihipertensius (betabloquejants) per a prevenir l'ictus, anticoagulants, antihistamínics, antidepressius i anticonvulsius, esteroides com la cortisona per a l'artritis, broncodilatadors, agents antiulcerosos, reguladors endocrinològics, drogues citotòxiques contra el càncer i moltes més. El somni de que existís "una pastilla per a cada malaltia" semblava a punt de fer-se realitat.

De tota manera, aquesta època daurada va viure també moments negatius degut a que diferents productes, entre ells la talidomida, van haver de ser retirats del mercat. Va haver-hi moltes tragèdies abans de que s'establissin rigorosos assaigs clínics per demostrar l'efectivitat i la seguretat dels fàrmacs i s'exigissin procediments estrictes previs a la seva comercialització. Aquesta situació d'exigència de rigoroses proves i assaigs clínics existent en l'actualitat, resulta molt rígida pels investigadors i per les empreses i fa que alguns es queixin de la seva excessiva regulació: diuen que infon desànim en la investigació per al desenvolupament de noves drogues. Aquesta exigent regulació en els productes farmacèutics existeix també en els productes i materials implantables que es descriuran més endavant. El fet que les patents caduquin al cap d'un temps i hagin començat a aparèixer els genèrics de la majoria de productes farmacèutics més utilitzats, així com les limitacions que imposen els assaigs clínics, fa que el cost de sortida al mercat de nous fàrmacs augmenti molt fortament i ràpida. Aquest fet ha comportat serioses dificultats a la indústria farmacèutica en la fi del segle XX.

Per les raons que sigui, el desenvolupament de nous fàrmacs "miraculosos" comparables als de generacions prèvies no ha continuat. Molts dels compostos recents són petites variacions de les ja existents, dissenyades per a guanyar-li al fabricant rival una part del mercat. Molt més preocupant és el mal us que es fa dels antibiòtics, que estimula l'aparició de soques resistents als fàrmacs. L'abús i la dependència de les drogues són dues qüestions que s'han convertit en problemes de gran envergadura, tant per a la medicina com per a la societat.

LA CIRURGIA

Dedicarem una atenció especial a la cirurgia ja que la colocació d'implants està sempre associada a l'acte quirúrgic. De fet, la cirurgia ha requerit d'instruments específics, i des dels inicis es van fer servir diferents tipus d'implants per a resoldre certs problemes. Per això sembla que un cop situats els diferents factors rellevants en la història de la medicina resulta convenient repassar de forma una mica més detallada la resta de l'evolució de la cirurgia.

La cirurgia és tant antiga com la pròpia civilització. S'han trobat cranis que revelen que la trepanació es practicava ja en el 5000 a. C. L'operació es realitzava amb eines per tallar pedra i consistia en extirpar un tros de crani, segurament per lliurar als afectats dels "dimonis" que portaven dintre. També es reparaven ossos, i en els papirs mèdics egipcis del segon mil·leni a.C. es descriuen procediments quirúrgics força sofisticats per resoldre abscessos i tumors petits, així com afeccions dels ulls, de les oïdes i de les dents.

Sense que se'n sàpiga ben bé la data, però des d'èpoques ben primerenques, els curanderos de la Índia tractaven les cataractes. Ho feien introduint una ganiveta molt fina a l'ull, davant de la lent que s'havia tornat opaca i l'empenyien cap endarrera fins la part inferior del vitri, des d'on la cataracta

deixava d'enfosquir la visió. Els curanderos ayurvèdics fins i tot van ser pioners en la cirurgia reconstructiva al poder remodelar un nas danyat (rinoplàstia). Tallaven un tros de pell del front en forma de full, assegurant-se de que es mantingués unit l'extrem corresponent al pont nasal.

El corpus hipocràtic també inclou el tractament de les ferides. Les fractures haurien de ser tractades mitjançant la reducció (restauració del membre a la seva posició habitual) i la immobilització amb encanyats i embenats. El cirurgià havia d'usar l'escalpel per tallar pòlips nasals i amígdales ulcerades. Recomanava també la cauterització mitjançant l'aplicació d'un ferro al roig viu per cremar les hemorroides i descrivia la trepanació. El tractament hipocràtic de les ferides era limitat i conservador. Els grecs desconeixien la lligadura venosa per tallar una hemorràgia i evitaven la cirurgia interna. Preferien tractar malalties com el càncer, l'apendicitis, els càlculs i altres afeccions amb herbes medicinals.

El Jurament Hipocràtic suggeria als metges que deixessin el treball de l'escalpel exclusivament en mans dels cirurgians. Aquesta distintiva divisió del treball, malgrat que reconeixent la perícia dels cirurgians, va situar a la cirurgia en un graó inferior, com un treball manual més que intel·lectual.

La medicina islàmica va posar un major èmfasi en la cirurgia, perfeccionant la cauterització amb ferro al roig per parar les hemorràgies.

El tractament de les ferides va generar polèmica, atès que la medicina hipocràtica havia mantingut que la supuració era indispensable per a la curació: el pus derivava de la sang enverinada que havia de ser expulsada. Durant molt de temps la doctrina del "pus laudable" va mantenir que el pus era beneficiós i que s'havia d'estimular la seva formació. El 1363 Guy de Chauliac va demostrar que les ferides es curaven millor sense supuració. De tota manera, la doctrina del "pus laudable" no va desaparèixer fins a molt més tard.

Les ferides gangrenoses requerien amputació, però abans del segle XVI no es practicava aquesta operació per sobre del genoll, ja que els pacients s'haguessin dessagnat fins a morir. L'experiència va ensenyar als cirurgians medievals a extirpar molt os i a preservar el màxim de teixits tous. Això permetia que la pell cicatritzés sobre l'os i que es formés un monyó útil on col·locar una cama de fusta o un garfi. La cauterització amb un ferro candent o amb oli bullent va seguir sent la forma més habitual de parar una hemorràgia.

Molts cirurgians van aprendre l'art de tallar a la guerra. Tradicionalment el camp de batalla va ser l'escola de la cirurgia. La introducció de la pólvora a finals de l'Edat Mitjana va fer que les ferides fossin cada cop més greus. Les bales de plom laceraven els teixits i destrossaven els ossos, produint ferides més profunds, pel que les infeccions es convertien en un problema crucial. Així va sorgir la creença que la pólvora tenia algun tipus de verí que s'introduïa a la ferida.

En el nord d'Europa els individus que practicaven la cirurgia civil eren també barbers (utilitzaven les mateixes eines pels dos oficis). També operaven els curanderos itinerants que s'especialitzaven en intervencions concretes: hi havia arrenca-caixals viatgers, oculistes que aixafaven les cataractes, litotomistes que extreien pedres de la bufeta i "experts en hèrnies" que feien braguers a mida. La cirurgia, qui fos que la fes, era un ofici arriscat i dolorós; requeria "la vista d'una àliga, el valor d'un lleó i la mà d'una dona" i, potser el més important per al pacient, ser molt ràpid.

A partir del segle XVI la cirurgia es va començar a sistematitzar. Ambroise Paré va traduir i escriure obres d'anatomia, posant els nous ensenyaments anatòmics a disposició dels cirurgians - barbers que no tenien estudis superiors. Paré va ser aprenent de cirurgià - barber abans de servir a l'exercit durant molt temps. Gràcies a les seves experiències en el camp de batalla, va introduir novetats com la lligadura venosa, essencial per a les amputacions, i va trobar un

substitutiu de l'oli bullent per a la cauterització de ferides, a base de rovell d'ou, oli de roses i tramentina. Un dels pares de la cirurgia anglesa va ser Richard Wiseman que va adquirir també la seva experiència a la guerra.

Abans de la introducció de l'anestèsia el 1840, la cirurgia invasiva es practicava de forma molt limitada. Les operacions llargues o aquelles que exigien una gran precisió, ni es contemplaven. Com a exemple es pot dir que fins a la dècada de 1790 no hi ha constància de que en cap cesària practicada a Gran Bretanya sobrevisqués la mare. El treball quirúrgic quotidià estava restringit a pràctiques relativament segures, tal com: curar ferides, extreure queixals, tractar xacres i úlceres sifilítiques, drenar furóncols, subjectar hèrnies i coses similars. L'activitat més freqüent que permetia al cirurgià de mantenir-se econòmicament era la sagnia que es practicava com a conseqüència de les doctrines humorals, segons les quals la febre, l'apoplexia i el mal de cap eren el resultat de un excés de sang en circulació.

Aquest "art de tallar" era menyspreat amb cert esnobisme, i es considerava més com una habilitat manual que com una ciència. En la jerarquia social de la medicina, la cirurgia sempre va estar subordinada al que és estrictament mèdic. Els cirurgians s'organitzaven en gremis. Normalment no havien rebut una educació acadèmica sinó pràctica, per la via de l'aprenentatge. Tenien poc prestigi, i no va ser fins a partir del segle XVIII que la cirurgia va començar a progressar de forma significativa i duradora.

Gràcies a tots els progressos aconseguits la cirurgia va pujar de categoria professional. Això va succeir en primer lloc a França. Els facultatius francesos, que com a tot arreu van ser al principi cirugians-barbers, van aconseguir emancipar-se de la seva meitat més innoble i el 1731 un reial decret va instituir la Reial Acadèmia de Cirurgia. A Londres, l'Associació de Cirurgians es va separar de la de barbers el 1745, i això

representà la primera etapa de la seva transformació en Col·legi Professional.

A França, el 1768 es posà fi a la tradició que els cirurgians es formessin a través de l'aprenentatge. A partir d'aleshores els cirurgians francesos van rivalitzar amb els metges en quant a posició social, mentre reivindicaven que la cirurgia era una ciència i no únicament un treball manual. La formació dels cirurgians en els hospitals va reforçar encara més els vincles entre la cirurgia i l'anatomia. La cirurgia es va encaminar cap a un enfocament pato-anatòmic de la malaltia. França es va convertir així en el país capdavanter de la cirurgia que atreia als estudiants de tot Europa.

El 1760 es crea el Col·legi de Cirurgia de Barcelona, destinat a preparar personal per a l'exèrcit. Pere Virgili i Antoni Gimbernat en són els cirurgians més destacats. Com que el Col·legi s'emplaça a tocar de l'Hospital de la Santa Creu, de Barcelona, els estudiants s'instrueixen tractant amb malalts i ferits autèntics.

Aquesta era època de grans canvis a tot arreu. Edimburg va ser un cas especial pel fet que s'hi oferia una formació combinada en medicina i cirurgia de gran qualitat. Les noves escoles privades d'anatomia de Londres van aconseguir augmentar encara més el prestigi de la cirurgia. L'èxit de la facultat de Medicina de la Universitat d'Edimburg i de les escoles privades d'anatomia generaren un problema renitent: l'escassetat de cadàvers disponibles legalment per fer disseccions. La forma més ràpida de resoldre-ho era recórrer als saltejadors de tombes – aquesta situació va generar abundant literatura i ja en el segle XX nombroses pel·lícules.

La primera meitat del segle XIX va comportar, sobretot al Nou Món, operacions noves més atrevides. El llibre "El siglo de los cirujanos" de Jürgen Thorwald, presenta de forma novel·lada alguns d'aquesta avenços. Com a exemple, el 1809 el cirurgià nord-americà Ephraim McDowell va realitzar la

primera ovariectomia, sense anestesia a una dona de 47 anys, a qui va extreure el seu quist ovàric de 7 quilos. Malgrat això, l'espectre de la cirurgia era limitat: extraccions de pedres de la bufeta i poques més. La cirurgia no podria començar a tenir èxit fins a l'arribada de dues innovacions decisives: l'anestesia i l'antisèpsia

D'una forma o altra la medicina sempre ha utilitzat analgèsics, i des de molt aviat es va conèixer la capacitat per alleujar el dolor que tenen l'opi, el haixix i l'alcohol. Tanmateix no existia cap analgèsic que permetés realment fer una operació quirúrgica sense que el pacient sentís dolor, i per això la cirurgia estava molt limitada. La història detallada de com es va anar passant des del gas d'òxid nítric, per l'èter fins arribar al cloroform està també molt ben explicada en el llibre ja citat "El siglo de los cirujanos". El fet és que el 19 de gener de 1847, James Young Simpson, d'Edimburg, va utilitzar per primer cop el cloroform per alleujar els dolors del part. A partir d'aquí la cirurgia va canviar radicalment perquè operacions més llargues, complexes i traumàtiques eren ja possibles.

Per altra banda, l'anestesia, en realitat, no va revolucionar per si mateixa la pràctica quirúrgica ja que la cirurgia invasiva provocava una elevada taxa de mortalitat per septicèmia, és a dir que les infeccions seguien sent la gran amenaça. El 1848, Ignaz Semmelweis va observar que una sala obstètrica dirigida per metges tenia una taxa de defuncions molt més elevada que una altra dirigida per llevadores. Val la pena, aquí també, llegir el llibre de Jürgen Thorwald per a conèixer la història amb detall. Després de fer diferents hipòtesis relacionades sempre amb la neteja, finalment va acabar trobant que era el personal mèdic i els estudiants que anaven directament de la sala d'autòpsies a la de parts, els que propagaven les infeccions. Va instituir la norma de rentar-se les mans i l'instrumental en una solució clorada abans d'atendre els pacients. Aleshores, la mortalitat a les dues sales van quedar al mateix nivell. Malgrat l'èxit, aquesta teoria de que els metges transmetien infeccions

va trobar una oposició molt forta i Semmelweis va haver d'abandonar Viena el 1850 i tornar a Hongria d'on era originari. Incomprès allà també va acabar morint en un manicomi ressentit i frustrat.

Els antisèptics – substàncies dissenyades per contrarestar la putrefacció o la infecció – estaven lluny d'ésser coneguts. S'havien utilitzat el vi i el vinagre des de feia molt de temps per tractar les ferides i l'ús del iode es va fer habitual cap a 1820. Però va ser Joseph Lister, catedràtic de Cirurgia per designació reial a Glasgow, el primer en desenvolupar tècniques antisèptiques efectives i va batallar sense descans per elles (veure "*El siglo de los cirujanos*"). Convençut que l'àcid carbòlic (fenol) seria efectiu com antisèptic, el va provar per primer cop el 12 d'agost de 1865 amb un nen d'onze anys, James Greenlees, amb fractura oberta de tíbia causada al ser atropellat per un carro. Va aplicar un apòsit d'oli de llinosa i àcid carbòlic que no va retirar fins al cap de quatre dies. La ferida va cicatritzar perfectament i James va sortir de l'hospital sa i pel seu propi peu al cap de sis setmanes. Al descriure el seu mètode, Lister va emfatitzar que els gèrmens causen les infeccions i que malgrat les velles idees del "pus laudable", la infecció i la formació de pus no eren etapes inevitables en la curació de les ferides i que a més no eren beneficiosos. Cal recordar el que s'ha comentat abans. Al segle XIV ja Guy de Chauliac havia demostrat que les ferides es curaven millor sense supuració, però la doctrina del "pus laudable" no va ser definitivament abandonada fins al segle XIX gràcies a Lister i els antisèptics. Les tècniques de Lister van ser posades en pràctica pel personal mèdic alemany en la guerra franco-prusiana (1870-1871), obtenint molts millors resultats que els francesos, que ignoraren completament a Lister.

Cap a l'any 1890 els antisèptics ja estaven completament introduïts en la cirurgia i, de fet, el carbòlic pudent i molest de Lister havia estat substituït per altres menys forts. L'esterilització de l'instrumental mitjançant calor va ser impulsada per Koch el 1881 i va ser un cirurgià nord-americà

de l'Hospital John Hopkins, William S. Halsted, el qui va començar a utilitzar guants de goma. El 1900 les operacions havien deixat de ser un espectacle de cirurgians vestits amb levites i davantals tacats de sang ja resseca a causa de les múltiples operacions, esgrimint un escalpel, operant sobre taules velles de fusta també tacades de sang, en sales brutes i amb terres polsegosos. Es van implantar mesures antisèptiques rigoroses als quiròfans: una atmosfera antisèptica, màscares, guants de goma i bates quirúrgiques. Així el risc d'infecció es va reduir i les taxes d'èxit van augmentar de forma dràstica.

Cap a 1870 encara resultava complicat o fins i tot impossible fer certes operacions en grans cavitats com ara l'abdomen, el tòrax i el cervell. Si més no, les coses van anar canviant gràcies als anestèsics i als antisèptics que van permetre als cirurgians d'ampliar els seus horitzons de forma impressionant. Theodor Billroth (1829-1894), a Viena, va ser pioner en la cirurgia abdominal i l'extirpació d'alguns tumors, sobretot de mama i als Estats Units Halsted va establir la mastectomia, que durant molts anys va ser el tractament practicat per als càncers de mama. També es van desenvolupar la apendicectomia (extirpació de l'apèndix), la colecistectomia (l'extirpació de la vesícula biliar) i l'extracció dels càlculs biliars es va convertir en una operació de rutina. La cirurgia de l'intestí prim, sobretot per a tractar el càncer, es va iniciar més o menys en la mateixa època, a l'igual que les operacions de pròstata.

Els avenços de la cirurgia al segle XX semblaven no tenir límits. De fet aquests progressos venien suportats per les grans innovacions tecnològiques que permeten visualitzar i monitoritzar l'interior del cos humà. Probablement els raigs-X, desenvolupats per Wilhem Roentgen el 1895 han estat utilitzats per un major nombre d'especialitats i aplicacions. Més tard cap a 1900, l'holandès Willem Einthoven va dissenyar el primer electrocardiògraf, que detectava l'activitat elèctrica del cor, i que permetia la monitorització efectiva dels transtorns cardíacs. Els cateterismes van permetre investigar les funcions del cor i

del fetge. Els ultrasons, desenvolupats a Suècia i als Estats Units a mitjans de la dècada de 1950, demostraren ser útils per a diferents tipus de diagnòstic i són popularment coneguts per observar el progrés del fetus durant l'embaràs. El diagnòstic per la imatge va donar un pas endavant el 1972 amb la invenció del tomògraf computeritzat (TAC) per Godfrey Hounsfield i posteriorment amb la tomografia d'emissió de positrons (TEP) i la ressonància magnètica (RM); aquesta última revela el metabolisme dels òrgans mitjançant senyals de radiofrequència.

Els endoscopis flexibles, fabricats amb fibres de vidre, apareixen a principis de la dècada de 1970, i s'utilitzen tant per al diagnòstic com per efectuar intervencions terapèutiques. El làser, com a "bisturí òptic" ha demostrat ser molt valuós tant en la cirurgia oftàlmica com en la dels òrgans interns. Avui en dia, gràcies als microscopis telescòpics, els mètodes laparoscòpics en que consisteix la cirurgia mínimament invasiva es practica de forma comuna per intervenir en les hèrnies, la vesícula biliar i l'articulació del genoll.

Primer gràcies als raigs-X i després gràcies als altres mètodes que permeten visualitzar l'espai intern, les ambicions dels cirurgians s'han anat fent realitat. El cirurgià modern va poder dirigir primer la seva atenció cap als tumors i les infeccions que causen obstrucció o estenosi (constricció dels vasos sanguinis), sobretot en els tractes digestiu, respiratori i urogenital. Un tall o una escissió podien extirpar el problema. Totes les cavitats i òrgans del cos es sotmetien al intrèpid bisturí: l'abdomen, el tòrax i, fins i tot el crani. Semblava que la intervenció quirúrgica podia resoldre tots els problemes i la frase "una possibilitat de tallar es una possibilitat de curar" semblava condensar la gran esperança. Això va portar cap a la psicocirurgia en forma de lobotomia i leucotomia: fins l'any 1951, més de 20.000 pacients s'havien sotmès als Estats Units a un d'aquests ben intencionats però imprudents procediments. La cirurgia, que durant segles havia estat extraordinàriament cauta i subordinada a la medicina, passava a tenir el paper

protagonista tot adoptant un cert aire arrogant. Es va arribar a recomanar tallar metres d'intestí per curar un vulgar restrenyiment, o fins i tot com a mesura preventiva. Entre 1920 i 1950 es van realitzar centenars de milers d'amigdalectomies, quasi totes elles inútils, i la histerectomia també va estar de moda en el seu moment. Aquesta febre es pot comparar amb el que passa avui amb les cesarees.

El ràpid avenç de la cirurgia es va veure accelerat per causes externes, com ara les guerres i els accidents de trànsit. L'ús de projectils altament explosius ha fet que les ferides de guerra siguin més espantoses que mai i va ser la cirurgia plàstica i reconstructiva, sobretot la de la cara, la que va haver-hi de donar resposta. La guerra va accelerar la creació i el desenvolupament de bancs de sang i plasma, essencials per a la cirurgia d'urgència. En la Guerra Civil espanyola es van desenvolupar tècniques per administrar la sang emmagatzemada mitjançant una transfusió indirecta de l'ampolla al pacient.

Cap a la segona meitat del segle, els antibiòtics i el coneixement més profund de la immunologia, van permetre ampliar el radi d'acció de la cirurgia. Ara els cirurgians podien operar en casos que fins aleshores es consideraven massa compromesos a causa del risc d'infeccions, com són les intervencions pulmonars en contacte amb els microorganismes presents a l'ambient.

En el moment en que es va disposar d'equips que permetien controlar les funcions cardíaques, respiratòries, renals i de l'equilibri de fluids mentre el pacient està anestesiat, es va fer possible entrar en una nova etapa de la cirurgia: fer la transició des de l'extirpar al *reparar* i d'aquí a la cirurgia de substitució. Els implants són el seu indicador més clar. El 1959 es va implantar per primer cop un aparell artificial, un marcapassos cardíac desenvolupat a Suècia per Rune Elmqvist. Avui en dia el nombre i els tipus d'implants que es poden col·locar en l'organisme humà són ingents. Només per a citar-

ne alguns, es pot parlar de lents intraoculars, implants de còclea, pròtesis vasculars i vàlvules cardíaques i tot tipus de pròtesis ortopèdiques articulars, sent la més corrent la que substitueix a l'articulació del maluc, introduïda el 1961. Però no tots els implants es fan per raó de salut: només cal observar l'expansió dels implants mamaris de silicona juntament amb altres tipus de cirurgia cosmètica. Només als Estats Units es practiquen 800.000 cirurgies facials a l'any. La preocupació pel propi cos és un generador d'activitat econòmica en molts sectors i entre altres el sanitari i en especial el quirúrgic.

Aquesta transició de la cirurgia de reparació a la de substitució resulta especialment espectacular pel que fa referència a la cirurgia cardíaca. El cor sempre havia estat un òrgan intocable. Un primer avenç es va efectuar en la dècada del 1920, quan es va fer un tall per aliviar la constricció de la vàlvula mitral - la vàlvula que separa l'aurícula esquerra del ventrícul -, que produeix alteracions en la circulació sanguínia. Aquesta operació va establir les bases per a rectificar quirúrgicament lesions cardíaques congènites, com el síndrome del bebè blau. Aquests nens, per una anomalia congènita, tenen un orifici sense tancar en el cor, que té com a conseqüència que la sang passi directament des de la cambra dreta del cor a l'esquerra, sense passar pels pulmons per ser oxigenada. L'operació per reparar la lesió es va realitzar per primer cop el 1944 a l'Hospital John Hopkins.

Els avenços més espectaculars però, van ser possibles gràcies a la màquina cor/pulmó que permet el by pass, dissenyada per a derivar el flux sanguini de manera que no passi pel cor i així mantenir la circulació artificialment mentre es realitza una operació amb el cor parat. Aquesta cirurgia a cor obert permet als cirurgians substituir vàlvules malaltes o reparar defectes en les parets cardíaques i va començar a practicar-se el 1952 als Estats Units, amb la implantació de pròtesis valvulars. En menys de dues dècades els by pass cardíacs, i la cirurgia cardíaca en general s'havien convertit en

operacions quasi rutinàries. Avui es realitzen a l'any uns 200.000 procediments de cirurgia cardíaca només als Estats Units.

Però potser encara els exemples més espectaculars de la sofisticació i control de la cirurgia de substitució són els trasplantaments. Ja en la dècada de 1860 el suís J.L. Reverdin havia realitzat empelts de pell amb bons resultats, que van ser l'inici de la cirurgia reparadora que Gillies va practicar en els ferits de la Primera Guerra Mundial. Per anar més lluny amb altres teixits i òrgans era imprescindible que els empelts i els trasplantaments superessin el rebuig produït pel fet que el cos de l'hoste respon volent expulsar el teixit o l'òrgan trasplantat al no reconèixer-lo com a propi. Gràcies a importants contribucions científiques, sobretot del immunòleg Macfarlane Burnett i del biòleg Peter Medawar, les primeres drogues immunosupressores efectives es van poder començar a usar el 1960. Aquestes drogues, sobretot la ciclosporina, bloquegen la producció d'anticossos sense produir una susceptibilitat a les infeccions que posin en perill la vida. El camí cap a trasplantaments cada cop més complexos estava doncs obert.

Els trasplantaments de ronyó van ser els primers a tenir èxit i de fet es van començar a efectuar el 1963, però la notícia que va donar la volta al món va arribar el 1967, quan a l'Hospital Groote Schuur de Ciutat del Cap, el Doctor Christian Barnard li va posar un cor de dona a Louis Washkansky, que va aconseguir sobreviure durant divuit dies. El segon pacient, Philip Blaiberg, ja va sobreviure més d'un any i mig. Ara, un cop superades les primeres dificultats, els trasplantaments de cor s'han convertit en quasi rutinaris. A mitjans de la dècada de 1980 només a Estats Units se'n feien uns 2000 a l'any amb una supervivència de dos terços dels receptors de cinc anys o més. Els trasplantaments de fetge i de pulmó que s'estan efectuant des de la dècada de 1960, s'han convertit també en habituals, al igual que els trasplantaments multiorgànics.

Malgrat salvar vides, els trasplantaments plantegen dilemes ètics i legals, que estan relacionats tant amb aspectes relatius al que es pot considerar la mort del donant, com al possible mercat d'òrgans. Altres problemes morals i socials estan relacionats amb la tecnologia reproductiva de la fertilització in vitro d'embrions humans pel que fa a la qüestió de les mares de lloguer, o que una dona pugui ser mare amb més de 60 anys. Problemes similars sorgeixen entorn de la cirurgia sexual que permet el canvi de sexe d'un individu.

En resum podem dir que la cirurgia ha experimentat una revolució en l'últim segle i mig, i d'estar molt limitada durant mil·lenis, ara no coneix fronteres. Les tècniques d'escissió, altament innovadores fa un segle, van donar pas a una cirurgia reparadora i substitutiva. Amb tots els nous processos i possibilitats de l'actual cirurgia, el cirurgià que de vegades havia estat menyspreat en el passat, es converteix en la superestrella de la medicina moderna. Sembla que en el segle XXI sigui possible que la cirurgia de substitució sigui superada i aprofundeixi en els dominis de la cirurgia transformadora i de tot tipus de cirurgies d'elecció.

L'HOSPITAL

Com diu Roy Porter en la seva *"Breve historia de la Medicina"*, *"Avui en dia l'hospital és a la medicina el que la catedral és a la religió i el palau a la monarquia. Es el cor de l'empresa, el lloc on es practica la medicina al nivell més avançat, especialitzat, innovador, complex i costós!"* Tal com s'ha dit anteriorment, si Galileu o qualsevol altre científic del passat tornessin a la terra, reconeixerien per exemple una universitat o una escola, però difícilment reconeixerien un hospital. Aquest gran canvi té la seva contraprestació pel que fa al cost. De fet, dintre del que és el pressupost sanitari, ja sigui públic o privat, els hospitals s'emporten la major part d'aquest pressupost. Són els vaixells insígnia dels governs locals o nacionals en el cas de la sanitat pública, o de les mútues o empreses d'assegurances en el cas de

la sanitat privada. Els hospitals són sempre notícia, ja sigui per algun nou avenç quirúrgic en el que semblen competir els hospitals més famosos o bé perquè són els directament afectats per discussions de les polítiques mèdiques i les seves conseqüències econòmiques. Aquesta situació no sempre havia estat així i, de fet, la percepció popular era de no permetre acabar la vida en un hospital.

A la Grècia clàssica els hospitals no existien, malgrat que hi havia temples curatius. En canvi, la medicina laica hipocràtica rebutjava aquest tipus de curacions religioses. La Roma imperial proporcionava alguns serveis hospitalaris només a esclaus i soldats. No va ser fins a la era cristiana que es van establir institucions dedicades al tractament dels malalts civils. I això va ser perquè la santedat i les curacions anaven de la mà. La fundació d'hospitals era una forma d'expressió de la caritat cristiana, estimulada per la compassió i el tenir cura dels altres. A principis del segle IV, després de la conversió de l'emperador Constantí, es van construir hospitals en forma d'organitzacions curatives, generalment vinculades a ordres religiosos.

Durant l'Edat Mitjana es van establir milers d'hospitals gràcies a donacions dels benefactors, sempre al voltant de recintes religiosos i regits per frares, monges o altres membres d'ordres religiosos. Aquests hospitals acostumaven a ser petits, generalment no superaven la dotzena de llits, estaven muntats força precàriament i no acostumaven a tenir una vida gaire llarga. Aquests hospitals en general acollien malalts i necessitats a qui donaven refugi i proporcionaven cura i atenció, actuant com a hospicis. Estaven lluny de poder portar a terme tractaments mèdics especialitzats. La seva principal funció era assegurar que els cristians morien en estat de gràcia, després de confessar i haver rebut els sagraments.

A les grans ciutats italianes com ara Venècia, Bolònia, Florència, Nàpols i Roma la idea era que els hospitals jugaven un paper important en la cura dels pobres, els ancians i els malalts. En el segle XV, només a Florència n'hi havia 33, mentre

que a Londres l'Hospital de St. Bartholomew data de 1123 i el de St. Thomas de voltant de 1215. Al final del segle XIV hi havia quasi 500 hospitals a Anglaterra.

A França l'Hôtel de Dieu era una enorme institució que va ser dirigida per ordres religiosos fins a la Revolució Francesa. A tota França l'hôpital général (que era similar a les cases per a pobres a Anglaterra) va sorgir al segle XVII com a un establiment concebut per donar refugi i confinar captaires, orfes, rodamóns, prostitutes i lladres juntament amb els malalts i els bojos pobres. La seva funció era dispensar cures mèdiques bàsiques. A Barcelona els diversos hospitals que surgiren a partir del segle X foren unificats pel Consell de Cent el 1401 a l'Hospital de la Santa Creu.

Ja en el segle XVIII la construcció d'hospitals podia arribar a ser un projecte políticament rendible i que donés prestigi. Així, la joia dels hospitals en el continent europeu va ser l'Allgemeine Krankenhaus (Hospital General) de Viena, que tenia dos mil llits, i va ser reconstruït el 1784 per l'emperador Josep II. Frederic el Gran va reconstruir l'hospital de la Charité de Berlín el 1768, a la vegada que Caterina la Gran va erigir a San Petersburg l'Hospital Obuchov, mentre que a la Gran Bretanya es van crear un bon nombre d'hospitals importants al segle XVIII.

El mateix va passar una mica més tard, a Amèrica de Nord on el primer hospital general es va fundar a Filadèlfia el 1751. Uns vint anys més tard es va fundar l'Hospital de Nova York, i el 1811 el General de Massachusetts.

Aquests hospitals, que es podrien qualificar de pre-moderns, no eren en general centres de medicina avançada, sinó que només facilitaven certs tractaments, menjar, refugi i la possibilitat de recuperació. En general només es tractaven afeccions simples i rutinàries que es poguessin resoldre amb descans i tractaments simples, així com accidents. Els casos d'infecció es rebutjaven perquè no es podien curar i la

probabilitat de propagació entre els altres pacients era molt elevada. Les pròpies condicions generals, i en especial higièniques, no ajudaven gens. Aquest últim punt és especialment rellevant i durant una llarga època es va insistir en la necessitat de reformar els hospitals on es concentraven les infeccions. En una època en que es creia que els miasmes letals causants d'infeccions i malalties es propagaven per l'aire, s'insistia que els hospitals havien d'estar ben ventilats amb aire fresc i també s'insistia en la necessitat de neteja. Aquest arguments eren també vàlids en el cas de les presons.

Els metges van començar a integrar-se als hospitals de forma progressiva i en diferents processos. Tal com s'ha comentat anteriorment, els hospitals es van anar convertint en centres de recerca mèdica, on el metges tenien l'oportunitat de veure casos de pacients. En aquest sentit l'èxit de la facultat de Medicina d'Edimburg va ser degut en gran mesura a l'estret vincle que tenia amb el Hospital Royal Infirmary de la ciutat.

Així, ja cap al 1800, amb els nous enfocaments de la medicina, basats en l'exploració física, l'anatomia patològica i l'estadística, l'hospital va deixar de ser un lloc de beneficència, cures i recuperació i va començar a convertir-se en la força motriu de la medicina que ha estat des de aleshores. La nova medicina anatomo-clínica, a París amb Laënnec a l'Hospital Necker i Louis a l'Hôtel de Dieu, va ser el resultat de l'experiència pràctica que els estudiants i investigadors podien adquirir en aquells enormes hospitals públics. La clínica, que així es denomina la medicina hospitalària, es va convertir en quelcom de fonamental per a la medicina. Les autòpsies i l'observació en massa dels pacients van significar que les malalties es podien identificar ontològicament com a entitats independents i que l'estadística podia establir perfils representatius de les malalties, en lloc de que cada malaltia fos única en cada pacient.

En el segle XIX començaren a proliferar els hospitals d'especialitats, quasi sempre fundats per metges idealistes i

ambiciosos. El 1860, només a Londres hi havia més de seixanta sis hospitals i dispensaris que atenien diferents especialitats. Amb l'aparició de l'hospital modern mèdicament orientat, la infermeria també es va transformar, fent-se més professional i adquirint les seves pròpies estructures i aspiracions.

Quan a partir de la dècada de 1880 es van començar a construir quiròfans estèrils i ben equipats, en els que es podia realitzar cirurgia antisèptica, el destí dels hospitals havia canviat radicalment i sembla que per sempre. Havien passat definitivament de fer la funció d'hospici, de ser refugi d'indigents i de pobres, a convertir-se en una complexa màquina de curar. Al costat dels llits gratuïts per als pobres, es construïen habitacions privades per als pacients de pagament.

En el segle XX, amb l'evolució de la cirurgia, amb la millora de les proves de laboratori i les proves diagnostiques, tota aquesta nova tecnologia mèdica, d'elevadíssim cost, va començar a estar disponible en els hospitals i pràcticament només als hospitals a causa de la necessitat de personal tècnic altament especialitzat, a causa de la necessitat d'infrastructura i de nou al cost de tot plegat. Els serveis d'ambulàncies i d'urgències van convertir també l'hospital en el lloc on atendre el problemes aguts i els accidents. De fet, els hospitals es van anar convertint en la gran institució que compta amb els majors i millors mitjans no només per mantenir la vida sinó també curar al malalt. Actualment l'hospital és el lloc on es neix i on s'acaba morint.

Amb tot això la despesa hospitalària va créixer de forma extraordinària. Cap a 1950 als Estats Units els hospitals absorbien dos terços del recursos dedicats a l'atenció sanitària, i el percentatge segueix augmentant. Estats Units va abordar aquests problemes mitjançant el desenvolupament d'estratègies empresarials juntament amb assegurances privades.

A la Gran Bretanya, l'hospital també va adquirir molta importància, però per camins diferents. Després de la II Guerra

Mundial es van nacionalitzar i es van incorporar en el Sistema Nacional de Salut. Així els hospitals es van convertir en un sector preuat i costós. La situació econòmica actual en aquest i altres països posa en dubte la continuïtat del seus sistemes sanitaris respectius. Així, la situació al nostre país sembla tan ruïnosa com en d'altres, malgrat que el funcionament sembla acceptable o fins i tot bo.

Actualment, en els hospitals un exèrcit de parametges, tècnics, personal complementari, gestors, administratius, financers i tot tipus de professionals, tots perfectament en el seu lloc gràcies a unes jerarquies professionals i uns codis de conducta, posen en pràctica la medicina més avançada. Amb aquesta massiva burocratització no és d'estranyar que sorgeixin les crítiques un altre cop. Ja no es critica que els hospitals siguin les portes de la mort, sinó que siguin llocs sense ànima, anònims, amb recursos mal utilitzats i que s'hagin convertit en una fàbrica mèdica poc eficient, on es practica la medicina que la pròpia medicina exigeix, i no la que necessiten els pacients. Malgrat totes les possibles crítiques, resulta impressionant veure aquesta enorme, complexa i costosa maquinària accessible i a disposició de tota la ciutadania.

3. BREU HISTÒRIA DE LA TECNOLOGIA DELS MATERIALS

INTRODUCCIÓ

Al parlar de materials es fa necessari establir la diferència entre el que s'entén per matèria i el que s'entén per materials. La matèria correspon, o és el constituent del món material que ens envolta, i en el fons es podria identificar mitjançant una enorme multiplicitat de substàncies o productes químics. Així, per exemple, l'ivori, com a os procedent d'un animal, la sorra de la platja o un producte químic com l'òxid d'alumini, anomenat Alúmina, són diferents tipus de matèria. En canvi, quan aquests diferents tipus de matèria es veuen modificats per la mà de l'home, per fer-ne productes útils en algun sentit, aleshores es converteixen en materials. En el moment en que l'ivori es poleix per a fer-ne elements decoratius, o bé la sorra es garbella per a barrejar-la amb el ciment i fer-ne morter o formigó, o bé l'alúmina es sinteritza com a material ceràmic per utilitzar-la com a aïllant elèctric, o bé de la calor com a refractari en parets de forns industrials, aleshores estem parlant de materials. Es pot dir que la matèria, que podem anomenar també matèria primera, és converteix en material en el moment en que resulta útil per l'home, ja sigui per si mateixa o mitjançant algun procés de transformació, i aquest l'utilitza en alguna aplicació. En el cas de l'ivori o la sorra els processos que els fa passar de matèria a materials són ben simples. El processat de l'alúmina resulta molt més complex. En certs casos, una mateixa matèria primera es pot sotmetre a processos diferents que permetran obtenir materials diferents per aplicacions diferents.

El processat de la matèria i dels materials ha estat la constant històrica per la producció de nous instruments i equips, i de fet ha estat a la base de tot el desenvolupament tecnològic humà. Molt aviat es va començar a entendre que el processat dels materials es podia simplificar aprofitant la seva estructura interna, alhora que aprofitant la seva estructura era

possible obtenir-ne les millors propietats. Si pensem en la fusta, per exemple, entenem que aprofitar el sentit de la fibra és el que ha permès fer llances, vaixells i bigues. L'optimització de l'estructura en materials, ja amb una certa sofisticació, la trobem en la tova, que és una peça de construcció semblant a un maó, feta amb argila o amb fang sovint pastat amb palla i que s'asseca al sol. Aquest material de construcció de tipus compòsit, d'origen prehistòric, exemplifica el que és comú a tot el desenvolupament dels materials al llarg de tota la història: per tal d'optimitzar el comportament en servei d'un aparell, equip o sistema, es busquen propietats idònies dels materials a través del control de la seva estructura que s'assoleix mitjançant un processat adequat.

L'home primitiu tenia només accés a desenvolupar un nombre limitat de materials: pedres treballades, fusta, pells d'animals, i posteriorment argiles cuites que són les primeres ceràmiques. Amb l'aparició dels metalls aviat va poder descobrir com millorar les propietats aliant-los i tractant-los tèrmicament. L'aparició dels metalls marca radicalment un canvi en el desenvolupament humà. La possibilitat que tenen els metalls de ser conformats mitjançant tècniques ben diferents però efectives tal com la colada, la forja, l'extrusió o el martellejat entre altres, així com la combinació amb excel·lents propietats de resistència i tenacitat, ha permès fabricar eines sofisticades, dispositius i estructures. Gràcies a això la vida humana ha pogut evolucionar fins a la situació actual. Sense els metalls la nostra societat actual seria impossible, com és fàcil de comprovar només mirant al nostre voltant. Val a dir que malgrat que l'home va disposar relativament aviat de materials metàl·lics, ceràmiques i vidres, pel que fa a materials polimèrics, no va disposar més que dels d'origen natural fins a temps ben recents amb l'aparició dels plàstics sintètics. Els primers éssers humans van aprendre a processar, tenyir i teixir fibres protèiques naturals com ara la llana i la seda, i fibres d'hidrats de carboni d'origen vegetal com el lli i el cotó. Les primeres civilitzacions sud-americanes com l'Asteca utilitzaven

el cautxú per fabricar articles elàstics o impermeabilitzar teixits. Al voltant d'aquestes matèries primeres i materials va girar la disponibilitat de materials per a fabricar eines, dispositius i bens en general pràcticament fins al segle XX. Malgrat els avenços sobretot en el camp metal·lúrgic del segle XIX, es pot dir que la major disponibilitat de materials no arriba fins al segle XX.

BREU CRONOLOGIA

Cap al final del Neolític ja es coneixien i utilitzaven tots els tipus de materials estructurals bàsics: ceràmiques, metalls, compòsits (fusta i os) i fibres polimèriques naturals. Els materials tecnològics per excel·lència en els inicis de la Història de la Humanitat van ser la fusta, l'os i la pedra. Durant el Neolític es van descobrir alguns processos tecnològics importants com ara el gravat i el tallat de la fusta, el modelat a mà i la cuita d'utensilis de fang, el tallat i el polit de la pedra, el filat i el teixit i el tenyit de teles.

Les ceràmiques apareixen entre el 15.000 i el 10.000 a.C., al principi del Neolític, com a primers materials sintètics descoberts per la Humanitat. La ceràmica és característica de vida sedentària atès que és massa fràgil per als pobles nòmades i, de fet, els arqueòlegs depenen d'elles per distingir cultures i establir cronologies. El torn de terrissaire representa el gran avenç tecnològic i apareix a Mesopotàmia cap al 5.000 a.C.

La tova, feta de fang reforçat amb palla, s'utilitza ja com a totxo en la construcció a Egipte, cap a l'any 4.000 a.C. Es fabriquen també embarcacions a base de canyes de papirus entrellaçades. Uns i altres són els primers compòsits utilitzats per l'home.

El vidre també sembla que es va començar a fabricar a Mesopotàmia, malgrat que la seva indústria apareix a Egipte ja cap a l'any 1.700 a.C. Inicialment el vidre té un valor

comparable al de les pedres precioses, però cap al 1.200 a.C. ja es comencen a fabricar recipients i la tècnica del bufat que apareix entre el 400 i el 100 a.C. fa que la seva fabricació s'estengui geogràficament. La fabricació de vidre decau durant l'Imperi Romà i els centres de producció es traslladen a Constantinopla. En el segle XII ressorgeix a Europa la producció de vidre i té com a centre la ciutat de Venècia. En aquesta època es descobreix el cristall i a Bohèmia es comença a produir un vidre molt dur que admet el gravat. En el segle XVI la fabricació de vidre es trobava estesa a tot Europa.

La porcellana, que es fabrica amb caolí, es descobreix en el segle IX a la Xina. Després dels viatges de Marco Polo i entre els segles XIV i XVII fructifica l'exportació a Europa. No és fins al segle XVIII que s'aconsegueix fabricar ceràmica d'aquest tipus a Europa.

La primera referència al cautxú apareix a *"La historia natural y general de las Indias"*, publicada a Sevilla per Valdés (1535-57). Cristòfol Colom en el seu segon viatge a Amèrica es va quedar sorprès al veure que els nadius jugaven amb una pilota negra de notable elasticitat. Els nadius designaven el material amb el terme *"Koo-xoo"*, que després es va transformar en cautxú, paraula que en castellà és *"caucho"* i que s'utilitza en la majoria de llengües hispàniques, excepte a Mèxic, on es denomina hule, de la veu nahauati "ulli", d'on prové el nom donat a la cultura prehispànica del olmeques (habitant del país de l'hule). Durant el segle XIX s'estengueren les plantacions d'Havea Braziliensis, arbre del qual s'obté el cautxú, i que es va convertir en bé altament preuat com a productor d'una important matèria primera. Els anglesos van portar aquest arbre iberoamericà a les seves colònies del sud-est asiàtic, com ara Malàisia, saltant-se les lleis protectores dels països corresponents. Les plantacions d'aquest arbre han convertit aquests països en grans productors mundials de cautxú natural.

Pel que fa als metalls, es fa molt difícil poder fixar el moment en que la Humanitat comença a utilitzar metalls per

elaborar objectes. Els primers metalls a ser utilitzats van ser els que es trobaven en estat nadiu, cap al 7.000 a 4.000 a.C. Probablement l'or va ser el primer metall conegut per la Humanitat. Al ser un metall tou se'l podia martellejar i forjar per donar-li forma i es podia utilitzar com a ornament. Així mateix en certs llocs es podia trobar coure, també nadiu, que s'utilitzava de forma similar a l'or. El coure va ser probablement el primer metall que es va extreure del seu mineral, i per tant va requerir de la fundició com a tècnica de processat. Cap al 3.000 a.C. apareixen les primeres peces colades de coure aliat amb estany, és a dir de bronze. Aquest és un material amb millor comportament mecànic que el coure i això fa que la seva utilització es difongui pràcticament arreu. A Espanya, l'Edat del Bronze comença cap al 1.700 a.C.

Probablement el primer ferro utilitzat per la Humanitat era d'origen meteòric i ja era conegut a Mesopotàmia abans del 3.000 a.C. De fet, es va començar a fondre i a reduir a partir del 2.800 a.C. i durant l'Edat de Bronze. Les temperatures requerides per reduir el mineral de ferro a metall són significativament més elevades que per al coure. El problema no és solament que el carbó vegetal només permet temperatures de 1.200 °C, sinó que el producte resultant és una massa esponjosa, porosa i d'aparença no metàl·lica que cal colpejar per alliberar els glòbuls de ferro que s'han format per reducció i que es troben ocults enmig de la massa d'escòria. Es pot dir que és cap al 1.500 a.C. que s'inicia l'Edat del Ferro. En aquest moment ja es coneixen l'or, la plata, el coure i l'estany, s'apliquen processos de forja en fred i en calent, es realitzen soldadures per forja en calent, i han millorat substancialment les tècniques de metal·lúrgia extractiva i les de fundició.

Segurament va ser a la regió caucàsica on es va començar a produir el primer acer, i van ser els hitites els que el van introduir a la Mediterrània Oriental, difonent-se ràpidament per l'Europa Central. L'Edat del ferro comença a Europa cap al 1.200 a.C. Aviat, els primers ferrers van aprendre que certes

classes de ferro, en especial l'acer, assolien un major enduriment quan s'escalfaven prou i després es refredaven ràpidament. Aquest és el tractament tèrmic de tremp que permetia millorar les propietats de duresa i de tall de ganivets, eines i armes, malgrat que els feia més fràgils. Les superiors propietats mecàniques de l'acer en relació al bronze van fer que en moltes aplicacions, aquest es veiés substituït per aquell.

Sófocles, l'any 450 a.C. parla del tremp de l'acer. En els temps medievals, l'art del tremp i el revingut estava molt desenvolupat i els famosos forjadors d'espases d'Espanya, Damasc i Japó coneixien la importància del tremp i posterior revingut, per a obtenir unes propietats adequades. Abans de l'era cristiana, a la Xina, havien aconseguit la fusió de menes de níquel i havien obtingut el que anomenaven "coure blanc" que empraven per objectes de cuina, eines i monedes. El mercuri, que s'utilitzava per l'afinat de l'or i la plata, ja era extret pels Etruscs i els Cartaginesos a Espanya. L'obtenció del plom s'inicia en els enormes jaciments de galena de l'Anatòlia. Possiblement s'obtenia a la vegada plom i plata, malgrat que el plom tenia poques aplicacions en aquella època. L'últim gran descobriment de l'antiguitat va ser l'antimoni per part dels Hebreus i els Caldeus, i va tenir aplicacions medicinals i cosmètiques.

Durant l'Imperi Romà els avenços en el camp de la Metal·lúrgia són relativament escassos. Malgrat tot s'avança en el tractament de tremp per produir enduriment: es fabriquen espases de nucli tenaç i superfície dura que s'aconsegueixen mitjançant la soldadura de tires, fulls o barres de material amb diferent contingut de carboni, forjades conjuntament en calent. Augmenta també l'ús i la producció de metalls per a diferents aplicacions. Augmenta l'ús del llautó tant per a monedes com per aixetes. S'utilitza també el plom i els seus aliatges per dipòsits i canalitzacions d'aigua, i per a certs tipus de soldadures.

L'Edat Mitjana va representar un vertader estancament en el coneixement de la Metal·lúrgia i d'altres materials. De fet, va passar de ser una tècnica a ser un art encomanat a sacerdots i alquimistes. En l'època tenebrosa de l'alquímia els metalls es consideraven compostos formats per tres elements: el mercuri, que significava el caràcter metàl·lic i la volatilitat; el sofre, que representava la combustibilitat; i la sal, que tenia la solidesa i la solubilitat. La "*tria prima*" dels alquimistes substitueixen així a la teoria dels quatre elements (aire, foc, terra i aigua) d'Empèdocles i Aristòtil. Els avenços més significatius de la Metal·lúrgia a l'Edat Mitjana es centren en el procés de la fabricació del ferro. La utilització de corrents d'aigua com a font energètica per bufar i per la forja es desenvolupa abastament especialment a Espanya i a Catalunya. Cap al 1350 es comencen a construir els primers forns alts de funcionament permanent a Suècia, que permeten l'obtenció de fundició de ferro.

El segle XVI marca el naixement de grans potencies europees i ve lligat a un gran avenç de la metal·lúrgia com indústria bàsica. En aquesta època apareixen nombrosos tractats sistemàtics sobre Metal·lúrgia. El més important és el que publica al 1556 l'alemany Georgius Agrícola, titulat "*De Re Metallica*", en el qual es descriuen tots els conceptes coneguts en aquell moment de la mineria i la prospecció, es resumeixen tots els mètodes d'extracció i de fundició i es descriuen forns per a diferents aplicacions. Per altra banda, amb el descobriment d'Amèrica es comencen a extreure metalls d'aquell continent.

Resulta interessant analitzar que en el segle XV, la Reina Isabel d'Anglaterra va haver de limitar la tala de boscos que es portava a terme per obtenir carbó vegetal per alimentar els forns. Això va donar lloc a l'extracció de carbó mineral que no s'utilitzava malgrat que es coneixia, per substituir el carbó vegetal. Aquest és un gran pas que portarà associat el poder d'assolir temperatures més altes que alhora permetran la total fusió del ferro.

En aquest mateix segle XV es desenvoluparen els forns alts per tal d'obtenir temperatures prou altes per a produir ferro colat amb carbó vegetal. Durant un llarg període de temps sobrevisqueren els vells tipus de forns, malgrat la major eficàcia dels nous. L'antic forn català era molt utilitzat a Espanya i al sud de França, mentre apareixien el forn escandinau Osmund, i l'alemany Stückofen.

El Stückofen era una estructura de totxo o pedra d'uns tres metres d'alçada, i entre mig i un metre i mig d'ample, que necessitava un fort buf, proporcionat per manxes hidràuliques. Quan era construït amb una sortida especial per l'escòria es denominava Blasofen. Podia produir cinquanta tones de ferro a l'any i en determinades condicions fins i tot acer. Els cursos ràpids d'aigua proporcionaven també energia hidràulica per al funcionament dels martells de forja, i l'estirament de fil ferro. L'augment d'alçada dels forns alts Stückofen i el corrent d'aire més calent i més fort gràcies a les manxes, feia que el metall reduït fes un millor contacte amb el carbó i la resultant era un ferro amb molt contingut de carboni de més fàcil conversió en ferro forjable i acer. L'ús de l'alt forn s'estén per Europa a excepció d'Espanya on les fargues catalanes i les ferreries basques segueixen sent el mitjà més habitual per produir ferro.

El segle XVII marca el gran desenvolupament de les Ciències a tot Europa que donarà pas a la ràpida evolució científica i tecnològica del segle XVIII i la revolució industrial. De fet el segle XVIII es caracteritza pels avenços en la producció siderúrgica a Anglaterra i Alemanya. La introducció del carbó de coc com a reductor i l'aparició de la màquina de vapor donen un gran impuls a la indústria siderúrgica, fan augmentar la producció dels forns alts i marquen el que és la revolució industrial.

L'aparició del carbó de coc va permetre augmentar la producció de ferro colat, i alhora la disponibilitat va fer augmentar la demanda. Per incrementar la producció els forns eren cada cop més grans i les velles manxes es van substituir

per turbines. Des del 1700 fins al 1790 la producció de ferro va passar de 106.000 tones fins a 278.000 tones.

La necessitat de ferro dolç i d'acers d'alta qualitat creixien en la segona meitat del segle XVIII i en el segle XIX, atès el desenvolupament de la indústria mecànica i el transport. La construcció de ferrocarrils i vaixells amb cascs d'acer exigien grans quantitats d'aquests materials. Així, la producció de ferro i acer durant el segle XIX es va multiplicar per 43 i va arribar fins als 12.000.000 de tones. Per això va ser necessari que un nou tipus de processat permetés augmentar tant la producció com la qualitat. El convertidor Bessemer desenvolupat per l'anglès Henry Bessemer, i que dóna nom al procés, va permetre que una aceria que el 1870 produïa 126 tones d'acer pudelat per setmana, cap a 1903 arribés a les 7852 tones d'acer Bessemer per setmana.

En el segle XIX no només s'ha de destacar l'evolució de les tecnologies per la producció d'acers que permeten millorar l'eficiència dels processos i desenvolupar també noves famílies d'acers, com ara els acers d'eines o els acers inoxidables, sinó que evolucionen i es descobreixen noves tecnologies d'extracció de metalls, entre elles el níquel i l'alumini, i sorgeix la tecnologia de les màquines eina. Aquestes es van desenvolupar durant el període 1770-1850 per la majoria de processos d'arrencament de ferritja en materials convencionals, com ara perforat, tornejat, taladrat, fressat, llimat i raspat. De fet, alguns d'aquests processos ja es coneixien per a altres materials com ara la fusta. Val a dir que els mètodes d'unió o d'acoblament es van utilitzar en cultures antigues per fer vaixells, armes, eines, útils per llaurar, maquinaria, carros, mobles i peces de vestir. Els processos incloïen l'amarratge amb sogues y cordes, el reblonat i el clavat, i la soldadura tova. L'ús avui comú de cargols, perns, passadors i femelles com a mitjans de subjecció, requeria el desenvolupament de màquines eina que poguessin mecanitzar amb precisió les helicoides necessàries. Cap al 1900

es van iniciar els processos de soldadura per fusió com a tècnica d'unió.

Els desenvolupaments metal·lúrgics al segle XX han estat amplíssims en tots els terrenys, tant pel que fa a la metal·lúrgia extractiva com a les tecnologies de transformació. S'han desenvolupat nous aliatges i tècniques d'enduriment i de control del les propietats dels materials.

Mentre que en el segle anterior només s'havien explotat els jaciments pròxims i els minerals d'alta riquesa, ara la creixent demanda de metalls i aliatges va obligar a l'explotació en països distants als centres de transformació i consum. Els progressos que es van produir en l'extracció, així com en el transport, possibilitaren la viabilitat econòmica d'aquests jaciments. Amb aquests nous procediments, les muntanyes d'escòria que rodejaven als antics alts forns es van convertir en noves menes, de les quals es podien extreure productes que abans es perdien. La sílice va quedar sense explotar fins a mitjans de segle, en que també es va començar a aprofitar. Neix així el reciclat. A mitjans de segle es calculava que es podien recuperar del 60 al 65% de ferro, coure i plom, el 40% d'alumini i del 20 al 25% d'estany, níquel i zinc. La ferralla proporcionava quasi la meitat del ferro, més d'un terç del plom, coure i alumini i un quart del zinc que es fonien als EE.UU i Anglaterra, malgrat que una elevada proporció corresponia a les restes que es produïen en el mateix procés de fabricació com a restes i puntes de laminació, estampació, etc.

Els nous mètodes d'extracció i de transformació van permetre desenvolupar tot un conjunt de metalls i aliatges especials que van passar a ser essencials, degut a que la indústria moderna reclamava materials que suportessin condicions extremes de pressió i temperatura.

La reducció del preu de l'alumini el va convertir en el segon metall més utilitzat després del ferro. L'alumini no només competia amb l'acer en la indústria aeronàutica en la que era insubstituïble per la seva lleugeresa sinó que substituïa

l'acer i altres materials en molts tipus de construcció i fabricació, i també ocupava el lloc del coure en els cables de transmissió de l'energia elèctrica.

Després de la Segona Guerra Mundial, el magnesi va començar a desplaçar l'alumini en moltes aplicacions, ja que els avenços en la seva obtenció van reduir el seu cost. Tant l'alumini com el magnesi necessitaven per a la seva obtenció grans quantitats d'energia elèctrica i la reducció dels seus preus depenia de l'expansió en la generació d'energia i no del preu dels seus minerals.

El titani es va començar a utilitzar a mitjans de segle per fusió de minerals de titani magnètics, no considerats fins aleshores menes ni de ferro ni de titani, que proporcionaven una escòria rica en titani que podia afinar-se econòmicament. El titani, per el seu poc pes i extraordinària resistència va començar a utilitzar-se en motors de retropopulsió, fins i tot quan el seu preu era encara molt alt.

Un metall encara més car, com és el circoni, es començava a utilitzar en la indústria nuclear, degut a la seva resistència a la corrosió. El metall més abundant, el silici, es començava a aplicar en la indústria de les silicones i experimentalment, en altres aplicacions.

Després de la Segona Guerra Mundial es produeix un enorme canvi tecnològic que marca la forma de viure de l'home occidental. Apareixen de forma massiva els electrodomèstics, es produeix la gran revolució del transport, tant pel que fa referència a l'aviació com als automòbils, i tot plegat requereix les corresponents infrastructures. Per respondre a totes aquestes demandes l'oferta ha de ser abundant, tant pels diferents tipus de materials requerits com per les seves propietats, tant materials "finalistes" com materials necessaris per processar als demés. Els desenvolupen i optimitzen nous processos de fabricació - solidificació semi-sòlida o bé a pressió, refredament

ultra-ràpid, pulvimetal·lúrgia, entre altres. Apareixen encara nous acers, es millora la seva tecnologia i es lluita per millorar propietats tot rebaixant costos.

De forma paral·lela es produeix el gran avenç en la tecnologia dels materials electrònics, que permet el gran pas endavant de l'Electrònica. El 1948 es desenvolupa el transistor, dispositiu basat en les propietats dels semiconductors. El circuit electrònic monolític de silici és una evolució de la recerca i la fabricació del transistor. És en el 1966 que apareix el primer circuit integrat: integra diferents transistors en un mateix substrat. Durant 40 anys el silici ha estat el material més emprat en la majoria de dispositius actius. Era però necessari trobar nous materials, sent l'arseniur de gal·li un bon candidat per certes aplicacions fotòniques.

La dècada dels anys cinquanta del segle passat porta dos fenòmens que marcaran l'evolució tecnològica de al humanitat: la guerra freda i la carrera de l'espai. La primera actua com a motor de recerca i desenvolupament de nous armaments i per tant buscant nous materials i tecnologies per les armes nuclears i mitjans de transport de llarg abast per aquestes. La segona actua en el mateix sentit però partint d'un estadi inicial en el qual ni la tecnologia ni els materials disponibles eren adequats.

La lluita per el lideratge en la carrera de l'espai va fer que s'invertissin gran quantitat d'esforços econòmics i humans similars als d'una guerra. Els avenços es van produir en tots els camps: mecànica, soldadura, nous materials resistents a la calor, a l'abrasió, a les baixes temperatures, nous plàstics, perfeccionament d'aliatges lleugers i refractaris, nous elements electrònics, xips, desenvolupament de sistemes informàtics, ordinadors més potents i fiables a la vegada que miniaturitzats.

Pel que fa a l'evolució dels polímers val a dir que en la primera meitat segle XIX Charles i Nelson Goodyear porten a terme descobriments empírics que condueixen a la transformació del cautxú de la Hevea, material termoplàstic

enganxós, en un elastòmer de gran utilitat, el cautxú vulcanitzat, o un plàstic termoestable com l'ebonita, a base d'escalfar-lo en presència de poca o gran quantitat de sofre respectivament. Així mateix, en aquesta mateixa època es fabrica el nitrat de cel·lulosa que és la base de certs adhesius inicialment, i després resulta essencial per al cel·luloide i la seda artificial. En aquesta primera meitat del segle XIX Renault va aconseguir fotopolimeritzar el policlorur de vinil, el que representa l'inici dels grans avenços en el desenvolupament dels polímers termoplàstics. Cap a meitat del segle es produeixen els primers polièsters. Posteriorment es desenvolupen els polímers termoestables, sent el més conegut d'entre ells la bakelita, per les seves aplicacions a l'Enginyeria Elèctrica. El material havia estat descobert el 1907 per Baekeland. Abans de la Primera Guerra Mundial es trobaven, ja a disposició del públic, plàstics com el cel·luloide, la laca, la caseïna, la baquelita, l'acetat de cel·lulosa i el cautxú de l'Hevea, fibres com el cotó, la llana, la seda i el raió, i reïnes com els recobriments de poliester, l'asfalt o bitumen, i les reïnes de petroli. El desenvolupament dels materials polimèrics ha estat espectacular.

Entre 1930-40, i recolzant-se en els treballs de Staudinger que havia demostrat l'existència de molècules orgàniques de gran dimensió, les anomenades macromolècules, es van desenvolupar els polímers de major importància en l'actualitat com són: el policlorur de vinil (PVC), les poliolefines, el polimetacrilat de metil, el teflon, les reïnes epoxi i els poliuretans. Entre 1945 i 1950 els esforços de la indústria dels polímers es van dirigir cap a la millora de la qualitat dels materials existents i l'únic polímer important que va aparèixer va ser el poliestirè d'alt impacte. Els descobriments Ziegler i Natta relatius a catalitzadors, van permetre la producció massiva de polietilè d'alta densitat i de polipropilè. En aquesta època, també es desenvoluparen les reïnes acetàl·liques, els policarbonats i les reïnes ABS.

El període que va des de 1955 fins ara, es caracteritza per l'augment de la producció i el consum dels materials plàstics. Entre les principals propietats buscades i que poden obrir nombrosos camps d'aplicació als materials polimèrics es troben les següents: l'augment de la resistència a la calor, l'augment de les propietats mecàniques i el desenvolupament de polímers biodegradables.

Entre les aplicacions a temperatura elevada que mereixen especial atenció cal esmentar els polímers de cristall líquid, nom sota el qual s'engloba un grup de termoplàstics resistents, fràgils i rígids, amb excel·lents propietats elèctriques i bona resistència química. Aquests polímers de cristall líquid reben el seu nom per la seva tendència a mantenir un elevat grau de cristal·linitat en estat fos, i tenen nombroses aplicacions en pantalles de monitor i de televisió.

Els materials compòsits ("*composites*"), es coneixien des de l'antiguitat, i certs tipus de teles i tèxtils ja avançaven el seu desenvolupament. De fet, van sorgir davant la necessitat d'obtenir en un sol material propietats que dos o més materials presentaven per separat. La idea del material compòsit comença a prendre cos en els anys quaranta, La necessitat de materials amb millors propietats estructurals, més lleugers i amb millor resistència a la corrosió van fer que al final de la Segona Guerra Mundial apareguessin els plàstics reforçats amb fibra de vidre. Aquest era el senyal de sortida pel seu posterior desenvolupament. Va ser en la segona meitat del segle XX que es van començar a produir les fibres d'altes prestacions amb resistència a la tracció superior a la fibra de vidre. Van aparèixer en el mercat les fibres de Bor (1959), de Kevlar (1960), de Carboni (1961), de Carbur de Silici (1976) i d'Alúmina (1980).

Els polímers reforçats amb fibres són els autèntics predecessors de l'actual família de materials compòsits. La seva penetració en la indústria aerospacial ha fet que actualment existeixin gran quantitat de compòsits amb matriu polimèrica (PMCS) en usos quotidians, com en l'esport, però sense

abandonar el camp de l'alta tecnologia que els ha vist créixer. En els avions moderns de combat més d'un 25% del seu pes estructural correspon a materials compòsits de matriu polimèrica.

Els materials compòsits de matriu metàl·lica creixen a un bon ritme sobretot en materials per a eines i en la indústria aerospacial, però no deixen de ser una anècdota en front de la producció de metalls i aliatges. Els materials compòsits de matriu ceràmica sorgeixen com evolució lògica en la recerca del "material perfecte" que resisteix més a temperatures més elevades. El seu elevat cost fa que tinguin una escassa aplicació, restringida a la indústria espacial i de la defensa.

Els materials compòsits carboni-carboni tenen la majoria de les propietats desitjades en els materials per l'ús a temperatures elevades, i les mantenen per sobre dels 2000 °C. El seu elevat cost de fabricació restringeix la seva utilització a aplicacions molt limitades. Presenten un gran inconvenient que limita les seves aplicacions a aquelles en que no existeixi possibilitat de degradació, a causa de la seva incompatibilitat amb l'oxigen. Malgrat tot, són insubstituïbles en frens d'aeronaus i cotxes de Fórmula I, on les temperatures acabarien amb qualsevol altre material, així com en les estructures dels satèl·lits i la indústria aerospacial.

L'Era dels Semiconductors s'inicia a l'empara de la Fundació del Centre Tecnològic de la Vall del Silici el 1938 a Califòrnia. Els primers dispositius experimentals en Ge es comencen a construir a l'inici dels anys 40 en plena Guerra Mundial. El 1948, Bardeen, Brattain i Schockley aconsegueixen crear el transistor de puntes elaborat amb Si, el qual marca una nova revolució en el camp de l'Enginyeria Electrònica. L'any següent Shockley publica un treball, ja clàssic, en el que apunta els principis bàsics en els que s'assenta el funcionament dels diodes i transistors moderns construïts segons una unió "pn". Onze anys més tard "Texas Instruments" posa al mercat un dispositiu que conté dos transistors fabricats sobre el mateix

substrat semiconductor. Neix així un nou concepte denominat "Tecnologia Planar" els efectes del qual s'han plasmat en els circuits integrats de molt alt nivell d'integració, imprescindibles en el desenvolupament de la informàtica, ordinadors, electrònica de consum, instrumental i els sistemes de telecomunicacions.

Quan el 1911 Onnes troba que el mercuri perdia resistivitat elèctrica per sota de 4 K, entrem en l'era dels superconductors. En la dècada dels 80 del segle passat es troben materials que poden treballar en aquestes condicions per sobre de 40 K, especialment les ceràmiques de tipus YBaCuO.

Les propietats òptiques, electròniques i magnètiques de tot un conjunt de materials coneguts, o de derivats a partir d'ells, permet desenvolupar dispositius per emmagatzemar informació, llegir-la, transportar-la i reproduir-la. Fibres òptiques, làsers, CD's i DVD's, holografies estan a la base de la fotònica i de les noves tecnologies de la informació i les telecomunicacions. Finalment es pot preveure que certes propietats, sobretot superficials i a nivell de dimensions nanomètriques dels materials sintètics, hauran de passar a ser determinants per a la seva integració i interacció amb la majoria d'entitats biològiques. Tot fa preveure que en el segle XXI hi haurà un futur espectacular per la combinació de materials sintètics i entitats biològiques per aplicacions nanotecnològiques en àmbits de la medicina i les tecnologies de la informació i les comunicacions.

4. ELS BIOMATERIALS

"Qualsevol tecnologia suficientment avançada és indistingible de la màgia" (Arthur C. Clarke)

La paraula biomaterial ha necessitat de temps perquè hi hagi hagut consens sobre el seu significat. Avui, al principi del segle XXI probablement tothom admetrà que els biomaterials s'utilitzen amb èxit en molts àmbits de la medicina, en especial en quai totes les cirurgies, encara que només sigui en forma de sutures i en odontologia.

A mitjans del segle passat els biomaterials no existien com a tal. El mercat de dispositius mèdics estava molt limitat a productes com ara pròtesis externes de les extremitats, sistemes de fixació de fractures, ulls de vidre i dispositius dentals. No existien procediments formalitzats per la regulació i l'aprovació de l'ús dels biomaterials, ni comprensió de la biocompatibilitat, ni tampoc cursos acadèmics al respecte. És durant el segle XX que es posen les bases del que és la ciència i la tecnologia dels biomaterials, sobretot després de la Segona Guerra Mundial. Ara, la sensació és que el millor està encara per venir: encara estem als inicis del desenvolupament d'aquest camp.

BREU HISTÒRIA DELS BIOMATERIALS ABANS DE LA SEGONA GUERRA MUNDIAL

És possible trobar referències que indiquen que ja en la prehistòria es van utilitzar materials no biològics, o almenys d'origen no humà, que es van implantar en el cos humà. Per exemple està descrit que "l'home de Kennewick", trobat a Washington, USA, amb una antiguitat d'uns 9000 anys, sembla que portava una punta de llança clavada al seu maluc. Tot sembla indicar que la ferida havia cicatritzat i la punta de llança no impedia que aquell home realitzés les seves activitats durant la seva vida. Això il·lustra la capacitat del cos per interaccionar

amb materials forans que li són implantats. La llança no era un biomaterial, però va actuar com un material tolerat.

El principi pel qual els biomaterials han aparegut, i s'han anat desenvolupant durant una bona part de la seva història, ha estat el fet que certs materials, en determinades circumstàncies, poden ser tolerats en l'organisme. Existeixen força exemples que ho demostren. Un enfocament diferent consisteix en buscar materials sintètics que provoquin una reacció desitjada per part de l'organisme. Aquesta estratègia ha estat seguida més recentment a finals del segle XX i en l'actualitat. Tanmateix, potser val la pena destacar que aquest efecte de reacció "positiva" per part de l'organisme, almenys a nivell molt superficial, es coneix des de fa molts anys i segles i és l'acupuntura. Segons algunes fonts l'acupuntura s'origina a la Xina. Sembla que soldats amb ferides per armes metàl·liques incrustades milloraven certs mals, diferents als de la pròpia ferida. Sembla que de forma totalment empírica es van començar a establir relacions que actualment estan ben definides i que demostren que l'acupuntura és una eina efectiva, entre altres, contra el dolor.

La literatura cita diferents exemples d'utilització de materials com a implants en l'Antiguitat. El cas de la substitució dental sembla haver estat abordat en tot el món. Es troben fundes d'or a Egipte, dents de nacre de closques de mol·lusc a Centre-Amèrica, per part del poble Maia, i fins i tot un implant dental de ferro a Europa. Sembla demostrat també que cap al 3000 a.C. els egipcis ja feien cateterismes de bufeta de l'orina mitjançant tubs metàl·lics. Tot plegat fa pensar que la humanitat ja tenia una certa visió mecanicista del cos humà en el sentit que un implant podia venir a substituir o reparar una funció anatòmica i fins i tot fisiològica.

Hi ha productes que han existit al llarg de la història i que han evolucionat fins als nostres dies. Entre ells cal destacar les sutures que s'han utilitzat històricament per tancar ferides com alternativa a la cauterització. A Egipte s'utilitzaren sutures de

fil. Les sutures metàl·liques, en concret d'or s'utilitzaren a l'antiga Grècia. El catgut s'utilitzava a Europa a l'Edat Mitjana. I així sutures de diferents materials van anar apareixent, sobretot a partir del segle XIX fins als nostres dies. Lister, que va utilitzar antisèptics per primer cop, va fer servir sutures biodegradables per aconseguir tancar internament les ferides que tractava.

L'evolució de la medicina i en general el progressiu coneixement del cos humà fa que al llarg de la Història es vagin proposant models del funcionament i fins i tot dispositius alternatius per a teixits i òrgans. Ja en el 300 a.C. s'havien fet cataterismes en cadàvers utilitzant canyes o tubs metàl·lics per tal d'estudiar les vàlvules cardíaques. A partir de les idees de Harvey al segle XVII, que entén la missió del cor com element responsable de la transmissió i propulsió de la sang a través de les artèries arreu del cos, comença a identificar-se el cor com una bomba i per tant es comença a pensar en la seva substitució mitjançant una bomba artificial. Aquesta idea s'associa a la de la Mecànica de Fluids i a la Reologia per a tractar la circulació de la sang per les artèries. El 1881, Étienne-Jules Marey descrivia el que podia ser un cor artificial. El 1938 l'aviador (i enginyer) Charles Lindberg i el cirurgià Alexis Carrel van escriure un llibre visionari, *La Cultura del Òrgans*. Van tractar temes de disseny de bombes, d'esterilització, de dany de la sang, de necessitats nutricionals d'òrgans pels quals circula un líquid i de mecànica. Aquest llibre es considera un document seminal en la història dels òrgans artificials. Cap a mitjans dels anys 1950, el Dr. Paul Winchell va patentar un cor artificial i el 1957 el Dr. Willem Kolff i un equip de científics van assajar el cor artificial en animals.

Un altre dels àmbits en els que es pot descriure un procés evolutiu és el de les lents de contacte. El concepte ve ja de Leonardo da Vinci al segle XVI. Participen en desenvolupar la idea personatges tant importants com Réné Descartes al segle XVII i Sir John F.W. Hershel al segle XIX, suggerint aquest últim

que una lent de vidre podria protegir l'ull. Adolf Fick famós per les seves lleis de la difusió i optometrista de professió, va inventar cap a 1860 una lent de contacte de vidre, possiblement la primera que oferia un èxit real. Va experimentar tant en animals com en humans i en un període de 1936 fins a 1948 es van desenvolupar les lents de contacte de plàstic, principalment de poli(metilmetacrilat).

Quan s'analitza l'evolució dels implants ortopèdics per aplicacions en osteosíntesi es veu que ja a finals del segle XIX, i a principis del segle XX, es començaren a utilitzar cargols i plaques d'acer, fent-se palès de forma immediata els problemes de corrosió d'aquest material. L'aparició dels acers inoxidables els va fer immediatament candidats a aquestes aplicacions. Ja s'havia vist que el cos humà és altament corrosiu pel seu contingut en sals, sobretot clorurs, per la seva temperatura superior a la temperatura ambient, i per l'elevat contingut d'oxigen. Per tant els materials candidats a ser implantats havien de ser el més inerts possible per tal que no patissin corrosió. El problema no venia només del fet que el material es pogués deteriorar per efecte de la corrosió, sinó també dels efectes que els productes de la corrosió que s'alliberaven al medi podien produir a l'organisme. L'alliberament de ions i de partícules és potser la part més rellevant del problema. Així doncs, la recerca de materials el més inerts possible passava a ser l'objectiu més important per acabar tenint un biomaterial. Per tant, la química dels materials jugava un paper principal, però també les característiques mecàniques eren prioritàries a l'hora de seleccionar el material candidat a formar part de l'implant. Amb tot, la disponibilitat de materials per a fabricar implants era la mateixa que la que hi havia per a les demés aplicacions industrials. Vistos els requisits esmentats, entesa la naturalesa corrosiva del cos humà, resulta natural que els cirurgians que heroicament dissenyaren els primers implants, i després la indústria associada, busquessin materials d'aplicació en les indústries química, energètica, mecànica i aerospacial per trobar-hi materials resistents a la corrosió, mecànicament

resistents, lleugers si possible, però també fàcilment disponibles en el mercat en formes i semi-el·laborats que permetessin la seva ulterior mecanització i posada en forma. Així, els acers inoxidables van resultar uns excel·lents candidats per moltes aplicacions ortopèdiques, sent-ho posteriorment els superaliatges de cobalt-crom i el titani i els seus aliatges. La facilitat per a donar forma resulta decisiva en certes aplicacions com les dentals, i d'aquí la utilització de metalls nobles com l'or i els aliatges de níquel-crom, fàcilment colables.

En aquesta situació, els biomaterials no eren altra cosa que materials industrials, disponibles amb facilitat, i el més inerts i innòcues possible un cop implantats. La ciència i la tecnologia dels biomaterials estava aleshores en els seus inicis, i no hi havia coneixement acumulat que permetés establir els patrons que regeixen el comportament biològic dels materials sintètics. Això va fer sorgir la idea, encara vigent, d'establir el que s'anomena la biocompatibilitat dels biomaterials. La situació no permetia altra aproximació que la de caire negatiu, és a dir: definir allò que no es vol que el material causi a l'organisme. Així, es comença demanant que el material no produeixi inflamació crònica, que no tingui efectes sistèmics, que no sigui al·lergènic, que no causi càncer i un possible llarg etcètera d'efectes que no es vol que un material implantat causi, ni per ell mateix, ni per els productes de la seva degradació. Aquesta aproximació, que probablement era la única possible en termes del coneixement existent en aquell moment, fa que un material industrial amb aspiracions a convertir-se en biomaterial hagi de passar una bateria d'assaigs que demostrin que és biològicament tolerable. Aquests assaigs inclouen estudis de cultius cel·lulars sobre la seva superfície i histologies després de la implantació en diferents teixits d'animals d'experimentació.

Possiblement el primer estudi que avaluava la biorreactivitat in vivo dels materials per implants el va fer H.S. Levert (1829). Mostres d'or, plata, plom i platí es van estudiar en gossos i en particular es va trobar que el platí estava ben

tolerat. El 1924 A. Zierold, utilitzant gossos, va publicar un estudi sobre la reacció dels teixits a diferents materials. Va trobar que el ferro i l'acer es corroeixen ràpidament causant la resorbció de l'os adjacent. El coure, el magnesi, els aliatges d'alumini, el zinc i el níquel decoloraven el teixit circumdant, mentre que l'or, la plata, el plom i l'alumini eren ben tolerats però eren inadequats mecànicament. La stelita, un aliatge de Co-Cr-Mo, era ben tolerat. El 1926 M. Large va notar el comportament inert de l'acer inoxidable 18-8 aliat amb molibdè. El 1929 es va desenvolupar l'aliatge Vitallium (65%Co-30%Cr-5%Mo) i es va utilitzar amb èxit en el camp dental. El 1947, J. Cotton va discutir el possible us del titani i els seus aliatges per a implants mèdics.

Els plàstics també juguen un paper molt notable en el desenvolupament dels biomaterials. La seva conveniència ve donada pel fet que en realitat els teixits del cos humà estan constituïts per polímers naturals. Així, la utilització de polímers seria la manera d'imitar el comportament dels teixits naturals. Sent la història dels polímers molt més recent, la seva utilització a nivell industrial correspon ja a ben entrat el segle XX i de fet, a partir del 1940.

El que es pot considerar el primer treball sobre la implantació d'un polímer sintètic modern, el nylon (poliamida) com a sutura, va aparèixer el 1941. A principis dels anys 1940 van aparèixer també publicacions discutint la reacció als implants de poli (metilmetacrilat) i nylon. La primera publicació sobre polietilé com a material implantable és del 1947. Tant aquesta publicació com una posterior de 1949 indicaven que els polímers totalment polimeritzats, sense restes de monòmer, d'iniciador i d'altres additius no causaven una forta reacció biològica i, en aquest sentit, es podia dir tant que eren inerts com biocompatibles. Mentre el polietilè i un nou plàstic, el Teflon (politetrafluoruretilè) provocaven una moderada o fins i tot dèbil reacció a cos estrany, es va trobar que polímers com ara el nylon i la cel·lofana provocaven una

vigorosa reacció a cos estrany. La conclusió era que la dissolució de traces de polímer no polimeritzat, de substàncies químiques utilitzades en la fabricació del plàstic o la dissolució d'una petita quantitat del propi plàstic eren les responsables d'aquesta reacció.

ELS BIOMATERIALS A PARTIR DE LA SEGONA GUERRA MUNDIAL

Després de la Segona Guerra Mundial moltes coses canvien arreu del mon. El creixement econòmic que experimenten els països més desenvolupats està associat al fet que la tecnologia disponible posa a l'abast dels seus ciutadans un nombre creixent de bens de consum i els ofereix serveis públics abans quasi impensables, com l'educació i la sanitat. La disponibilitat de metalls d'altes prestacions, de ceràmiques i de nous materials polimèrics van representar noves possibilitats per a la seva utilització en aplicacions quirúrgiques. Nous acers inoxidables, el titani i els seus aliatges, les silicones, els poliuretans els metacrilats i les alúmines entre altres materials ofereixen noves possibilitats per al disseny i fabricació de nous implants i dispositius.

Històricament s'observa que són els metges i dentistes els responsables del disseny dels primers implants. Així, després de la Segona Guerra Mundial hi havia pocs precedents de cirurgians col·laborant amb científics i enginyers. Els metges i dentistes d'aquell temps, de forma que podem denominar heroica, dissenyen i es fan elaborar els dispositius que necessiten. Tot això va associat al creixement de la cirurgia, la millora de la qualitat i la funció dels hospitals i la disponibilitat de pacients. Per altra banda, l'activitat reguladora governamental era mínima al igual que eren mínimes les proteccions pels individus humans. Implícitament la vida i la salut del pacient eren confiades a les mans del metge, com a "tècnic" de la salut dels seus conciutadans. Aquest tenia així molta més llibertat que avui per emprendre accions heroiques

on altres opcions estaven esgotades. Cal insistir que la diversitat i disponibilitat de pacients és un fet distintiu en aquell moment històric. Aquests metges tenien informació dels nous materials que la Segona Guerra Mundial havia desenvolupat per a molt diverses aplicacions, i mirant als pacients oberts sobre la taula d'operacions, imaginaven substitucions, ponts, conductes i fins i tot sistemes d'òrgans basats en aquests materials. Amb un nivell de risc elevat es provaren diferents materials, i de manera afortunada alguns van tenir èxit. Aquest risc es podia justificar ja que no existien tractaments alternatius disponibles. El terme "cirurgià heroi" sembla justificat ja que el cirurgià tenia sovint una vida (o una qualitat de vida) en joc i estava disposat a prendre un elevat risc tecnològic i professional per tal de reparar aquell individu.

L'època de laxitud va venir seguida d'un nou ordre en el qual s'implementaren controls de qualitat governamentals, i on les decisions es van començar a prendre de forma compartida abans d'intentar nous procediments d'alt risc. Cal però recordar que va ser gràcies a metges valents, creatius i compromesos que es van assentar les bases de noves idees i materials que van marcar l'evolució futura del camp dels biomaterials. Això ens permet entendre actituds, tendències i materials que són ara comuns.

És convenient ara revisar breument els principals èxits associats a un cert nombre d'implants que actualment es poden considerar com a clàssics o abastament utilitzats en els països més avançats. Els exemples que es revisen inclouen aplicacions de biomaterials no només a implants sinó també a dispositius destinats a portar a terme funcions terapèutiques i en el seu cas fins i tot diagnòstiques. No s'han inclós aplicacions tal com les sutures, els materials per a la cicatrització de ferides i cremades, els adhesius i sellants, els electrodes, els sensors, les pròtesis coclears o els dispositius per a l'alliberament de fàrmacs, entre altres. La raó de la selecció feta està en part en la visibilitat

social que tenen i d'altre en l'extensió que aquest apartat descriptiu adquiriria.

Les pròtesis de maluc i de genoll

L'objectiu de substituir articulacions com ara el maluc o el genoll no són degudes només a fractures o altres danys traumàtics, sinó que en la majoria dels casos es deu al seu deteriorament, sobretot per raons patològiques. La destrucció del cartílag articular comporta en molts casos forts dolors i limitació de moviments per part del pacient. Per tractar els malucs artrítics es van utilitzar inicialment diferents tractaments quirúrgics com ara l'artrodesi o fusió de l'articulació o bé el desbridament de l'articulació per eliminar esperons artrítics, dipòsits de calci i irregularitats del cartílag en un intent d'allisar les superfícies de l'articulació. Malgrat que hi van haver intents inicials de substituir només les cares articulars, la inestabilitat d'aquestes pròtesis va comportar finalment una substitució més dràstica i massiva de tota l'articulació. Això va significar que es desenvolupessin el que s'anomenen pròtesis totals de maluc, i posteriorment de genoll que han estat les que més èxit han tingut a llarg termini, així com les de les demés articulacions.

La primera substitució de maluc la va portar a terme, sense èxit, probablement cap al 1891 el cirurgià alemany, Theodore Gluck, usant una bola d'ivori cementada. El 1925, un cirurgià de Boston, Massachusetts, M.N. Smith-Petersen, va emmotllar una peça de vidre en forma de semiesfera buida que podia encaixar per sobre de la bola del cap del fèmur i proporcionar així una superfície llisa per al moviment. Mentre que el vidre es va demostrar biocompatible, en canvi no podia resistir les tensions produïdes al caminar i aviat va fallar. Aquesta idea "d'artroplàstia emmotllada" es va mantenir encara durant força anys.

L'aparició de noves famílies d'acers inoxidables i sobretot l'aparició dels aliatges a base de cobalt-crom, amb millors propietats mecàniques i resistència a la corrosió van permetre un gran pas endavant en les aplicacions ortopèdiques a partir dels anys 1940. F.R. Thompson de Nova York i Austin T. Moore de Carolina del Sud van desenvolupar separadament substituts per tota la bola del maluc. Això permetia tractar fractures de maluc i alguns casos d'artritis. Aquest tipus de substitució, denominat hemiartroplàstia, només tractava el problema del cap femoral artrític, la bola, ja que l'acetàbul, és a dir, la cavitat, no era substituïda. La pròtesi consistia en una tija metàl·lica que es col·locava en la cavitat medul·lar de fèmur, connectada en una sola peça amb una bola metàl·lica que encaixava amb la cavitat acetabular. Aquesta no era la solució final, ja que la destrucció artrítica de la cavitat persistia, la fixació de la pròtesi a l'os no era bona i per tant el pacient acabava tenint dolor a causa de l'afluixament.

El 1938, els germans Jean i Robert Judet, de París, intentaren utilitzar un material acrílic per substituir les superfícies del maluc. La superfície acrílica era llisa, però tenia la tendència a desgastar-se i a afluixar-se. Aquesta idea va portar al Dr. Edward J. Haboush, de l'Hospital for Joint Diseases de la ciutat de Nova York l'any 1953, a utilitzar ciments dentals acrílics per ancorar pròtesis a l'os. El 1956, McKee i Watson-Farrar desenvoluparen una pròtesi "total" de maluc amb una càpsula acetabular de metall que anava cementada. No obstant, el desgast metall-metall va provocar moltes complicacions.

A Anglaterra un cirurgià molt innovador, John Charnley (1911-1982) estava també intentant resoldre aquests problemes. La seva valentia i la seva creativitat havien fet que fos qüestionat pels col·legues i havia estat relegat a un sanatori per la tuberculosi reconvertit en improvisat hospital. Aquest centre a Wrightington, Manchester, va esdevenir una font de coneixement per al tractament quirúrgic de l'artritis. El 1958 va

substituir la cavitat acetabular artrítica per un implant de teflon (polifluoruretilè), pensant que aquesta superfície llisa produiria una bona articulació amb la bola metàl·lica. Quan va veure que el Teflon no era el material adequat, va canviar i va provar amb gran èxit el polietilè. Per fixar tant aquesta cavitat acetabular de polietilè com la component femoral metàl·lica a l'os, Charnley va adoptar el ciment de polimetilmetacrilat dels dentistes. Això representava el naixement de la "substitució total de maluc" que des de 1961 Charnley va practicar amb regularitat i bons resultats. Resulta curiós que Charnley va tenir coneixement del polietilè d'elevat pes molecular gràcies a un comercial que venia nous engranatges de plàstic a un dels seus tècnics. El químic Dennis Smith va contribuir de forma important al desenvolupament de la pròtesi de maluc introduint al Dr. Charnley els ciments de poli(metilmetacrilat), desenvolupats en la comunitat dental, i optimitzant aquells ciments per al seu us en la substitució de maluc. L'èxit va fer que la Reina d'Anglaterra el fes cavaller, sent conegut com a Sir John Charnley. Val a dir que malgrat l'èxit de la tècnica de Charnley, la solució de la substitució total de maluc encara no s'ha assolit totalment avui en dia per raons com ara el desgast de la component acetabular i l'alliberament de les partícules de desgast als teixits de l'entorn. En l'actualitat les pròtesis per la substitució total de maluc han evolucionat tant pel que fa al seu disseny com pel que fa als materials que utilitzen.

La substitució total de genoll va prendre un camí similar al de la substitució de maluc. El primer intent d'una artroplàstia total de genoll va ser una pròtesi que en realitat era una frontissa fixada als ossos mitjançant tiges introduïdes en els canals medul·lars del fèmur i de la tíbia. Com que fisiològicament l'articulació de genoll no és una frontissa, la seva inconsistència biomecànica va fer que aquesta pròtesi acabés produint greus problemes d'afluixament i fins i tot d'infecció en el pacient, i per tant aquesta pròtesi es va acabar abandonant. Al mateix temps, alguns cirurgians utilitzaven espaiadors metàl·lics per evitar el frec de les superfícies

artrítiques del genoll. Aquests implants, el McKeever (1957) i el MacIntosh (1958,1964), van tenir un cert èxit, però no van resoldre el problema. Cirurgians del Massachusetts General Hospital van fer una pròtesi en forma de còndil femoral. Aquesta artroplàstia emmotllada va ajudar a reduir símptomes, però no a resoldre el problema. Aquestes substitucions primitives van evolucionar entre 1940 i 1965.

A finals dels anys 1960, el cirurgià ortopèdic Frank Gunston del Sir John Charnley's Hip Center va desenvolupar una substitució de genoll basada en metall sobre plàstic que es fixava a l'os amb ciment acrílic. Era la primera artroplàstia total de genoll fixada amb ciment el 1968. El 1972 un altre anglès que vivia a la ciutat de Nova York, John Insall, va dissenyar el que va esdevenir el prototip de les actuals substitucions totals de genoll: una pròtesi constituïda per tres components que reconstituïen les tres superfícies del genoll – el fèmur, la tíbia i la ròtula. Cadascuna d'elles es fixava amb ciment i els resultats van ser extraordinaris. Des d'aleshores s'han anat introduint millores a base de revisar els casos dels pacients. Avui la tècnica dóna resultats tan bons, sinó millors, que la de substitució total de maluc.

Implants dentals

Anteriorment s'ha comentat el fet que en l'antic Egipte i en civilitzacions sud-americanes es clavaven a la mandíbula trossos de closques de mol·luscs, trossos d'ivori o de fusta substituint dents perdudes. El segle XVIII, de vegades, les dents perdudes es substituïen per dents de donants. El procés no tenia gaire èxit, no només per la seva cruesa, sinó per la forta reacció immunològica que originaven en el receptor. El 1809, Maggiolo va fabricar puntals d'or per implantar en cavitats d'extracció encara fresques. Després de deixar que cicatritzessin se'ls fixava a una dent. Això resulta molt similar als procediments d'implantació dental actuals. El 1887 un metge anomenat Harris va utilitzar aquest procediment amb un

puntal de platí. Totes aquestes aproximacions i altres semblants amb similar filosofia van tenir un èxit molt limitat i, per tant, no es van acabar d'adoptar mai de forma general. El 1937, Venable va utilitzar el Vitallium quirúrgic, l'aliatge de Co-Cr-Mo, per a aquests implants. També, al voltant de 1937, Strock a Harvard va utilitzar un implant de tipus cargol de Vitallium i aquest va ser el primer implant dental amb èxit. Aquí és on es demostra l'èxit quirúrgic d'aquest aliatge. Es van succeir diferents desenvolupaments en els procediments quirúrgics i en el disseny dels implants. Va ser a principis dels anys 1950 quan es produeix el gran avenç. El 1952 es va fer un descobriment fortuït que ha marcat definitivament tota l'evolució posterior dels implants dentals. Per-Ingvar Branemark, cirurgià ortopèdic de la Universitat de Lund a Suècia, estava implantant en os de conill un sistema experimental consistent en una gàbia, per tal d'observar les reaccions de cicatrització. La gàbia era un cilindre de titani que es cargolava a l'os. Un cop completat l'experiment que va durar mesos, va intentar extreure el sistema de titani i va trobar que estava fortament integrat en l'os. El Dr. Branemark va anomenar aquest fenomen osseointegració i va explorar l'aplicació d'implants de titani a procediments quirúrgics i dentals. També va desenvolupar protocols quirúrgics de baix impacte per l'implantació dental que redueïen la necrosi del teixit i van augmentar la probabilitat de bons resultats finals. El titani i els seus aliatges s'han convertit, així, en un material de gran utilització en implants ortopèdics i dentals. El sistema d'implants dentals de Branemark es va començar a utilitzar amb èxit a partir de l'any 1965.

Lents intraoculars

Avui en dia qualsevol operació de cataractes comporta la implantació d'una lent intraocular, convertint-lo probablement en l'implant del qual s'utilitza el major nombre d'unitats al llarg de l'any. En el passat, l'única manera de restaurar la visió dels operats de cataractes era mitjançant ulleres molt gruixudes,

com vidres d'ampolla. La millora actual es deu a que es pot substituir la lent natural, implantant-ne una d'artificial, totalment neta i feta de plàstic. El descobriment d'aquestes lents es va produir en la Segona Guerra Mundial. L'inventor de les lents intraoculars de plàstic va ser Sir Harold Ridley (1906-2001). Ell era un oftalmòleg de l'aviació britànica i va fer les primeres i acurades observacions relatives a la reacció biològica a implants. Després de la Segona Guerra Mundial va tenir l'oportunitat d'examinar aviadors que tenien "implantats" en el seus ulls fragments de plàstic procedents de les cabines destrossades dels avions de combat Spitfire i Hurricane. Les cabines transparents d'aquests avions eren de plàstic, de fet de polimetilmetacrilat. La majoria d'aquests aviadors van tenir els fragments de plàstic en els seus ulls durant anys. Segons el que es coneixia en aquella època, el cos humà no hauria de tolerar objectes estranys implantats, i molt especialment a l'ull - la reacció de l'organisme a una estella o a una bala es citaven com a exemples de la dificultat d'implantar materials en el cos humà. Ridley va notar que els fragments havien cicatritzat allà on eren, sense cap mena de reacció. Eren doncs tolerats per l'ull ja que aquell material acrílic era inert i es mostrava compatible amb el teixit de l'ull. Avui descriuríem aquest tipus de cicatrització estable sense l'existència d'inflamació o d'irritació com a "biocompatible". Aquesta és una de les primeres observacions de "biocompatibilitat" en humans, potser la primera, usant criteris similars als acceptats avui. Quan Ridley va identificar el tipus de plàstic dels avions, el poli(metilmetacrilat), Perspex de la casa ICI, va encarregar varies planxes del material que les va utilitzar per a fabricar lents intraoculars. Després de certa experimentació va trobar que funcionaven raonablement bé en humans, com a substitutives de les lents naturals esborrallades per cataractes. La primera implantació en un humà va ser el 29 de novembre de 1949. Durant molts anys Ridley va estar al centre d'una forta controvèrsia al desafiar el dogma que s'oposava a implantar materials estranys en els ulls. El rebombori causat va retardar l'assentament d'una indústria que fins als anys 1980 no va

aconseguir que les lents intraoculars adquirissin la força que avui tenen en el mercat dels dispositius biomèdics. La perspicaç observació, la creativitat, la persistència i el talent quirúrgic de Ridley a finals dels anys 1940 van evolucionar cap a una indústria que enguany col·loca més de 7.000.000 d'aquestes lents anualment en humans.

Aquestes lents artificials han evolucionat des d'aleshores. N'hi ha de dos tipus: doblegables i no doblegables. Les lents no doblegables són les clàssiques de polimetilmetacrilat, que és un plàstic dur i rígid, i que corresponen exactament a les primeres que es van utilitzar el 1949. Les lents doblegables són elàstiques i estan fetes de diferents materials acrílics o de silicona. Les segones permeten fer incisions encara més petites per la seva col·locació, el que és sempre un avantatge, apart que no requereixen sutures per tancar la ferida. El futur mira cap al desenvolupament de lents més primes per facilitar la tècnica quirúrgica, i cap a la possibilitat de que es puguin deformar per a poder enfocar tant de lluny com de prop.

Implants mamaris

La cirurgia mamaria es porta a terme en la majoria de casos per tal de millorar les dimensions i la forma del pit de les dones. Típicament aquesta cirurgia està pensada per millorar l'autoimatge de la persona. Històricament Czerny va fer la primera prova referenciada, el 1895, en la qual va intentar trasplantar teixit de les natges d'una actriu als seus pits. Gersuny va provar amb injeccions de parafina el 1889 amb resultats desastrosos. En la història més recent s'han intentat diferents cremes i medicaments (Berson 1945, i Maliniac, 1950). Cap a 1950, Pangman va introduir les esponges de Ivalon, un polivinilalcohol. També es van utilitzar entre 1950 i 1960 diferents materials sintètics incloent-hi les injeccions de silicona. Tots aquests intents van resultar ser desastres tant a curt com a llarg termini. Resumint, es pot dir que històricament l'augment del pit s'ha portat a terme mitjançant algun dels tres mètodes

que es descriuen a continuació, amb una taxa d'èxit variable. Un material inert, tal com silicona o parafina s'injecta directament en el teixit parenquimal per produir un augment en la dimensió del pit. Aquest mètode no va produir bons resultats. El mètode es va abandonar per la incidència excessivament elevada tant de complicacions agudes com a llarg termini. Són freqüents els granulomes, com també les complicacions de pèrdua de pell i la contractura de la cicatriu que acaben produint una excessiva desfiguració.

S'han utilitzat també injeccions de teixit autòleg. Els resultats de la injecció de teixits autògens, incloent greix, múscul o pell, han estat imprevisibles i en general es pot dir que no han estat positius. Apart de formar-se cicatrius molt visibles i una textura irregular, es formen microcalcificacions que causen grans dificultats en les imatges de les mamografies per la diagnosi precoç del càncer de mama.

Tot això va jugar a favor del desenvolupament de l'implant mamari. De fet, en els anys 1960, Califòrnia i Utah van classificar les injeccions de silicona com una ofensa criminal. A partir dels anys 1960 es van començar a utilitzar implants per millorar i augmentar els pits femenins, i han seguit estant l'aproximació preferida per la mamoplastia. La silicona s'ha utilitzat des de 1964 quan per primer cop ho publicaren Cronin i Gerow. Els avantatges dels implants de silicona, consistents en una coberta de silicona plena de gel de silicona, inclouen la mínima solubilitat de la silicona i l'excel·lent viscositat del gel de silicona de cara al tacte. Els problemes associats a aquests implants inclouen la contractura capsular, els granulomes que es poden formar si l'implant perd gel de silicona cap als teixits de l'entorn, i la migració de la silicona cap a l'axil·la. També s'han descrit respostes autoimmunològiques cap als implants de silicona per l'augment del pit. No obstant, els informes relatius a fenòmens autoimmunològics en individus amb implants de silicona s'han anat desacreditant després de nombrosos, llargs i exhaustius estudis que no han pogut

demostrar cap mena d'increment en la incidència de problemes a llarg termini en elevats nombres de dones que havien augmentat el seu pit amb implants de silicona.

Amb la decisió que va prendre, en el seu moment, la FDA de retirar temporalment els implants de silicona degut als informes que els acusaven de produir fenòmens autoimmunològics, i que després es va demostrar que de fet no es produïen, van adquirir un especial interès els implants plens de solució salina. Els implants amb solució salina s'han utilitzat també des dels anys 1960. La solució salina s'absorbeix sense problemes en el flux sanguini en cas de que es produís una pèrdua a través de la càpsula de l'implant. De fet, la solució salina s'utilitza habitualment en sèrums intravenosos i no té cap risc per l'individu. Sembla que els implants salins han reduït la taxa de contractura capsular en relació als implants de silicona. Per altra banda, com a desavantatge, la seva viscositat es menor.

Els implants poden tenir dues formes: implants rodons i en forma de llàgrima. Així mateix, la superfície dels implants pot ser llisa o texturada. Els implants texturats es van desenvolupar inicialment a principis dels anys 1970 en resposta a l'ús d'una coberta de poliuretà pel gel de silicona. Els resultats inicials semblaven voler demostrar que els implants recoberts de poliuretà reduïen la formació de la càpsula, però mai no va haver-hi una evidència clara. El que si es va demostrar és que amb el temps el poliuretà es microfragmentava i es produïa un procés de fagocitosis, amb una intensa reacció a cos estrany amb nombrosos macròfags i cèl·lules gegants multi-nucleades que es trobaven en la càpsula al voltant de l'implant. A causa d'això els implants recoberts de poliuretà es van acabar retirant del mercat.

Es pot dir que en l'actualitat, malgrat els possibles dubtes, l'implant mamari bàsic de goma de silicona - gel de silicona - és el que en general sembla tenir les prestacions més acceptables.

El ronyó artificial

Com a part del sistema d'eliminació de residus, els ronyons saludables treballen principalment netejant la sang dels residus produïts per la ingesta i la funció metabòlica. Milions de petits filtres en els ronyons retiren dels cos les restes i els fluids residuals en forma d'orina. Així mateix, els ronyons sans mantenen el balanç de productes químics i electròlits del cos. La fallida del ronyó ha estat al llarg de quasi tota la història la sentencia d'una mort desagradable que durava un llarg període de temps.

El ronyó artificial ha permès que la diàlisi salvi la vida de molta gent en els estadis finals de malalties de ronyó. Originalment desenvolupat per Willem Kolff a Holanda a finals dels anys 1930, la màquina de diàlisi filtrava les impureses de la sang utilitzant una membrana permeable de cel·lofana. Quan en els anys 1930 Kolff buscava literatura científica que tractés l'eliminació de toxines de la sang, va trobar els treballs de John Abel, un famós farmacòleg de la Universitat John Hopkins que des de 1910 havia treballat en l'eliminació de toxines de la sang, utilitzant sang de conill. Malgrat que el treball de Abel publicat el 1913 no permetia estendre el procediment a humans, si que li va servir com a punt de partida per la seva pròpia recerca. Aproximadament quan Kolff iniciava la seva investigació, va començar la Segona Guerra Mundial, sent Holanda ocupada pels nazis. Kolff va ser enviat a un remot hospital holandès. Malgrat aquestes difícils condicions, el jove metge no va cedir, i si bé els materials disponibles eren escassos, Kolff tenia un esperit ric en recursos com correspon a un vertader inventor. Així va construir un dispositiu capaç de separar les toxines de la sang a base d'improvisar amb pells de botifarra, llaunes de suc de taronja, una màquina de rentar amb el seu tambor giratori i altres artefactes corrents. Resulta impressionant pensar que tot això ho va fer sota el control i domini nazi, posant en risc la seva pròpia vida al falsificar documents per poder seguir fent els seus experiments. Kolff va ser ajudat per la

seva esposa i els seus col·legues, encara que tots ells també posessin per això les seves vides en perill.

Cap a finals dels anys 1940 el seu disseny era tècnicament viable però encara no es produïa comercialment. El 1950 Kolff va anar a treballar a la Cleveland Clinic Foundation als Estats Units, on amb la col·laboració de personal d'aquell centre i una empresa, va poder treure al mercat el primer ronyó artificial el 1956. Cap als anys 1960 la màquina de diàlisi havia guanyat acceptació gràcies al desenvolupament de millors cànules i connexions, així com a l'ús més efectiu dels anticoagulants.

El funcionament d'aquestes primeres màquines era conceptualment força simple, malgrat que la seva posada en pràctica era força més complexa. Essencialment consisteix en fer passar la sang del pacient per un tub de cel·lofana embolicat en espiral entre plaques de fibra de vidre. Tota l'espiral es submergeix en solució dialitzadora. Mentre les partícules petites corresponents a residus de la sang es difonen en la solució dialitzadora, els elements formadors de la sang, que són comparativament de grans dimensions, com ara el globus vermells o les proteïnes, es queden dintre del tub de cel·lofana i són bombejades de nou cap al pacient.

El segon gran avanç en diàlisi de ronyó el va fer el Dr. Belding Scribner (1921-2003) a la Universitat de Washington. Un dels grans problemes era que per dialitzar un pacient s'havia de punxar una artèria per extreure la sang i una vena per la seva reincorporació al flux sanguini. Això feia que els vasos patissin danys acumulatius, de tal manera que el tractament s'anava fent insostenible en poc temps. La gran idea de Scribner va ser dissenyar un mètode per accedir de forma rutinària al sistema de rec sanguini per als tractaments de diàlisi. Es tractava de connectar al pacient al dialitzador utilitzant tubs de plàstic, un inserit en una artèria i l'altre inserit en una vena. Era qüestió de mantenir obert el sistema circulatori connectant els dos tubs fora del cos amb un petit sistema en forma de U que desviaria la sang des del tub de

l'artèria cap al tub de la vena. A través de la porció exposada externament del desviament, es podia accedir a la sang de forma senzilla, i ja no s'havien de fer incisions al pacient. El dispositiu del Dr. Scribner utilitzava tubs de Teflon per accedir als vasos, un element de Dacron cosit a través de la pell, i un tub de goma de silicona per al flux de sang. El desviament de Scribner va fer possible la diàlisi crònica i es diu que és responsable de que més d'un milió de pacients segueixin vius avui.

El cor artificial

Un cor artificial és un dispositiu prostètic que s'implanta en el cos per substituir el cor biològic original. És diferent de la bomba cardíaca, que és un dispositiu extern utilitzat per proporcionar les funcions tant del cor com dels pulmons. Així, la bomba cardíaca no necessita ser connectada als dos circuits sanguinis. Per altra banda només és adequada per unes poques hores de treball, mentre que l'actual record del cor artificial és de 17 mesos.

Encara que de forma molt simplista el cor no és més que un múscul que actua com una bomba, de fet conjuga tot un seguit de subtileses molt complexes que impedeixen la seva possible simple emulació amb materials sintètics i fonts d'alimentació elèctrica. Això ha fet que, malgrat la necessitat de cors artificials per reduir la necessitat de trasplantaments, encara no es disposi d'una solució raonablement satisfactòria.

Probablement el primer èxit clínic en la recerca d'un cor artificial el va obtenir J. Gibbon Jr., de la Universitat de Filadèlfia quan va utilitzar per primer cop una màquina cor-pulmó en cirurgia cardíaca per tancar un defecte atrial septal. Tanmateix, va ser W.J. Kolff amb el seu equip de recerca a Cleveland, qui al 1957 va implantar primer un cor hidràulic artificial total de clorur de polivinil en un gos i aconseguí mantenir l'animal viu durant 90 minuts. Des dels Estats Units

d'Amèrica s'impulsà fortament, a principis dels anys 1960, la recerca encaminada a desenvolupar òrgans artificials i en especial el cor, amb l'objectiu fixat per als anys 1970. Així, el 1964 el U.S. Artificial Heart Program, establert per el National Heart and Lung Institute i liderat inicialment per F. Hastings i després per C. Dennis i J. Watson, té per objectiu promoure i donar suport a tot tipus de recerca encaminada al desenvolupament de dispositius de substituts cardíacs.

Cap a mitjans dels anys 1950 el Dr. Paul Winchell havia patentat un primer intent de cor artificial, patent que aquest va donar al grup de Willem Kolff i Robert Jarvik a Utah, i que va ser qui finalment va obtenir el cor artificial de major èxit fins ara. Els intents anteriors als de Robert Jarvik havien estat descoratjadors perquè els hostes morien en poques hores o dies després de la implantació, o bé patien massius problemes de rebuig a cos estrany. En els primers dissenys de Jarvik en humans els pacients també morien, fins que el seu primer Jarvik-7 va ser implantat pel Dr. William De Vries en un pacient dentista de 61 anys, Barney Clark, que va arribar a sobreviure 112 dies després de la implantació a la Universitat de Utah el 2 de desembre de 1982. En el període 1982-85, el record de supervivència amb un Jarvik-7 d'entre els implantats pel Dr. DeVries va ser de 620 dies. El Jarvik-7 estava fet de plàstic, alumini i poliester Dacron, i podia ser una bona solució mentre el pacient esperava poder tenir un trasplantament que li solucionés el problema a més llarg termini. Un problema associat és que un cor artificial necessita una font d'alimentació elèctrica externa, tal com un paquet de bateries elèctriques enganxades al pit del pacient; fins ara cap disseny ha estat capaç d'utilitzar la pròpia energia natural biològica del cos.

El 1998 M. DeBakey fa la primera aplicació clínica de la nova generació de dispositius de flux continu, i és a partir del 2001 que un nou disseny de cor artificial totalment autocontigut i implantable, AbioCor, es comença a implantar amb un record de supervivència de fins a 17 mesos. Existeix la confiança en el

món clínic que amb la millora de la ciència dels computadors, l'electrònica i la tecnologia per la fabricació de bateries, el cor artificial ha d'arribar a ser una realitat durant el segle XXI.

Marcapassos

Al 1788 Charles Kite va escriure un assaig que es deia "An Essay Upon the Recovery of the Apparently Dead" on recomanava practicar descàrregues elèctriques per ressuscitar un mort. Això resulta més un precursor del desfibril·lador que del marcador. Richard Reece, en la seva "Guia Mèdica" publicada a Londres el 1820, discuteix la "Re-Animation Chair" del Doctor de Sanctis que l'utilitzava per enviar polsos elèctrics a través del cor. Incloïa una pila voltaica, un elèctrode d'esòfag, i un elèctrode aplicat al pit sobre el cor. Llegint la discussió del treball, sembla un marcador temporitzat manualment. Entre 1820 i 1880 es va establir clarament que es podia modular el batec del cor mitjançant l'aplicació de xocs elèctrics. De fet, la història de Frankestein és d'aquesta època.

Entre finals del segle XIX i principis del segle XX, es van seguir fent proves i va ser el Dr. Albert Hyman qui va inventar i patentar un "Marcapassos" en els anys trenta, que s'utilitzava sobretot per ressuscitar en cas d'emergència en la sala d'operacions. En aquestes mateixes dates, a Austràlia, el Dr. Mark C. Lidwill amb el físic Major Edgar Booth inventen també el seu marcapassos. El canadenc John Hopps va ser el precursor en la invenció del marcapassos cardíac modern. Hopps, enginyer elèctric per la Universitat de Manitoba, va començar a treballar l'any 1941 en el National Research Council del Canadà on investigava la hipotermia. Mentre experimentava amb radio freqüència per escalfar i restaurar la temperatura del cos, Hopps va fer un descobriment inesperat: si el cor deixava de bategar a causa del refredament, podia tornar a bategar mitjançant estimulació artificial utilitzant mitjans mecànics o elèctrics. Això portà a Hopps a la seva invenció del seu

marcapassos l'any 1950. El seu dispositiu era massa gran per ser implantat en el cos humà, era un marcapassos extern.

Pel que fa al pas definitiu cap a la modernitat del marcapassos, hi ha tres dispositius que tots ells poden reclamar el títol de ser els primers. El metge Paul Zoll, va estudiar el ritme cardíac en animals i humans i va desenvolupar un electrocardiograf (per monitoritzar el batec del cor) i un estimulador polsat (que causa els batecs del cor quan aquests no es produeixen de forma natural). Això ho va fabricar Electrodyne com el PM-65, que va presentar a la comunitat mèdica en un article al New England Journal of Medicine el 1955. Aquesta màquina tenia les dimensions d'un forn microones gran i la seva aplicació principal era per donar suport vital en cirurgia cardíaca. Un gran inconvenient era que els elèctrodes externs que estimulaven el cor estaven situats sobre el pit i podien causar dolor i cremades.

El Dr. C. Walton Lillehei, que va ser pioner en la cirurgia a cor obert a la Universitat de Minnesota, va trobar que el PM-65 no li servia per mantenir pacients als quals el cor no els bategava després de cirurgia. El marcapassos hauria de mantenir el cor bategant fins que el procés de cicatrització estigués prou avançat com per tornar a funcionar per si mateix un altre cop, és a dir: una o dues setmanes. La necessitat de mantenir el dispositiu alimentat energèticament de forma estable va fer que en un moment donat, el Dr. Lillehei demanés a Earl Bakken que en construís un que anés amb bateries. Bakken va lliurar el prototip transistoritzat a finals de 1957 i va ser utilitzat en pacients el 1958. Bakken era enginyer elèctric, reparador d'aparells de televisió i va esdevenir co-fundador de Medtronic Inc., que va ser l'empresa que va comercialitzar aquest prototip.

El Dr. Ake Senning va crear el primer marcapassos implantable, utilitzat realment en humans i implantat l'octubre de 1958. Des d'aleshores s'ha treballat molt i els sistemes també

han evolucionat molt. Aquests tres marcapassos han estat la base de tot el que ha seguit.

El primer marcapassos totalment implantable va aparèixer al 1960, desenvolupat per l'enginyer Wilson Greatbatch i el cardiòleg W.M. Chardack. Utilitzava dos transistors de Texas Instruments, una innovació tècnica que permetia petites dimensions i baix consum d'energia. Tanmateix, la vida de la bateria era curta, ja que només durava entre 12 i 18 mesos. Entre els anys 60 i 70 es van produir avenços en els elèctrodes, tant en la tècnica de col·locació com en el sistema de fixació. La introducció de la bateria de iodur de liti al 1975 va estendre radicalment la vida fins a més de 10 anys en alguns models i va substituir definitivament la bateria de mercuri-zinc. Al mateix temps, l'encapsulat de titani per als circuits i la bateria va desplaçar l'encapsulat de reïna epoxi i goma de silicona que s'havien estat utilitzant. La càpsula de titani apantalla els components i redueix la interferència electromagnètica externa. Els pacients amb aquest nous marcapassos podien utilitzar sense problemes els forns microones i altres aparells elèctrics. L'encapsulament està destinat a evitar que els fluids corporals corroeixin i inactivin tots els dispositius del marcapassos.

Vàlvules cardíaques

El repte d'aconseguir una substitució adequada per una vàlvula cardíaca malalta ha estat un procés llarg. Malgrat l'avenç que representa el desenvolupament de vàlvules artificials, encara queden problemes per resoldre. Al principi, els cirurgians intrèpids experimentaven la cirurgia valvular amb vàlvules de cadàver humà (els anomenats al·lo-empelrs o homo-empelts). Apart de problemes de disponibilitat i de conservació, hi havia problemes de dimensions i de suturació. Així mateix, al no ser aquestes vàlvules teixit nadiu del pacient, sinó de donant, hi havia problemes de deteriorament i de manca de viabilitat cel·lular. En la lluita per dissenyar la vàlvula cardíaca ideal, es va anar veient per part d'alguns

cirurgians que cap substitució podia proporcionar un disseny tant adequat com la pròpia vàlvula semilunar de 3 fulls.

La màquina cor-pulmó es va inventar al 1954 pel Dr. Gibbon de Filadèlfia, però no va estar disponible en altres centres fins a principis dels anys 1960. El dispositiu era el primer gran avenç necessari perquè els cirurgians podessin entrar en el cor i substituir o reparar estructures cardíaques malaltes. Un cop inventada la màquina cor-pulmó, el que feia falta era una adequada substitució de la vàlvula cardíaca malalta. Al 1961 es va fer la primera substitució amb èxit clínic d'una vàlvula mitral que va ser implantada per Albert Starr de Portland, Oregon. En conjunció amb l'enginyer anomenat Lowell Edwards van utilitzar per primer cop una vàlvula cardíaca feta d'una gàbia d'acer que contenia una bola de goma de silicona per substituir una vàlvula mitral humana emmalaltida per febre reumàtica. Si bé la taxa de mortalitat d'aquestes operacions inicials era aproximadament del 50%, la vàlvula de Starr-Edwards va provar a la comunitat mèdica i quirúrgica que era possible substituir una vàlvula de cor humana amb un dispositiu fet per l'home i assolir alhora supervivència i símptomes d'alleujament.

Malgrat que la vàlvula de Starr-Edwards era millor que res, els pacients implantats amb aquests dispositius podien patir formació de coàguls sobre les vàlvules, paràlisi, soroll i creixement de teixit de cicatrització que acabava obturant l'orifici de la vàlvula. Per part dels cirurgians estava clar que era necessari crear una millor alternativa.

Des de 1950 s'han introduït més de 80 models de vàlvules artificials. En la pràctica clínica d'urgències però, només és necessari estar familiaritzat amb unes quantes.

Hi ha tres tipus principals de vàlvules artificials:

Vàlvules bioprostètiques (xenoempelts): Tenen procedència animal i estan tractades amb productes químics

per evitar el rebuig. Estan fetes de vàlvules porcines o de pericardi boví. Els models porcins inclouen les vàlvules Hancock i Carpentier-Edwards. Les vàlvules pericardíaques inclouen les vàlvules Ionescu-Shiley i Carpentier-Edwards.

Vàlvules mecàniques: Estan fetes de metall, carboni i/o materials sintètics. Es requereix tractament anticoagulant per evitar el coàguls sanguinis. Hi ha tres dissenys principals de vàlvules mecàniques: (1) la vàlvula de bola en gàbia, (2) la vàlvula de disc oscil·lant (fulla única), i (3) la vàlvula de doble fulla. La vàlvula de bola en gàbia més comuna és la de Starr-Edwards. Els models de vàlvula de disc oscil·lant inclouen la vàlvula de Medtronic Hall, la vàlvula Omniscience i la vàlvula de Bjork-Shiley. Les vàlvules bi-fulla inclouen la St. Jude (la més comunament implantada als USA), les vàlvules CarboMedics i les ATS.

Les vàlvules biològiques: són vàlvules de cor humanes obtingudes de donants després de la seva mort i congelades per ser utilitzades més tard (homoempelts). En el procediment de Ross, un dels més coneguts, la vàlvula pulmonar del propi pacient substitueix la vàlvula aòrtica malalta i, al seu torn, aquesta és substituïda per una vàlvula d'homoempelt.

Com ja s'ha comentat, cap a finals dels anys 1950/principis dels anys 1960, Albert Starr va desenvolupar una simple vàlvula de bola en una gàbia. Implantades en gossos, es van trobar temps de supervivència primer de 10 dies i després de 7 mesos i més tard de 13 mesos. Aquests llargs períodes de supervivència permetien examinar l'efectivitat de les vàlvules, en el cor viu inclòs un any després de la implantació.

L'obtenció de gossos supervivents a llarg termini sense tractament amb anticoagulant va animar Starr a intentar canviar vàlvules mitral en pacients. A l'octubre de 1961, dels 12 pacients que havien rebut vàlvules mitral artificials, dos havien mort per causes no relacionades, i tres d'infeccions. La resta de pacients estaven bé i dos havien retornat al treball.

La vàlvula de bola en gàbia Starr-Edwards encara s'utilitza. El seu èxit va encoratjar el desenvolupament i l'assaig de nous dissenys en vedelles i gossos, tal com la vàlvula de disc en gàbia, i la vàlvula de disc oscil·lant. Les vàlvules de Bjork-Shiley de disc oscil·lant es van introduir al 1969, i les de doble fulla es van introduir en els anys 1970. Aquestes són ara el tipus més comú de vàlvula mecànica.

La possibilitat d'utilitzar vàlvules trasplantades es va explorar també en gossos i es van establir els millors mètodes de preparació i conservació. Es van trasplantar vàlvules humanes de cadàvers a pacients humans, però va quedar clar que hi havia problemes logístics en mantenir un adequat proveïment. Cap a mitjans dels anys 1960 es va veure que la resposta estava en vàlvules trasplantades d'altres espècies.

Les vàlvules de xenoemplets, de porcs, ovelles, vedelles i cabres es trasplantaven en gossos a principis dels anys 1970. Els coàguls de sang no eren un problema, però s'havien d'enfrontar la durabilitat i el rebuig. Com a conseqüència del treball subsegüent en conills, conill d'índies i rates, es va produir una vàlvula durable i funcional, biològicament inert, a base de processos de rentat, desnaturalitzat i adobat. Tal vàlvules "bioprostètiques", generalment de porc, s'han utilitzat amb èxit en molts pacients humans.

La primera causa de fallida de les vàlvules mecàniques es pot trobar en la formació de trombes en la línia de sutura, o en el trencament o separació de les components de la vàlvula. En poden resultar regurgitació valvular aguda o embolització de fragments de la vàlvula. La fallida de les vàlvules de teixit en general progressa lentament, ja sigui per la seva pròpia degeneració, calcificació, o la producció gradual de trombes.

Als Estats Units les complicacions tromboembòliques tenen lloc en un 13-17% de les vàlvules mecàniques dintre dels 5 anys d'implantació i en un 34.44% dintre dels 15 anys d'implantació. Les vàlvules de bola en gàbia tenen la major taxa de

complicacions tromboembòliques i les de doble fulla les que menys, mentre que les de fulla única estan en una posició intermèdia. La fallada primària de vàlvules bioprostètiques té lloc en un 3-4% dels pacients dintre de 5 anys d'implantació i en un 29% en 10 anys.

La fallida aguda de la vàlvula aòrtica prostètica generalment porta a la mort sobtada o quasi. El reconeixement precoç i el tractament de la fallida aguda de la vàlvula mitral prostètica poden salvar la vida.

Va ser al 1965 que el Dr.Jack Bokros va introduir al món mèdic el carboni pirolític, actualment el material més acceptat per a vàlvules mecàniques. La col·laboració del Dr. Bokros amb el Dr. Vincent Gott va portar les realment primeres vàlvules de carboni, produint el que seria l'inici d'una nova era en la cirurgia cardíaca de rehabilitació. El Dr. Bokros va treballar de forma incansable des d'aquell moment per desenvolupar i refinar la tecnologia de vàlvula de cor prostètica. En col·laboració amb St. Jude Medical, ell i els seus associats van desenvolupar la primera vàlvula de dues fulles tota de carboni que va esdevenir la més abastament utilitzada en el món. Subseqüentment, com a fundadors de Carbomedics, Inc., l'equip del Dr. Bokros va desenvolupar i comercialitzar la vàlvula Carbomedics.

Al 24 de juliol de 1962, Mr. Ross va fer la seva primera implantació d'una vàlvula de cadàver humà en una posició aòrtica. Al 1972 va estar disponible el primer teixit per a vàlvules cardíaques i la majoria de cirurgians es van dirigir cap a aquesta nova alternativa que es va fer ràpidament disponible en quantitats per respondre a la demanda clínica. Aquest mateix any, Mr. Ross va informar de la primera utilització amb èxit de les tècniques de criopreservació per l'emmagatzemat a llarg termini de les vàlvules aconseguides per donació. Avui, el nom "procediment Ross" representa el trasplantament de la vàlvula pulmonar del propi pacient a la posició aòrtica, amb la

reconstrucció de la vàlvula pulmonar que falta, utilitzant un homoempelt cadavèric humà.

Empelts vasculars

L'atheroesclerosi és una de les majors causes de morbiditat i mortalitat resultant de l'obstrucció de la vasculatura coronària, caròtida o perifèrica per la formació de placa. Un mètode comú per superar l'obstrucció és fer un "bypass" de la lesió amb un empelt vascular. Les patologies més rellevants que poden requerir l'aplicació d'empelts són les següents: a) Arteriosclerosi. Enduriment de les artèries, relacionat amb el procés d'envelliment, la difusió de calci en els vasos sanguinis. b) Atheroescleròsi. Producció d'una placa en les parets de les artèries. Es formen coàguls i en el pitjor dels casos l'artèria es pot bloquejar totalment. c) Aneurisme. Dilatació local d'un vas sanguini, amb trencament de la capa muscular, i que pot portar a la ruptura de l'artèria (més corrents l'aorta i el cervell). Els empelts vasculars poden ser biològics o autòlegs, sintètics, compòsits o producte de l'enginyeria tissular. Pel que fa als empelts autòlegs, o autoempelts, els més emprats són els procedents de vena safena, artèria mamaria interna, i artèria radial, que són no trombogènics i biocompatibles, malgrat que poden no tenir el diàmetre adequat o no estar disponibles. Cal fer notar també que els empelts de vena safena poden patir també canvis degeneratius.

En quant a l'ideal de conducte arterial artificial, o empelt vascular alternatiu, les condicions són: que sigui fàcil de manipular i suturar, flexible, vasoactiu, no inmunogènic, amb un lumen no trombogènic, durable, que es remodel·li amb hiperplasia neoíntima limitada, i fàcilment disponible. Els empelts sintètics estan fets de forma més general de Dacron (polietelè teraftalat, PET) o Teflon (politetrafluoretilè, PTFE). En el cas de compòsits s'utilitzen materials sintètics amb una component biodegradable que pot ser col·lagen, elastina o fibrina. La consideració més important a fer al dissenyar un nou

empelt és fer coincidir les propietats mecàniques de l'empelt amb les de l'artèria hoste. Cal tenir en compte la pressió dinàmica i les ones de flux a l'hora de considerar el tipus i la dimensió de l'empelt. Canvis en les propietats mecàniques dels sistemes arterials es manifesten per canvis en pressió i ones de flux. Els empelts convencionals tenen propietats elàstiques i geomètriques constants i això significa considerables limitacions.

Les primeres exploracions dels cirurgians sobre la possibilitat de trasplantar vasos sanguinis va tenir lloc fa més de cent anys. L'investigador quirúrgic de renom Alexis Carrel va obtenir al 1912 el Premi Nobel en Fisiologia o Medicina per la seva demostració de tècniques d'èxit per l'anastomosi de vasos sanguinis i l'extensió d'aquestes tècniques des del trasplantament de vasos fins al trasplantament d'òrgans sòlids complets. Al llarg de dècades successives, l'ús experimental de tubs de vidre rígid i de metall com a empelts vasculars va produir resultats descoratjadors. El 1942, Blackmore va utilitzar tubs metàl·lics de Vitallium com a pont per superar defectes arterials en soldats ferits de guerra. El 1938 s'introdueix el PTFE, el 1946 el PET (Dacron), i el 1952 Arthur Vorehees porta a terme el primer empelt vascular artificial amb èxit. El cirurgià intern de la Universitat de Colúmbia, Arthur Voorhees (1922-1992), al 1947, va notar en un estudi post-mortem que havia crescut teixit al voltant d'una sutura de seda que s'havia quedat dintre d'un animal de laboratori. Aquesta observació va estimular la idea que un tub de roba podria també cicatritzar al ser poblat per teixits del cos. Així va començar a fer els seus primers empelts vasculars experimentals cosint-los a partir d'un mocador de seda i de teixit de paracaigudes (Vinyon N) utilitzant la màquina de cosir de la seva dona. El primer implant humà d'un empelt vascular prostètic va ser el 1952. El pacient va viure molts anys després d'aquest procediment, inspirant a molts cirurgians a copiar el procediment. El 1954 es va publicar un altre treball establint el clar benefici d'un tub (de teixit) porós en comparació a un tub sòlid de polietilè. El 1958,

es va descriure la següent tècnica en un llibre de text de cirurgia vascular (Rob, 1958): "Els teixits de Terylene, Orlon o nylon es compren en una botiga de roba i es tallen amb tisores punxegudes i se'ls hi dona la forma requerida. Aleshores es cusen amb fil d'un material similar en forma de tub i s'esterilitzen en autoclau abans d'usar."

Amb l'expansió de l'ús de tot un conjunt d'empelts sintètics en pràctica clínica i la recerca que es portava a terme en les característiques de tot un conjunt de materials alternatius, els cirurgians i investigadors de biomaterials van guanyar coneixement de la trombogènesi i altres problemes que sorgeixen de la interacció entre materials sintètics, la sang i els teixits al voltant de l'implant amb els que entren en contacte. Els primers empelts eren susceptibles de trombogenicitat. Per a vasos de gran diàmetre (12 – 38 mm) s'acostuma a utilitzar PET. Per a diàmetres intermedis (5 -10 mm) s'utilitza ja sigui PET, ja sigui PTFE i per a diàmetres petits (menys de 4mm) s'utilitzen vasos d'autoempelt. El concepte d'empelt vascular degradable es va introduir en els anys 1960 i el primer empelt totalment degradable està referenciat de 1979. La millora del procés de cicatrització dels empelts vasculars de Dacron mitjançant el pre-sembrat amb cèl·lules endotelials es va referenciar al 1978. Finalment, el primer intent de crear in vitro estructures vasculars totalment biològiques, utilitzant col·lagen i cèl·lules vasculars cultivades es va referenciar al 1982.

"Stents"

Les malalties cardiovasculars afecten al propi funcionament del cor i als vasos sanguinis. Entre les malalties més prevalents que representen una amenaça per la vida hi ha la parada cardíaca sobtada, l'infart de miocardi agut, la fallada cardíaca congestiva i l'arteriosclerosi. S'estima que cada any moren al món uns 17 milions de persones de malalties cardiovasculars i en particular d'infart de miocardi agut. Les malalties cardiovasculars són la principal causa de mort en els

països desenvolupats. Es calcula que als USA una persona mor cada 30 segons d'un atac de cor. Això significa 2600 persones al dia i un 42% de totes les defuncions o un milió de morts a l'any.

L'oclusió parcial de les artèries coronàries comporta una angina, la disminució de la funcionalitat del cor, i eventualment, quan l'artèria es clou totalment, es diu que el pacient fa un infart de miocardi, i amb ell es produeix la mort d'una secció del múscul del cor. Les operacions de "bypass" agafen una secció d'una vena d'una altra part del cos i substitueixen l'artèria coronaria closa amb un conducte net – això és cirurgia major, dura amb el pacient i també molt cara. Empelts vasculars sintètics en el rang dels 3 mm de diàmetre, apropiats per l'anatomia de l'artèria coronaria humana es trombosarien i per tant no es poden utilitzar. Una altra opció és l'angioplàstia coronària transluminal percutània (ACTP, i en anglès PTCA). En aquest procediment un globus (baló) agafat en un catèter es porta fins a l'artèria coronaria i aleshores s'infla per tal d'obrir el lumen del vas clos. En molts casos però, l'artèria coronaria pot patir un espasme i tancar-se a causa del trauma del procediment. L'invent del "stent" arterial coronari, una malla metàl·lica en forma de tub que manté el lumen obert després de la PCTA, va ser una revolució major en el tractament de la malaltia oclusiva coronària.

El desenvolupament de l'angioplàstia troba el seu fonament en el cateterisme. El 1844 el fisiòleg francès Bernard encunya el terme "cateterització cardíaca" i utilitza catèters per registrar les pressions intracardíaques en animals. Va ser ja al 1929 que el Dr. Werner Forssmann a Eberswald, Alemanya, porta a terme el primer cateterisme cardíac que està documentat. Com a data important cal assenyalar el 1967 ja que aquell any el Dr. René Favaloro realitza a Cleveland, Estats Units, la primera cirurgia d'empelt de vena safena (bypass) i s'introdueix una tècnica (Judkins) d'angiografia coronaria. És l'any 1974, quan el Dr. Andreas Gruentzig a Suïssa porta a terme en un humà la primera angioplàstia per baló. Entre 1976 i

1977 Gruentzig presenta els seus resultats i opera als Estats Units. Entre 1978 i 1980 Gruentzig realitza diferents cursos a Zuric, Suïssa, i després se'n va a treballar a Atlanta, aconseguint que en aquell moment s'haguessin realitzat ja les primeres 1000 angioplàsties a tot el món.

El concepte de stent es va desenvolupar a partir de l'experiència de les intervencions dels cardiòlegs amb els balons d'angioplàstia en la primera dècada del seu us (1977-87). De vegades la paret de l'artèria coronaria es debilitava després de la dilatació del baló. Malgrat que l'artèria es podia obrir utilitzant un baló, i que en general aquesta es mantenia oberta, en un petit percentatge dels casos, l'artèria col·lapsava al desinflar el baló, i això podia passar un cop el pacient estava a la sala de recuperació. Aleshores la única sortida era el "bypass". Un segon problema va esdevenir aviat evident. Aproximadament el 30% de totes les artèries coronaries tornaven a tancar-se un altre cop després de l'angioplàstia de baló. A mitjans del anys 1980 radiòlegs i cardiòlegs treballaven en solucions per aquests problemes, dissenyant nous dispositius amb l'esperança de proporcionar major seguretat i durabilitat als procediments. Es van dissenyar diferents tipus d'eines miniaturitzades que es poguessin moure via catèter.

Un d'aquests dispositius va ser el "stent": un tub metàl·lic, o "bastida" que es pogués inserir després del baló d'angioplàstia. El propi stent es muntava en el baló i es podia obrir un cop dintre de l'artèria coronària. Julio Palmaz i Richard Schatz van treballar en aquest stent als Estats Units mentre que altres a Europa desenvolupaven els seus dissenys. Al 1986, treballant a Toulouse, França, Jacques Puel i Ulrich Sigwart inseriren el primer stent en una artèria coronària humana. Al 1994 es va aprovar el primer stent Palmaz-Schatz per a us als Estats Units. En la dècada següent es van desenvolupar diferents generacions de stents metàl·lics, cada cop més flexibles i fàcils de portar al lloc on s'estrenyia l'artèria.

Val la pena analitzar l'origen de la paraula "stent". Al 1856, el dentista anglès Charles Stent va desenvolupar un material de tipus termoplàstic per fer les impressions de les boques desdentades. Aquesta "massa Stent" era després utilitzada com a motlle. De fet, aquesta tècnica de fer impressions va ser posteriorment utilitzada pels cirurgians plàstics com a suport en el moldeig de la pell i teixits. Uns cent anys després de la mort de l'inventor al 1885, la paraula stent ha estat adoptada a tot arreu en radiologia, però avui es diu d'aquelles estructures percutànies tubulars que indueixen o mantenen la obertura de la llum d'un conducte. El vertader origen de la paraula stent no es troba en molts diccionaris. En moltes referències es dóna equivocadament al dentista com a autor del descobriment. Els diccionaris també es refereixen a les paraules obsoletes en anglès i escocès "stent" i "stint" que signifiquen entre altres coses estendre, i específicament en escocès fer una validació o taxació. En *"The Shorter Oxford Dictionary"* es defineix "stenting" com un terme miner que significa un passatge entre dues galeries principals d'una mina. Aquí l'analogia amb l'obertura d'un vas parcialment bloquejat sembla obvia. Així doncs, el vertader origen de la paraula queda poc clar.

Malgrat l'èxit dels stents, el problema de la restenosi (oclusió) persistia. Si bé les taxes eren una mica més baixes, els stents només metàl·lics encara experimentaven en uns sis mesos un nou bloqueig en un 25% dels casos, necessitant-se doncs, un nou procés. Es va entendre al mateix temps que la restenosi correspon a la resposta del cos al que Andreas Gruentzig va anomenar la "lesió controlada" de l'angioplàstia i que es caracteritza pel creixement de cèl·lules musculars llises, el que és molt similar a la cicatriu que es forma després d'una ferida.

La solució es va moure cap a la combinació amb els avenços farmacològics recents. Es van començar a provar tota una varietat de medicaments que interrompessin els processos biològics que causen la restenosi. Els stents es van recobrir amb

aquests medicaments, de vegades embeguts en una fina capa de polímer biodegradable que permet l'alliberament al llarg del temps. De vegades anomenats com a stents "medicats" o "recoberts", els "drug-eluting stents" estan constituïts per un stent normal que s'ha recobert amb un agent farmacològic, un medicament que interfereixi amb el procés de restenosi. Les dades existents fins ara semblen demostrar que la solució té molt èxit, atès que el casos de restenosi semblen haver baixat des del 20-30% fins a valors per sota del 10%.

Els primers stents metàl·lics van ser fets d'acer inoxidable. La malla es talla, en general amb tecnologia làser a partir d'un tub cilíndric del metall de partida. S'evita així que en la malla metàl·lica hi hagin parts més gruixudes (entrecreuaments dels fils metàl·lics) que d'altres, el que inhomogeneïtzaria encara més el flux de la sang, i, a més, afavoriria la formació de coàguls en les regions més gruixudes. Posteriorment s'han fabricat stents de l'aliatge de crom-cobalt. Aquests stents s'han d'expandir mitjançant un baló d'angioplàstia, de tal manera que un cop col·locat el stent, el baló es desinfla i es retira. Per altra banda, per aplicacions no coronàries, s'han desenvolupat també stents d'aliatge níquel-titani amb memòria de forma. Aquests stents s'expandeixen un cop posicionats només per efecte de la temperatura de 37 °C del cos humà, a causa de la seva propietat de memòria de forma, i no es requereix l'ajut del baló. Actualment s'investiguen stents de plàstic, amb memòria de forma o no, sobretot a base de polímers biodegradables.

Tots aquests avenços, no només en materials sinó amb l'addició de fàrmacs en els "drug-eluting stents", ha fet que es desencadeni un guerra comercial que alguns han anomenat com "Stent Wars", amb multitud de costoses disputes legals i en relació sobretot a patents. Un mercat creixent per sobre dels 5000 milions de dòlars l'any explica l'actual lluita entre fabricants competidors. L'èxit i la simplicitat del procediment indiquen que la utilització de stents i sobretot dels "drug eluting stents" no pot fer més que créixer en els propers anys i

no només en aplicacions coronàries, sinó en altres aplicacions cardiovasculars i urològiques. De fet, és també el pacient qui se'n beneficia al simplificar-se el procediment així com les cures posteriors.

MATERIALS DISSENYATS PER A SER APLICATS COM A BIOMATERIALS

Els implants descrits anteriorment estan dissenyats i pensats per persistir en l'organisme. De fet, són implants substitutius. El seu objectiu és exactament substituir una estructura i una funció, i no regenerar. Resulta natural que el procés evolutiu va buscar primer la seva integració de la forma més natural o biològica possible. Per tant, ja a partir de la dècada dels anys 1960 es van començar a buscar materials amb millors prestacions biològiques. Això vol dir que la recerca es va dirigir a buscar i dissenyar biomaterials pròpiament dits per substituir o complementar els materials industrials que fins al moment s'havien adoptat a les exigències de l'entorn biològic. Així es van començar a sintetitzar i dissenyar materials de forma enginyeril que produïssin una resposta biològica desitjada o també una absència de resposta biològica. En aquest sentit cal entendre el desenvolupament de recobriments, tractaments superficials, materials dits bioactius o també materials biodegradables.

Entre els materials ja pensats amb una aplicació per l'àmbit biomèdic, val la pena citar:

Titani

El procés d'extracció comercial del titani va ser desenvolupat per William Kroll al 1932, però no va ser fins al final de la Segona Guerra Mundial que el titani va poder passar de les seves aplicacions militars a usos pacífics. Probablement la idea més trencadora en l'ús clínic del titani la va proporcionar

Branemark amb l'osseointegració dels seus implants dentals. Avui s'utilitza abastament en traumatologia, ortopèdia, maxilofacial i cardiovascular, no només com a metall pur, sinó en els seus aliatges que en milloren les propietats mecàniques sobretot.

Hidroxiapatita i fosfats de calci

La component mineral de l'os correspon a un tipus d'hidroxiapatita. D'aquí l'interès que ha tingut poder-la sintetitzar en el laboratori i industrialment. Es ve utilitzant des de la dècada dels anys 1970, ja sigui en forma de grànuls ceràmics, de pols per recobriments, en estructures ceràmiques poroses o bé en forma de pastes o ciments. La seva bioactivitat i propietats osteoconductores ha fet que s'utilitzi també en compòsits juntament amb diferents matrius polimèriques.

En general molts fosfats de calci tenen característiques osteoconductores i s'han utilitzat en diferents aplicacions. Probablement, el fosfat tricàlcic, per les seves característiques de solubilitat en medi fisiològic, ha estat abastament emprat, ja sigui sol, ja sigui en sistemes com per exemple bifàsics (fosfat tricàlcic / hidroxiapatita). Cal esmentar finalment, l'aparició dels vidres bioactius, en especial els que contenen Si i que han estat motiu de rellevants estudis.

Teflon

Al 1938, el químic Roy Plunkett de l'empresa DuPont va descobrir el politetrafluoretilè, anomenat comercialment Teflon. És un polímer altament inert, però amb propietats mecàniques poc remarcables. Al 1969 Bill Gore va aconseguir espumar el Teflon, i a partir d'aquest material porós s'ha desenvolupat l'empelt vascular sintètic més utilitzat. Aquest material té nombroses aplicacions en cirurgia i en aplicacions biomèdiques.

Poliuretans

Els poliuretans van ser desenvolupats per primer cop a Alemanya al 1937. Les seves característiques permeten sintetitzar tant plàstics durs com elastòmers, així com films flexibles. Ja a finals dels anys 1950 i principis dels anys 1960 es va detectar el seu potencial per aplicacions biomèdiques i de fet es van desenvolupar famílies amb excel·lents propietats mecàniques en medi biològic a 37 °C i també amb excel·lent biocompatibilitat. S'han utilitzat en el cor artificial Jarvik 7 així com en altres aplicacions per contacte amb la sang. Existeix literatura explorant l'ús dels poliuretans en vàlvules cardíaques i en empelts vasculars.

Silicones

Va ser Eugener Rochow de General Electric, qui a principis del anys 1940 va posar a punt la manufactura de les silicones per la seva comercialització, comentant fins i tot la seva baixa toxicitat. Va ser McGregor, qui al 1954 escriu per primer cop sobre el potencial en usos mèdics de les silicones. S'han utilitzat en membranes per diàlisi i diferents tipus de pròtesis, tant ortopèdiques com plàstiques.

Hidrogels

Molts biopolímers naturals, alguns de tipus polisacàrid, tenen característiques d'hidrogel: components de matriu extracel·lular, biofilms bacterians, teixits vius. Tenen capacitat per inflar-se tot guanyant contingut en aigua. Al 1936, científics de l'empresa DuPont van sintetitzar polímers metacrílics dels quals no se'n varen descobrir les propietats d'hidrogels fins a l'any 1960. Les seves propietats de gel clar, elàstic, tou i inflat d'aigua els van conduir amb èxit cap a la indústria de les lents de contacte toves i altres aplicacions biomèdiques. Avui tant els hidrogels naturals com els sintètics troben aplicacions en el

camp de la biomedicina, ja sigui com a implants, lents de contacte o sistemes d'encapsulació.

Polietilen glicol

El polietilen glicol (PEG), i l'òxid de polietilè (PEO) com a forma d'elevat pes molecular, es pot considerar com un hidrogel sobretot quan té les cadenes reticulades. El PEG és avui àmpliament utilitzat en diferents aplicacions biomèdiques. La capacitat del PEG de lligar-se a enzims i proteïnes ofereix un amplíssim ventall d'aplicacions, ja que es pot immobilitzar molt bé sobre diferents superfícies.

Àcid Poli(làctic-glicòlic)

Descobert el polilàctic al 1833, no va ser fins que es va obtenir per polimerització aniònica a principis dels anys 1960, que es va disposar de materials amb propietats mecàniques similars al Dacron. Les seves propietats de biodegradabilitat l'han fet candidat a múltiples aplicacions que inclouen sutures, cirurgia ortopèdica i maxilofacial, alliberament de fàrmacs i bastides per enginyeria tissular entre d'altres. L'àcid poliglicòlic i els seus copolímers d'àcid làctic i glicòlic es van desenvolupar subsequëntment. Les seves aplicacions estan en camps molt similars.

NOVES POSSIBILITATS OBERTES GRÀCIES A LA BIOLOGIA MODERNA I AL DESENVOLUPAMENT DE NOUS MATERIALS

Resulta interessant pensar que mentre la tecnologia electrònica i microelectrònica era ja capaç de produir materials de gran puresa amb superfícies ben dissenyades i amb capacitat de produir microdispositius eficients, en l'àmbit dels biomaterials ens movíem encara amb materials estructurals

industrials amb un control microestructural i superficial dubtós. Al cap i a la fi, probablement tampoc s'entenien gaire bé els fenòmens biològics que es podien produir al interaccionar les cèl·lules amb les superfícies sintètiques. Tanmateix el desenvolupament de la biologia moderna ha estat molt ràpid, i malgrat, potser, no entendre gaire bé encara els fenòmens exactes, si que comprenem que la interacció entre cèl·lules i materials sintètics pot fer reaccionar els receptors de la superfície cel·lular i afectar l'alliberament de factors de creixement o l'expressió gènica de la cèl·lula. Alhora resulta clar, ara que tots aquests fenòmens no venen controlats pel material volúmic com a tal, sinó exclusivament per la seva superfície, i que la modificació superficial i el control de la química i la física de les superfícies esdevé imprescindible per entendre i controlar les interaccions entre les entitats biològiques i les superfícies sintètiques dels biomaterials.

La Medicina Regenerativa que busca no substituir, sinó regenerar, sent l'Enginyeria Tissular una de les eines fonamentals per aquesta finalitat, requereix substrats materials per les cèl·lules que han de portar a terme la regeneració buscada. És aquí on els nous biomaterials amb superfícies específicament dissenyades hauran de controlar l'activitat biològica i idealment biodegradar-se al cap d'un cert temps. L'adhesió de proteïnes i la funcionalització de superfícies acaben sent elements bàsics del procés. De tota manera, cal resoldre aspectes fonamentals associats a la fabricació de les estructures i les superfícies, que per la naturalesa pròpia de les proteïnes i determinades entitats biològiques, hauran d'estar nanoestructurades. En aquest sentit, l'aproximació a la Medicina Regenerativa i a l'Enginyeria Tissular és convenient fer-la amb l'ajut de les eines de la Nanotecnologia. Finalment, un aspecte a resoldre que en el cas dels materials inerts resulta poc rellevant però que és imprescindible en la present aproximació, és l'esterilització dels substrats. En el moment en que les superfícies es funcionalitzin amb proteïnes, enzims ò en general qualsevol macromolècula, l'imprescindible procés

d'esterilització no haurà d'introduir modificacions en les propietats del conjunt.

EL FUTUR DELS BIOMATERIALS

Recentment, a l'any 2005, s'ha fet un estudi per part de la "Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI)" amb la "Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitària" (FENIN) i que s'ha titulat "El futuro de los Biomateriales" Aquest estudi té un horitzó de 15 anys i pretén servir de material de reflexió per tots aquells que des de diferents àmbits treballen en el desenvolupament de la innovació tecnològica en el sector dels Biomaterials. Per tal de contextualitzar l'estudi, aquest aporta una sèrie de dades que convé revisar aquí. Així, quan es considera el sistema sanitari europeu, s'ha de preveure que el nombre d'adults jubilats augmentarà en un 50% cap al 2025, arribant a una mitjana superior al 30% de ciutadans amb una edat superior als 60 anys, i un esperança de vida molt superior, probablement per sobre dels 90 anys. En aquesta situació els possibles beneficis que poden aportar els Biomaterials reduint la càrrega creixent de costos del sistema sanitari, resulten primordials. Actualment hi ha desenvolupats uns 2700 tipus de dispositius mèdics que es consideren com a Biomaterials. S'estima que als USA s'implanten uns 3 milions de pròtesis a l'any, generant un mercat superior als 100 milions de dòlars. A Europa s'implanten unes 40.000 pròtesis cardíaques i 275.000 pròtesis de maluc, sent la fabricació pròpia europea només del 15%. Es pronostica que l'augment de l'ús de pròtesis creixerà a un ritme del 6% anual, amb un augment dels costos associats del 10%.

Europa, en el seu conjunt, dedica al voltant del 8,6% del seu PNB al sector Salut, en front del 13,9% que dediquen els Estats Units. D'aquest percentatge, el 6,37% representa la despesa en tecnologia mèdica europea, en front del 5,1% americà. Les últimes dades disponibles, corresponents als anys 2002/2003, valoren la tecnologia mèdica europea al voltant dels

55,2 bilions d'euros. Alemanya és el país líder amb una quota de mercat del 34,4%, seguit de França amb un 16,3%. Espanya té una quota de mercat de les tecnologies sanitàries de al voltant del 5,4% a Europa.

El mercat mundial de la tecnologia sanitària es va estimar en més de 184 bilions d'euros l'any 2002. El mercat europeu de la tecnologia sanitària representa al voltant del 30% del mercat mundial, precedit per Estats Units amb el 43% (79 bilions d'euros) i seguit del Japó amb l'11% (20 bilions d'euros).

Dintre de les àrees més especialitzades, el mercat ortopèdic mundial es situava en uns 8 bilions d'euros, amb una taxa de creixement del 5-7% anual, dintre del qual els implants de maluc ocupen un 30% d'aquest segment. El mercat de tractament de ferides supera els 10 bilions d'euros anuals, dels quals els tractaments de lesions greus representen quasi el 40%. Les aplicacions vasculars representen 3 bilions d'euros i la reparació de teixits, excloent les aplicacions ortopèdiques i cardiovasculars, s'estimen en uns 4 bilions d'euros.

Malgrat el domini dels Estats Units, Europa compta amb un sector dels Biomaterials fort, especialment en enginyeria tissular i està ben assentat per seguir amb la seva expansió en el mercat.

Entre les conclusions que presenta l'esmentat estudi val la pena recollir-ne unes quantes, doncs aquestes representen els camins que amb molta probabilitat seguiran en la seva evolució futura els diferents Biomaterials. Així s'afirma que amb una probabilitat força elevada, entre el 2009 i el 2014, el desenvolupament de les tecnologies emprades en l'enginyeria tissular permetran la reparació i regeneració de teixits i fins i tot òrgans. Això farà que entre el 2009 i el 2019, la disponibilitat d'aquest tipus d'implants obtinguts per enginyeria de teixits, porti a haver de modificar significativament les actuals tècniques quirúrgiques fortament invasives, per altres de menys intensament invasives. Probablement en un futur indefinit, i

que pot anar més enllà del 2020, es podran implantar sistemes amb electròdes i microxips intel·ligents que permetran controlar malalties refractaries a la medicació crònica, com ara parkinson, epilèpsia, transtorns convulsius o dolor. Així mateix, entre el 2009 i el 2014 ha de començar a haver-hi sistemes implantables per la dispensació de fàrmacs per als tractaments de llarga durada que tindran una resposta adaptativa del material emprat. Finalment, a partir d'ara i sense dubte, en el període 2009-2014, les Nanotecnologies associades a la Biologia Cel·lular i Molecular i a les Tecnologies de la Informació i les Comunicacions (TIC) convergiran per produir futurs desenvolupaments en el camp dels Biomaterials.

Un estudi similar portat a terme pels mateixos actors i titulat "El futuro de la cirugía mínimamente invasiva" demostra que l'evolució d'aquest tipus de tècniques quirúrgiques requereix que els implants i els biomaterials disponibles siguin idonis per la seva aplicació. Així doncs, sembla que una tecnologia estirarà a l'altre i això farà que en un horitzó de 10 a 15 anys un bon nombre d'implants hagin canviat substancialment i que les tècniques actual per implantar-los hagi també evolucionat significativament cap a tècniques quirúrgiques diferents a les actuals.

5. LA DIVERSITAT CIENTÍFICA I TECNOLÒGICA. ELS SEUS EFECTES EN L'ÀMBIT DE LA SALUT

"El problema del nostre temps és que el futur ja no és el que acostumava a ser" (Paul Valéry)

Quan mirem enrera i veiem l'evolució de la humanitat resulta sorprenent apreciar com els canvis s'han accelerat al llarg dels últims anys i no sembla que de moment hi hagi signes d'estabilització. Si considerem els últims 40.000 anys de la història de la humanitat, que venen a correspondre a l'aparició de l'*homo sapiens* i a la desaparició del *neandertalensis*, i els dividim en generacions humanes de 25 anys, trobem que aquest període correspon a 1600 generacions. De totes elles, les 1200 primeres, la humanitat les ha viscut en cavernes, i només en les 160 últimes ha estat possible la comunicació escrita. De fet la primera gran revolució del coneixement, és a dir, la comunicació mitjançant lletra impresa, té lloc fa només 22 generacions. En les últimes 10 s'ha pogut mesurar el temps amb precisió, en les 5 darreres hem tingut motors elèctrics i només ha estat en les dues últimes generacions humanes que s'han desenvolupat la majoria de bens materials que emprem en la nostra vida diària i que en molts casos se'ns han convertit en imprescindibles. Aquestes dades tan simples ens mostren l'accelerat ritme evolutiu dels nostres avenços tecnològics que venen a alterar substancialment la forma de vida humana. La primera gran revolució del coneixement, després de l'escriptura pròpiament dita, va venir amb l'invent de la impressió amb caràcters mòbils per part de Guttemberg ara fa uns 550 anys. La segona l'estem vivint actualment amb les noves tecnologies de les comunicacions i de la informació. Els ordinadors, Internet i la telefonia mòbil posats a l'abast de la població, representen el més gran avenç possible en la història de la humanitat en quant a possibilitats de compartir, transmetre i accedir a tota mena de informació de manera quasi instantània. Abans, en el temps de les fotocòpies i fins i tot del fax, accedir a un llibre o un article científic o altra informació, podia representar temps de dies i fins i tot setmanes. Avui, l'accés és immediat a quasi tota mena

de informació a través d'Internet. Aquesta revolució probablement no era esperada en la dimensió que realment està tenint. La literatura de Ciència Ficció, malgrat preveure la utilització d'ordinadors i sistemes de comunicació, en cap moment va descriure una situació com la que vivim i que encara no sabem ben bé cap on ens portarà.

En aquest punt i abans de seguir endavant, voldria fer un comentari que resulta obvi per un investigador del camp dels materials. Cal recordar que tots els grans avenços científics i tecnològics en la història de la humanitat han estat lligats al desenvolupament d'un o mes materials. Així, els àrabs van ser els qui van portar el paper a Europa des de la Xina, construint el primer molí per fabricar paper a València el segle XV. Ha estat el desenvolupament de la tecnologia del silici i d'altres semiconductors el que ha permès el desenvolupament de les noves tecnologies de la informació i les comunicacions. El paper que juguen els materials dels quals disposa la humanitat per desenvolupar la seva tecnologia fa senzillament que certes idees o dissenys es puguin realitzar o no. Caldrà recuperar aquesta idea més endavant, al parlar dels materials en medicina.

Hi ha dades objectives que permeten veure com una acceleració en molts àmbits sembla portar el món actual a un ritme desenfrenat que posa seriosos dubtes en relació al seu futur a mig termini i en particular a la seva sostenibilitat. Si es considera l'energia consumida per la humanitat en unitats de milions de tones de carbó cremades al llarg dels últims 2000 anys, es pot avaluar que la meitat d'aquest consum ha tingut lloc al llarg dels últims 100 anys, i evidentment no de forma lineal al llarg d'aquest període. No cal aquí, insistir en les preocupacions relaciones amb les reserves d'energies fòssils i l'efecte hivernacle que la seva combustió provoquen.

L'any 1850, només 4 ciutats al món superaven el milió d'habitants. Al 1900 eren 19 les que superaven aquesta xifra, i al 1960 ja n'eren 141 les ciutats que superaven aquesta població. Als anys 70 la taxa de creixement de població urbana al món era

del 6.5%, el que equival a doblar la població en 11 anys. En l'actualitat la població del món augmenta (naixements menys defuncions) en 250.000 habitants al dia. S'espera que cap al 2050 la població de la Terra assoleixi els 10.000 milions d'habitants. A partir d'aquí els futuròlegs esperen que la taxa de creixement minvi sensiblement i que la població mundial es pugui estabilitzar cap els 12.000 milions d'habitants. Aquest creixement comporta fortes demandes d'elements clau per a la vida, i creen problemes en àmbits ben coneguts, com ara: medi ambient i contaminació, manca d'aliments, manca d'aigua, demandes mèdiques de qualitat de vida per una població que envelleix en mitjana, etc. Aquest últim resulta clau per la qüestió que ens ocupa i que és l'efecte del desenvolupament científic i tecnològic sobre els sistemes d'atenció sanitària i de la medicina sobre la població.

És característic de la Història de la humanitat la interconnexió entre diferents àmbits científics, artístics i socials. En aquest sentit la complexitat del coneixement és enorme. Com a exemple podríem dir que la religió afecta a la filosofia, la filosofia afecta a la ciència, la ciència afecta a la tecnologia i a l'art, la tecnologia afecta a la demografia, la demografia afecta als comportaments socials i aquests afecten a la religió i a la política. I tot això ho podríem considerar tot plegat com un tot o considerar-ho en l'ordre contrari. Podem dir que l'entramat dels avenços i del coneixement són de gran complexitat, i es fa quasi impossible establir correlacions lineals simples. En el cas concret de la present conferència podem veure com els avenços en materials fan avançar la tecnologia en general i aquesta fa avançar la medicina i la cirurgia. Tot està relacionat.

Així, en el moment actual, en que la biologia ha fet avanços espectaculars al comptar amb tecnologies que han permès portar a terme estudis a nivell cel·lular i molecular, la biologia per la seva part fecundarà sens dubte tots els altres camps del coneixement. Cap on conduirà l'actual situació, és difícil de veure, considerant que la complexitat actual i la velocitat a que tenen lloc els esdeveniments són molt elevats. Això fa que

qualsevol predicció sigui molt arriscada. Tornant enrera, estarem d'acord que la humanitat evoluciona com un tot, entenent que l'art existent en una època està d'acord amb la ciència del moment, el desenvolupament social o fins i tot la política o les guerres del moment. La ràpida evolució dels últims decennis de la Història de la humanitat ve, tanmateix, lligada a un ràpid avanç científic i tecnològic, que alhora significa una nova situació de relacions econòmiques i en conseqüència socials. Resulta força evident que el que s'anomena globalització seria impossible sense els sistemes de transport i de comunicació actuals. No podríem parlar de globalització si la informació viatgés a cavall o en galera. Es podrà discutir si la globalització beneficia els països més rics, o les economies més riques, o si hi hauria d'haver mesures de protecció, però la realitat és que avui és possible anar a la Xina o al Japó en qüestió d'hores, mentre Marco Polo i posteriorment els comerciants o les caravanes de la ruta de la seda ho feien en setmanes. Així mateix, ara es pot parlar amb i veure en temps real persones a la Xina o als Estats Units. Això mai abans havia estat possible. Per tant, cada cop és més fàcil veure que tota la humanitat està en un mateix món. Hem arribat fins aquí perquè el sistema de relacions socials i econòmiques ha estat el que finalment s'ha imposat, i que probablement és inherent a la naturalesa humana. No és l'objectiu d'aquesta conferència reflexionar sobre la naturalesa humana. Intentaré però, desenvolupar l'argument anterior relatiu a les raons i mecanismes que ens han portat fins a la situació actual.

El sistema econòmic i social del qual la humanitat s'ha dotat al llarg de la Història es basa en el creixement econòmic. Si mirem les taxes de creixement econòmic espanyoles en aquest últims anys, veurem que han estat al voltant del 3% anual del PIB. Això vol dir que cada 33 anys es dobla la producció de bens i serveis. En altres paraules, durant una vida laboral de 65 anys, un individu veuria com la producció de bens i serveis es multiplica per quatre. En cent anys, quatre generacions de 25, la producció de bens i serveis s'hauria

multiplicat per vuit. No cal dir que hi ha hagut moments a Europa i Estats Units en que les taxes de creixement han estat superiors, com ara les actuals de la Xina i de certs països de l'Orient Llunyà, que arriben al 10% anual. Taxes sostingudes de creixement com aquestes doblarien la producció de bens i serveis en terminis d'entre set i deu anys. Això significa que l'entorn material, laboral, social i econòmic d'un individu pot variar radicalment al llarg de la seva vida. Cal recordar que aquest entorn material ho abasta tot, i per citar alguns aspectes pensarem immediatament en alimentació, transport, bens industrials i llocs de treball associat, i naturalment atenció mèdica. Encara més, aquest entorn resulta significativament diferent de pares a fills. Els que ja no som tan joves hem sentit a dir, i potser fins i tot hem dit algun cop, que els joves d'avui dia ho tenen tot, i de fet als de la nostra generació també ens ho deien. Això vol dir que la disponibilitat i possibilitat d'elecció de joguines, roba, aliments, i altres articles ha crescut de forma extraordinària. En una comparació de quaranta o cinquanta anys la diferència resulta abismal. Aquesta creixent disponibilitat de productes i de consum de productes afecta a la capacitat d'adaptació dels individus. Mai abans en la Història humana havia succeït quelcom així. Mai les condicions materials entre pares i fills havien estat tant diferents com en el últims 50 o 60 anys. Com a comparació, pensem que probablement l'evolució de les condicions de vida d'un sabater des de l'Edat Mitjana fins a la revolució industrial van ser relativament similars. La vida d'un pare sabater i la vida d'un fill sabater devien ser molt similars. Les eines que tenien a la seva disposició probablement no variaven gaire i els materials a la seva disposició tampoc. Mentre utilitzaven pell adobada, cuiro, fusta, teixits i claus, no disposaven de soles de plàstic o de goma, adhesius i altres materials com ara. Tot i sent l'actual indústria del calçat tradicional força artesanal, veiem que les eines i els materials a la seva disposició també han evolucionat dramàticament al llarg de l'últim segle. El mateix es podria dir per la majoria d'activitats econòmiques. Malgrat una lenta evolució de la tecnologia, en general els temps eren llargs i

l'adaptació més fàcil. Per altra banda, el fet que les condicions de vida de pares i fills fos molt similar, ens porta a entendre que aquesta era una condició de manca de creixement econòmic, o de creixement econòmic molt lent. Això és el que vindria a ser una societat sostenible. Malgrat que els defensors de la sostenibilitat pretenen conjugar-la amb creixement econòmic, ara com ara em sembla que són conceptes contradictoris. Un planeta sostenible sembla contradictori amb el creixement econòmic que comporta creixement demogràfic, exhauriment de recursos naturals, finita disponibilitat d'aigua al planeta, etc. De fet, tot sembla donar bona part de raó als que afirmen que sense sostenibilitat, el futur del planeta està compromès. Però de nou, aquest és un argument que queda fora de l'àmbit d'aquesta conferència i que no podem seguir.

Aquest enorme creixement econòmic, aquesta millora de condicions materials de vida, aquests canvis radicals en la forma de vida de les societats desenvolupades, contrasten amb les condicions de vida humana en altres punts del planeta. Així, no deixa de sorprendre'ns la dada que dels més de sis mil milions d'habitants de la Terra en l'actualitat, la meitat no ha utilitzat mai un telèfon ni mai en la seva vida l'utilitzarà. Només aquesta dada ja ens pot fer entreveure que aquestes enormes diferències comportaran necessitats per cobrir, també, molt diferents, així com demandes de la població molt diferents. Des del punt de vista del consum, certes demandes es poden anar igualant de forma molt ràpida, per l'efecte globalitzant dels departaments de marketing de les grans multinacionals a través dels mitjans de comunicació de tota mena. Així, les demandes de marques de refrescos, de roba i de calçat de marca, o bé fins i tot d'automòbils, poden arribar a ser les mateixes a tot el planeta. L'esmentada globalització ve a donar resposta a aquesta qüestió, i avui, un centre comercial a Kuala Lumpur s'assembla molt a un centre comercial a Barcelona o a Minneapolis: les mateixes botigues de les mateixes cadenes i les mateixes marques comercials. En canvi, no sembla que els serveis socials, i en particular l'atenció

sanitària, es puguin globalitzar a la mateixa velocitat. De fet, les primeres venen regulades per les lleis del mercat, mentre que les segones són fortament depenents de les polítiques i les economies dels estats. Per tant, l'aplicació de polítiques mediambientals, de salut pública, de control de la natalitat i d'altres costaran molt més. D'aquí que calgui reflexionar al voltant de les idees entre d'altres de George Soros i de James Galbraith, en el sentit que el paper dels Estats és encara primordial i s'hauria de reforçar en front de la pressió del mercat, considerant que aquest tipus de polítiques no es poden deixar en mans del lliure mercat.

Per altra banda, cal també reflexionar en relació a les enormes dependències tecnològiques de les societats riques i desenvolupades. Només cal imaginar què seria de nosaltres sense electricitat i aigua corrent i, d'aquí a molt poc, sense ordinadors (pensem que passa quan cau la xarxa a l'aeroport o quan cau un dissabte al matí i no es poden fer servir les targes de crèdit en els centres comercials). En relació a les targetes de crèdit, resulta fàcil entendre que els bancs ja tenen un perfil acurat dels seus clients, doncs a través d'elles saben en què es gasten la nòmina els seus clients. La dependència d'Internet sembla créixer també per moments, i Google guarda informació de tots els servidors de pàgines web que visitem. L'efecte d'Internet té altres conseqüències, com ara el fet que cada cop més els estudiants confien en trobar-hi la informació que necessiten, sovint, fins i tot, deixant de banda llibres i biblioteques. Per altra banda, considerant també els avantatges d'Internet, les diferències poden arribar a ser preocupants: l'accés a Internet podria arribar a ser un factor de marginació. En el cas de l'atenció sanitària resulta evident que la complexitat tecnològica associada als hospitals moderns els fa depenents de tot plegat: electricitat, aigua corrent, sistemes informàtics i altres subministres més sofisticats, com ara heli líquid en el cas d'aparells de ressonància magnètica.

Per arribar al punt on som actualment, es pot ben dir que ha fet falta mobilitzar grans esforços humans i materials.

Podem afirmar que mai com ara, en tota la Història de la Humanitat, han existit tants científics i tecnòlegs treballant a l'hora en el benestar de la humanitat. Aquest gran nombre creixent de científics i tecnòlegs és un element primordial de l'acceleració abans esmentada. De fet, un indicador de l'estat de desenvolupament d'un país es pot donar pel nombre de científics i tecnòlegs per cada mil habitants. Aquest és un apartat en el qual Espanya ha millorat darrerament i en té entre 6 i 8 segons com es compti, que correspon a potser tres quartes parts de la mitjana dels països científicament i tecnològica avançats. És a partir de la revolució industrial que comença a augmentar aquest nombre de científics i tecnòlegs a les nostres societats i, que el canvi global dels últims dos o tres segles està associat al paper protagonista que passen a tenir la Ciència i sobretot la Tecnologia. Aquests científics i tecnòlegs no s'ocupen només de investigar, sinó que la seva funció més important és la de desenvolupar productes que contribueixen al creixement econòmic de la societat. De fet, com veurem una mica més endavant, per multiplicar l'oferta de bens i serveis, per disposar de major oferta de roba, calçat, aliments, entreteniment, etc., fa falta innovar en productes i processos, i aquí precisament, en cadenes de producció, en departaments de qualitat, en oficines de disseny, d'innovació i desenvolupament, és on es troben treballant tots aquests científics i tecnòlegs. Per poc que ens fixem, al nostre voltant veurem la millora de certs productes: les bosses de patates fregides han passat del paper encerat que quedava en poc temps greixós i les patates s'humitejaven ràpidament, a ser multicapes de plàstic i alumini per evitar que s'humitegin les patates, per permetre la impressió de la marca i propaganda, i per permetre tancar la bossa hermèticament mitjançant temperatura. Aquest prodigi de la tecnologia que es converteix en escombraries un cop oberta la bossa i que agredeix al mediambient per les dificultats que té reciclar una bossa com aquesta, ha requerit multitud de científics i tecnòlegs desenvolupant els materials i els processos i els dissenys. Exemples com aquest en podem trobar multitud en diferents sectors: alimentació, tèxtil, automoció, cosmètica,

productes sanitaris, etc. És doncs, aquest elevat nombre de científics i tecnòlegs, que en les societats desenvolupades treballen en la creació, desenvolupament i innovació de nous productes, el que fa que aquestes societats creixin econòmicament, tot estimulant el consum, intern i extern, de bens i serveis. Però falta aquí l'element temporal. Tots aquest bens i serveis tenen una temporalitat, no són permanents. No només les necessitats del mercat, però també l'evolució científica i tecnològica fa que el canvi sigui constant. Tots hem sentit algun cop que quan una empresa d'automòbils treu un model al mercat, ja està preparant el següent, o quasi el té apunt per al cap de tres o quatre anys. Per tant, la idea de canvi és consubstancial al tipus de societat que vivim i això, de retruc, afecta als propis científics i tecnòlegs que, tot introduint canvis en els productes i serveis, han de canviar amb ells.

Quan es parla de canvi constant, vol dir que hi ha manca de permanència i això significa que vivim en la transitorietat. En aquest sentit entenem també que una societat industrial que manté la seva activitat econòmica gràcies al consum, necessita la transitorietat dels productes. Transitorietat que està associada al fet que els productes tenen una vida en servei finita, i a que la millora tecnològica i la innovació fan que els productes esdevinguin obsolets. Tot això deixant de banda la moda com a motor del consum. Aquests mateixos fets de la transitorietat i de la innovació requereixen que exercits sencers de científics i tecnòlegs vagin introduint millores incrementals i successives als productes industrials, que d'altra banda tindran cada cop una vida o una permanència més curta en el mercat. Com que molts dels productes són altament sofisticats, també els requeriments d'especialització dels tècnics que els desenvolupen són altament exigents.

Resulta interessant considerar les idees que Alvin Toffler proposava cap als anys 70 del segle passat. Al concepte de transitorietat hi hem d'associar, per altra banda, el concepte de novetat. Els avenços tecnològics que permeten l'arribada

constant de nous productes de consum i la pròpia innovació que amb tanta fe i seguretat postulen els entesos en creixement econòmic, fan que el canvi comporti la novetat. I la novetat no està només en els productes materials, sinó que afecta a comportaments i costums socials. Així, als jocs col·lectius dels infants al carrer hem passat a que el seu entreteniment estigui en la solitud en front d'una pantalla de televisió, ja sigui veient "vídeos" o bé jugant amb un joc electrònic. Hem passat de la diversió col·lectiva a la tremenda solitud de la cambra de l'infant, dotada en molts casos de sofisticats equips electrònics. En el cas dels adults es pot dir que hem passat del gaudi de la conversa i el debat i fins i tot de la discussió, al silenci davant de les imatges de la pantalla de televisió. Hem passat de la comunicació oral o escrita a la comunicació electrònica en missatges de mòbil escrits en una llengua pràctica però diferent. Algunes d'aquestes novetats les tenim pràcticament assumides, mentre que d'altres encara farà falta temps i la irrupció de noves innovacions per a acceptar-les. I és clar, amb la transitorietat i la novetat tenim associada la diversitat. La diversitat en l'àmbit dels productes i el consum s'ha d'entendre com l'enorme quantitat de variacions que troben a l'entorn d'un mateix producte. No només als gustos, colors, textures, quantitats o racions que podem trobar en el prestatge d'un supermercat per una marca de iogurt determinada, sinó als diferents models d'un mateix fabricant de DVD's, en funció de la seva sofisticació de funcions electròniques. Aquesta diversitat de productes en el mercat també té influències directes en el mercat de treball, en l'educació, i en general, en comportaments socials. Resulta interessant observar com la tecnologia ens porta cap a una creixent diversitat de bens, objectes i productes, en certa manera de forma similar com passa en el món viu, governat per la teoria de l'evolució. George Basalla realitza una anàlisi molt interessant sobre l'evolució de la tecnologia i, en ella, proposa que aquesta evoluciona de forma semblant a com ho fan els éssers vius. Mentre els propis humans, seguint el patró biològic, construeixen un món amb creixent diversitat tecnològica i de productes artificials, en canvi persisteixen

arrelats els sentiments identitaris, refractaris a acceptar la diversitat, amb prejudicis, fanatismes i creences que es contradiuen frontalment amb la pròpia actitud curiosa i de preguntar-se sobre el que ens envolta, tan característica de l'espècie humana. Això ens portaria de nou a analitzar la naturalesa humana, i aquest no és l'objectiu de la present conferència.

En aquest punt, cal dir però, que hi ha un diferència abismal de ritmes entre l'evolució biològica i l'evolució tecnològica. Per una banda s'ha de considerar el temps biològic que viuen els individus, del qual la part que correspondria a la "concepció", naixement i creixement seria homòleg al temps de fabricació dels bens tecnològics o creats pels humans. Pel cas dels éssers vius aquest temps és variable i en general és més curt quan més petit l'animal. Els microorganismes i els insectes arriben a una fase "adulta" amb molt poc temps. En canvi, a mesura que els animals són més grans, aquest temps creix. Per un conill són uns quants mesos, temps més llargs per un gos, i hem de parlar de molts mesos o alguns anys perquè un vedell es transformi en un bou adult. En el cas de l'home, la plenitud física s'assoleix cap als 18 o 20 anys, mentre que la maduresa com a adult, sobretot amb l'increment temporal dels processos educatius representa temps mai inferiors a 20 anys. Pel que fa als productes industrials tenim també una gran varietat, malgrat que molt diferent a la dels éssers vius. Així, mentre hi ha màquines que poden fabricar 200 o 300 cargols per minut, la fabricació d'un automòbil pot representar hores o fins i tot dies. Un avió representa temps encara més llargs. La gran diferència rau en el fet que l'objecte, un cop construït i posat al mercat, pot entrar en servei de forma immediata, i donar servei durant una vida determinada abans de començar a requerir reparacions, recanvis i finalment la retirada a la deixalleria. En canvi, en el cas de l'humà, quan aquest "entra en servei", ja porta com a mínim 16 anys de creixement, i si és universitari, entre 21 i 25 en els casos més normals. La vida en servei també és pretesament llarga ja que arriba fins als 65 anys. La fase de

"reparacions" o "avaries" es pot començar a produir al llarg de la pròpia "vida en servei". Utilitzo aquesta imatge mecanicista de la vida humana amb tota premeditació, doncs el que estic fent és portar a l'extrem la visió de l'ésser humà que s'inicia amb Descartes, que separa el cos del qual proposa precisament una visió mecanicista, de l'ànima, que si bé està associada al cos, no en forma part. Aquesta visió ha afectat, i de fet afecta, a la nostra medicina dita occidental. Altres medicines adopten visions diferents i sens dubte la seva evolució, per tant, ha estat radicalment diferent. Aquest punt de vista que adopten la nostra medicina i la nostra cirurgia actuals justifica que entenguem el nostre organisme com format per un conjunt de parts de tal manera que si una d'elles falla, la podrem reparar i fins i tot substituir com si fos una peça de maquinaria. El diagnòstic busca trobar allò que falla per posar-hi remei. La solució del problema s'escomet detectant i reparant o substituint la part danyada. La solució no busca ser global i rarament es busquen relacions causa-efecte molt allunyades com passa amb altres tipus de medicines, ja siguin orientals o alternatives. De fet, l'objectiu de la present dissertació no és altra que intentar entendre com ha intervingut la Ciència i la Tecnologia dels materials en l'evolució dels implants i de la cirurgia en general, aplicant específicament aquest tipus de visió mecanicista de fonament cartesià.

Voldria ara constatar que l'altre aspecte en la diferència de ritmes evolutius està relacionat amb el fet que el propi procés d'evolució i selecció és molt més lent en el cas biològic que en el cas tecnològic. Malgrat que si mirem l'equipament d'una cuina dels anys 60 i una actual ens hi reconeixeríem perfectament en una i altra, atès que no trobaríem gaires diferències conceptuals pel que fa al forn, als fogons, a la torradora, a la màquina de rentar plats, etc.; potser si que hi hauria algun objecte nou com el forn microones, però en general, deixant de banda el disseny, els conceptes serien els mateixos. Així doncs, arribem a la conclusió que en un cert nombre de casos el concepte d'eina és el mateix, però el seu disseny i el seu aspecte extern evoluciona

ràpidament. Així, malgrat que el concepte d'automòbil ha estat entre nosaltres durant més d'un segle, la seva evolució ha estat força ràpida, i actualment un model es renova amb una periodicitat de tres o quatre anys segons model i marca. Aquest és un ritme sens dubte molt accelerat en relació al biològic, on no som conscients de mutacions importants en períodes de temps que pensem que estan en l'escala de les desenes de milers d'anys. Aquest és un altre punt que no voldria deixar d'esmentar. Com a espècie som molt recents: hem parlat de 1600 generacions d'homo sapiens i potser 4000 o 5000 generacions des dels primers homínids. En termes biològics això són molt poques generacions si ens comparem a altres formes de vida com ara els microorganismes o bé els insectes. Probablement, si els humans ens ho permetem, el potencial per l'evolució és encara gran.

Arribats a aquest punt, estem en condicions d'acceptar que l'ésser tecnològic que és l'home ha construït un món d'objectes artificials que en certa manera han millorat les seves condicions de vida, al disposar de tot un seguit d'instruments que el fan dependre tant de l'entorn natural com de l'entorn tecnològic que ell mateix ha creat. Entenent que l'entorn tecnològic abasta tots els aspectes de la vida humana, acceptarem que afecta també al de la cura de la seva salut.

Hem vist com l'evolució científica i tecnològica ens ha permès una espectacular evolució de la medicina i la cirurgia i avui disposem de mitjans per diagnosticar malalties amb gran precisió, per tractar-les i fins i tot per substituir teixits i òrgans malalts mitjançant trasplantaments o mitjançant dispositius fabricats per portar a terme la funció desitjada. Tal com hem vist també, el que ara denominem Medicina Regenerativa, pretén donar al cos els elements necessaris perquè el teixit o l'òrgan malalt es pugui acabar regenerant. L'enginyeria tissular comença a portar remei en aquesta direcció i s'espera que els tractaments amb cèl·lules mare acabin donant la resposta final. Tal com estan plantejades les coses en l'actualitat, sembla que

l'objectiu de la regeneració de parts de l'organisme és possible tal com fan algunes espècies animals. Per altra banda, tenim també a l'horitzó qüestions tal com la possibilitat d'introduir parts robotitzades en el nostre organisme, o bé que un xip implantat en el nostre cos ens permeti accedir a xarxes d'ordinadors, de dades i de comunicació fins ara no somiades. Aquest és un panorama espectacular i sens dubte increïble, que comporta però, la necessitat de reflexionar abastament al voltant de les qüestions que planteja. Mentre a nivell individual l'allargament de la vida amb una bona qualitat i la disponibilitat de nous recursos físics i intel·lectuals semblen dibuixar un futur magnífic per a l'espècie humana, ens hauríem de fer tot un segui de preguntes a nivell social. Ens hauríem de preguntar si tota aquesta tecnologia estarà a l'abast de tothom. Així mateix, l'expectativa de vida augmentarà radicalment, i de l'expectativa de vida dels nou nats actuals a Catalunya, que pot estar al voltant del cent anys, podem passar a cent cinquanta o més. Hauríem d'analitzar l'efecte sobre la població total del planeta, sobre les relacions socials, sobre les relacions laborals, sobre l'economia en termes de despeses de pensions i d'atenció sanitària. No obstant, tampoc seria probablement bo fer una anàlisi de tots aquests aspectes amb la visió d'un humà nascut a mitjans del segle passat. Probablement, nous escenaris tecnològics, com ara l'evolució del transport en l'espai, o bé pròpiament noves necessitats tecnològiques ara no previsibles, poden arribar a modificar totalment aquest panorama. No és l'objectiu d'aquesta conferència analitzar tots aquests aspectes. La voluntat d'aquestes reflexions finals és només plantejar que l'evolució dels materials i de la seva tecnologia ens porten, de forma associada a l'evolució de la biologia i de la medicina, a canviar totalment el que pot ser el concepte de vida humana. La responsabilitat com a científics i tecnòlegs que treballem en aquest àmbit és la de seguir avançant, però també és la de plantejar a la societat l'estat de la situació perquè aquesta, democràticament, decideixi el seu futur.

BIBLIOGRAFIA

BASALLA, George, **La evolución de la tecnología**, Editorial Crítica, Barcelona, 1991.

BEINFIELD, Harriet i KORNGOLD, Efrem, **Entre el cielo y la tierra**, Los libros de la liebre de marzo, Barcelona, 1999.

BENNION, Elisabeth, **Antique Medical Instruments**, Sotheby's Publications, Londres, 1979.

CLAESSENS, Michel, **La tècnica contra la democràcia**, Edicions La Campana, Barcelona, 1998.

Editors RATNER, B., HOFFMAN, A.S., SCHOEN, F.J. and LEMONS, J.E., **Biomaterials Science, An Introduction to Materials in Medicine**, Elsevier Academic Press, San Diego, Londres, 2004.

Fundación OPTI, FENIN i Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, **El Futuro de los Biomateriales**, Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A., Madrid, 2004.

Fundación OPTI, FENIN i Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, **El Futuro de la Cirugía Mínimamente Invasiva**, Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A., Madrid, 2004.

HERNÁNDEZ, F. Xavier, **Història de Catalunya**, Rafael Dalmau Editor, Barcelona, 2006.

PORTER, Roy, **Breve historia de la medicina**, Editorial Taurus (Santillana), Madrid, 2003.

SOLÍS, Carlos i SELLÉS, Manuel, **Historia de la ciencia**, Editorial Espasa, Madrid, 2005.

THORWALD, Jürgen, **El siglo de los cirujanos**, Ediciones Destino, Barcelona, 2002.

TOFFLER, Alvin, **Future Shock**, Pan Books, Londres, 1970.

(Patrocinio Unesco), **Historia de la Humanidad**, Editorial Planeta, Barcelona, 1977.

Crónica de la Técnica, Plaza y Janés Editores, Barcelona, 1989.

Pàgines Web:

A Short History Of The Pacemaker
http://www.elecdesign.com/Articles/Index.cfm?AD=1&ArticleID=5950

American Association of Hip and Knee Surgeons (AAHKS)
http://www.aahks.org/

American Academy of Orthopaedic Surgeons
http://orthoinfo.aaos.org/category.cfm?topcategory=Hip

Artificial Heart-Science History Study Guide
http://www.bookrags.com/sciences/sciencehistory/artificial-heart-woi.html

Artificial heart,From Wikipedia, the free encyclopedia
http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_heart

Artificial Heart." How Products are Made. Ed. Stacey L. Blachford. Thomson Gale, 2002. eNotes.com. 2006. 18 Jun, 2006
http://science.enotes.com/how-products-encyclopedia/artificial-heart

Artificial Heart Valve
http://www.bookrags.com/sciences/sciencehistory/artificial-heart-valve-woi.html

Artificial Hip Joints
http://www.biomed.metu.edu.tr/courses/term_papers/artif-hip-joints_ozkan.htm

Artificial Kidney
http://cape.uwaterloo.ca/che100projects/organs/Kidney/kidney.htm

Artificial Organ History: A Selective Timeline
http://echo.gmu.edu/bionics/exhibits.htm

Artificial pacemaker
http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_pacemaker

Arthritis of the Knee - Total Knee Replacement (Arthroplasty) and Other Treatments at HSS
http://www.hss.edu/Conditions/Knee-Injuries-and-Conditions/Knee-Arthritis---Treatment-At-HSS

Bioresponsive Vascular Implants
http://www.public.asu.edu/~smassia/Research2.htm

Breast implant
http://en.wikipedia.org/wiki/Breast_implants
Breast Implants & Augmentation.
http://www.breast-implants-augmentations.com/round_breast_implants.htm

Breast Implant Classification with MR Imaging Correlation
http://radiographics.rsnajnls.org/cgi/content/full/20/3/e1

Breast Procedures; including Reconstructive Surgery, Implants and Other Breast Procedures
http://medpolicy.bluecrossca.com/policies/SURG/breast_procedures.html

Cardiac Valve Replacement Repair
http://www.inova.org/inovapublic.srt/heart/treatment_options/cardiac_valve_repair.html

Dental Implant Therapy
http://www.periodontal.com/html/implants.html

Dr. Willem Kolff's Artificial Heart
http://historytogo.utah.gov/utah_chapters/utah_today/drwillemkolffsartificialheart.html

Early History of VascularGrafts
http://www.biomed.metu.edu.tr/courses/term_papers/BurcuUnal.htm

Electricity and the Heart: A Historical Perspective
http://www.hrsonline.org/ep-history/timeline/1950s/

External Pacemakers
http://www.emedicine.com/emerg/topic699.htm

First Wearable Cardiac Pacemaker, 1957-58
http://www.ieee.org/organizations/history_center/milestones_photos/pacemaker.html

Health Technologies History Part 3 - Bionics
http://www.greatachievements.org/?id=3833

Heart Pacing
http://www.mnhs.org/library/tips/history_topics/88heart.html

Heart Valve Problems
http://www.intelihealth.com/IH/ihtIH/WSIHW000/9339/23659.html

Heart Valve Repair and Replacement

http://www.csmc.edu/2370.html

Heart Valve Repair and Replacement Surgery
http://www.brighamandwomens.org/patient/cardiac_valve.aspx

History (Baxter)
http://www.baxter.com/about_baxter/company_profile/sub/history.html

History of Dental Implants
http://dentalimplants-usa.com/Treatment/Implants/history.html

History of Dental Implants
http://arizonaimplantdentist.com/history_of_implants.htm

History of Dental Treatment
http://ocw.tufts.edu/courses/10/content/243788.pdf

History of Diálisis
http://www.kidneycarepartners.org/dialysis/history.html

History of Pacemakers: Technology Development Through the Decades
http://www.medtronic.com/brady/patient/pacemaker_history.html

History of the BTS (British Transplantation Society)
http://www.bts.org.uk/history.htm

History of Tooth Replacement and Dental Implants and Current Status of Dental Implants
http://medicalservicecorps.amedd.army.mil/leader_development/cgsc_research_papers/moore-history_of_tooth_replacement.doc

History of Total Joint Replacement
http://www.utahhipandknee.com/history.htm

History & Technology- Heart Valve
http://www.carbomedics.com/about_history.asp

Implant Reconstruction History of Dental Implants
http://www.dentalinsurance.co.uk/implants/implant_history.htm

Introduction to Breast Augmentation
http://www.chicagoplasticsurgery.net/breastaugmentation.html

John Hopps who invented the pacemaker
http://ct.essortment.com/johnhoppswhoi_rlou.htm

Kidney Transplantation: Past, Present, and Future
http://www.stanford.edu/dept/HPS/transplant/html/history.html

Loosening of Total Hip Joints
http://www.totaljoints.info/LOOSENINGTOTALJOINTS.htm

Mammary Implants
http://www.cool.co.cr/usr/fournier/mammary.html

Medtronic Hall™ Mechanical Heart Valve
http://www.medtronic.com/cardsurgery/products/medh_history.html

Mentor Core Gel Study - Silicone Gel Breast Implants
http://www.justbreastimplants.com/implants/mentor_core_gel_study.htm

Milestones in developing the artificial heart (USA Today)

http://www.usatoday.com/news/health/2001-07-03-heart-chrono.htm

Our History -Heart Valve
http://www.edwards.com/SharedPages/OurHistory.htm

Pacemaker
http://www.pennhealth.com/ency/article/007070.htm

Pacemaker
http://www.bookrags.com/sciences/sciencehistory/pacemaker-woi.html

Pacemakers
http://www.chfpatients.com/implants/pacemakers.htm

Pacemakers - A Brief History
http://www.thebakken.org/artifacts/pacemakers.htm

Pacemaker Emergencies
http://www.cgi.ualberta.ca/emergency/rounds/files/pacers3.ppt#2

Patient gets first totally implanted artificial heart-CNN.com/Health
http://archives.cnn.com/2001/HEALTH/conditions/07/03/artificial.heart/

Penn State Researcher Gives History Of Artificial Heart Research
http://www.psu.edu/ur/NEWS/news/heartrev.html

Pioneers of Heart Surgery
http://www.pbs.org/wgbh/nova/heart/pioneers.html
Prosthetics
http://www.univie.ac.at/cga/history/prosthetics.html

Smithsonian Program Examines History and Future of Implant Technologies
http://invention.smithsonian.org/pressroom/press_release_detail.aspx?id=405

Technomed Complete Products Catalog
http://www.technomed.net/products-catalogue-Technomed.html

Terumo Cardiovascular Systems
http://www.terumo-cvs.com/about_us/history.asp

The Beat Goes On: A History of Cardiology: Pacemakers
http://www.uihealthcare.com/depts/medmuseum/galleryexhibits/beatgoesonhistory/08pacemakers.html

The early development of dialysis and transplantation
http://renux.dmed.ed.ac.uk/edren/Unitbits/historyweb/HDWorld.html

Thoratec® Corporation
http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=95989&p=irol-history

Timeline - Gore
http://www.gore.com/en_xx/aboutus/timeline/index.html

Travenol artificial kidney, ca. 1963
http://www.cwru.edu/artsci/dittrick/site2/museum/artifacts/group-d/kidney.htm

Uses of the Postoperatively Adjustable Implant in Aesthetic Breast Surgery
http://www.emedicine.com/plastic/topic507.htm

Valves
http://www.uihealthcare.com/depts/medmuseum/galleryexhibits/beatgoesonhistory/07valves.html

Valve Surgery - Past, Present, Future
http://www.clevelandclinic.org/heartcenter/pub/history/future/valve.asp

Willem J. Kolff ,Born Feb 14 1911, Soft Shell Mushroom Shaped Heart Artificial Heart
http://inventors.about.com/gi/dynamic/offsite.htm?site=http://www.invent.org/hall%5Fof%5Ffame/1%5F1%5F6%5Fdetail.asp%3FvInventorID=88

DISCURS DE CONTESTACIÓ
PER L'ACADÈMIC NUMERARI

EXCM. SR. DR. PERE COSTA i BATLLORI

Excel·lentíssim Sr. Degà President.
Excel·lentíssims Senyors Acadèmics.
Senyores i Senyors,

El discurs de contestació que la Reial Acadèmia m'ha encarregat m'obliga a complir dues obligacions fonamentals: la d'exposar els mèrits del nou acadèmic i la de fer una breu glosa sobre el contingut de la seva conferència.

Però, abans de la meva intervenció, vull expressar el meu agraïment a la Junta de
l' Acadèmia i al seu Degà President Dr. Casajuana que m'hagin confiat a mi aquesta tasca que m'omple de joia però també de responsabilitat.

Resumir el currículum vitae del Dr. Josep Anton Planell no és fàcil, però tampoc és difícil. No cal inventar res, sols cal eliminar de la llarga enumeració de mèrits, un bon nombre dels quals farien sobrepassar el temps dedicat a la meva intervenció. I això es el que passo a fer tot seguit.

El Dr. Josep Anton Planell és físic, nascut el 5 de setembre de 1951 i Catedràtic de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica, del Departament de Ciències dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica de la Universitat Politècnica de

Catalunya i Director de l' Institut de Bioenginyeria de Catalunya.

Val a dir que ha estat Director del Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica de la UPC, Director del Centre de Referència en Bioenginyeria de Catalunya, Professor de la Escola d'Enginyeria Civil de la UPC, Ph.D. al Queen Mary Collage de la Universitat de London i Professor Associat de l'Escola de Enginyeria Industrial de la UPC.

La seva àrea majoritària d'investigació han estat els biomaterials.

Deixo en *stand by* altres activitats prèvies que ha desenvolupat a la UPC i a la Universitat de London i que parla 6 idiomes.

Ja he dit abans que no em veia capaç de resumir el currículum del Dr.Planell. Li vaig demanar me l'enviés resumit per correu electrònic, per tal d'elaborar aquest text de resposta, i sols puc dir-los que m'ha costat un cartutx i mig de 20 ml d'*Ink Cartridge*, coneguda també com a tinta d'impressora.

M'ho he pensat bé i he cregut que no cal insistir en les coses que són evidents i, en un quadre que tot seguit exposo, faig un resum de l'enorme tasca desenvolupada pel Dr. Planell, a la vegada que li demano disculpes en primer lloc, i als presents a aquest acte, per mancança d'una capacitat de síntesi que, si la tingués potser podria optar al Nobel.

Segueixo l'estructura del seu currículum i també la seva terminologia anglesa, ja que crec que és un símptoma més de la seva universalitat científica.

Participation in funded research projects	47
Publications (not international)	91
Publications (internationals journals)	173
International books and proceedings	37
Patents	14
Supervised thesis	8
Affiliations	18

Sols m'atreveixo a dir que si quelcom està interessat amb el currículum vitae del Dr. Planell amb molt de gust l'hi enviaré per correu electrònic, amb permís d' ell, naturalment, i es podrà fer una idea de l'enorme aportació que ha fet al tema dels biomaterials, i al que sens dubte seguirà treballant els molts anys que li queden de vida activa, dedicant-se a aquesta problemàtica tan important per la vida humana.

Quant al contingut de l'exposició del Dr. Josep Anton Planell crec que puc dir que la lectura dels tres primers apartats d'aquesta és un resum històric de la medicina de tal magnitud i fàcil enteniment que serien suficients, cosa que l'excel·lentíssim senyor degà mai em permetria, per expressar-li la meva més cordial felicitació i donar per acabada la meva tasca de resposta a la seva intervenció.

Però això no seria correcte i, per tant, seguiré amb la meva exposició si bé, abans m'agradaria fer algun comentari inicial a aquestes tres primeres parts del discurs. Comentaris ben breus:

1. Biomaterial és paraula correcta? Ja se sap que l' *Homo sapiens* sempre deu dubtar i jo, que soc *Homo*, encara que dubti que sigui *sapiens*, sóc un dubitatiu continuat.

2. Per això m'he preguntat, Què vol dir exactament biomaterial? : Vaig a l'Enciclopèdia Catalana, que em mereix molt respecte, i em diu: " Material tolerable i inert per a l'organisme, destinat a ésser utilitzat com a implantació per a substituir un òrgan o un teixit orgànic danyat o emmalaltit". Cap problema, doncs, de lèxic.

3. Em pregunto, per altra part: Hi ha algun dels presents que no porti en el seu organisme quelcom biomaterial?. Per endavant ja responc que no, salvat les excepcions que confirmen la regla.

4. No puc evitar tenir esperit gremialista. L'*Homo sapiens* ha estat més que suficient per estendre les seves patologies infeccioses arreu del món (pobres indis de l' Amèrica Llatina). Els animals salvatges també juguen un paper important (rates, simis, etc), però als animals domèstics, als que criem a les granges, els quals ens mengem amb satisfacció, deixeu-me que els defensi una mica amb dos exemples: el problema de les vaques boges va ser més polític que real i la grip aviària encara no l'hem vista i havia de produir 40 milions de morts. Són, per tant, innocents.

5. I últim, perquè l' Església catòlica, única veritable segons afirma, i l' islam, única religió veritable segons també afirma, sempre (o quasi sempre) van contra l'avenç científic i entre altres coses incomprensibles, com diu el Dr. Planell, es varen oposar reiteradament a l'estudi en cadàvers de cristians o islamites?

I ara entro ja en el tema definit com a "Breu història de la tecnologia dels materials".

No em queda res per comentar, el Dr. Planell se'm va al neolític i ens parla de ceràmiques, metalls, fusta, os, pedra, i segueix amb el vidre de Mesopotàmia, la porcellana de Xina, el cautxú d' Amèrica, l'or, el coure, el ferro, l'acer, el plom, la plata, les aliatges, l'alquímia medieval, el carbó, l'alumini, l'estany, el níquel, el zinc i ara en el temps més proper, del

titani, del zirconi, del silici i per fi dels productes orgànics, plàstics, polímers, els compòsits, etc. etc.

Però cada acadèmic té la seva afecció, i jo no em puc estar de referir-me a la meva. Tot això que tan clarament ens ha exposat el conferenciant, va començar fa 15 mil milions d'anys en la gran explosió del Big Bang que es produí sobre una base que es coneix amb el nom tècnic- popular de sopa constituïda per electrons, fotons, quarks, neutrins, gravitons i glucans, a una temperatura de 10^{16}.

Amb ella s'inicia l' univers que en pocs minuts queda format per un 75% d'hidrogen i un 25 % d'heli per configurar, posteriorment, els astres i entre ells la terra i posar-se en funcionament el fenomen de l'expansió del sistema . D'això fa 5000 milions d'anys i dins aquest període es varen formar els 63 elements coneguts en la taula periòdica de Mendelejew, després modificada por ell i Lothar Meyer per arribar al dia d'avui, quan ja sembla no ens queda res més a descobrir.

Tot això sense esmicolar-nos amb 10^{11} galàxies i 10^{21} estrelles que també es varen formar i fan companyia a la nostra terra en un canvi continuat de formació i extinció d'astres. Per sort n'hi ha una , anomenada sol, a la que devem la nostra existència.

Del nombre de polímers millor no en parlem ja que ens queda escoltar la coral i prendre un cava després d'aquest acte i no voldria que aquest últim perdés la fredor correcta per la seva ingesta a causa del meu error al intentar entrar en un tema en el que sóc totalment inexpert.

Però si que és cert que sols fa 10.000 anys que un simi arborícola que va baixar a la superfície de la terra es va posar dret i va pensar, que faig aquí?. I torna a sortir una de las meves afeccións. Aquest simi, convertit avui en *Homo sapiens*

ens ha donat una magistral lliçó sobre els biomaterials aplicats a cirurgies i odontologies.

Per altre part, la tolerància sempre ha estat un problema en l'ús de biomaterials. Malament si no són tolerats pel nostre exquisit organisme. Però la falta de tolerància es veu que és pròpia de la naturalesa en general i de l'espècie humana en particular, ja que és un concepte que també es pot aplicar a les idees i en elles també és un problema greu, sols cal pensar en alguns polítics i en algunes reaccions en front a gent d'altres races, llengües o religions.

Però sortosament i gràcies a persones com el Dr. Josep Antoni Planell avui anem amb malucs i genolls que amb res s'assemblen a la constitució de l' os amb implants dentals de millor resultat que la dentició genèticament heretada, amb lents intraoculars que ens permeten veure be i molt sovint prescindir de les incòmodes ulleres, amb implants mamaris que milloren l'autoestima que cada dia té mes valor personal, amb ronyons artificials, cors artificials, marcapassos, vàlvules cardíaques, empelts vasculars, i "stents" que milloren la nostre qualitat de vida i l'allarguen fins a límits fa poc temps increïbles.

Quant patiment evitat.! Quanta felicitat obtinguda.! Quanta millora de la qualitat de vida! I cada dia, gràcies a l'esforç de persones com la que avui entra a formar part de la nostra corporació, la tecnologia avança sense que ens sigui possible fixar-li un límit.

Esperem que pugui seguir així els 5 mil milions d'anys (i torna a sortir la meva afecció) que, segons sembla, han de passar abans que el sol hagi consumit tot l' hidrogen que li queda i s'apagui i la nostra galàxia desaparegui com tantes altres en el passat i possiblement tantes altres en el futur i, tant si el temps existeix en realitat o no, la nostra generació i les properes puguin gaudir d' una vida millor, sense patiments i amb la joia de viure, que és el millor objectiu que veritablement

podem assolir mentre ens passegem pel planeta terra. Cal pensar que la matèria de la nostra galàxia tornarà a l'espai interestel·lar i potser servirà per formar altres planetes i, perquè no, altres éssers vius que possiblement algun dia necessitin biomaterials per a dispositius implantables en els seus organismes i intentar millorar la seva vida.

Sols cal que sapiguem encaixar bé la tolerància dels biomaterials, dels agents terapèutics i dels avenços genètics amb la tolerància racial, ideològica i cultural del món actual i futur. La gent com el Dr. Josep Anton Planell es mereixen tot el nostre agraïment per la seva dedicació a aconseguir-ho.

Per altre part, i considerant el caràcter multidisciplinari de la nostra Reial Acadèmia, s'escau senyalar que el tema dels biomaterials per a dispositius implantables és, també, clarament multidisciplinari ja que exigeix la col·laboració, a part del metge (cirurgia, traumatòleg, odontòleg, oftalmòleg, especialista en medicina plàstica i estètica, etc.), de biòlegs, físics, químics, bioquímics, enginyers, farmacèutics, veterinaris i un altre llarg etcètera.

Aquesta col·laboració interdisciplinària es deu a la necessitat d'evitar el rebuig orgànic, d'assegurar la estabilitat, atoxicitat, la resistència adequada, la densitat, el pes, l'absència de corrosió i oxidació, el problema de les adherències bacterianes, etc. etc. en las corresponents pròtesis.

Dr. Planell Estany, el seu discurs, de gran valor tècnic, té i per això el felicito cordialment, un gran valor humà que tots esperem faci patent en la seva futura actuació en la Reial Acadèmia de Doctors que avui el rep amb satisfacció i joia.

Moltes gràcies.

INDEX

INTRODUCCIÓ **7**

1. LA MEDICINA A LA SOCIETAT MODERNA **11**

2. L' ATENCIÓ SANITÀRIA. BREU REVISIÓ DELS FACTORS QUE HI INTERVENEN, A TRAVÉS DE LA HISTÒRIA DE LA MEDICINA I DE LA CIRURGIA **21**
LA MALALTIA 21
ELS METGES 23
EL COS 31
EL LABORATORI 32
LES TERAPIES 37
LA CIRURGIA 41
L'HOSPITAL 53

3. BREU HISTORIA DE LA TECNOLOGIA DELS MATERIALS **59**
INTRODUCCIÓ 59
BREU CRONOLOGIA 61

4. ELS BIOMATERIALS **75**
BREU HISTÒRIA DELS BIOMATERIALS ABANS DE LA SEGONA GUERRA MUNDIAL 75

ELS BIOMATERIALS A PARTIR DE LA SEGONA GUERRA MUNDIAL 81
Les pròtesis de maluc i de genoll 83
Implants dentals 86
Lents intraoculars 87
Implants mamaris 89
El ronyó artificial 92
El cor artificial 94
Marcapassos 96
Vàlvules cardíaques 98
Emplants vasculars 103
"Stents" 105

MATERIALS DISSENYATS PER A SER APLICATS COM A BIOMATERIALS 110
Titani 110
Hidroxiapatita i fosfats de calci 111
Teflon 111

Poliuretans..... 112
Silicones..... 112
Hidrogels..... 112
Polietilen glicol..... 113
Àcid Poli (làctic-glicòlic)..... 113

NOVES POSSIBILITATS OBERTES GRÀCIES A LA BIOLOGIA MODERNA I AL DESENVOLUPAMENT DE NOUS MATERIALS..... 113

EL FUTUR DELS BIOMATERIALS..... 115

6. LA DIVERSITAT CIENTÍFICA I TECNOLÒGICA. ELS SEUS EFECTES EN L'ÀMBIT DE LA SALUT..... 118

BIBLIOGRAFIA..... 133

DISCURS DE CONTESTACIÓ..... 145

NOVES PUBLICACIONS DE LA REIAL ACADÈMIA DE DOCTORS

Directori 1991

Los tejidos tradicionales en las poblaciones pirenaicas (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Eduardo de Aysa Satué, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep A. Plana i Castellví, Doctor en Geografia i Història) 1992.

La tradición jurídica catalana (Conferència magistral de l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Joan Pintó i Ruiz, Doctor en Dret, en la Solemne Sessió d'Apertura de Curs 1992-1993, que fou presidida per SS.MM. el Rei Joan Carles I i la Reina Sofia) 1992.

La identidad étnica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Pou d'Avilés, Doctor en Dret) 1993.

Els laboratoris d'assaig i el mercat interior: Importància i nova concepció (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Pere Miró i Plans, Doctor en Ciències Químiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Simón i Tor, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1993.

Contribución al estudio de las Bacteriemias (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Miquel Marí i Tur, Doctor en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Sr. Manuel Subirana i Cantarell, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1993.

Realitat i futur del tractament de la hipertròfia benigna de pròstata (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia i contestació per l'Excm. Sr. Albert Casellas i Condom, Doctor en Medicina i Cirurgia i President del Col.legi de Metges de Girona) 1994.

La seguridad jurídica en nuestro tiempo. ¿Mito o realidad? (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. José Méndez Pérez, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1994.

La transició demogràfica a Catalunya i a Balears (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Tomàs Vidal i Bendito, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ferrer i Bernard, Doctor en Psicologia) 1994.

L'art d'ensenyar i d'aprendre (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Pau Umbert i Millet, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Agustín Luna Serrano, Doctor en Dret) 1995.

Sessió necrològica en record de l'Excm. Sr. Lluís Dolcet i Boxeres, Doctor en Medicina i Cirurgia i Degà-emèrit de la Reial Acadèmia de Doctors, que morí el 21 de gener de 1994. Enaltiren la seva personalitat els acadèmics de número Excms. Srs. Drs. Ricard Garcia i Vallès, Josep Ma. Simón i Tor i Albert Casellas i Condom. 1995.

La Unió Europea com a creació del geni polític d'Europa (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jordi Garcia-Petit i Pàmies, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Llort i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques) 1995.

La explosión innovadora de los mercados financieros (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Emilio Soldevilla García, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'Excm. Sr. José Méndez Pérez, Doctor en Dret) 1995.

La cultura com a part integrant de l'Olimpisme (Discurs d'ingrés com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Joan Antoni Samaranch i Torelló, Marquès de Samaranch, i contestació per l'Excm. Sr. Jaume Gil Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques) 1995.

Medicina i Tecnologia en el context històric (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Felip Albert Cid i Rafael, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán) 1995.

Els sòlids platònics (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Pilar Bayer i Isant, Doctora en Matemàtiques, i contestació per l'Excm. Sr. Ricard Garcia i Vallès, Doctor en Dret) 1996.

La normalització en Bioquímica Clínica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Xavier Fuentes i Arderiu, Doctor en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Sr. Tomàs Vidal i Bendito, Doctor en Geografia) 1996.

L'entropia en dos finals de segle (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques, i contestació per l'Excm. Sr. Pere Miró i Plans, Doctor en Ciències Químiques) 1996.

Vida i música (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Carles Ballús i Pascual, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Espadaler i Medina, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1996.

La diferencia entre los pueblos (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Sebastià Trías Mercant, Doctor en Filosofia i Lletres, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1996.

L'aventura del pensament teològic (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Josep Gil i Ribas, Doctor en Teologia, i contestació per l'Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques) 1996.

El derecho del siglo XXI (Discurs d'ingrés com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Dr. Rafael Caldera, President de Venezuela, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en Filosofia i Lletres) 1996.

L'ordre dels sistemes desordenats (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques, i contestació per l'Excm. Sr. Joan Bassegoda i Novell, Doctor en Arquitectura) 1997.

Un clam per a l'ocupació (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Isidre Fainé i Casas, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Joan Bassegoda i Nonell, Doctor en Arquitectura) 1997.

Rosalía de Castro y Jacinto Verdaguer, visión comparada (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jaime M. de Castro Fernández, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Pau Umbert i Millet, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1998.

La nueva estrategia internacional para el desarrollo (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Santiago Ripol i Carulla, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Joaquim Gironella i Coll, Doctor en Medicina i Cirurgia) 1998.

El aura de los números (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i contestació per l'Excm. Sr. David Jou i Mirabent, Doctor en Ciències Físiques) 1998.

Nova recerca en Ciències de la Salut a Catalunya (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Anna Maria Carmona i Cornet, Doctora en Farmàcia, i contestació per l'Excm. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 1999.

Dilemes dinàmics en l'àmbit social (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Albert Biayna i Mulet, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 1999.

Mercats i competència: efectes de liberalització i la desregulació sobre l'eficàcia econòmica i el benestar (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Amadeu Petitbó i Juan, Doctor en Ciències Econòmiques, i contestació per l'Excm. Sr. Jaime M. de Castro Fernández, Doctor en Dret) 1999.

Epidemias de asma en Barcelona por inhalación de polvo de soja (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Ma. José Rodrigo Anoro, Doctora en Medicina, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Llort i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques) 1999.

Hacia una evaluación de la actividad cotidiana y su contexto: ¿Presente o futuro para la metodología? (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Filosofia i Lletres (Psicologia) i contestació per l'Excm. Sr. Josep A. Plana i Castellví, Doctor en Geografia i Història) 1999.

Directori 2000

Génesis de una teoría de la incertidumbre. Acte d'imposició de la Gran Creu de l'Orde d'Alfons X el Savi a l'Excm. Sr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Financeres) 2000.

Antonio de Capmany: el primer historiador moderno del Derecho Mercantil (discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Xabier Añoveros Trías de Bes, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Santiago Dexeus i Trías de Bes, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2000.

La medicina de la calidad de vida (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Luís Rojas Marcos, Doctor en Psicologia, i contestació per l'Excm. Sr. Ángel Aguirre Baztán, Doctor en psicologia) 2000.

Pour une science touristique: la tourismologie (Discurs d'ingrés de l'acadèmic corresponent Il·lm. Sr. Jean-Michel Hoerner, Doctor en Lletres i President de la Universitat de Perpinyà, i contestació per l'Excm. Sr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques) 2000.

Virus, virus entèrics, virus de l'hepatitis A (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Albert Bosch i Navarro, Doctor en Ciències Biològiques, i contestació per l'Excm. Sr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària) 2000.

Mobilitat urbana, medi ambient i automòbil. Un desafiament tecnològic permanent (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Pere de Esteban Altirriba, Doctor en Enginyeria Industrial, i contestació per l'Excm. Sr. Carlos Dante Heredia García, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2001.

El rei, el burgès i el cronista: una història barcelonina del segle XIII (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. José Enrique Ruiz-Domènec, Doctor en Història, i contestació per l'Excm. Sr. Felip Albert Cid i Rafael, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2001.

La informació, un concepte clau per a la ciència contemporània (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Salvador Alsius i Clavera, Doctor en Ciències de la Informació, i contestació per l'Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2001.

La drogaaddicció com a procés psicobiològic (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Miquel Sánchez-Turet, Doctor en Ciències Biològiques, i contestació per l'Excm. Sr. Pedro de Esteban Altirriba, Doctor en Enginyeria Industrial) 2001.

Un univers turbulent (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jordi Isern i Vilaboy, Doctor en Física, i contestació per l'Excma. Sra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Psicologia) 2002.

L'envelliment del cervell humà (Discurs de promoció a acadèmic numerari de l'Excm. Sr. Jordi Cervós i Navarro, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Pou d'Avilés, Doctor en Dret) 2002.

Les telecomunicacions en la societat de la informació (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Ángel Cardama Aznar, Doctor en Enginyeria de Telecomunicacions, i contestació per l'Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2002.

La veritat matemàtica (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Josep Pla i Carrera, doctor en Matemàtiques, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 2003.

L'humanisme essencial de l'arquitectura moderna (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Helio Piñón i Pallarés, Doctor en Arquitectura, i contestació per l'Excm. Sr. Xabier Añoveros Trias de Bes, Doctor en Dret) 2003.

De l'economia política a l'economia constitucional (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Joan Francesc Corona i Ramon, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'Excm. Sr. Xavier Iglesias i Guiu, Doctor en Medicina) 2003.

Temperància i empatia, factors de pau (Conferència dictada en el curs del cicle de la Cultura de la Pau per el Molt Honorable Senyor Jordi Pujol, President de la Generalitat de Catalunya, 2001) 2003.

Reflexions sobre resistència bacteriana als antibiòtics (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numerària Excma. Sra. Ma. de los Angeles Calvo i Torras, Doctora en Farmàcia i Veterinària, i contestació per l'Excm. Sr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària) 2003.

La transformación del negocio jurídico como consecuencia de las nuevas tecnologías de la información (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Rafael Mateu de Ros, Doctor en Dret, i contestació per l'Excm. Sr. Jaime Manuel de Castro Fernández, Doctor en Dret) 2004.

La gestión estratégica del inmovilizado (Discurs d'ingrés de l'acadèmica numeraria Excma. Sra. Anna Maria Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'Excm. Sr. Josep J. Pintó i Ruiz, Doctor en Dret.

Los costes biológicos, sociales y económicos del envejecimiento cerebral (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Félix F. Cruz-Sánchez, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'Excm. Sr. Josep Pla i Carrera, Doctor en Matemàtiques) 2004.

El conocimiento glaciar de Sierra Nevada. De la descripción ilustrada del siglo XVIII a la explicación científica actual. (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numeri Excm. Sr. Antonio Gómez Ortiz, Doctor en Geografia, i contestació per l'acadèmica de número Excma. Sra. Maria Teresa Anguera Argilaga, Doctora en Filosofia i Lletres (Psicologia) 2004.

Los beneficios de la consolidación fiscal: una comparativa internacional (Discurs de recepció com a acadèmic d'Honor de l'Excm. Sr. Rodrigo de Rato y Figaredo, Director-Gerent del Fons Monetari Internacional. El seu padrí d'investidura és l'acadèmic de número Excm. Sr. Jaime Manuel de Castro Fernández, Doctor en Dret) 2004.

Evolución històrica del trabajo de la mujer hasta nuestros dias (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Eduardo Alemany Zaragoza, Doctor en Dret, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Rafel Orozco i Delclós, Doctor en Medicina i Cirurgia) 2004.

Geotecnia: una ciencia para el comportamiento del terreno (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Antonio Gens Solé, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra, Doctor en Enginyeria de Camins, Canals i Ports) 2005.

Sessió acadèmica a Perpinyà, on actuen com a ponents; Excma. Sra. Anna Maria Gil Lafuente, Doctora en Ciències Econòmiques i Empresarials i Excm. Sr. Jaume Gil-Aluja, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials: *"Nouvelles perspectives de la recherche scientifique en economie et gestion"*; Excm.. Sr. Rafel Orozco i Delcós, Doctor en Medicina i Cirurgia: *"L'impacte mèdic i social de les cèl·lules mare"*; Excma. Sra. Anna Maria Carmona i Cornet, Doctora en Farmàcia: *"Nouvelles strategies oncologiques"*; Excm. Sr. Pere Costa i Batllori, Doctor en Veterinària: *"Les résistences bacteriénnes a les antibiotiques"*. 2005.

Los procesos de concentración empresarial en un mercado globalizado y la consideración del individuo (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Fernando Casado Juan, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació de l'Excm. Sr. Josep Ma. Costa i Torres, Doctor en Ciències Químiques) 2005.

"Son nou de flors els rams li renc" (Discurs d'ingrés de l'acadèmic numerari Excm. Sr. Jaume Vallcorba Plana, Doctor en Filosofia i Lletres (Secció Filologia Hispànica), i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. José Enrique Ruiz-Domènec, Doctor en Filosofia i Lletres) 2005.

Historia de la anestesia quirúrgica y aportación española más relevante (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Vicente A. Gancedo Rodríguez, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Josep Llort i Brull, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials) 2006.

El amor y el desamor en las parejas de hoy (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Paulino Castells Cuixart, Doctor en Medicina i Cirurgia, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Joan Trayter i Garcia, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials) 2006.

El fenomen mundial de la deslocalització com a instrument de reestructuració empresarial (Discurs d'ingrés de l'acadèmic de número Excm. Sr. Alfredo Rocafort i Nicolau, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials, i contestació per l'acadèmic de número Excm. Sr. Isidre Fainé i Casas, Doctor en Ciències Econòmiques i Empresarials) 2006.

La Reial Acadèmia, bo i respectant com a criteri d'autor les opinions exposades en les seves publicacions, no se'n fa responsable ni solidària.

® Reial Acadèmia de Doctors
Impressió: Imprenta Baltasar 1861
Tels. 93 346 91 52 - 93 346 92 06
Tiratge 350 exemplars

Dipòsit Legal: B-49957-2006

REIAL ACADÈMIA DE DOCTORS
–Publicacions–