DISCURSO DE INAUGURACIÓN

del curso 2020

TRAUMATOLOGIA Y CIRUGÍA ORTOPÉDICA EN EL SIGLO XXI. ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

por el Ilmo. Sr.

Dr. D. Francisco Gomar Sancho

Introducción

En 2005 tuve la gran satisfacción de ingresar como académico de número de esta Real Academia. Han pasado casi 15 años en los que me he sentido muy orgulloso de formar parte de esta Institución y he sido testigo de los cambios tan profundos que en ella se han producido. Lejos de ser una institución cerrada y elitista, es hoy más que nunca una institución abierta al servicio de la sociedad, con una actividad científica desbordante que se ha extendido a todos los ambientes sanitarios y sociales. Los cambios han sido especialmente profundos con la presidencia del profesor Llombart durante sus ocho años de mandato, y el ritmo no ha bajado ni un ápice con la presidencia de la profesora Leal. Quiero agradecer a ambos toda la labor realizada.

Han sido 15 años de satisfacciones en esta Institución, empañadas solamente por la pérdida de los compañeros que por razones biológicas nos han ido dejando, algunos de ellos de forma prematura. Quiero aprovechar este momento para rendirles un sentido recuerdo, más teniendo en cuenta que muchos fueron profesores míos y algunos de ellos mis maestros durante un largo periodo formativo. Por supuesto lo fue mi padre, una figura indiscutible en la Traumatología y Cirugía Ortopédica, al que todos los especialistas españoles reconocen por haber elevado la especialidad al rango académico en la universidad española; como a lo largo de mi discurso serán obligadas las referencias a él, quiero dedicar en estos momentos mi cariñoso recuerdo a mi otro gran maestro, el profesor Carbonell Antolí, D. Carlos. Me acogió en su servicio durante los dos primeros años de mi ejercicio profesional en periodo formativo, que dediqué a conocer toda la cirugía. Sus méritos quirúrgicos son de sobra conocidos, pero los que tuvimos la oportunidad de trabajar con él fuimos además testigos de su amor a la profesión médica y particularmente a la cirugía, de su generosidad, y su exce-

lente trato humano con los pacientes y sus colaboradores; era un caballero que te respetaba, te estimulaba constantemente y era un ejemplo a seguir en la dedicación a la cirugía. Dos años fue un periodo corto, pero dejó en mí una huella imborrable.

Mi especialidad, es sin duda una de las más amplias y complejas. Abarca toda la patología del aparato locomotor. Como sus características varían sustancialmente con la edad y como cada región anatómica tiene sus peculiaridades y, sobre todo, funcionales, un mismo proceso tiene gran variedad de enfoques terapéuticos dependiendo de ellos, (con una inumerable utilización de tratamientos). Es una de las especialidades más dependientes de la tecnología, por ello, los avances en nuestras técnicas de tratamiento han sido espectaculares en las últimas décadas. Cualquiera de estos avances hubiese sido motivo para este discurso, sin embargo, he preferido dar una visión global del estado actual de mi especialidad, analizar cómo se ha llegado a ella, su importancia en el contexto actual de la medicina, incluso atreverme a pronosticar su futuro en base a los avances de la investigación básica, los avances tecnológicos y los cambios sociales.

Ámbito de la especialidad de Traumatología y Cirugía Ortopédica

Para entender lo que es nuestra especialidad y sus perspectivas de futuro, es fundamental que analicemos cuál es su verdadero campo de acción, puesto que la verdadera dimensión de nuestra especialidad no viene bien expresada por su denominación. La especialidad se denomina Traumatología y Cirugía Ortopédica.

El vocablo *traumatología* procede del griego *traumatos* cuyo significado es herida. Se define como la ciencia que estudia las lesiones producidas por un traumatismo de cualquier origen y en cualquier localización. Es un término que expresa un mecanismo lesional no el cuerpo de doctrina y objetivos de una especialidad. El tratamiento de los traumatismos forma parte de la gran mayoría de las especialidades quirúrgicas, pues cada una de ellas se ocupa de los traumatismos que afectan a los órganos y sistemas a los que trata. En nuestra especialidad actual solo se tratan los traumatismos que afectan a las estructuras musculoesqueléticas; quizás, por ser estos últimos traumatismos, con mucho, los más frecuentes, el término de

traumatología ha permanecido como parte de la denominación de nuestra especialidad.

El término ortopedia es mucho más reciente. Lo introdujo Nicholas Andry en el siglo VXIII en su libro "*L'Art de prévenir et corriger dans les enfants les déformités du corp",* publicado en 1741. Refiriéndose al vocablo ortopedia, literalmente escribe «*quant au titre en question je l'ai formé de deux mots grecs, á savoir d'Orthos qui veut dire droit, exempt de difformité, qui est selon la rectitude et de Paidion, qui signifie enfant».* Como recogía en su prefacio, la obra estaba dirigida a aconsejar a los padres, más que a los médicos, de los cuidados de los niños con deformidades al nacimiento. Refiriéndose a la corrección de las deformidades de las piernas con tutores decía: "*para corregir esas deformidades debe usarse el mismo método que el empleado para enderezar el tronco de un árbol joven*". En la primera página aparece un dibujo de un árbol tortuoso que se sujeta en un tronco recto, que ha sido aceptado como su escudo en todas las sociedades científicas de nuestra especialidad, con alguna variación, como en la Sociedad Andaluza que el árbol es un olivo.

El término ortopedia hizo fortuna y se ha mantenido hasta la actualidad, pese a que etimológicamente no se corresponda con la especialidad actual en la que se tratan más adultos que niños, con un campo de acción mucho más amplio de lo que define este término y con importante protagonismo de la cirugía.

Dado que Traumatología y Cirugía Ortopédica no expresa adecuadamente el contenido de nuestra especialidad, se han propuesto otras denominaciones. Se ha propuesto Cirugía Osteoarticular sin fortuna, puesto que su campo de acción no se limita al hueso y las articulaciones, incluye tendones, músculos, nervios periféricos y otras estructuras asociadas. Tampoco se considera adecuado el de Cirugía del Aparato Locomotor, pues la especialidad se ocupa también de parcelas musculoesqueléticas que no intervienen en la función de la marcha. Menos afortunados han sido las denominaciones de Cirugía de los Reumatismos, Cirugía Ósea etc. (Hernández Vaquero, 2016). Ante la falta de consenso la denominación de Traumatología y Cirugía Ortopédica se ha mantenido hasta ahora.

En lo que sí hay total acuerdo es el campo de acción de la especialidad.

La *American Orthopaedic Association* define esta especialidad como*: «Especialidad de la medicina que incluye la investigación, preservación, restauración y desarrollo de la forma y función de las extremidades, de la columna vertebral y de las estructuras asociadas del esqueleto por métodos médicos, quirúrgicos y físicos».*

En el Boletín Oficial del Estado de 7 de Febrero de 2007 (número 33) se define nuestra especialidad como *"la especialidad que incluye la prevención, la valoración clínica, el diagnóstico, el tratamiento quirúrgico y no quirúrgico, y el seguimiento hasta el restablecimiento funcional definitivo, por los medios adecuados definidos por la lex artis de la comunidad de especialistas, de los procesos congénitos, traumáticos, infecciosos, tumorales, metabólicos, degenerativos y de las deformidades y trastornos funcionales adquiridos del aparato locomotor y de sus estructuras asociadas".*

Lipscomb, en su Discurso Presidencial al 88 Congreso de la *American Orthopaedic Association,* en 1975, expresaba muy bien el contenido de la especialidad, decía: *Nuestra especialidad es tanto una especialidad médica como quirúrgica y sobe todo es una disciplina primaria en el cuidado de la salud. Traumatología y Cirugía Ortopédica no es una rama de la cirugía, es mucho más*. Sobre esta última consideración haremos luego los comentarios pertinentes a los cambios en la forma de ejercer la especialidad en las últimas dos décadas del siglo pasado y en las casi dos décadas del siglo actual.

Nacimiento de la especialidad de Traumatología y Cirugía Ortopédica y su evolución

No es el objeto de este discurso abordar la historia de la Traumatología y Cirugía Ortopédica, pero son necesarias unas pinceladas de su evolución y de las principales aportaciones científicas y quirúrgicas, especialmente durante el siglo XX, para entender cuál es la situación de la especialidad en el momento actual y ver las perspectivas del futuro.

La eclosión de la especialización médica fue en el siglo XIX considerado desde el punto de vista de acontecimientos históricos más que en un patrón cronológico. Como defiende Hobsbawm, el siglo XIX comienza histórica-

mente con el estallido de la Revolución Francesa en 1789 y finaliza con el inicio de la Primera Guerra Mundial en 1914.

Durante ese siglo, atendiendo a los progresos de la ciencia médica, especialmente en la práctica clínica, las necesidades de la población y los intereses de las distintas parcelas de la sociedad, se fueron creando las especialidades médicas; Pediatría, Urología y Oftalmología fueron de las más tempranas. Sin embargo, la nuestra, la Traumatología y Cirugía Ortopédica, tal como hoy la conocemos, empieza a tomar cuerpo de especialidad a partir de la Primera Guerra Mundial, cuando Traumatología y Ortopedia y su cirugía se integraron como una sola especialidad.

La traumatología es el área de nuestra especialidad más antigua, tan antigua como la propia existencia del ser humano. Desde su creación, el hombre ha sufrido continuamente lesiones traumáticas: agresiones de otras especies en su lucha por la supervivencia, agresiones por sus congéneres, especialmente en las crueles guerras que se han producido a lo largo de los años, además de los accidentes casuales.

Hipócrates, en su extraordinaria obra, ya dedicó tres de sus libros al aparato locomotor "de las fracturas", "de las luxaciones" y "mochliclus (instrumentos de reducción)". Las detalladas descripciones clínicas y de los métodos de tratamiento pone de manifiesto que son fruto de una gran experiencia. Muchos de sus métodos de tratamiento estuvieron vigentes más de 2.000 años, hasta el siglo XVI, y algunos han permanecido hasta nuestros días, como la maniobra de reducción de las luxaciones de hombro.

En el Renacimiento, la traumatología se beneficiaría poco del progreso de las ciencias médicas. Los grandes traumatismos de las numerosas guerras estaban en manos de los cirujanos militares, con destacadas personalidades como Ambrosio Paré (1510-1590), mientras que los traumatismos domésticos estaban en manos de cirujanos barberos y algebristas, que trataban fracturas y luxaciones de forma totalmente empírica. Tal era el abandono de la traumatología por los cirujanos de entonces que Fernando de Mena, cirujano de Felipe II hizo publicar un decreto que recogía "*no se admitiese a examen a ningún cirujano, que no diese cuenta del álgebra, para que usándola los propios cirujanos y examinándose de ella, excuriessen y aca-*

basen los concertadores que por ay andan sin entender la anatomía de los huesos".

Se puede afirmar que hasta el siglo XVIII los tratamientos de los pacientes traumatológicos eran rudimentarios, solo con inmovilizaciones y aplicados por personal sin cualificación, causaban graves deformidades que eran consideradas como la evolución normal de las fracturas.

El nacimiento de la era moderna de la traumatología hay que situarlo en el siglo XVIII, en la Ilustración. Numerosos cirujanos prestigiosos de la época hicieron importantes aportaciones al tratamiento de las fracturas aplicando nuevos conocimientos sobre la base de su fisiopatología y mecanismos de producción.

Durante el siglo XIX y el primer cuarto de siglo XX la traumatología estuvo en manos de cirujanos generales poco interesados en los tratamientos no quirúrgicos, que entonces eran la base de la práctica de esta especialidad. Consideraban esta parcela como una actividad de escasa categoría; se destinaban a esta labor a los cirujanos menos habilidosos, incluso en algunos servicios clínicos de las cátedras universitarias la adscripción a esta área de la cirugía se consideraba un castigo. Afortunadamente, pese a ello, fueron muchos los cirujanos que mostraron su interés por las enfermedades del sistema musculoesquelético. Podríamos añadir una larguísima lista de cirujanos que aportaron conocimientos y técnicas quirúrgicas en nuestra especialidad, muchas de ellas aún de plena actualidad.

El desarrollo de la ortopedia y su cirugía tuvo grandes diferencias en los distintos países marcadas por las distintas orientaciones en el ejercicio de la medicina y la distinta resistencia de los Departamentos de Cirugía para reconocer la cirugía de los trastornos musculoesqueléticos como una especialidad que debía independizarse del resto de la cirugía.

En Estados Unidos su desarrollo fue más temprano y rápido que al otro lado del Atlántico. Al igual que en otros campos de la ciencia, Estados Unidos siempre ha demostrado su dinamismo, la menor influencia de las tradiciones y su espíritu liberal, lo que unido al dominio de una medicina privada, sin las ataduras de la medicina pública, permitió el temprano desarrollo de la ortopedia tanto en su aspecto clínico como docente (Munuera, 2003). Ya en 1861 obtuvo el reconocimiento universitario y Lewis

Sayre fue nombrado profesor de Ortopedia en el Bellevue Hospital de Nueva York.

La más antigua sociedad científica de nuestra especialidad fue la americana, que se fundó en 1887, la "*American Orthopaedic Association".* Aunque eran mayoritariamente ortopedas no quirúrgicos, cuyos tratamientos se centraban en métodos mecánicos, los ortopedas de «hebilla y correa» (*buckle and strap*) como se les conocía en algunos ambientes. Posteriormente, en 1933 se fundó la "*American Academy of Orthopaedic Surgery"* (AAOS) formada por cirujanos, que en las últimas décadas tiene gran influencia a nivel mundial.

En Europa, el desarrollo de la especialidad fue más tardío. En él fue determinante la creación de los institutos de ortopedia. El primero fundado en Suiza en 1780 por Jean André Venel (1740-1791), considerado por muchos como el primer ortopeda auténtico y padre de la ortopedia. Tras dedicarse en sus primeros años profesionales a la obstetricia, a la edad de 39 años decide ocuparse exclusivamente al tratamiento de las deformidades musculoesqueléticas. Venel fundó el instituto convencido de que muchas afecciones ortopédicas necesitaban condiciones particulares para conseguir buenos resultados en su tratamiento. Era necesario proporcionar a estos enfermos, habitualmente niños, un establecimiento apropiado con disponibilidad de aparatos ortopédicos adecuados, además de educarlos durante el tratamiento.

La iniciativa de Venel fue acogida por sus contemporáneos con gran interés y su instituto sirvió de modelo para la creación de numerosos establecimientos de este tipo. En Wurzburg (Alemania) en 1816, en Birmingham en 1821, en París en 1821, en Montpellier en 1828, en Hannover en 1930, en la Haya en 1833, en Copenhague en 1834 y en Florencia en 1839. Mucho más tarde, en 1880, en Bolonia se fundó el más importante instituto ortopédico, el Instituto Ortopédico Rizzoli, que rápidamente alcanzó un extraordinario prestigio y estuvo en la vanguardia de la ortopedia quirúrgica y no quirúrgica en toda la primera mitad del siglo XX, y en la actualidad sigue siendo uno de los referentes de nuestra especialidad. Su fundador, Francesco Rizzoli, legó todos sus bienes personales para la compra de un antiguo monasterio en las afueras de Bolonia, el monasterio *San Michele in Bosco*, así como para su transformación en un instituto de ortopedia si-

guiendo el modelo de la época. El discípulo de Rizzoli Pietro Panzeri (1849-1901) lo dirigió durante los 3 primeros años; le sucedió un gran cirujano, Alessandro Codivilla, quien realizó una ingente labor en la ortopedia, alcanzando el instituto una gran reputación. Codivilla tuvo una muerte precoz, por lo que en 1911 le sucedería Vittorio Putti (1880-1940), nacido en Bolonia.

Putti, en pocos años convertiría ese centro en uno de los principales referentes de la ortopedia a nivel europeo. Por el prestigio de esta institución y afinidad cultural, fue elegido por muchos cirujanos españoles y países americanos de habla hispana para completar su formación y realizar la tesis doctoral, acogiéndose a las becas del Colegio Mayor de San Clemente de los españoles, fundado por El Cardenal Don Gil de Albornoz. En este colegio estudiaron ilustres personajes como el valenciano Luis Vives. Destacados especialistas profesores de cirugía tuvieron un periodo de formación en el Instituto Rizzoli; entre nosotros, el profesor Pascual Parrilla y el profesor José Gascó (Ribes, 1999).

Tanto en los institutos de ortopedia, como en otros ambientes donde se practicaba esta disciplina, poco a poco, el arte de la corrección de las deformidades por métodos ortopédicos no quirúrgicos fue cediendo terreno a la cirugía, que demostraba que la corrección de las deformidades podía obtenerse de forma más sencilla y segura por vía quirúrgica. Por otra parte, la ortopedia deja de estar orientada fundamentalmente a la corrección de la deformidad y se centra en la corrección de la función, el concepto anatómico es sustituido por el concepto funcional, y en este contexto la cirugía era claramente superior a los métodos ortopédicos clásicos. Los cirujanos van tomando el control de los tratamientos ortopédicos y la ortopedia empieza a llamarse cirugía ortopédica, aunque en su práctica clínica se mantiene durante varios decenios la combinación equilibrada de los métodos conservadores y quirúrgicos.

Durante la Primera Guerra Mundial, Putti transformó el instituto en un gran centro de cirugía reconstructiva y rehabilitación, dando un gran empuje a la especialidad y contribuyendo a la fusión de la práctica clínica de la traumatología y la cirugía ortopédica. Además, Putti destacó por su dedicación y su genio organizador, y gracias a su prestigio tuvo gran influencia en Italia en la creación de nuevos Servicios de Cirugía Ortopédica, promoviendo una

normativa que determinaba que en cualquier hospital que hubiese dos servicios de cirugía, en el primer cambio de Jefe de Servicio, este debía dedicarse a la Cirugía Ortopédica, a la que se añadiría la Traumatología (Ribes, 1999).

En Reino Unido, un contemporáneo de Putti, Robert Jones (1858-1933), fue otro de los grandes cirujanos a los que debemos el impulso de nuestra especialidad a final del siglo XIX y principios del siglo XX. Durante sus estudios de medicina en Liverpool vivió con su tío Hugh Owen Thomas, primer médico de una familia con larga tradición en curanderismo y compostura de huesos (Sánchez Martín, 1980). Thomas ejerció la ortopedia no quirúrgica, alcanzando gran prestigio gracias a su habilidad para corregir las deformidades musculoesqueléticas y para diseñar ingeniosos aparatos de corrección ortopédica que fabricaba en su propia casa.

Robert Jones, al terminar sus estudios de medicina, ingresó como asistente de cirugía en el Stanley Hospital, donde alcanzó una gran experiencia quirúrgica. Pese haberse inclinado por la cirugía, durante muchos años mantuvo la colaboración con su tío, lo que indudablemente influyó en su dedicación a la patología del sistema musculoesquelético. Robert Jones adquirió, además, una gran experiencia en traumatología como responsable durante 7 años (1887-1894) de los accidentados de la empresa encargada de la construcción del Canal de la Mancha, con más de 20.000 obreros. Por ello, durante la Primera Guerra Mundial, el gobierno británico puso bajo su dirección una sección del hospital Alder Hey de Liverpool, con 400 camas, para atender mejor a los heridos de la guerra, donde tuvo un papel destacado especialmente en la atención integral a los heridos. En febrero de 1916 escribió una carta al Director General de Servicios Médicos exponiendo su experiencia. La carta decía: «*Después de doce meses de trabajo en Alder Hey me parece que ahora sólo llegamos a la periferia del problema ortopédico y esto es debido a la falta de conocimientos por parte de la profesión de los principios fundamentales, profilácticos y curativos y también al hecho de que no hay una supervisión de los casos ortopédicos por hombres con conocimientos especiales. El cirujano general, por brillante que sea, cuando se confronta con estos casos no puede conducirlos en la dirección adecuada y pronosticar su futuro. Se requiere también una cohesión entre los departamentos de tratamiento por masaje, ejercicios físicos, electricidad y manipulación, todo lo cual bien controlado lleva al éxito*

en la cirugía ortopédica. Creo que necesitamos todos estos departamentos, con gente experta y bajo un director que sea el árbitro final en la conducción del tratamiento». La definición de cómo debía ser la atención traumatológica era inmejorable.

Otro artífice del impulso en Europa de nuestra especialidad a partir de la Primera Guerra Mundial fue el austriaco Lorenz Böhler. Una de las personalidades más destacadas en el tratamiento no quirúrgico de las fracturas y, sobre todo, en la asistencia integral del traumatizado. En 1916 fue destinado el hospital emplazado en el Monasterio de Bolzano, donde asistió a los heridos de la Primera Guerra Mundial. En este periodo trató más de 1.200 fracturas con unos resultados asombrosos para la época (Vay, 1993). Por sus brillantes resultados en esta contienda, fue llamado a dirigir el hospital de Viena *"Unfallkrankenhaus"* creado por la sanidad nacional austriaca. Allí comenzó su labor en 1926, continuándola durante 38 años (Sánchez Martín, 1980). En 1929 publica su gran obra, el tratado "*Tratamiento de las Fracturas*", basado, fundamentalmente, en su experiencia en la Primera Guerra Mundial. Con su obra revoluciona el concepto del tratamiento de las fracturas. Por entonces ya algunos cirujanos realizaban tratamientos quirúrgicos, con graves limitaciones y resultados muchas veces desastrosos, como luego analizaremos, lo que le llevó a defender el tratamiento de las fracturas con una mentalidad conservadora. Decía Böhler: *"la innovación más desafortunada en el tratamiento de las fracturas había sido la rutina en la reducción y fijación de los fragmentos óseos mediante la intervención quirúrgica, lo que ha llevado al sacrificio de miembros y de vidas humanas".* En las primeras décadas del siglo XX la cirugía de las fracturas se hacía en condiciones de asepsia y antisepsia muy precarias y con materiales para la fijación de las fracturas de escasa resistencia y escasas condiciones de compatibilidad con los tejidos. Böhler defendió vehementemente el tratamiento no quirúrgico de las fracturas mediante yesos y tracciones; enunció los tres principios fundamentales del tratamiento de las fracturas: reducción suficiente, inmovilización del foco de fractura y movilización precoz de las articulaciones y segmentos óseos no dañados. Böhler demostró que el éxito de la Traumatología en una adecuada organización de los traumatismos y la especialización de los profesionales que se dedican a ellos. Se considera a Böhler como el padre de la traumatología moderna, y su obra sirvió de libro de texto para varias generaciones de es-

pecialistas, incluso cuando el desarrollo del tratamiento quirúrgico de las fracturas estaba bien avanzado. Las aportaciones de Böhler sirvieron para destacar la necesidad de la especialización en la traumatología.

Como vemos, en la labor de Putti en el instituto Rizzoli, la de Robert Jones en Inglaterra y la del austriaco Böhler, se sentaron las bases de la nuestra especialidad a partir de la Primera Guerra Mundial. Galloway, en 1919, escribía: «*La guerra ha hecho más para aportar a la cirugía ortopédica su auténtico patrimonio, de lo que se podría haber conseguido por otros medios durante muchos años*» (Sánchez Martín, 1980).

Traumatología y Cirugía Ortopédica ya a principios del siglo XX confluyeron en una sola especialidad en Italia e Inglaterra, pero no ocurrió lo mismo en el resto de Europa. Por ejemplo, en Francia la cirugía ortopédica se mantuvo durante muchos años ligada a la cirugía pediátrica, traumatología y cirugía ortopédica del adulto estuvo en manos de los cirujanos generales. Solo en 1948 se transformó una cátedra de Cirugía a cátedra de Traumatología y Cirugía Ortopédica del adulto, que fue ocupada por Robert Merle d'Aubigné, extraordinario cirujano, con una gran producción científica y numerosas aportaciones a las técnicas quirúrgicas de la especialidad. Tuvo gran influencia en la especialidad en España y mantuvo estrechos lazos de amistad con los traumatólogos españoles, especialmente los valencianos, y más concretamente, con el profesor Gomar Guarner.

En los países de habla germana, y su área de influencia, la ortopedia ha permanecido como especialidad separada de la traumatología a lo largo del tiempo. Existían desde principios de siglo XX servicios independientes de la cirugía general, incluso cátedras universitarias, pero eran servicios de ortopedia pura con una práctica quirúrgica limitada y no se atendían casos de traumatología. Estos se atendían en prestigiosos centros de traumatología, en los que se trataban todos los traumatismos, los musculoesqueléticos, craneoencefálicos y de todos los órganos y sistemas. La sociedad científica alemana la "*Deutsche Cesellschaft für Orthopadische Chirurgie"* nació en 1901 como sociedad exclusivamente ortopédica y solo muy tardíamente, en 1967, incluiría la traumatología.

En la segunda mitad del siglo XX es cuando se consolida nuestra especialidad, tanto desde el punto de vista clínico como universitario, y desde 1974 he sido testigo de los cambios ocurridos.

La Traumatología y Cirugía Ortopédica es una especialidad con un campo de acción bien definido, gran protagonista en la medicina moderna y con una demanda social muy por encima de otras especialidades. Un 25% de las consultas médicas corresponden a enfermedades del aparato locomotor. Un tercio de la población padece enfermedades musculoesqueléticas, y en el ambiente laboral el 30% de las incapacidades lo son por estas enfermedades.

Los cambios sociales y sanitarios, y, sobre todo, los avances científicos y tecnológicos, han modificado espectacularmente nuestra especialidad hasta transformarla en una de las ramas más importantes de la medicina.

La tuberculosis osteoarticular, la osteomielitis, la parálisis infantil, el raquitismo y las malformaciones congénitas, que fueron el campo de acción fundamental de la ortopedia, se redujeron drásticamente gracias a la mejoría del nivel de vida, la medicina preventiva, descubrimiento de las vacunas y el desarrollo de nuevos fármacos. Mientras que en las primeras etapas de la ortopedia el niño era el protagonista, en el momento actual lo es fundamentalmente el adulto. La mayor supervivencia del ser humano ha sido motivo de un gran aumento de los problemas del aparato locomotor que acompañan al envejecimiento, principalmente problemas degenerativos articulares y fracturas ligadas a la osteoporosis, problemas que causan dolor y una pérdida de independencia que la sociedad actual no admite. Una mayor cultura del cuidado de la salud ha llevado a la práctica del deporte a cualquier edad y en cualquier ambiente, con evidentes beneficios para la salud, pero origen de frecuentes lesiones del aparato locomotor. Por estos motivos, además de los graves accidentes derivados del desarrollo tecnológico, nuestra especialidad ha alcanzado una gran demanda en la últimas tres décadas.

El protagonismo de la especialidad en la sociedad y la medicina actual es indiscutible, y también lo es en la Universidad. En el momento actual, en España la Traumatología y Cirugía Ortopédica tiene área de conocimiento propia, hace muchos años que dejó de estar incluida en el área de conocimiento de Cirugía. La mayoría de las facultades de medicina tienen o han tenido catedrático de la especialidad.

Durante la primera mitad del siglo XX se fueron dotando cátedras de Traumatología y Cirugía Ortopédica en toda la Europa desarrollada, pero en Es-

paña la formación académica de la especialidad fue muy tardía, estuvo mucho tiempo integrada en la asignatura común de Patología y Clínica Quirúrgicas. No obstante, algunos de los catedráticos de Patología Quirúrgica mostraron su interés por la Cirugía del Sistema Musculoesquelético; el profesor Francisco Martín Lagos fue uno de ellos; escribió, con la colaboración de sus discípulos, un tratado de cirugía en dos tomos. El segundo de los tomos estaba dedicado a la traumatología y cirugía ortopédica de los miembros y la columna vertebral. De los numerosos catedráticos que colaboraron en su redacción quiero destacar al profesor Cascó Pascual catedrático de Patología Quirúrgica en Valencia y al profesor Gomar Guarner, por aquel entonces catedrático de la misma asignatura en Sevilla. Esta obra fue libro de consulta durante muchos años de los cirujanos españoles.

Pese a que en la mayoría de los centros hospitalarios de la red nacional ya había Servicios de Traumatología y Cirugía Ortopédica totalmente independientes, en los programas de las universidades españolas la especialidad tenía escaso contenido y habitualmente se les encomendaba a los profesores asistentes el desarrollo de esta parte del programa, y en las Clínicas Universitarias la Traumatología y Cirugía Ortopédica era solo una sección a la que se dedicaban algunos cirujanos. Afortunadamente muchos de ellos lo hicieron por verdadera vocación e interés clínico y científico, realizando importantes contribuciones.

El reconocimiento universitario de la especialidad era reivindicado con tenacidad por destacados especialistas. En el Congreso de la SECOT (Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología, año 1962, el profesor Sanchis Olmos, en su discurso destacó la asistencia a dicho congreso de numerosos catedráticos europeos de la especialidad y añadió: "*Si recalco este hecho, no es sino para llamar la atención de nuestras autoridades sobre el hecho de ser nuestro país casi el único en el mundo que carece de Cátedras Universitarias de Ortopedia y Traumatología, y que si aspiramos los españoles a formar parte de la comunidad europea tendremos que ponemos también en este sentido al nivel europeo*" (Ribes, 1999).

En Valencia siempre existieron dos cátedras de Patología y Clínicas Quirúrgicas, ya que era una asignatura que se impartía durante tres años. A la llegada del Prof. Gomar Guarner a Valencia en 1959 como catedrático, después de haberlo sido en Sevilla durante 4 años, pactó con el Prof. Carbonell

Antolí dividirse la materia y la patología que debía atenderse en sus respectivos Servicios de Cirugía. La Traumatología y Cirugía Ortopédica, junto a la Neurocirugía y Cirugía Reparadora, ambas por afinidad, quedaría en manos del Prof. Gomar y el resto, incluida la anestesia, en manos del Prof. Carbonell.

Lo que Sanchis Olmos reclamaba ya se había puesto en marcha en la Universidad de Valencia. En reconocimiento a la trayectoria del Prof. Gomar Guarner, por orden ministerial de 1978, a propuesta del Consejo de Universidades, se transformó la Cátedra de Patología y Clínica Quirúrgica B, que desempeñaba el Prof. Gomar Guarner, en Cátedra de Traumatología y Cirugía. Cátedra en la que tuve la satisfacción de sucederle, también después de un paso como catedrático en Sevilla, aunque durante un periodo más corto.

La especialidad de Traumatología y Cirugía Ortopédica hacia el siglo XXI

La realidad muestra que se producen más cambios con la progresión de las tendencias existentes que los avances genuinos. Veremos por tanto dónde estamos en las principales parcelas de nuestra especialidad para analizar el futuro, pero antes debemos analizar algunos avances científicos y tecnológicos en los que se basa su futuro: la ortobiología, la nanotecnología y la impresión 3D.

Ortobiología

En las dos últimas décadas, han irrumpido con fuerza las terapias basadas en la biología de los trastornos musculoesqueléticos, lo que ha venido a denominarse "tratamientos ortobiológicos". Estas terapias incluyen el ácido hialurónico, el plasma rico en plaquetas (PRP) con alto contenido de factores de crecimiento, concentrado de aspirado de médula ósea y terapias basadas en células madre, e ingeniería tisular, esta última como terapia más compleja en la que se combinan células madre, factores de crecimiento y otros estímulos tisulares sobre un material de soporte, tanto naturales como sintéticos, que se conoce con el nombre de andamio, para sustituir

un tejido lesionado. La ingeniería tisular la abordaremos con más detalle en el apartado dedicado a la nanotecnología y en el tratamiento de las lesiones del cartílago articular. De todos estos tratamientos ortobiológicos se espera grandes progresos en el futuro, que cambien profundamente el tratamiento de los principales problemas musculoesqueléticos.

Acido hialurónico

El ácido hialurónico (AH) es una molécula de alto peso molecular presente en el cartílago, donde facilita la unión de las proteínas que lo componen, además es un componente del líquido sinovial de gran importancia en la lubrificación articular.

En la artrosis (OA), el ácido hialurónico en la articulación se despolimeriza y baja su peso molecular perdiendo las propiedades mecánicas y viscoelásticas. La inyección intra-articular de ácido hialurónico en la artrosis teóricamente aumenta la síntesis de las proteínas de la matriz extracelular, mejora la viscosidad del líquido sinovial y bloquea los mediadores inflamatorios, teniendo, por tanto, un efecto antiinflamatorio. Se ha postulado que la inyección intra-articular HA sería beneficiosa.

En el momento actual hay una gran controversia sobre la efectividad clínica. Los resultados son muy heterogéneos, hay estudios que muestran una clara mejoría clínica, mientras que otros no muestran ningún beneficio. En cualquier caso, no tiene efectos secundarios. Se utiliza para demorar la implantación de una prótesis o evitarla en pacientes de avanzada edad con alto riesgo quirúrgico. Como veremos, otra aplicación del ácido hialurónico es la ingeniería tisular como soporte en forma de hidrogeles, solos o asociados a células madre y factores de crecimiento.

Plasma rico en plaquetas (factores de crecimiento)

El plasma rico en plaquetas (PRP) es una concentración autóloga de plaquetas humanas en un pequeño volumen de plasma por centrifugación de la sangre del propio paciente. Estos concentrados tienen un número de pla-

quetas entre 1.000.000 y 2.000.000/mL, entre 5 y 10 veces más que el plasma normal.

Las plaquetas contienen factores de crecimiento en sus gránulos alfa; los de mayor interés en las enfermedades musculoesqueléticas son: factor de crecimiento de origen plaquetario (PDGF), factor de crecimiento de transformación-beta (TGF-beta), factor de crecimiento fibroblástico (FGF), factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y factor de crecimiento ectodérmico (EGF). Cuando el concentrado de plaquetas se activa con cloruro de calcio o trombina se produce una degranulación de las plaquetas con liberación de los factores de crecimiento.

Estudios in vitro y en experimentación animal han demostrado la eficacia de los distintos factores de crecimiento en la reparación de los tejidos, ello ha promovido la utilización de la inyección local de plasma rico en plaquetas en diversas patologías musculoesqueléticas, con distintos resultados.

En los tendones su eficacia es muy dispar. En la epicondilitis lateral, o codo de tenis, ha demostrado su eficacia a corto y largo plazo con un alto grado de evidencia. En tendón de Aquiles la mejoría clínica es escasa y no se ha demostrado mejoría en la ecografía. En los tendones del manguito rotador del hombro no consigue ninguna mejoría.

Hoy en día, una de las principales indicaciones del PRP es en el tratamiento de la artrosis. Su utilización se apoya en trabajos in vitro que han demostrado que los factores de crecimiento pueden aumentar la capacidad de síntesis de los condrocitos a través del aumento de la expresión génica, de la producción de proteoglicanos y depósito de colágeno tipo II. Es la rodilla la articulación en la que más se utiliza el PRP por la frecuencia de la artrosis en ella y por la fácil accesibilidad para la infiltración intra-articular, además de ser la articulación donde parece más efectivo. Un meta-análisis ha demostrado una mejoría clínica significativa a los 3, 6 y 12 meses, con una eficacia mayor que el ácido hialurónico, aunque a los 12 meses se igualan. Otros estudios, sin embargo, no muestran ninguna ventaja respecto al ácido hialurónico.

Además de la inyección directa sobre las estructuras musculoesqueléticas dañadas, el PRP se ha utilizado como aumentación quirúrgica, aplicándolo

a las estructuras que se reparan quirúrgicamente para favorecer la cicatrización, especialmente en la reparación de tendones rotos por degeneración. En los tendones del manguito de los rotadores del hombro no se ha demostrado mejor resultado que la simple reparación. En el tendón de Aquiles, los resultados de los distintos estudios tienen conclusiones contradictorias. En la reparación del ligamento cruzado anterior mediante injerto se ha utilizado para mejor el anclaje del injerto, sin haber podido demostrar mejoría. También se ha utilizado en la reparación de los ligamentos de tobillo sin éxito. Tampoco ha sido eficaz en el tratamiento de las lesiones musculares ni en la consolidación ósea.

Hay una gran discrepancia en los resultados de los estudios sobre la eficacia de la inyección de PRP. Esta discrepancia en parte está relacionada con la variabilidad metodológica de los estudios realizados, con diversos sistemas comercializados para su preparación que tienen grandes variaciones en el protocolo de recogida y preparación (velocidad de centrifugación y número de centrifugaciones), por lo que hay variaciones de las propiedades del PRP obtenido dependiendo el sistema utilizado. Además de las variaciones derivadas del sistema de preparación utilizado, hay variaciones dependientes del sujeto, como las medicaciones que toma, índice de masa corporal y la dieta. Todo ello hace que los resultados de la aplicación de PRP sea muy difícil de valorar. Por otro lado, además de los factores de crecimiento, el plasma rico en plaquetas contiene hasta 2.000 proteínas, por ello su efecto va más allá del aporte de factores de crecimiento, por ejemplo, tiene una clara actividad antiinflamatoria al reducir ciertas citoquinas proinflamatorias.

Los resultados sobre la regeneración tisular que se han observado en estudios in vitro y experimentación animal no se han demostrado en el humano y la mejoría clínica que se consigue en muchos casos se atribuye a su efecto antiinflamatorio mencionado.

Con los tratamientos aplicados actualmente, los factores de crecimiento actúan escasas horas, aproximadamente el 70% de los factores son liberados en los 10 primeros minutos de la activación y casi 100% se liberan en la primera hora, solo una mínima cantidad de factores de crecimiento pueden encontrase durante los siguientes 4-5 días; por otra parte, no conocemos la concentración óptima para cada tejido ni las fases en el ciclo de la

reparación en el que son efectivos; todo ello, lógicamente, limita mucho las posibilidades de aplicar este tratamiento con eficacia.

Se necesitan aún muchos estudios sobre sus mecanismos para que tengan adecuada aplicación clínica, pero las esperanzas están puestas en que esto será posible y podremos utilizarlos para resolver mucha de nuestra patología con inyecciones locales y mejorar los resultados de nuestra cirugía reparadora.

Al igual que el AH, el PRP se emplea como complemento en la ingeniería tisular.

Tratamientos con concetrados de médula ósea y células madre

El estudio de células madre es una de las áreas más estimulantes de la investigación biomédica actual. Ha ido creciendo evidencia del potencial de células madre, especialmente las células madre mesenquimales, de tratar un gran espectro de enfermedades.

Pese a las pocas evidencias que existen sobre su éxito en la clínica humana, con un espítitu claramente comercial, en la última década han surgido innumerables clínicas en el mundo ofreciendo tratamiento de las células madre para muchos problemas neurológicos, hematológicos, hepáticos y musculoesqueléticos.

Como especialidad médica que abarca las patologías de los tejidos y órganos derivados de dos capas embrionarias, el mesodermo (hueso, cartílago, músculo y ligamentos) y el ectodermo (médula espinal y nervios), la Traumatología y Cirugía Ortopédica es sin duda uno de las disciplinas en que las estrategias terapéuticas basadas en células madre pueden ser aplicadas más ampliamente, especialmente en los procesos degenerativos de las articulaciones. Por esta razón, nuestra especialidad ha sido pionera en la utilización de las células madre.

Como veremos, durante décadas se han tratado los defectos del cartílago articular poniéndolos en contacto con el tejido óseo subyacente, primero con perforaciones, actualmente con las técnicas de microfracturas, que no son más que microperforaciones repartidas por el lecho óseo. Con estas

técnicas se consigue que un defecto de cartílago sea invadido por un tejido de granulación desde la médula ósea que se diferencia hacia cartílago, aunque como analizaremos luego, dista mucho de la estructura normal del cartílago hialino articular. También desde hace años se ha utilizado el fresado de la cavidad medular en los fracasos de consolidación de los huesos con muy buenos resultados; después hemos sabido que las paredes internas de la cavidad medular contienen las células mesenquimales que tienen más potencial osteogénico.

También se utilizan los concentrados de médula para tratar la osteonecrosis, especialmente de la cadera, con unos resultados clínicos discutidos, ya que se asocia a diversos gestos quirúrgicos, y en cualquiera de los casos lo que se observa es una menor progresión de las necrosis en fases iniciales, pero no regeneración.

La capacidad osteogénica de la médula ósea ya fue demostrada por Gougeon en 1869 y hoy sabemos que la principal razón es la presencia de células mesenquimales.

Un salto en el tratamiento de lesiones musculoesqueléticas respecto al uso de concentrados de médula ósea ha sido la utilización clínica de gran cantidad de células madre obtenidas tras cultivo. Se utilizan células obtenidas de la médula ósea y del tejido adiposo. Estas últimas tienen un potencial osteogénico menor que las obtenidas de la médula ósea, sin embargo, tienen la ventaja de que su fuente es abundante y se pueden extraer por liposucción.

Dado que los trastornos musculoesqueléticos tienen alta prevalencia es fácil hacer ensayos clínicos. Sin embargo, pocos estudios clínicos son válidos para sacar conclusiones, al tratarse de estudios de caso/cohorte deben interpretarse con precaución. La escasez de estudios clínicos de calidad se debe a la estricta regulación de la FDA. La mayoría de los tratamientos que utilizan células madre mesenquimales (MSCs) cultivadas en humanos no están actualmente aprobados por la FDA y se consideran experimentales. La FDA regula tratamientos que involucran células, aunque sean mínimamente manipuladas, ya que considera que las células madres son células inmaduras que, reproducidas fuera de su entorno natural que es el cuerpo humano, podrían producir efectos adversos importantes: tumores, reac-

ciones inmunitarias graves o crecimiento de tejidos no deseados. Históricamente, la FDA ha sido el líder mundial de regulación médica y la mayor parte de los países desarrollados tradicionalmente han seguido sus directrices. Los estudios con células madre cultivadas o placentarias, y su aplicación clínica se ha desarrollado, fundamentalmente, en países en vías de desarrollo, lo que ha motivado el llamado turismo de células madre.

Especial interés tiene el uso de las células madres mesenquimales en las lesiones y degeneración del cartílago articular, por sus características y por su potencial de auto-reparación limitado, prácticamente inexistente. Es el cartílago articular el que plantea los verdaderos retos de la medicina regenerativa. Por ello, y por haber sido uno de mis temas preferidos de investigación, le dedicaremos un capítulo más adelante.

Me limitaré aquí a analizar el uso clínico de las células madre en inyecciones intra-articulares. Un tratamiento que se apoya en que estudios in vitro y en experimentación animal, que han demostrado que las células madre favorecen la reparación del cartílago y evitan la progresión de la artrosis. Por ejemplo, en diversos vertebrados se han estudiado los efectos de la inyección intra-articular de células mesenquimales tras provocar una artrosis por meniscectomía, comprobando que la artrosis era menos intensa y de instauración más lenta cuando se inyectaban células mesenquimales. No obstante, son resultados que tienen muy limitado valor traslacional, ya que el modelo experimental provoca artrosis aguda sobre un cartílago previamente sano, que no tiene nada que ver con la compleja etiopatogenia de la artrosis humana por envejecimiento, en la que el factor mecánico es solo parte.

En el humano, se han realizado algunos estudios sobre el uso de MSCs para tratar OA o defectos focales del cartílago de la rodilla, pero, ninguno de ellos ha alcanzado el nivel 1 de evidencia.

Pese a la falta de evidencias, en la actualidad, algunos están utilizando la inyección intraarticular de MSC en la patología de la rodilla, fundamentalmente en la artrosis, y hay publicaciones que refieren la mejoría del dolor y de la función, sin efectos adversos, pero la pobre calidad metodológica de los estudios realizados limita mucho las conclusiones. La mejoría que refiere el paciente se acepta que es fundamentalmente por el efecto antiin-

flamatorio que tienen las células madre y que aparece inmediatamente a la inyección intraarticular, pero de momento no hay ninguna evidencia de que puedan mejorar la lesión del cartílago, ni es de esperar que aparezca, teniendo en cuenta que las células madre inyectadas actuarían solo en la superficie del cartílago.

No obstante, los conocimientos que hoy tenemos sobre el uso terapéutico de las células mesenquimales auguran un prometedor futuro.

Cuando se empezó a utilizar las células madre en ingeniería tisular se atribuyó su eficacia a la capacidad de auto-reproducirse y diferenciarse a la estirpe células del tejido receptor. Posteriores investigaciones han puesto de manifiesto que sus efectos beneficiosos están mediados, en gran medida, por sus acciones paracrinas más que por la diferenciación celular en el tejido receptor. Las células madre liberan vesículas extracelulares (EVs) que interactúan con las células del tejido receptor, sobre las que pone en marcha múltiples funciones. Entre los subtipos de EVs, exosomas y microvesículas son el foco principal de muchos investigadores debido a su importancia biológica. Se sabe que las microvesículas de las células madre contienen microRNA y proteínas que se liberan en el medio intercelular actúan sobre las células locales interactuando con ellas.

Se ha demostrado que las células madre favorecen la liberación celular de citoquinas, factores de crecimiento, entre ellos la BMP (proteína morfogenética ósea) dentro de una estructura lesionada, contribuyendo a la reparación reclutando células locales. Por su capacidad de expresión de moléculas bioactivas y sus efectos inmunomoduladores se ha propuesto cambiar la denominación de las MSC a *"células de señalización medicinales"* para reflejar con mayor precisión su potencial de actuar terapéuticamente como medicamento.

Las células madre tienen la capacidad de detener el flujo sanguíneo y migrar a través de las paredes endoteliales de los vasos sanguíneos dentro del tejido. Sin embargo, esta capacidad de migración es limitada y solo una pequeña parte de las células fisiológicamente presentes en el torrente sanguíneo o administradas terapéuticamente pueden alojarse en el tejido lesionado. Por ello, están en estudio varias estrategias relativas a las células, como las condiciones de cultivo modificadas y la manipulación antes del

trasplante, a fin de aumentar su capacidad migratoria y de localización en la zona lesionada.

El futuro de las células mesenquimales va más allá de la regeneración tisular, genéticamente modificadas pueden actuar como agentes terapéuticos. Pueden ser genéticamente diseñadas para liberar proteínas que actúan sobre la regeneración tisular, con diversas aplicaciones en enfermedades monogénicas. Por ejemplo, en nuestra especialidad la osteogénesis imperfecta (OI), o enfermedad de los huesos de cristal (Knait, 2013), se ha demostrado que el vector del virus Adenoassociated MSCs de pacientes con OI altera los genes dominantes negativos del colágeno COL1A1 y produce colágeno normal. También para nuestra especialidad se han diseñado en experimentación animal células genéticamente moduladas para sobreexpresar la proteína morfogenética ósea (BMP), gran protagonista de la regeneración ósea.

Las células madre también pueden ser diseñadas para entregar una gran variedad de moléculas terapéuticas, convirtiéndolas en herramientas para la entrega de fármacos. Actualmente se utilizan nanopartículas (NP) de diferente composición, formas y propiedades físicas para cargar células madre, preparadas o modificadas con moléculas de información destinadas a modular los procesos regenerativos, entre ellos los miRNAs. Este campo de la terapia celular tiene como primera aplicación el tratamiento del cáncer, pero también se puede aplicar en nuestra especialidad en la osteogénesis imperfecta, como hemos visto.

Especial interés tienen las células madre cargadas magnéticamente, ya que pueden ir dirigidas de forma remota al lugar deseado mediante campos magnéticos externos para aumentar la entrega de fármacos a los tejidos y/o órganos.

Podemos concluir que las posibilidades de futuro de las células madre son casi infinitas, pero hay mucho camino que recorrer para conseguir que estas células alcancen la mayor cantidad posible en el lugar a tratar, conocer mejor sus mecanismos de migración, conocer cómo interactúan con las células de los tejidos y conseguir que la expresión de sus exosomas y microvesículas sean las idóneas para el objetivo perseguido. Así mismo, queda también mucho camino por recorrer en los criterios de evaluación in vitro

e in vivo de los distintos aspectos de las terapias basadas en las células madre.

Nanotecnología

La aplicación de la nanotecnología a la Cirugía Ortopédica y Traumatología ha revolucionado nuestra especialidad en las últimas décadas y con seguridad lo seguirá haciendo en el futuro.

El concepto de nanotecnología introducido por Richard Feynman en 1959, bien conocido en la industria y el desarrollo de nuevas tecnologías, ha irrumpido con fuerza en la medicina y especialmente en nuestra especialidad. Como es bien conocido, la nanotecnología es el estudio, producción y manipulación controlada de materiales con un tamaño de grano <100 *nm*. Los materiales hechos de nanopartículas tienen la misma estructura atómica que los convencionales, pero no se rigen por las leyes de la mecánica clásica de estos últimos, las leyes de la mecánica cuántica toman el control y dan lugar a un comportamiento único de la materia en términos de punto de fusión, conductividad y reactividad. Por ejemplo, los materiales que son aislantes en la macroescala pueden poseer propiedades conductivas cuando se reducen a la nanoescala. Otra de las características de los nanomateriales es que a medida que disminuye el tamaño de las nanopartículas la superficie aumenta para un volumen dado, de tal manera que un material implantado de nanopartículas multiplica su interacción con el tejido receptor.

La Plataforma Tecnológica Europea (European Technonogy Platform on Nanomedicine, European Commission), cuya extensión en España es NanoMed Spain, consideró en el año 2006 ciertas áreas prioritarias para favorecer el desarrollo de la nanomedicina y la inversión en I+D; una de las principales áreas fue la patología del sistema musculoesquelético.

En el área de los implantes ortopédicos la nanotecnología ha permitido la producción de materiales con características únicas como alta resistencia a la deformidad, resistencia al degaste y alta dureza. Esto es especialmente importante en las superficies de fricción de las prótesis, con excelentes me-

joras de las superficies de metal, cerámica, y, sobre todo, del polietileno con la adición de microtubos.

Se han conseguido nuevos materiales con tantalio creando una nanoestructura muy porosa, con una porosidad muy parecida al tejido trabecular, que consigue osteointegrarse en el hueso con una facilidad asombrosa.

En la fijación de los implantes en las sustituciones articulares, los avances han sido notables, mejorando la interacción entre el implante y el hueso receptor.

Todo implante en un organismo vivo debe ser aceptado por el tejido receptor, estableciendo continuidad con él mediante una interacción entre las biomoléculas y células con la superficie del implante. Si esto no ocurre el implante fracasará por aflojamiento. Como los sistemas vivos se rigen por el comportamiento molecular a escalas de nanómetros, la interrelación se establece con más facilidad si la superficie del implante está hecha de un nanomaterial. Múltiples estudios in vitro han demostrado su capacidad para controlar y mejorar la diferenciación tisular y la adhesión celular mediante la introducción de materiales nanofásicos de forma única sin el uso de sustancias químicas osteogénicas adicionales. Con el titanio se han obtenido recubrimientos nanofásicos de microtubos, que tienen igualmente una fácil integración con la estructura ósea; los osteoblastos cultivados sobre una superficie de nanoestructuras de titanio depositan tres veces más hueso sobre el titanio que cuando este no está nanoestructurado.

La nanotecnología se ha empleado en los recubrimientos bioactivos de los implantes con hidroxiapatita y vidrios bioactivos, que a las características de microestructura de fácil osteointegración, suponen un estímulo añadido al crecimiento óseo invasivo de la superficie. Las posibilidades de nuevos recubrimientos son prácticamente ilimitadas y se han ensayado diversos materiales compuestos.

La plata ha sido usada en heridas durante siglos como agente antibacteriano. Los nanomateriales de plata incorporados a la superficie de las prótesis de titanio en forma de nanotubos de titanio, tiene potente bactericida, hasta 30 días. Se ha ensayado el recubrimiento con nanopelícula de polipéptido cargada de cefazolina que se liberan durante un largo periodo de tiempo, también como prevención de la infección.

Investigaciones han demostrado que el selenio es un potente potenciador de agentes quimioterapéuticos. Cuando se fabrica en la escala nanométrica y se aplica a los implantes ortopédicos de titanio, la nanofase de selenio parece inhibir el crecimiento de células malignas alrededor del implante.

Los nanomateriales se han empleado también para producir materiales sustitutos de tejido óseo y cartílago. Las matrices mezclando ácido poliláctico con nanotubos de carbono se han empleado como sustitutos de hueso; los nanotubos imitan la red de colágeno I del hueso que actúan como soportes para inducir la formación de cristales de hidroxiapatita.

El instrumental quirúrgico también se ha beneficiado de la nanotecnología. Con nanocompuestos de nitruro y carburos metálicos se obtienen materiales de dureza semejante al diamante para fabricar instrumentos de corte. Se han desarrollado superficies de corte recubiertas de cuasicristales que permite afilar las hojas hasta de 20-40 nanomicras.

Los nanomateriales tienen una gran aplicación en la bioingeniería tisular. La impresión en 3D permite la construcción de material que mimetizan la estructura del tejido receptor en cuanto a resistencia y porosidad adecuada para la invasión de las células y el intercambio de nutrientes. La tecnología de la bioimpresión permite además incorporar células, factores bioactivos de liberación lenta.

Los nanomateriales pueden ser utilizados como vehículos de fármacos con múltiples aplicaciones. Nanomateriales de oro y de ácido poliláctico se han ensayado para la administración de fármacos. De forma experimental se han utilizado corticoides hidrosolubles encapsulados en nanoesferas de un polímero biodegradable, para la liberación lenta intraarticular.

Aunque la investigación ha mostrado el increíble potencial de la nanomedicina, existen importantes barreras para su aplicación generalizada en la práctica clínica ortopédica. La principal barrera es el desconocimiento de la toxicidad de las nanopartículas que se pueden liberar. La experiencia en las últimas prótesis metal con metal en la cadera ha demostrado la liberación de iones metálicos a diversos órganos y, a nivel local, daños de los tejidos blandos y formación de pseudotumores.

Se considera que las nanoparticulas de cualquier origen, liberadas del desgaste de los implantes o de la degradación de implantes o ingeniería tisular, pueden tener efectos citotóxicos cuando se depositan en cerebro o pulmones, o ser origen de un estado inflamatorio crónico. Es necesaria una investigación exhaustiva para determinar las posibles toxicidades de los nanomateriales y desarrollar una rigurosa regulación de los ensayos clínicos, que encarece terriblemente su uso clínico.

No obstante, hay un gran potencial de uso de la nanotecnología en medicina y es de esperar que en el futuro desempeñe un papel fundamental en la práctica clínica.

Impresión 3D

La impresión 3D fue conceptualizada e inventada por Charles Hull a principios de los años 80, basada en la idea de que las sucesivas capas de un material de base podían aplicarse unas sobre otras imprimiendo un objeto tridimensional.

Permite precisión extrema de materiales en las 3 dimensiones del espacio en una escala de milímetros o nanómetros, por lo que tiene una aplicación industrial muy extendida, pero en las últimas dos décadas su uso ha irrumpido con fuerza en el campo de la medicina.

Los recientes avances en imágenes médicas como la TC y la RMN pueden proporcionar las imágenes reconstruidas en 3D exactas para crear objetos 3D a través de la impresión. La impresora construye el modelo mediante una serie de capas transeccionales de líquido, polvo o material laminado como plásticos/polímeros y metales, así como materiales biológicos.

La aplicación a la medicina de la impresión 3D es ya una realidad en la práctica médica que contribuye a la visualización de patologías complejas, planificación quirúrgica, fabricación de instrumental y de implantes a medida para cada paciente. Hasta hace poco era una tecnología de alto coste, ya que requiere un software adecuado y el costo de mantenimiento y materiales es alto. Hoy, el costo de las impresoras 3D se ha reducido drásticamente con el software libre disponible.

Actualmente, la impresión 3D está ampliamente disponible en la planificación quirúrgica para una variedad de procedimientos ortopédicos. Estos casos varían desde patrones de fractura complejos hasta cirugía de artroplastia de revisión.

En casos de fracturas, los modelos impresos en 3D proporcionan una ayuda visual y táctil en la identificación de patrones de fractura complejos. La revisión preoperatoria del modelo 3D puede permitir al cirujano anticipar las incidencias intra-operatorias, la selección del enfoque quirúrgico óptimo y la necesidad de equipos específicos. Las fracturas pélvicas son un ejemplo de estos conceptos. El modelo puede ser esterilizado y revisado intra-operatoriamente tantas veces como sea necesario.

Los cirujanos ortopédicos pediátricos han utilizado modelos impresos en 3D para ayudar en el manejo de la escoliosis espinal compleja y enfermedades infantiles de pie, cadera y rodilla, para planificar y ejecutar correcciones de deformidades. Sobre los modelos preoperatorios que reproducen los huesos con sus deformidades, el cirujano puede sistematizar las osteotomías más adecuadas para la corrección de la deformidad, así como elegir el implante idóneo y su ubicación más conveniente. Además, la impresión 3D puede fabricar plantillas que sirvan de guía de corte buscando el corte ideal del hueso.

En cirugía ortopédica del adulto tiene igualmente numerosas aplicaciones. La más extendida es la prótesis de rodilla. Sobre imágenes previas de TAC y RM se obtienen unas plantillas personalizadas que permiten un corte exacto del hueso para un perfecto encaje de la prótesis, con la ventaja añadida que evitamos el daño óseo que invariablemente provoca la colocación de las plantillas estándar que se utilizan para la colocación de las prótesis.

La impresión 3D ha permitido la fabricación de implantes personalizados en la artroplastia de sustitución articular, especialmente en la cadera, cuando el paciente no se encuentra en el rango estándar de tamaño del implante o su patrón de enfermedad requiere implantes específicos. También en casos que el recambio de una prótesis aflojada no puede hacerse con implantes tradicionales; la reproducción en 3D de la anatomía alterada sirve para diseñarse un modelo de implante adecuado a medida.

También se ha utilizado la impresión 3D para correctores externos, moldes, férulas y aparatos más complejos de corrección, simplificando su fabricación, reproduciendo su anatomía externa y optimizando la adaptación al paciente.

Dentro de la impresión 3D las mayores perspectivas de futuro están en su utilización en la ingeniería tisular aplicando la nanotecnología, la llamada bioimpresión, que permite impresión en 3D de tejidos, con adecuada resistencia y buena porosidad para que la invasión, crecimiento de las células y la síntesis de su matriz se haga con facilidad. Se consigue una exacta estratificación de células, andamios biológicos y factores biológicos, para estimular la migración y reproducción de estas células, como son los factores de crecimiento.

Una de las principales ventajas de la bioimpresión en comparación con las estrategias convencionales de ingeniería de tejidos es la capacidad de influir en la diferenciación de las células madre en múltiples etapas del proceso.

Desde el punto de vista técnico, la bioimpresión se realiza con biotintas que se componen de material celular, aditivos (factores de crecimiento, moléculas de señalización, etc.) y un andamio de apoyo. La biotinta se puede aplicar mediante inyección, extrusión, impresión asistida por láser o por estereolitografía.

Es una tecnología en fase experimental en la que hay aún que resolver muchos problemas para alcanzar una verdadera utilidad clínica. Quizás el mayor desafío para traducir la bioimpresión en el laboratorio para la creación de tejido funcional implica la creación de redes vasculares. In vivo, se requiere una red vascular para que los tejidos crezcan más allá de 100 a 200 micras, ya que este es el límite de difusión de oxígeno. Sin una red vascular, los tejidos modificados tendrán limitaciones de nutrientes que resultarán en formación incompleta del tejido o necrosis.

Terapia génica en traumatología y cirugía ortopédica

La terapia génica nos permite la transferencia de material genético a las células de un individuo para restablecer una función celular que estaba abolida o defectuosa, introducir una nueva función o bien interferir con

una función existente. Aunque su aplicación inicial fue en las enfermedades genéticas, las investigaciones han demostrado su extraordinario potencial para promover los fenómenos reparativos tisulares y prácticamente todas las especialidades médicas se han beneficiado de ello. Su potencial, teóricamente es ilimitado. En nuestra especialidad ya se han realizado estudios experimentales con células tratadas con vectores virales y otras técnicas de terapia génica. Utilizando una línea de células provenientes de la médula ósea con un vector adenovírico que codifica la BMp-2 se ha conseguido la regeneración de defectos óseos. También se ha empleado la terapia génica con ADN codificante para la BMP 4 y PTH 1-34 con éxito en la regeneración ósea a nivel experimental.

Se conoce que el principal factor de transcripción de condrocitos es el SOX9, sobre el que se centran las investigaciones para actuar sobre la homeostasis del cartílago articular.

Se está ensayando la terapia génica en reparación de menisco en animales con éxito.

De momento sigue siendo una terapia experimental, pero se tiene la esperanza de que algún día se convierta en una terapia clínica bien establecida.

En la última década, los cambios de la expresión la epigenética que implican alteraciones en la secuencia del ADN subyacente, la llamada epigenética, se ha convertido en una de las áreas de más rápido crecimiento de la investigación en ciencias básicas y hay un interés extraordinario en desentrañar los mecanismos epigenéticos, esos cambios de fenotipo sin un cambio en el genotipo, en el desarrollo y control de la enfermedad. De la era del genoma hemos pasado a la del epigenoma. El conocimiento del epigenoma permite determinar perfiles epigenéticos asociados a un tipo particular de célula o tejido como una enfermedad específica. Los procesos epigenéticos implican modificaciones químicas del ADN (metilación del ADN y desmetilación) o a las histonas que forman los núcleos de cromatina empaquetado y los ARN no-codificados, como los microARNs.

El estudio de los microARNs ha abierto extraordinarias posibilidades de utilizarlos como biomarcadores para el diagnóstico y predicción de la enfermedad. Además, ya que los cambios epigenéticos son reversibles, se prevé

el desarrollo de nuevas estrategias para la regulación epigenética que conducirá a nuevos tratamientos eficaces para combatir la enfermedad.

Comparado con campos de investigación como el cáncer y neurología, los estudios epigenéticos en la biología esquelética y sus alteraciones están a la zaga. Sin embargo, en los últimos cinco años, ha habido importantes avances de como la regulación epigenética afecta el desarrollo del cartílago y el hueso, aunque queda mucho que aclarar sobre el papel de la epigenética en la modulación de la homeostasis del cartílago y del hueso, y sus enfermedades.

La osteoporosis (OP) relacionada con la edad y la menopausia es una de las mayores preocupaciones sobre la calidad de vida de la gente mayor. Sus mecanismos son bien conocidos, una pérdida de actividad de las células formadoras de hueso, los osteoblastos, y una hiperactividad de las células de destrucción de hueso, los osteoclastos. El recambio continuo al que está sometido el tejido óseo, que en el adulto mantiene un equilibrio entre la acción de las células de ambas extirpes, conservándose la masa de tejido óseo, en el viejo se ve alterado, con un balance negativo.

Se ha demostrado que los miRNAs juegan un importante papel regulador en el proceso de remodelado del hueso, especialmente en la regulación de la diferenciación y función de osteoblastos y osteoclastos, y el desarrollo y progresión de la OP. Cada vez más investigadores se han centrado en el mecanismo de miRNAs en el desarrollo y progresión de la OP, con el fin de encontrar la terapia génica eficaz para tratarla o retrasarla. En este sentido se han identificado diferente miRNAs en la actividad de las células relacionadas con el metabolismo óseo, por ejemplo: el miRNA-182 es un importante regulador de los osteoblastos, el miRNA-422a y miRNA-223 de los osteoclastos, y el miRNA-128 y miRNA-12 en la diferenciación de las células mesenquimales en osteoblastos.

En la última década, se han mostrado muchos miRNAs en la regulación de diversos eventos biológicos como la proliferación celular, diferenciación y procesos apoptóticos, que son importantes en el desarrollo del cáncer. La evidencia acumulada indica que la expresión aberrante de miRNAs se asocia con varios tipos de cáncer. En el caso del osteosarcoma se ha encontrado que el miRNA-20 esta infraexpresado y que una sobre-

expresión de este miRNA sensibiliza las células del osteosarcoma a drogas quimioterapéuticas.

En la artrosis las investigaciones sobre miRNAs han aportado resultados muy interesantes. Varios miRNAs se ha identificado con la progresión rápida de la artrosis de las grandes articulaciones de carga, los tres principales son el let-7e, miR-454 y miR-885, que son realmente útiles como marcadores para pronosticar la evolución de la artrosis y determinar la oportunidad de una cirugía precoz. Más esperanzas se tienen en el descubrimiento de un miRNA destructivo para el cartílago, el microRNA-181-5p, sobre el que se ha desarrollado la forma de inactivarlo, con lo que se espera controlar la progresión de la artrosis.

Cartílago articular, el gran reto de la cirugía ortopédica

Uno de los mayores retos de nuestra especialidad es la degeneración y las lesiones agudas del cartílago articular que invariablemente conducen a la degeneración de la superficie articular. La artrosis es el trastorno musculoesquelético más común, afectando a 10-12% de la población mundial. Para personas mayores de 65 años, esta incidencia se eleva al 49,7% (estadísticas de 2010 de la Organización Mundial de la Salud (OMS)), y estos números continúan aumentando en relación con el envejecimiento de la sociedad y una creciente epidemia de obesidad.

No es de extrañar que el estudio del envejecimiento, degeneración y lesiones traumáticas del cartílago, hayan sido uno de los principales temas de investigación en nuestra especialidad.

A ella me dediqué durante más de 15 años y sobre este tema se realizaron en el Departamento de Cirugía 12 tesis doctorales, casi todas dirigidas por mí. Estudiamos todos los métodos de estimulación de la reparación del cartílago articular y la evolución a largo plazo de los regenerados obtenidos. Les puedo asegurar que aportamos interesantes conocimientos respecto a la posibilidad de reparación del cartílago, pero los resultados fueron desalentadores en cuanto a posibles soluciones clínicas.

El cartílago articular tiene unas características que dificultan su reparación, es aneural, totalmente avascular, se nutre desde el líquido sinovial, y tiene

pobre población celular con escasa actividad de reproducción; en el cartílago adulto no se detectan mitosis celulares, solo durante el crecimiento. Por ello, una lesión traumática del cartílago no cicatriza si es de espesor parcial, ya que no hay respuesta celular de los condrocitos que apenas muestran mitosis en los márgenes de la lesión. Solo si la lesión alcanza la totalidad del grosor del cartílago y llega hasta el hueso situado por debajo, se puede producir su reparación, ya que desde la médula ósea surge un tejido de granulación que rellena el defecto y sufre una diferenciación cartilaginosa. La mayoría de técnicas que se han utilizado en el pasado, y se siguen utilizando en muchos casos, se basan en buscar la continuidad entre la lesión del cartílago y el hueso, son las técnicas de perforaciones y microfractura. Desde el punto de vista clínico han sido útiles, pues algo más del 70% de los casos mejoran clínicamente, pero el resultado biológico es muy malo; el regenerado no es cartílago hialino, sino fibrocartílago, que no tiene la estructura del cartílago articular y menos sus propiedades mecánicas, estando condenados a la degeneración temprana. A estas técnicas se ha asociado administración local de factores de crecimiento, células mesenquimales y otros productos con propiedades para mejorar la reparación tisular. El resultado ha sido igual de malo desde el punto de vista biológico.

Esta clara incompetencia del cartílago para reparar sus lesiones ha sido el motivo de que se haya convertido en diana de la ingeniería tisular. La primera aportación a la medicina regenerativa del cartílago fue la de Brittberg en 1994; consiste en la toma de pequeños fragmentos de cartílago del propio paciente, seguido por la expansión de condrocitos en cultivo en el laboratorio y posterior colocación de los condrocitos cultivados en el defecto de cartílago articular. Esta técnica se conoce como ACI (*autologous condrocite implantation*). El cultivo de condrocitos, una vez colocado en un defecto de cartílago, se recubría inicialmente con un parche de periostio, y más tarde con membrana de colágeno biodegradable. En cualquier caso, los condrocitos aportados difícilmente se podían retener con estos parches. El paso siguiente fue la implantación de los condrocitos en un andamio tridimensional de colágeno, conocido como MACI (*matrix autologous condrocite implantation*), con mejores resultados que en el ACI en tasa de éxito y calidad del tejido regenerado, pero aún muy diferente del cartílago articular normal.

Las limitaciones que presentan ACI y MACI es el mantenimiento de estos condrocitos en un estado estable. La expansión de condrocitos autólogos in vitro para obtener un número suficiente de células está invariablemente asociada con la desdiferenciación de condrocitos, reducción en la expresión de los colágenos propios del cartílago hialino, II, IX y XI, así como y glucosaminoglicanos, y una elevada síntesis de tipo I colágeno en vez de colágeno II que es el que tiene el cartílago normal. En consecuencia, se obtiene fibrocartílago en lugar de cartílago hialino.

Además de este problema con la diferenciación, la capacidad proliferativa de los condrocitos parece disminuir con la edad del donante que obviamente puede limitar su uso.

Ante la insuficiencia de resultados con estas técnicas la siguiente estrategia planteada ha sido utilizar otras células con buena capacidad proliferativa. Se han utilizado células madre mesenquimales (MSCs) obtenidas de diferentes fuentes, siendo las de la membrana sinovial las que han demostrado el mayor potencial para diferenciarse en condrocitos. Sin embargo, la implantación de MSCs a menudo da lugar a una mezcla de tejidos hipertróficos, cartilaginosos y fibrosos, que a la larga evolucionan a su degeneración.

También se han utilizado las células madre pluripotentes inducidas (iPSCs) obtenidas de la desdiferenciación de células maduras, método relativamente nuevo, que han demostrado el mismo potencial de capacidad de proliferación y diferenciación, pero con menos preocupaciones éticas. El problema de la aplicación clínica de estas células es su altísimo coste, debido a la extensa validación requerida.

En 2004 se descubrió la existencia de células madre/progenitoras (CSPCs) en la zona superficial del cartílago articular bovino, con gran capacidad proliferativa y de diferenciación en condrocitos in vitro. Sin embargo, la purificación de CSPCs de cartílago articular humano adulto es difícil debido a la falta de marcadores bien definidos.

Las MSCs tampoco han demostrado ser una solución para regenerar el cartílago articular con sus peculiaridades estructurales y funcionales.

El último paso en la reparación de las lesiones del cartílago articular ha sido la ingeniería tisular. Para la ingeniería tisular del cartílago se utilizan

polímeros naturales y sintéticos. Lo naturales son: alginato, gelatina, agarosa, el ácido hialurónico, fibrina y colágeno. El grupo sintético es más diverso: poli (ácido L-láctico), poli (ácido láctico-co-glicólico), poli (vinyl alcohol), polietilenglicol, poliuretano etc. Los polímeros naturales son biodegradables y biocompatibles, pero su composición varía de lote a lote. Los polímeros sintéticos son más fácilmente reproducibles, con propiedades que pueden ser controlados de forma precisa. No obstante, los polímeros naturales son más utilizados; el colágeno es el más común.

Como células se han empleado tanto células madre como condrocitos cultivados. La nanotecnología aplicada a la ingeniería tisular del cartílago articular ha mejorado enormemente las propiedades de los tejidos fabricados y la experimentación animal ha demostrado que el tejido reconstruido presenta características cada vez más parecidas al cartílago articular en cuanto a las características de las células, el porcentaje de colágeno de tipo II, propio del cartílago articular, y la composición de los glicosaminoglicanos que forman la sustancia fundamental, pero no se ha conseguido hasta el momento tejido que no claudique con su uso.

El problema de la reparación del cartílago articular es conseguir reproducir su estructura y por ende sus propiedades físicas. Si analizamos la estructura del cartílago articular se observa distintos estratos en los que los distintos componentes tienes características distintas. En las zonas superficiales los condrocitos son aplanados y poco activos metabólicamente, las fibras de colágeno II tienen una orientación casi paralela a la superficie articular y el contenido de proteoglicanos es pobre; en la capa intermedia las células son más abundantes, de mayor tamaño y metabólicamente muy activas, las fibras de colágeno tienen una orientación oblicua y hay gran riqueza de glisosaminoglicanos en la sustancia fundamental; en las capas profundas las células son grandes, hipertróficas, metabólicamente poco activas, las fibras de colágeno son perpendiculares a la superficie y la matriz vuelve a mostrar pobreza de glicosaminoglicanos. A diferencia de otros tejidos, el cartílago articular no es una masa homogénea, tiene la estructura de un verdadero órgano y solo esa estructura le infiere las propiedades de deformarse cuando recibe cargas, distribuyéndolas adecuadamente al hueso, y al cesar la carga recupera la forma; deformación y recuperación de la forma son fundamentales para la nutrición del cartílago articular desde el líquido sinovial. Es bien conocido que una inmoviliza-

ción prolongada de una articulación deteriora sus cartílagos articulares, pues le priva de ese mecanismo de esponja por carga y descarga, responsable de su nutrición. De los trabajos de investigación, que como les decía hicimos, uno era especialmente representativo de las características del cartílago articular como órgano, simplemente eliminando con bisturí las capas superficiales del cartílago se desencadenaba una rapidísima degeneración del cartílago.

Posiblemente, en el futuro, con los progresos de la ingeniería tisular conseguiremos cartílagos hialinos de mejor composición, pero dudo mucho que se pueda reproducir un cartílago articular útil.

Avances tecnológicos en las últimas décadas

El análisis de la ortobiología nos ha enseñado cuál es el camino futuro de la medicina y por ende de nuestra especialidad. Hay muchas esperanzas, creo que demasiadas. Todo lo que ha demostrado la investigación in vitro y experimentación animal es difícil de trasladar a la práctica clínica. Los estudios in vitro, fuera de la compleja biología de los tejidos, es muy difícil trasladarlos a la clínica. En nuestra especialidad los buenos resultados de la ortobiología en experimentación animal se han obtenido trabajando con modelos experimentales que provocan lesiones traumáticas e intentan repararlas; son situaciones bien diferentes a las que nos enfrentamos en la clínica, son animales jóvenes sin procesos degenerativos, la lesión que provocan está rodeada de tejido sano, no degenerado como nos enfrentamos en la clínica, y la fisiología del aparato locomotor de estos animales dista mucho de nosotros, la mecánica del bípedo tiene que ver poco con la del cuadrúpedo.

Como hemos visto las peculiaridades de la biología del cartílago articular son un claro ejemplo de los límites de la ortobiología. Pongamos los pies en tierra, y analicemos lo que en el momento actual está avanzando nuestra especialidad de la mano de la tecnología.

Como les dije al principio, cada región anatómica y cada articulación es un mundo distinto y tiene enfoques terapéuticos muy diferentes, por ello, renuncio a analizar los desarrollos tecnológicos en cada una de ellas. Me cen-

traré en lo que es común a todas ellas, el tratamiento quirúrgico de las fracturas y la sustitución protésica.

Tratamiento quirúrgico de las fracturas

A lo largo de la historia ha sido evidente que el tratamiento de las fracturas graves mediante inmovilización con métodos externos tenía grandes limitaciones y los fracasos de la consolidación y las graves deformidades residuales invalidantes tenían una altísima frecuencia.

La idea de abrir el foco de fractura para reducir adecuadamente los fragmentos y fijarlos internamente siempre rondó en la cabeza de quienes trataban fracturas. La primera referencia a la cirugía de las fracturas la hizo Francisco López de Gomara en su crónica de la conquista española de Méjico en 1511, relata que los aztecas utilizaban astillas de madera resinosa para enclavar casos de fracturas no consolidadas.

Restringiéndonos a la bibliografía médica, hay descripciones de tratamiento quirúrgico de las fracturas en el siglo XVIII y XIX que no pasan de simples anécdotas. Los verdaderos pioneros de la fijación interna de las fracturas fueron por orden cronológico: Köning y los hermanos Lambotte en Bélgica (1866-1955), Lane (1856-1943) en Reino Unido y Sherman en América. Las aportaciones de Köning en la técnica de fijación de las fracturas se limitaron al uso de alambres y tornillos, pero hizo aportaciones interesantes sobre las indicaciones del tratamiento quirúrgico y sus objetivos.

De los hermanos Lambotte destacó Albin. Desde 1900, se dedicó al tratamiento quirúrgico de las fracturas, con gran entusiasmo y entrega. Hombre ingenioso y habilidoso, diseñaba en su taller las placas y los tornillos, así como todos los instrumentos quirúrgicos. Con su obra "*Chirugie opératoire des fractures*" en 1913, estableció los principios básicos de esta cirugía que estuvieron vigentes la primera mitad del siglo XX, y los instrumentos, placas y tornillos que diseñó fueron utilizados hasta la década de los 50.

El otro pionero del tratamiento de las fracturas William Arbuthnot Lane, en 1900 ya había diseñado una gran variedad de placas para diferentes fracturas y en 1905 escribió su obra clásica. Preocupado por la infección preconizaba la rigurosa asepsia quirúrgica y cuidar la manipulación de los

fragmentos para no desvitalizarlos, lo que denominaba técnica "*non touch*". Descubrió que muchos de los fracasos que se atribuían a la infección eran la consecuencia de fenómenos de electrolisis que se producían por combinar distintos metales (hierro-latón, bronce-aluminio etc.) y se preocupó por encontrar materiales adecuados para sus placas y sus tornillos, y empezó a utilizar el acero blando, que presentaba limitaciones de resistencia y tolerancia de los tejidos.

Más tarde, gracias a la industria sanitaria, se consiguieron fabricar implantes suficientemente resistentes y biocompatibles, el acero y el vitalio (aleación de cromo, cobalto, molibdeno, hierro y níquel). En 1942 el Colegio Americano de Cirujanos designa un grupo de estudio para placas y tornillos, recomiendan como material más adecuado para la osteosíntesis el acero inoxidable 18/8 (SMo 316 y 317).

Posteriormente se introduciría el titanio y sus aleaciones con aluminio y vanadio. Más biocompatible, con un módulo de elasticidad de Young más parecido al hueso y menor densidad y peso.

Hasta mitad del siglo XX los resultados del tratamiento de las fracturas estaban ensombrecidos por el uso de materiales no bien tolerados, sin suficiente resistencia, por una asepsia quirúrgica inadecuada y limitaciones en la anestesia.

Es a partir de 1950 cuando comienza el verdadero tratamiento quirúrgico de las fracturas tal como hoy lo conceptuamos. Influyeron los avances en la asepsia quirúrgica y de la anestesia, y por su parte la industria metalúrgica ya había puesto en manos de los cirujanos el material idóneo para la fabricación de los implantes. Pero lo más importante fueron las aportaciones de Danis y posteriormente de la escuela suiza AO fundada por Müller.

Robert Danis (1880 a 1962), continuador de la obra de Lambotte, se considera el padre de osteosíntesis moderna. Profesor de cirugía en la Universidad de Bruselas, adquirió una gran experiencia en la fijación interna, que recogió en su gran obra "*Theórie et Pratique de l'Ostéosynthése"* en 1949.

Para él la osteosíntesis (fijación de las fracturas) solo era satisfactoria si cumplía estos objetivos:

1. La completa restauración de la anatomía del hueso para que los fragmentos en íntimo contacto contribuyesen a la estabilidad de la fractura. Para ello, preconizó la compresión interfragmentaria y diseñó un dispositivo para ello que denominó coaptador.

2. La posibilidad de movilización inmediata de la zona fracturada que permitiese al paciente reintegrarse al máximo de las actividades y evitar las atrofias musculares y rigideces articulares propias del tratamiento con yeso.

Danis observó que cuando utilizaba esta osteosíntesis a compresión se producía una unión ósea sin formación de callo, lo que denominó soldadura autógena y consideró que ésta era la unión ósea normal y que un callo exuberante era anormal. Luego veremos que esto que consideró como un axioma era simplemente un efecto secundario.

El suizo Maurice Müller, atraído por la obra de Danis, decidió desarrollar en Suiza las técnicas de osteosíntesis e investigar sus bases científicas. Tuvo la suerte de rodearse de valiosos colaboradores a los que transmitió su pasión por la osteosíntesis; los más destacados fueron Hans Willlenegger, Robert Schneider y Martin Allgöwer, con quienes fundaría el grupo de estudio para la osteosíntesis (AO) que fue líder el tratamiento quirúrgico de las fracturas en las siguientes décadas.

Fueron tres los pilares de la osteosíntesis desarrollada por este grupo: un laboratorio de cirugía experimental en Davos, la incorporación en el equipo de metalúrgicos e ingenieros para aplicar los fundamentos biomecánicos que surgen de su investigación y desarrollar tanto los implantes como la instrumentación necesaria, y un centro de documentación en Berna, para recoger los casos de osteosíntesis, que después extendió a todo el mundo. En España su centro de documentación fue la Fundación Müller, dotada con 50 millones de pesetas anuales, que dirigió Rafael Orozco, de la que tuve el honor de pertenecer a su patronato en sus últimos 5 años.

Además de una gran labor investigadora, la AO tuvo una extraordinaria labor docente. Sus cursos, tanto de formación básica como avanzada, tuvieron una gran difusión por todo el mundo. Para los cirujanos que entonces estábamos en formación eran cursos de obligada asistencia.

Los principios de AO para el tratamiento de las fracturas eran:

- Reducción de las fracturas para restaurar la anatomía ósea.
- Fijación rígida de la fractura.
- Preservación de la vascularización de los tejidos blandos y del hueso con manipulación cuidadosa de los tejidos.
- Movilización y rehabilitación precoz de la extremidad lesionada.

Insistía la AO, como lo hizo Danis, en las virtudes de la consolidación llamada soldadura autógena del hueso largo, que se conseguía mediante una unión directa entre los fragmentos óseos sin formación de callo.

Esto que se consideró como la consolidación ideal pronto se vio que tenía sus problemas. Para alcanzarla era necesario un perfecto contacto entre los fragmentos óseos, cosa que no es fácil de conseguir en todo el trazo de fractura. Como demostró Sneck sólo se conseguía si las superficies óseas estaban separadas menos de 150 micras. Pequeños defectos de reducción se acompañaban de grandes fracasos y con frecuencia, para obtener una buena reducción era necesario liberar ampliamente los fragmentos óseos, desvascularizándolos y dificultando la consolidación.

McKibbin en 1975 en un precioso trabajo, que recoge todo lo investigado hasta entonces sobre consolidación, pone de manifiesto que la llamada soldadura autógena no es ninguna forma especial de curar las fracturas, es solo una manifestación de una consolidación normal modulada por las condiciones mecánicas de una total inmovilización. En un hueso largo, cuando se somete al foco de fractura a un ligero movimiento, se impide la unión directa del hueso, pero se estimula el perióstico y los tejidos blandos vecinos, y se forma un callo exuberante. En condiciones de rigidez se bloquea el callo que forman periostio y tejidos blandos perifracturarios y se estimula la unión directa del hueso cortical.

Por otro lado, los trabajos de Sarmiento con el yeso funcional y los de otros autores con otros métodos de tratamiento, pusieron de manifiesto, no solamente la tolerancia del foco de fractura a cierta movilidad, sino que la movilidad elástica de los tejidos dentro del foco de fractura es deseable porque estimula el callo de fractura.

La experiencia de los fracasos de la osteosíntesis, así como el conocimiento más profundo de la consolidación, puso de manifiesto que el entorno biomecánico es un factor determinante, pero lo fundamental es la respuesta biológica local que tiene como protagonista el aporte vascular. Cobró actualidad lo que en su día dijo Girldestone «*los huesos son como plantas cuyas raíces están en los tejidos blandos y, para su tratamiento, se requiere el cuidado de un jardinero, más que la habilidad de un ebanista*».

Los principios que hoy rigen en el tratamiento quirúrgico de las fracturas son: el respeto a la vascularización, evitando el daño de las partes blandas que contribuyen a ella y participan en la consolidación, y estabilizar la fractura para evitar que se desplacen y permitan la inmediata recuperación de la función del miembro, pero deben someterse al estímulo osteogénico que supone una movilidad controlada del foco de fractura que permitan micromovimientos de compresión y tracción, que son los que estimulan la formación de un buen callo óseo, y evitar los de torsión y flexión, que son los que la impiden.

La propia AO reconoció con el paso de los años que los sistemas de inmovilización elástica eran los que obtenían los mejores resultados y modificó sus métodos de fijación de las fracturas.

Las aportaciones de la AO lo fueron en los métodos de osteosíntesis con tornillo y placas, pero hay otros métodos que hoy son los preferidos para el tratamiento de las fracturas de los huesos largos, el enclavado intramedular ocupando el centro de la cavidad ósea de la diáfisis.

La principal aportación del enclavado intramedular la debemos al austriaco Gerhard Küntscher (1899-1922) que diseñó su clavo intramedular en 1930, presentando sus primeros resultados en 1940. Küntscher, desarrolló este método de fijación de las fracturas buscando ese doble objetivo: inmovilización de la fractura suficiente para permitir la formación del callo y el mayor respeto a la vascularización del hueso y de los tejidos perifracturario que intervienen en la consolidación, introduciendo el clavo desde un extremo óseo sin abrir el foco de fractura.

Las ventajas de los clavos intramedulares desde el punto de vista biológico, ha hecho que ganasen la partida a las placas atornilladas. Primero lo hicieron en las fracturas de trazos simples en la diáfisis y actualmente, gracias

a la utilización de cerrojos que atraviesan clavo y hueso, también han ganado la partida a las placas atornilladas en las fracturas diafisarias de trazo complejo y en las de los extremos de los huesos largos.

Las placas, para competir con los clavos, han evolucionado hacia la cirugía mínimante invasiva; se deslizan por la superficie del hueso introducidas por pequeñas incisiones y se sujetan al hueso con tornillos de bloqueo colocados percutáneamente con las guías adecuadas.

¿Cuál es el futuro? Creo que seguiremos con el concepto de fijación elástica, con la mínima agresión a los tejidos perifracturarios con colocación de la osteosíntesis por una mínima incisión; desarrollo de diseños cada vez más adaptados a cada tipo y localización de la fractura y mejores instrumentales para colocarlos.

Sin duda, las investigaciones con células madre y factores de crecimiento que vimos, aportarán mucho en el futuro, pero ya adelanto que será un futuro muy lejano. Trasladar los conocimientos que va arrojando la biología molecular a la práctica médica es realmente difícil.

El ejemplo lo tenemos en la proteína morfogenética ósea (BMP) descubierta por Urist en 1965. Urist siempre admitió esa idea de los clásicos, que existía alguna sustancia química, conocida como la *Chalone*, capaz de estimular la reparación de los tejidos. Consiguió provocar la formación de hueso en el seno del músculo de la rata con un extracto de hueso decalcificado. En 1973 logró una mezcla proetica heterogénea que denominó BMP; otros autores describieron los distintos tipos de BMP, y gracias a la tecnología recombinante genética, hoy está comercializada. Se usa, pero lo más que se ha conseguido son los mismos efectos que con el injerto óseo fresco tomado del propio paciente.

Desarrollo de las prótesis articulares

Sin duda, lo más destacado en nuestra especialidad desde la segunda mistad del siglo XX ha sido el desarrollo de las prótesis de sustitución articular. Se han desarrollado prótesis para todas las articulaciones, pero sin duda la más destacada ha sido la prótesis de cadera, "la joya de la corona" en palabras de Munuera.

Los primeros en realizar una artroplastia total de sustitución utilizando diversos materiales sintéticos fueron Glück en 1890, Delbet en 1919 y Hey Groves en 1927, aunque con unos resultados desastrosos. En Estados Unidos, Smith-Petersen utilizó recubrimientos de la cabeza femoral con copas de diversos materiales, y finalmente en 1938 introdujo las copas de vitalio. En la década de los cuarenta del siglo XX, Moore y Thompson, también en Estados Unidos, comenzaron a emplear la sustitución de la cabeza de fémur y su anclaje en el canal medular. Poco después, McKee y Ring desarrollaron en Inglaterra prótesis totales de cadera metálicas que sustituían la cabeza femoral y la parte articular de la pelvis, con buenos resultados iniciales, pero ensombrecidos tardíamente por la reacción de los tejidos a las partículas de metal que se liberaban, la conocida metalosis. Fue el inglés Charnley quien consiguió desarrollar la artroplastia de sustitución con excelentes resultados a largo plazo. Charnley llegó a la conclusión que el fracaso de las prótesis hasta entonces ensayadas era debido a su resistencia al deslizamiento y decidió entonces dedicarse al estudio de la fricción y lubrificación articular en colaboración con ingenieros dedicados a la mecánica. Su conclusión fue que la cabeza metálica de pequeño tamaño, de 22 milímetros de diámetro, obtenía mejores condiciones de fricción; sin embargo, tuvo dificultades a la hora de decidir el material para que se articulase esta. Después de probar varios materiales eligió el teflón, pero el resultado fue desastroso ya que el teflón se degastaba pronto, liberándose partículas que provocaban una reacción tisular con aflojamiento de la prótesis. Tras el fracaso con el teflón prosiguió con la investigación de nuevos materiales. Uno de sus ingenieros descubrió que un plástico, el polietileno de alta densidad, tenía unas propiedades tribológicas adecuadas.

En 1962 implantó Charnley la primera prótesis total de cadera de metal y polietileno, pero pronto comprobó que la prótesis se aflojaba respecto al lecho óseo, por lo que recurrió a uno de los cementos dentales usado en la época, el metilmetacrilato, para fijar la prótesis. Pese a que han sido numerosas las modificaciones de las prótesis de cadera y han aparecido muchos otros diseños, la prótesis de baja fricción de Charnley sigue siendo el patrón oro de la sustitución protésica de la cadera.

Cuando se generalizó el uso de la prótesis de cadera se puso de manifiesto que uno de los problemas era el aflojamiento de la prótesis por la aparición de una osteolisis alrededor del cemento; se consideraba que era una reac-

ción tisular al cemento y se hablaba de "enfermedad del cemento". Por ello, en la década de 1980 se pusieron en marcha investigaciones para obtener superficies de las prótesis que consiguiesen un buen anclaje directo al hueso, lo que conocemos como "osteointegración", sin la necesidad de utilizar cemento; aparecieron las prótesis no cementadas. Inicialmente se cubrieron las superficies de la prótesis de microesferas metálicas con un diámetro adecuado para que entre ellas penetrase el hueso que crecía desde el lecho óseo, el resultado clínico parecía satisfactorio, pero los estudios histológicos postmorten mostraron que la penetración ósea apenas llegaba al 10% de la superficie y en el resto se formaba tejido fibroso. Surgió entonces la idea del recubrimiento con sustancias cerámicas que fueran osteoconductoras y facilitasen el crecimiento del hueso alrededor de la prótesis, de ellas la hidroxiapatita, la estructura cristalina que se encuentra en el tejido óseo normal, ha sido la que mejor resultados ha dado. Su eficacia está en que no solo es osteoconductora, también se considera que es osteoinductora, ya que, estimula la formación de hueso en su superficie.

Como hemos visto en el apartado dedicado a la nanotecnología, está en fase de desarrollo los recubrimientos de hidroxiapatita a los que les añaden sustancias bioactivas, como son los factores de crecimiento, especialmente la BMP, incluso sustancias que reducen las posibilidades de infección de la prótesis.

La cementación de las prótesis obtiene una fijación inmediata, lo que representa una ventaja cuando el hueso en el que se implanta la prótesis está alterado y tiene poca capacidad de osteogénesis (pacientes de edad avanzada, casos de tumor, recambio de prótesis etc.). Por ello, se siguió investigando para mejorar el cemento y, sobre todo, la técnica de aplicación, con la adecuada preparación del lecho óseo, mezcla al vacío, presurización del cemento para que penetre bien en el hueso y técnicas para que la capa de cemento sea de grosor uniforme alrededor de toda la prótesis.

Cuando se comenzaron a utilizar las prótesis no cementadas se vio que el fenómeno de osteolisis alrededor de la prótesis también aparecía. Se comprobó que era la consecuencia de la liberación de partículas de polietileno que provocaba una reacción tisular, de la "enfermedad del cemento" pasamos a la "enfermedad de las partículas"; era evidente que había que seguir mejorando las superficies de fricción para evitar la liberación de partículas,

algo que el propio Charnley ya había anunciado. Se desarrolló el polietileno reticulado sometido a irradiación con haz de rayos gamma o rayos de haz de electrones, y posteriormente el polietileno reticulado de segunda generación mediante la mezcla de vitamina E, el cambio de irradiación o el proceso de recocido para la reducción de los radicales libres. Este polietileno altamente reticulado (HXLPE) ha logrado reducir drásticamente las tasas de desgaste y osteolisis.

Por otro lado, se desarrollaron nuevos materiales para la superficie de fricción como los metales y las cerámicas. Las superficies de fricción metal-metal actuales utilizando metasul, una aleación cromo-cobalto con alto contenido de carbono, tiene una liberación de partículas casi 200 veces menos que el polietileno, sin embargo, hoy en día está en cuarentena por la liberación de iones que se depositan en distintos órganos, además de las reacciones alérgicas locales con formación de pseudotumores; incluso pueden provocar mutaciones cromosómicas.

Las superficies de fricción cerámica contra cerámica tienen muchas ventajas como son: dureza, alta resistencia al desgaste, lubricación mejorada con inercia química y propiedades hidrofílicas, con escasa liberación de partículas, igual que las superficies de fricción metal contra metal, pero en este caso son partículas inertes. Ello permite usar una cabeza femoral más grande con menos riesgo de luxación. Las primeras cerámicas utilizadas hace 30 años no tuvieron éxito debido al desgaste y a la fractura. La cerámica de alúmina de tercera generación (Biolox Forte) introducida en 1994 redujo la incidencia de fracturas a menos del 0,02%. La cerámica de tercera generación de alúmina y zirconio (Biolox delta), introducida en el año 2000, redujo aún más el índice de fractura hasta el 0,003%.

Las superficies de fricción cerámica contra cerámica o cerámica contra polietileno son en el momento actual la combinación más aceptada en la cadera. Para otras articulaciones suele usarse metal contra polietileno.

Toda la investigación sobre las prótesis de cadera ha servido para el desarrollo de las prótesis de otras articulaciones. La prótesis de rodilla ha tardado más en desarrollarse por la compleja biomecánica de esta articulación, pero en el momento actual le ha superado en cuanto al número de intervenciones que se realizan; mientras en España se implantan anualmente 35.000 prótesis de cadera, de rodilla se implantan 60.000, 130 pró-

tesis de rodilla cada 100.000 habitantes, bastante por debajo de Estados Unidos y los países desarrollados de Europa, que superan las 200 prótesis por 100.000 habitantes. En la última década la implantación de la prótesis de hombro ha aumentado extraordinariamente, aunque está muy lejos de las anteriores. Otras prótesis como tobillo, codo y pequeñas articulaciones tienen escaso uso porque tienen pocas indicaciones.

Los resultados a largo plazo de las prótesis de cadera y rodilla son muy satisfactorios, con supervivencias del 90% a los 20 años. Ello ha hecho que se haya perdido el miedo a implantar prótesis a pacientes jóvenes. Kutz ya recoge en 2011 que más del 50% se colocaban en pacientes de menos de 65 años, y pronosticaba que para el año 2030, serían el 52% de las prótesis de cadera y del 55% al 62% para las prótesis de rodilla.

Las técnicas de implantación de las prótesis de cadera y rodilla han mejorado extraordinariamente en los últimos años. Se introdujo con fuerza, como en el tratamiento quirúrgico en otras especialidades, la cirugía mínimamente invasiva, pero la experiencia demostró que esta cirugía aplicada a la implantación de las prótesis solo tiene una ventaja relativa en el postoperatorio, a cambio de aumentar los riesgos de complicaciones neurovasculares o inadecuada colocación de las prótesis; la colocación de una prótesis requiere una buena exposición de la articulación y con la cirugía mínimamente invasiva solo se consigue con tracciones y compresiones intensas de los tejidos blandos. Sin embargo, hay que admitir que la cirugía mínimamente invasiva ha mejorado mucho los instrumentales para mejorar la implantación de la prótesis y los protocolos perioperatorios, así, en la prótesis de rodilla se está haciendo en Estados Unidos con cirugía sin ingreso; actualmente en Estados Unidos el 5% de las prótesis de rodilla se realizan de forma ambulatoria con los mismos resultados clínicos que los casos hospitalizados y sin mayores complicaciones, aunque es cierto que de momento la experiencia se ha limitado a pacientes con edad media de 60 años y sin comorbilidades.

Cirugía asistida por ordenador

Dentro de los avances técnicos en la implantación de las prótesis de cadera y rodilla está la cirugía asistida por ordenador.

La aparición del primer sistema robótico Puma en neurocirugía para la ubicación y resección de los tumores en 1985, demostrando su precisión, supuso una gran revolución en la cirugía, a la que fueron incorporándose la práctica totalidad de las especialidades quirúrgicas. Podemos decir que, en todas las especialidades, de una u otra manera, puede emplearse la robótica.

En nuestra especialidad se utilizan distintos tipos de cirugía asistida por ordenador, la navegación, el uso de robots, y las plantillas personalizadas. La navegación es un sistema pasivo que nos informa durante la intervención de la exactitud de los gestos quirúrgicos que estamos realizando. Los robots pueden ser pasivos, semiactivos y activos. Los sistemas pasivos completan una parte del procedimiento bajo control continuo y directo del cirujano. Los sistemas activos realizan una tarea independiente de cualquier compromiso del cirujano. Los sistemas semiactivos requieren la participación del cirujano, pero proporcionando retroalimentación, generalmente táctil, para aumentar el control del cirujano, por eso se conocen como "sistemas hápticos"; el cirujano no puede cortar el hueso fuera de los parámetros volumétricos preestablecidos. Las plantillas prefabricadas consisten en la construcción de plantilla de corte adaptadas a la anatomía particular del paciente.

La cirugía ortopédica es la más susceptible de robotización, ya que trabaja sobre superficies duras no deformables, de manera que las operaciones básicas de mecanizado: cortar, fresar, taladrar etc., ofrece gran similitud al mecanizado industrializado. Los robots utilizados para partes blandas, como el Da Vinci, empleados en numerosas áreas de la cirugía, como la cirugía cardiaca, colorrectal, cirugía general y digestiva, ginecología, cabeza, cuello, tórax y urología, trabajan sobre tejidos blandos en movimiento que se deforman con su manipulación, por lo que es imposible una planificación previa. Los robots de partes blandas son sistemas pasivos remotos, es un telemanipulador que permite al cirujano sentarse ante una consola y ver una imagen 3D magnificada de alta resolución de la anatomía del paciente, y con las nuevas tecnologías permite traducir los movimientos de la mano del cirujano en micromovimientos muy precisos, pero no se puede hacer una planificación preoperatoria.

En contraste, en cirugía ortopédica podemos hacer una planificación preoperatoria o durante la intervención, si la colocación e inmovilización del paciente es adecuada; los tejidos no se mueven ni se deforman, permitiendo al robot distintos grados de autonomía.

En cirugía ortopédica se puede hacer una reconstrucción en 3D de las piezas anatómicas sobre las que vamos a actuar, bien obteniendo la información durante el acto quirúrgico con sensores colocados en puntos de referencia clave del hueso, o bien, con una reconstrucción 3D sobre TAC y RM obtenidas antes de la intervención. Estas reconstrucciones 3D permiten que sobre ellas podamos planificar la intervención, podemos generar virtualmente el resultado final, que es modificado como se desea, hasta que finalmente es aprobado por el cirujano. La posibilidad de un plan de ejecución previo a la intervención es el aspecto de la cirugía robótica que le diferencia de otras especialidades.

Dentro de la cirugía ortopédica, el campo de aplicación más desarrollado es el implante de las prótesis articulares. En la cirugía ortopédica de sustitución protésica hay una relación bien reconocida entre la exactitud en su colocación y el resultado. Un reemplazo de cadera o rodilla bien alineado es menos probable que se disloque y durará más tiempo. Los cirujanos ortopédicos han estado siempre preocupados por disponer de los mejores medios para poder colocar las prótesis con la orientación y alineación adecuadas. A pesar de la mejora continua en los instrumentales de alineación mecánica en la cirugía estandarizada, se ha estimado que el error en la alineación tibial y femoral de más de 3°, que se considera inadecuada, se produce en cerca de 10% de los reemplazos totales de rodilla, incluso cuando se llevan a cabo por cirujanos bien entrenados que utilizan las herramientas de alineación mecánica más actualizadas. Es difícil determinar puntos de referencia anatómicos intra-operativos. Las herramientas de alineación convencionales asumen una geometría ósea estándar que puede no aplicarse a pacientes específicos. Por último, todas las herramientas de alineación mecánica dependen de la inspección visual directa para confirmar la precisión del posicionamiento del implante al final del procedimiento. En el caso de la prótesis de cadera, Callanan ha mostrado que sólo alrededor del 50% de los implantes de cadera están dentro de un rango seguro aceptable, especialmente en el acetábulo, ya que, está muy influenciada por la posición del paciente en la mesa quirúrgica.

En la cadera, la navegación en cirugía ha demostrado en diferentes estudios que el número de componentes protésico del acetábulo con una desviación importante del ángulo de inclinación y anteversión disminuye considerablemente, pero una revisión sistemática que incluía más de 400 casos la media del ángulo de inclinación y anteversión era la misma para el grupo de cirugía navegada que el grupo estándar. Además, no se han demostrado mejores resultados clínicos, ni a corto ni a largo plazo, con la cirugía navegada de cadera.

La navegación en cirugía de la prótesis de rodilla ha demostrado que mejora la posición de la prótesis en el plano coronal y recupera mejor el eje de la rodilla, disminuyendo el número de casos que se aleja de los valores estándar considerados como correctos. Además, consiguen un buen balance en la tensión de los ligamentos, tan importante en la prótesis de rodilla. Sin embargo, las ventajas clínicas no son evidentes. Hay publicaciones de series que muestran mejores resultados a corto plazo en la escala funcional y de dolor, pero hay otros que no encuentran diferencias. Algunos metaanálisis llegan a la conclusión de que hay una mejoría con la navegación, pero otros metaanálisis muestran lo contrario. En cualquier caso, esto demuestra que las diferencias son escasas. Para justificar la navegación es necesario demostrar los mejores resultados a largo plazo, en cuanto a la mayor superveniencia de la prótesis. Un estudio sobre el registro nacional de artroplastia de la Asociación Australiana de Ortopedia, muestra una diferencia significativa en la tasa de recambios en prótesis navegadas en pacientes menores de 65 años. Teniendo en cuenta que la navegación está en manos de cirujanos más experimentados en prótesis de rodilla, estos resultados tienen un importante sesgo. Un estudio reciente, de este mismo año, sobre 217 prótesis revisadas a los 10 años, muestra una supervivencia del 98% de las prótesis implantadas con navegación frente a un 87% de las prótesis con técnica estándar, sin embargo, la serie es corta y la metodología del trabajo tiene varios puntos débiles.

La falta de beneficios clínicos demostrables, combinada con un coste adicional significativo, el aumento del tiempo operativo y de la instrumentación adicional, hace que su uso entre los cirujanos ortopédicos siga siendo infrecuente; solo en algunos centros de Alemania más del 30% de cirujanos la utilizan, en Estados Unidos prácticamente no se utiliza, en Francia el 3%, Reino Unido 3% y de España no tenemos datos. Esta baja penetración clí-

nica de la navegación en cirugía protésica de rodilla, está en las razones ya expuestas, a las que hay que añadir la alta satisfacción de los procedimientos convencionales existentes, con largas supervivencias de las prótesis a los 15 y 20 años.

La cirugía asistida con navegador también se ha utilizado en la rodilla para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior mediante injerto. Se sabe que la causa más frecuente de reintervención de los pacientes es la colocación inexacta de los túneles óseos de tibia y fémur donde se ancla el injerto. Se han utilizado por ello sistemas de navegación para tallar los túneles con la máxima exactitud. El sistema lo consigue, pero se ha demostrado que no hay ninguna diferencia de resultados respecto a la cirugía no asistida.

La cirugía con navegación se utiliza también en cirugía del raquis, para mejorar la inserción de los tornillos que se colocan a través de los pedículos de las vértebras en los distintos sistemas de fijación de la columna vertebral. Históricamente, la colocación de tornillos pediculares de manos libres ha dado lugar a una inexactitud relativamente alta entre 4.9% y 13%, con la cirugía asistida por ordenador la eficacia alcanza el 100% de tornillos situados correctamente, evitando los implantes del tornillo fuera del pedículo con las posibles complicaciones neurológicas; ROSA, y el más reciente, el Excelsius son los únicos sistemas robóticos aprobados por la FDA para la guía de trayectoria del tornillo pedicular. La inserción de los tornillos pediculares mediante cirugía asistida por computadora es especialmente útil en vértebras deformadas, y lógicamente en la corrección quirúrgica de la escoliosis. En el momento actual, la cirugía asistida por computador se ha extendido más allá de su propósito original de colocar los tornillos adecuadamente, ahora se utiliza para técnicas mínimamente invasivas, descompresión, y colocación de implantes, entre otros procedimientos, con una exactitud de colocación del 100%.

En cirugía pediátrica la cirugía asistida por computadora se ha utilizado para la corrección de algunas deformidades de muñeca y pie, y para la resección de tumores y reconstrucción con aloinjertos.

También la traumatología se ha beneficiado de la cirugía navegada y se emplean técnicas de navegación en la colocación percutánea de tornillos ilio-

sacrales, fijación percutánea de fracturas de cadera, alineación y fijación de huesos largos y fracturas de columna.

La cirugía asistida por computadora con el uso de robots en cirugía protésica, tiene más corta experiencia que la navegación, por su coste y desarrollo más complejo.

Los primeros robots para cirugía ortopédica fueron *CASPAR y Acrobat*, pronto abandonados por las múltiples complicaciones que producían. Los robots que mantienen su actualidad son Robodoc, Navio PFS, IBlock y Mako.

El sistema *Robodoc,* desde 2014 conocido como *TSolution One Surgical System*, fue el primer robot utilizado en 1992 en cirugía ortopédica para preparar el tallo del fémur para alojar la prótesis de cadera. Posteriormente se adaptó para utilizar en prótesis de rodilla. Es un sistema robótico activo, con el problema que una vez planificado y puesto en marcha el cirujano no tiene la capacidad de intervenir, y es difícil modificar el plan quirúrgico intra-operativamente, no obstante, el robot tiene un sistema de control, de tal manera que si detecta un error (como el movimiento del hueso), el robot se detendrá y el proceso de recuperación es una serie de pasos que deben completarse para permitir que el procedimiento continúe de forma segura.

El sistema *Navio PFS* (Blue Belt Technologies, Plymouth, MN) es un instrumento inteligente manual, libre de imágenes, abierto, que permite esculpir el hueso para tallar el lecho de la prótesis con precisión, pues controla la profundidad del corte del hueso, no permitiéndolo más allá de lo planeado. El sistema sigue continuamente la posición de la extremidad inferior de los pacientes y la fresa de mano, de modo que la posición y el grado de flexión de la rodilla pueden cambiarse constantemente durante el procedimiento quirúrgico para aumentar la exposición a diferentes partes de la rodilla durante el registro y preparación ósea.

El robot *iBlock* es una guía de corte motorizada, montada en hueso que posiciona la guía de la sierra para todas las resecciones femorales según el plan del cirujano, permitiendo al cirujano completar las resecciones con una sierra oscilante estándar.

El robot *Mako,* es un sistema háptico disponible en la práctica clínica para artroplastia unicompartimental de rodilla, y artroplastia total de rodilla y cadera. Es un sistema basado en imagen sobre una TC preoperatoria que se utiliza en la planificación quirúrgica para ayudar a determinar el tamaño de los componentes, el posicionamiento, y la resección ósea.

Con el uso de los robots en la cirugía protésica de cadera y rodilla, al igual que en la navegación, los mejores resultados radiográficos que se obtienen en cuanto a la exactitud de la colocación de la prótesis no se traducen mejores resultados clínicos. Un reciente estudio, de este mismo año, de los resultados a 10 años de la implantación de prótesis de rodilla con robot y sin él, muestra excelentes resultados en ambos grupos sin diferencias significativas, clínicas y radiográficas. En el caso de la cadera algunos estudios muestran una mejor evolución clínica solo en el primer año, a partir del cual se igualan los resultados.

La cirugía asistida con robots aún tiene muy poca penetración, en parte, por la falta de evidencias en cuanto a que mejore los resultados clínicos y aumente la durabilidad de la prótesis, y en parte, por el alto costo, necesidad de un periodo largo de formación del cirujano y resto de personal sanitario para optimizar la seguridad y la utilidad de la robótica, y el tiempo operatorio puede ser más largo, especialmente durante la curva de aprendizaje. Además, la cirugía robótica tiene una serie de limitaciones: carecen de la capacidad de tomar decisiones creativas, o unilateralmente decidir cómo cambiar el plan durante la cirugía si una nueva variable se hace presente (por ejemplo, una fractura ósea o un ligamento colateral medial roto que requiere cortes diferentes). En la actualidad, los sistemas son incapaces de realizar el equilibrio de tejidos blandos, a pesar de la capacidad de ciertos sistemas para proporcionar información. Finalmente, su exactitud depende del registro que hagamos de las referencias anatómicas, errores en el registro lleva a errores de ejecución.

Las guías de corte personalizado se utilizan en cirugía de prótesis de rodilla; se fabrican a partir de una imagen 3D obtenida con TAC y RM del paciente, para adaptarlas a la superficie del hueso en el lugar donde debe realizarse el corte. Las ventajas son claras, acorta el tiempo de la cirugía y evitamos utilizar guías de corte estándar que suelen invadir el canal medular, además de conseguir, teóricamente, una alineación más precisa de

la prótesis. Se espera que esto se traduzca en mejores resultados y más supervivencia de implantes. Revisando la bibliografía, algunos estudios muestran mejor posicionamiento de la prótesis que con las plantillas que aporta el instrumental de la prótesis. La realidad clínica es que no se obtienen mejores resultados. Llama la atención y a la vez preocupa el trabajo de Nam y colaboradores (7 de 13) que realizan un estudio retrospectivo de los 224 pacientes, sin encontrar diferencias en cuanto a los resultados funcionales, y, además, el índice de aflojamiento de la prótesis era mayor en las prótesis implantadas con plantillas personalizadas, resultados difíciles de interpretar y que requiere de estudios más profundos.

Hasta ahora, los resultados de la cirugía asistida por ordenador en las prótesis no son los esperados desde el punto de vista funcional y durabilidad de las prótesis, posiblemente porque la estandarización de lo que consideramos optimo en la posición de la prótesis no sea la mejor opción. En prótesis de rodilla, independientemente del resultado valorado en la radiografía entre un 10% y 20% siguen teniendo dolor y no están satisfechos con el resultado. Durante mucho tiempo, se ha considerado una alineación mecánica neutral la solución para todas las rodillas. Recientemente, muchos autores han cuetionado la necesidad de alineación mecánica neutral. Debemos sustituir el concepto de alineación anatómica por alineación cinemática, que tiene en cuenta la alineación morfológica de cada tipo constitucional del paciente, su laxitud y su función. Figuras de la cirugía de la rodilla como Werner Müller ya señalaban que nada es tan constante como la variabilidad de la anatomía y que un profundo entendimiento de la individualidad de cada rodilla es crucial para la restauración óptima de la rodilla lesionada en cirugía reconstructiva de la rodilla. Evidentemente esto vale también para rodilla artroplastia. El problema es que nuestro conocimiento sobre la variabilidad cinemática es escasa para hacer una cirugía personalizada.

Como recoge Munuera, Henry Mankin, uno de los más importantes especialistas de la cirugía ortopédica de Estados Unidos, en el Congreso de 1983 de la American Orthopaedic Association, en su discurso presidencial titulado «La Cirugía Ortopédica en 2013: una prospección», basándose en los avances en la investigación en biología decía: «*espero que me perdonarán mis colegas de las técnicas de ingeniería... pero creo que los cambios futuros de la ortopedia se basarán en la biología y más concretamente en nuestra*

capacidad para conocer y modificar su unidad básica, la célula». «Podemos decir con cierto grado de seguridad que se trata de una enfermedad de la célula... Seguramente en el 2013 habremos logrado controlar esa superproducción de enzimas y mejorar la calidad de los proteoglicanos sintetizados por los condrocitos. Aun a riesgo de ofender a las gentes de las artroplastias que estén en la audiencia os predigo que las articulaciones sobrevivirán". Por supuesto esta predicción no se ha cumplido y el número de prótesis articulares que se implantan no hace más que crecer y lo seguirá haciendo en las próximas décadas. La predicción de Mankin habrá que trasladarla al menos hasta 2113.

Cambios en la forma de ejercer la especialidad de traumatología y cirugía ortopédica

Hemos visto hasta ahora cómo ha evolucionado nuestra especialidad y las perspectivas de futuro desde el aspecto tecnológico y los espectaculares avances en biología celular y molecular. Pero que esperamos desde el punto de vista asistencial.

Tres aspectos quiero destacar, el protagonismo de la artroscopia, la influencia de los nuevos medios diagnósticos como es la resonancia magnética y la subespecialización.

Artroscopia

La artroscopia, ha sido uno de los más brillantes avances en la ortopedia. La era de la artroscopia se inicia cuando en 1938 el japonés Takagi utiliza un cistoscopio para ver el interior de una rodilla en el cadáver. Fue su sucesor Watanabe quien desarrollaría después la técnica y el instrumental de artroscopia, y en 1962 realiza su primera extirpación de menisco con esta técnica. Por sus excelentes resultados desde el comienzo, su difusión fue rapidísima. Pocos años después empezó a utilizarse en Canadá, Estados Unidos y Europa y en España en 1979. Recuerdo de aquella época del curso que realizamos el Prof. Gomar Guarner y yo en Cambridge con el Prof. Dandy en 1981, donde compramos el primer artroscopio que llegó a nuestro servicio, un artroscopio de lente fina y de visión directa, no había aún

cámaras. Es cierto que al principio hubo reticencias a la artroscopia por parte de los cirujanos clásicos acostumbrados a excelentes exposiciones quirúrgicas; el Prof. Gomar Guarner al principio le llamaba la cirugía del "voyeur". Hubo, al principio, muchas publicaciones comparando la cirugía abierta a la artroscópica ensalzando la primera, sin embargo, pronto se vio que los resultados con la artroscopia eran incluso superiores. La principal aportación de la artroscopia fue el radical cambio del perioperatorio en la cirugía rodilla, de una rehabilitación larga y compleja tras una artrotomía, pasamos a una recuperación casi inmediata del paciente. Hoy son excepcionales las cirugías dentro de la articulación de la rodilla sin artroscopia.

Además de ser una excelente herramienta terapéutica, lo es diagnóstica. La artroscopia nos ha descubierto trastornos articulares que desconocíamos, ello en parte debido a que permite un estudio dinámico de la articulación, podemos ver como se deslizan las distintas estructuras articulares durante el movimiento.

Los éxitos de la artroscopia de la rodilla hicieron que la técnica fuese extendiéndose a otras articulaciones.

La artroscopia ha modificado enormemente la cirugía del hombro. Las inestabilidades del hombro, incluida la luxación recidivante, hoy se operan por artroscopia, evitando una cirugía abierta, cirugía difícil y muy traumática. Las frecuentes lesiones tendinosas del manguito de los rotadores del hombro hoy se resuelven por artroscopia sea cual sea su amplitud, siendo una de las intervenciones más habituales en cirugía ortopédica.

La artroscopia de cadera, la más reciente, tan solo con dos décadas de existencia, tiene sus dificultades y pocos especialistas la realizan, ya que tiene sus limitaciones. La cadera es una articulación apretada donde es difícil moverse con las lentes y los instrumentales; además hay que hacerla sometiendo a la articulación a una fuerte tracción en una posición fija, a diferencia de la rodilla y hombro que una movilidad libre de la articulación permite explorar y reparar las alteraciones de toda la cavidad. Lo más importante de la artroscopia de cadera es su valor diagnóstico que ha permitido conocer una serie de trastornos que hasta ahora no se conocían, como las lesiones del rodete fibrocartilaginoso, el llamado labrum cotiloideo, lesiones del ligamento redondo o tendinosis degenerativa del tendón del

músculo glúteo medio, además de permitirnos ver muchos trastornos conocidos pero de muy difícil diagnóstico, en los que las pruebas diagnósticas no invasivas tienen altas tasas de falsos negativos, hasta un 42% de algunos trastornos intra-articulares dan falsos negativos con resonancia magnética (RM). En una gran cantidad de patologías de la cadera, la evaluación artroscópica es de vital importancia en el diagnóstico y la intervención artroscópica puede ser la base del tratamiento.

Artroscopia de tobillo, muñeca y codo, aunque a gran distancia de la rodilla y del hombro, son también intervenciones frecuentes, incorporadas a la mayoría de servicios hospitalarios de nuestra especialidad.

En los últimos años el uso del artroscopio se ha extendido a las estructuras musculoesqueléticas extraarticulares, (atrapamientos de nervios periféricos, bursitis, tendinopatías etc.); ello ha contribuido al gran crecimiento del número de cirugías en nuestra especialidad que luego analizaremos. No obstante, estas últimas indicaciones están muy discutidas, pues se tratan endoscópicamente lesiones superficiales accesibles por una pequeña incisión, mientras que resolverlas por endoscopia aumenta el costo y la duración de las intervenciones.

Resonancia Magnética

Ninguna innovación técnica en el campo de la ortopedia puede igualar el efecto que ha tenido la RM en nuestra especialidad, literalmente la ha revolucionado. Es hoy una herramienta esencial para un diagnóstico preciso en pacientes con problemas musculoesqueléticos. Permite una excelente imagen de las partes blandas con una alta resolución y sin radiaciones ionizantes. Aunque la radiología simple, y en muchas ocasiones la TAC, sigue siendo la herramienta básica para el diagnóstico y planificación del tratamiento en fracturas y patología ósea en general, la RM es la exploración de elección en lesiones de tendones, músculos, ligamentos y estructuras intraarticulares. Las nuevas técnicas de RM son de tal resolución que nos permiten en el cartílago articular detectar los primeros cambios degenerativos, la fibrilación superficial, incluso las más modernas tecnologías, aunque empleadas solo en investigación, detectan los cambios bioquímicos y microestructurales antes de que se produzcan los cambios estructurales, in-

cluso nos permite ver la orientación de las fibras de colágeno. La gran información que aporta la RM ha hecho que cambie radicalmente la exploración del paciente y la mayoría de las exploraciones clínicas tradicionales han quedado obsoletas, especialmente en la rodilla, donde la compleja exploración clínica de las lesiones ligamentosas, meniscales o de la rótula, han perdido protagonismo. En la actualidad se está abusando de esta técnica; ante la sospecha de cualquier patología intraarticular y antes de que realicemos un examen físico cuidadoso, se solicita una RM. No es infrecuente que el paciente, por decisión propia, acuda antes a un gabinete de RM que al especialista.

Ante el menor síntoma de dolor de espalda, incluso en ausencia de hallazgos neurológicos, se solicita de manera indiscriminada un estudio de RM, con el problema de que toda persona con edad superior a los cincuenta años y sin antecedentes de dolor de espalda muestra algún tipo de cambios en los discos intervertebrales, en los forámenes o en alguna otra estructura, lo que explica la gran cantidad de procedimientos quirúrgicos que actualmente se hacen en la columna vertebral. Algo parecido pasa con las frecuentes lesiones de los tendones del hombro. Muchas de los hallazgos que vemos en la RM, a partir de cierta edad, están relacionados con el envejecimiento, nos son responsables de la sintomatología y jamás producirán ningún dolor ni trastorno funcional. La RM ha llevado al sobrediagnóstico y consecuentemente al sobretratamiento. Desgraciadamente hoy se opera con frecuencia solo hallazgos de la RM, muchas veces, operaciones exigidas por el paciente en cuanto lee en el informe la palabra hernia o la palabra rotura. La adecuada exploración clínica, hoy casi prácticamente abandonada, es más necesaria que nunca, para interpretar adecuadamente los hallazgos en la RM. Es necesario protocolizar las indicaciones de la RM y, sobre todo, protocolizar los tratamientos dando a la imagen de la RM el valor que le corresponde, no el valor absoluto.

Subespecialides y protagonismo creciente del tratamiento quirúrgico

Hemos definido nuestra especialidad como especialidad tanto médica como quirúrgica, y así considero que debe continuar, pero la realidad actual es otra. La gran mayoría de nuestros especialistas muestran clara prefe-

rencia por la vertiente quirúrgica. Hemos sufrido en las últimas 3 décadas el mismo fenómeno que ya ocurrió en Estados Unidos a partir de la década de 1920, donde los ortopedas desarrollaron de modo preferente, incluso exclusivo, los aspectos quirúrgicos, arrastrados por su espectacularidad y popularidad, y por qué no decirlo rentabilidad; fueron dejando a un lado el diagnóstico, el tratamiento no quirúrgico y algo tan importante para el éxito de la cirugía como es la rehabilitación. Esto fue objeto de que otras especialidades médicas e incluso profesionales no médicos, con variaciones y denominaciones distintas según los países, hayan ido ocupándose de áreas que siempre correspondieron a nuestra especialidad. En Estados Unidos aparecieron los quiroprácticos, los podiatras que se hicieron dueños de la patología del pie, los neurocirujanos se hicieron con la cirugía ósea del raquis, los cirujanos plásticos de la cirugía de la mano y se creó la especialidad de rehabilitación. Una larga lista de ortopedas distinguidos, muchos presidentes de sociedades de ortopedia, han insistido en los peligros de limitarse a los aspectos quirúrgicos de la especialidad y olvidar de los no quirúrgicos. Campbell decía en 1931, en un discurso presidencial. *"A menudo muchos de los problemas son más médicos que quirúrgicos. La técnica quirúrgica es de menos importancia y siempre se puede adquirir con la experiencia".* Ya vimos al definir el campo de acción de la especialidad cuáles fueron las palabras de Lipscomb en su discurso presidencial de la Academia Americana de Ortopedia en 1975 que no solo defendía el equilibrio entre el tratamiento quirúrgico y no quirúrgico, definía nuestra especialidad como disciplina primaria en el cuidado de la salud. La Academia Americana de Ortopedia ha estado luchando siempre por no descuidar los aspectos no quirúrgicos de la especialidad; uno de los ortopedas que más insistieron en ello fue Augusto Sarmiento, el primer colombiano afincado en Estados Unidos, que fue presidente de esta academia al final del siglo XX. Decía Sarmiento que el culto a la cirugía había sobrepasado los límites de lo racional, especialmente en el tratamiento quirúrgico de las fracturas, obsesionados los cirujanos con la reconstrucción anatómica olvidando la tolerancia que tienen muchas de las secuelas de las fracturas, decía que el cirujano ortopédico estaba convirtiéndose en un cirujano cosmético del hueso. Además, Sarmiento alertaba de los peligros de la subespecialización, cirugía del pie, de la mano, del raquis, del hombro, etc., de prácticamente la totalidad de las articulaciones y regiones anatómicas, con sus respectivas sociedades científicas; decía un hueso una especialidad.

La influencia que los americanos tienen en nuestra especialidad, ha supuesto la globalización de nuestra actividad asistencial y el fenómeno del desinterés por los tratamientos no quirúrgicos y la subespecialización se ha extendido a todo el mundo.

En España son demasiados los traumatólogos y cirujanos ortopédicos que tienen poco interés por la ortopedia general y los tratamientos no quirúrgicos. En los últimos años se está notando un fenómeno, son muchos los pacientes que recibimos que su primera opción fue acudir a un fisioterapeuta. Estamos además observando cómo pacientes con un problema degenerativo que afecta a múltiples articulaciones o regiones anatómicas, consultan a distintos especialistas de cada una de ellas; un tratamiento integrado de todos sus problemas por un ortopeda general no solo evita sobre-tratamientos y sobre-indicaciones quirúrgicas, sino que su estado clínico mejora más.

Por supuesto que no estoy en contra de la subespecialización, todo lo contrario, los mayores avances en nuestra especialidad los han realizado los profesionales que se han especializado en una parcela de cirugía ortopédica. Lo que defiendo es que hay que racionalizarla. La parcelación de los servicios clínicos por unidades dedicadas a cada una de las subespecialidades es muy buena desde el punto de vista operativo, pero no debe menoscabar una buena base de dedicación a la ortopedia general. Esto es especialmente importante para los especialistas en formación, no pueden basar su formación en la adquisición de habilidades quirúrgicas, deben orientarse más al conocimiento de los fundamentos biológicos, necesitan más cursos de indicaciones quirúrgicas que de técnicas quirúrgicas. Un cirujano americano famoso, A. Bruce Gill, dijo una vez: "*Estudios de principios, no de métodos. Una mente con principios sólidos puede diseñar sus propios métodos*."

Desgraciadamente los cursos de formación están patrocinados por la industria quirúrgica y orientados más a la instrucción de técnicas. Algo semejante ocurre con la investigación; en nuestra especialidad nos hemos dedicado más a la investigación sobre técnicas quirúrgicas que a la investigación básica. Es necesario reclutar investigadores que compaginen su actividad e investigación clínica con la investigación básica, más en estos momentos que es evidente que el progreso de todas las especialidades de-

pende fundamentalmente de los progresos en la biología; su participación es de gran importancia, aunque solo sea para orientar en el problema a investigar, pues vemos como con frecuencia la investigación se centra en aspectos que no obedecen a las necesidades clínicas reales.

Al hablar de la RM hemos criticado el aumento de las indicaciones quirúrgicas, que se opera demasiado, hay una clara sobre-indicación quirúrgica. La hay en primer lugar en las fracturas, tratamientos no quirúrgicos cuyos excelentes resultados fueron sancionados por el tiempo están siendo abandonados, unas veces porque se impone el criterio del cirujano joven de que tenemos medios suficientes para conseguir la reducción anatómica y deben aplicarse, otras veces porque el traumatólogo, que no prestó interés en su formación a los tratamientos no quirúrgicos, encuentra más fácil resolver la fractura mediante intervención, otras veces la causa es la demanda social, el paciente quiere tratamientos cómodos y rápida recuperación, y es quien lleva a la cirugía. Las prótesis de sustitución y otras intervenciones quirúrgicas agresivas, que hace unas décadas el paciente rechazaba, hoy las demanda sea cual sea su edad. El paciente exige la mayor calidad de vida posible. El paciente mayor ya no espera que le liberemos del dolor y que pueda realizar sus actividades cotidianas, esperan con la cirugía un verdadero rejuvenecimiento. Los resultados de la cirugía, especialmente la musculoesquelética, ya no se mide solo por la ausencia de dolor y recuperación de la función, se mide según la satisfacción del paciente con los distintos cuestionarios que existen. Son curiosos dos trabajos publicados sobre las expectativas del paciente en la prótesis de rodilla, en los que se incluyen en los cuestionarios la expectativa de una mejor relación sexual; casi el 20 % de los pacientes lo señalaban. Yo tengo la experiencia clínica de que un alto porcentaje de mujeres que van a ser intervenidas de prótesis de rodilla preguntan si podrán ir a bailar.

En la demanda de la cirugía tiene mucho que ver el sensacionalismo de los medios de comunicación que difunden resultados milagrosos de cirugías que distan mucho de la realidad, y los políticos, que se les llena la boca con el derecho a la salud. Tanto ellos, como la población en general, confunden el derecho al cuidado de la salud con el derecho a la salud; se nos exige demasiado.

Afortunadamente, como dirían los políticos "hay brotes verdes", en el concepto de la especialidad como especialidad médica y quirúrgica. En la actualidad una nueva dimensión de nuestro quehacer está haciéndonos ver que la cirugía no es más que parte de un tratamiento complejo multidisciplinar abordando los problemas médicos como procesos, y que el acto quirúrgico no es lo más importante. Las unidades de ortogeriatría para el tratamiento de las fracturas de cadera y los programas de recuperación rápida o "*fast track*" son dos claros ejemplos.

Las unidades de ortogeriatría es el ejemplo claro de la importancia que tiene la integración del cirujano en un equipo multidisciplinar, extendiendo su labor más allá del acto quirúrgico y el postoperatorio. Ya pocos servicios de traumatología no tienen, con mayor o menor desarrollo, unidades de ortogeriatría para el tratamiento integral de la fractura osteoporótica, y más concretamente, de la fractura de cadera. Hemos cedido el protagonismo a geriatría y medicina interna mejorando extraordinariamente los resultados.

La fractura de cadera ya es la segunda causa de hospitalización. Afecta a la población adulta con una edad media para los hombres de 84 años y de 83 años para las mujeres, y el 82% de ellos presenta una condición médica muy alterada. Además de los problemas cardiopulmonares, renales y alteraciones del sensorio, la demencia está presente en el 19% de los pacientes y hasta un 42% tienen un trastorno cognitivo importante. En estas condiciones no es de extrañar que la mortalidad alcance el 14% a los 3 meses y el 36% al año, y que los que sobreviven solo el 40% puedan realizar todas las actividades rutinarias de la vida y solo el 50% puedan caminar sin ayuda.

Aunque la cirugía es el tratamiento definitivo de la fractura de cadera, los resultados en cuanto a morbilidad y mortalidad no dependen del tipo de cirugía sino de las comorbilidades y complicaciones. Lo que más influye en la cirugía, en cuanto a la aparición de complicaciones y recuperación funcional, es la precocidad del tratamiento quirúrgico para liberar al paciente del encamamiento. La cirugía temprana, dentro de las primeras 48 horas, reduce drásticamente las complicaciones respiratorias, urinarias y ulceras de decúbito, y mejora sustancialmente la supervivencia de los pacientes. Solo justifica la demora tratar problemas cardiorrespiratorios y nefrológi-

cos previos. Cualquier demora por problemas administrativos es injustificable. Esta cirugía precoz es uno de los criterios de calidad asistencial de nuestra especialidad.

Las unidades ortogeriatras de fractura de cadera es la mejor forma de abordar las complejas necesidades de una frágil población de alto riesgo, minimizar los retrasos en el tratamiento quirúrgico, conseguir un control adecuado del postoperatorio y atender los problemas de salud física y mental. Todo ello, con un papel muy importante de anestesiología, enfermería, rehabilitación y asistente social. Se reducen de forma muy importante las complicaciones y la mortalidad, con una reducción sustancial de la estancia operatoria.

Las unidades de ortogeriatría son también fundamentales para iniciar una prevención secundaria de la osteoporosis. Los pacientes que han tenido una fractura vertebral o de cadera, tienen unas probabilidades 4 veces mayores de sufrir una fractura osteoporótica. Hoy se disponen de fármacos muy eficaces en la prevención de la fractura, que en la prevención secundaría han demostrado que reducen sustancialmente la aparición de una nueva fractura, y deben administrarse, además de otras medidas de lucha contra la osteoporosis y las caídas de la población mayor. Los estudios sobre prevención secundaria de la osteoporosis demuestran que en ambientes hospitalarios que no tienen unidades de ortogeriatría, más del 90% de los pacientes que han sido tratados de una fractura de cadera no se hace prevención secundaria de la fractura; el cirujano considera que no es función suya, y que son pacientes ya polimedicados. Puede que tengan razón, pero es fundamental para identificar los pacientes de riesgo, hospitalizados y ambulatorios, y dirigirlos para que se beneficien de los protocolos establecidos.

La IOA, Internacional Ostopeoporis Asociation, inició ya hace unos años la campaña "*Capture the Fracture*" a través de un modelo centrado en una coordinadora, tanto a nivel hospitalario como ambulatorio, para captar los pacientes con fractura osteoporótica en diversos niveles asistenciales. La Sociedad Española de Fractura Osteoporótica, la SEFRAOS, asociada a la IAO, y que tuve el placer de presidir durante un mandato, se implicó en este tema, con unos resultados muy por debajo del Reino Unido, donde el sistema está muy arraigado.

La cirugía *fast-track*, o programa de recuperación rápida, es otro de los más claros ejemplos de la asistencia multidisciplinar coordinada que se aplica en numerosas especialidades, pero es especialmente útil en nuestra especialidad en las sustituciones protésicas del miembro inferior. Se trata de un modelo de gestión asistencial del perioperatorio, con el objetivo de reducir la morbilidad, minorar el estrés quirúrgico, limitar el tiempo de estancia hospitalaria y acelerar la recuperación con una rehabilitación inmediata. En él participan anestesiólogos, cirujanos, enfermeros, rehabilitadores y fisioterapeutas. El anestesiólogo es clave al tener mayor perspectiva de todo proceso doloroso y aplica una analgesia multimodal, con distintas vías de administración.

En nuestra especialidad, un factor fundamental para el éxito del programa es una buena educación preoperatoria del paciente, que incluye: información detallada de todo el proceso asistencial y aprendizaje de los ejercicios de rehabilitación que realizará en el periodo postoperatorio. La educación y motivación del paciente reduce su ansiedad, le aporta una mayor autonomía, permite que esté implicado de forma más activa en su propia recuperación e influye positivamente en la gestión del dolor.

La experiencia clínica muestra una sustancial reducción del tiempo de hospitalización y de las necesidades de transfusiones, y, sobre todo, una mayor satisfacción del paciente; todo ello sin aumento de complicaciones y con excelentes resultados clínicos.

Hemos visto una serie de avances en los tratamientos biológicos, aunque están en estado embrionario, son el futuro de la medicina y por supuesto de nuestra especialidad. La apuesta es fuerte y las esperanzas altas. Investigadores muy entusiasmados en la medicina regenerativa auguran que nuestra cirugía, especialmente la orientada al tratamiento de los procesos degenerativos articulares, desaparecerá en unas cuantas generaciones. Tengo la seguridad de que no será así: hemos sido testigos está últimas décadas de las dificultades para trasladar a la clínica los grandes avances de la investigación, mientras que en ese mismo tiempo la cirugía ha dado un gran salto, con disminución de la agresión quirúrgica, tiempos de recuperación cada vez más corto y una gran precisión de la mano de los avances tecnológicos, la navegación, la robótica y la nanotecnología. No obstante, es evidente que la cirugía perderá el protagonismo actual, será una técnica

más en un amplio arsenal terapéutico, aplicable cuando otros tratamientos fracasen y el estatus profesional del cirujano técnico especializado, baje unos cuantos escalones.

Nuestra especialidad no debe renunciar a liderar la patología del sistema musculoesquelético y se impone la adecuada formación en todos los tratamientos ortobiológicos que están en marcha y que deberá aplicar. Hoy nuestra cirugía no solamente está globalizada sino además estandarizada, la capacidad creativa que se le exigía al cirujano en cada intervención quirúrgica ha perdido relevancia. Hay que ir más allá de las técnicas quirúrgicas, de lo contrario nuestra actividad puede pasar de una profesión a un oficio.

Por último, una reflexión desde el punto de vista socioeconómico. Analizando las posibilidades futuras de la medicina en general y nuestra especialidad en particular, no hace falta conocimientos profundos para percibir el alto costo de la medicina y su crecimiento exponencial, especialmente, en el declinar de la vida. Quiero hacer una última reflexión sobre ello desde el punto de vista sociológico. Nuestra sociedad está obsesionada con la inmortalidad y cree que con los avances tecnológicos continuos la expectativa de vida aumentará al doble en las próximas décadas, demanda la mejor medicina sea cual sea su edad. Daniel Callahan, filósofo estadounidense en su obra titulada "*Estableciendo los límites*" ***(Setting Limits),*** sugiere que las medidas heroicas por prolongar la vida en las personas mayores de 65 años por lo general es difícil justificarlas. Con los costos sanitarios y otros costos sociales estamos sometiendo a una tremenda carga económica a los jóvenes, que son responsables de subsidiar las necesidades de las generaciones más viejas. Esto es especialmente grave en España, comparen el salario medio actual de los más jóvenes con la pensión media. Con esto no quiero decir que debemos limitar los avances terapéuticos o que debemos privar de ellos a ciertas parcelas de nuestra sociedad, simplemente, que ahora más que nunca hay que racionalizar los costes de la medicina.

Bibliografía

Adhikari A. Computer assisted orthopaedic surgery - current state and impact. *SICOT J.* 2018; 4: E2.

Alt V, Simpson H, Miclau T. Intramedullary nailing-Evolution of treatment. *Injury.* 2017; 48 Suppl 1: S1-S2.

Backstein D, Thiagarajah S, Halawi MJ, Mont MA. Outpatient Total Knee Arthroplasty-The New Reality and How Can It Be Achieved? *J Arthroplasty.* 2018; 33 (12): 3595-8.

Bastos Ansart, M. *Tratado de operatoria ortopédica y traumatológica*. Ed. Cientifico Médica, Barcelona, 1957.

Basu S, Pacelli S, Wang J, Paul A. Adoption of nanodiamonds as biomedical materials for bone repair. *Nanomedicine.* 2017; 12 (24): 2709-13.

Belenguer Prieto y cols. *Plan para le prevención y control de la osteoporosis en la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana. Valencia. 2003.

Bradford S, Waddell L, Carroll K 3, Jerabe S. Technology in Arthroplasty: Are We Improving Value? *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2017; 10: 378-87.

Brannigan K, Griffin M. An Update into the Application of Nanotechnology in Bone Healing. *Open Orthop J.* 2016; 10: 808-23.

Beaty JH. The future of orthopedics. *J Orthop Sci.* 2009; 14: 245-7.

Bishop ES, Mostafa S, Pakvasa M, Luu HH, Lee MJ, Wolf JM, Ameer GA, He TC, Reid RR. 3-D bioprinting technologies in tissue engineering and regenerative medicine: Current and future trends. *Genes Dis.* 2017; 4 (4): 185-95.

Bohler, L. *Técnica del tratamiento de las fracturas.* Labor, 1934.

Bowman S, Awad ME, Hamrick MW, Hunter M, Fulzele S. Recent advances in hyaluronic acid based therapy for osteoarthritis. *Clin Transl Med.* 2018; 7 (1): 6.

Carreira JM, Lojudice FH, Granjeiro JM. Bone Morphogenetic Proteins: Facts, Challenges, and Future Perspectives. *J Dent Res*. 2014; 93 (4): 335-45.

Carpintero P, Gil-Garay E, Hernández-Vaquero D, Ferrer H, Munuera L. Interventions to improve inpatient osteoporosis management following first osteoporotic fracture: the PREVENT project. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2009; 129 (2): 245-50.

Chang JD, MD, Kim IS, Bhardwaj AM, Badami RN. The Evolution of Computer-Assisted Total Hip Arthroplasty and Relevant Applications. *Hip Pelvis*. 2017; 29 (1): 1-14.

Chen B, Li Q, Zhao B, Wang Y. Stem cell-derived extracellular vesicles as a novel potential therapeutic tool for tissue repair. *Stem Cells Translational Medicine* 2017; 6: 1753-18.

Christenson EM *et al.* Nanobiomaterial applications in orthopedics. *J Orthop Res.* 2007; 25 (1): 11-22.

Christensen K, Cox B, Anz A. Emerging Orthobiologic Techniques and the Future. *Clin Sports Med.* 2019; 38 (1): 143-61.

Cho KJ, Seon JK, Jang WY, Park CG, Song EK. Robotic versus conventional primary total knee arthroplasty: clinical and radiological long-term results with a minimum follow-up of ten years. *Int Orthop.* 2019; 43 (6): 1345-54.

Coitan CL. *The History of Fracture Treatment En: Skeletal Trauma,* Vol I, Cap l. Director Browner BD. Saunders. Philadelphia 1992.

Chughtai M, Khlopas A, Davidson IU, Yakubek GA, Stearns KL, Mont MA. Custom cutting guides in total knee arthroplasty. *Ann Transl Med.* 2017; 5 (10): 216.

Cucchiarini M, McNulty AL, Mauck RL, Setton LA, Guilak H. Madry. Advances in combining gene therapy with cell and tissue engineering-based approaches to enhance healing of the meniscus. *Osteoarthritis Cartilage.* 2016; 24 (8): 1330-9.

Docquier PL, Paul L, TranDuy K. Surgical navigation in paediatric orthopaedics. EFORT *Open Rev.* 2017; 1 (5): 152-9.

Deng ZH *et al*. Bone morphogenetic proteins for articular cartilage regeneration. *Osteoarthritis Cartilage.* 2018;26 (9): 1153-61.

Desai AS, Dramis A, Kendoff D, Board TN. Critical review of the current practice for computer-assisted navigation in total knee replacement surgery:

cost-effectiveness and clinical outcome. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2011; 4: 11-5.

Eggerding V, Reijman M, Scholten RJ, Verhaar JA, Meuffels DE. Computer-assisted surgery for knee ligament reconstruction. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014 S; (9): CD007601.

Eichaker LR, Cho H, Duvall CL, Werfel TA, Hasty KA. Future nanomedicine for the diagnosis and treatment of osteoarthritis. *Nanomedicine.* 2014; 9 (14): 2203-15.

Endo N. Contribution to the aged society: Prevention of osteoporotic fragility fractures in the elderly. *J Orthop Sci.* 2018; 23 (2): 205-6.

Flecher X, Migaud H. From Radiographs to 3D Printing: How Can New Surgical Planning Technologies Contribute to Hip Surgery? *Orthop Traumatol Surg Res. 2017;* 103 (3): 323-4.

Gavaskar A, Rojas D, Videla F. Nanotechnology: the scope and potential applications in orthopedic surgery. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2018; 28 (7): 1257-60.

Ge DW, Wang WW, Chen HT, Yang L, Cao XJ. Functions of microRNAs in osteoporosis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2017; 21 (21): 4784-9.

Ghasem A, Sharma A, Greif DN, BA,Alam M, Maaieh MA. The Arrival of Robotics in Spine Surgery. A Review of the Literature. *SPINE*. 2018; 43: 1670-7

Gómez-Barrena E, Rosset P, Lozano D, Stanovici J, Ermthaller C, Gerbhard F. Bone fracture healing: cell therapy in delayed unions and nonunions. *Bone.* 2015; 70: 93-101.

Grande DA, Schwartz JA, Brandel E, Chahine NO, Sgaglione N. Articular Cartilage Repair: Where We Have Been, Where We Are Now, and Where We Are Headed. *Cartilage.* 2013; 4 (4): 281-5.

Griffiths EJ, Vikas Khanduja V. Hip Arthroscopy: Evolution, Current Practice and Future Developments*. Int Orthop*. 2012; 3 (6): 1115-21.

Gomar Guarner, F. Pof. Merle D' Aubigné (1989). Maestro y amigo de todos los Traumatólogos Españoles. *Rev Esp Cir Ostear*. 1990; 25: 321-4.

Gomar Guarner, F. Desarrollo de la Cirugía Ortopédica y de la Traumatología en España. En: *Primeras Jornadas sobre el desarrollo de tecnología sanitaria*

en la Comunidad Valenciana. Generalitat Valenciana, 1991.

Goodman SB. The biological basis for concentrated iliac crest aspirate to enhance core decompression in the treatment of osteonecrosis. *Int Orthop.* 2018; 42 (7): 1705-9.

Goodman SB, Yao Z, Keeney M, Yang F. The future of biologic coatings for orthopaedic implants. *Biomaterials.* 2013; 34 (13): 3174-83.

Gupta A, Havelock W. A new future for hip fracture care—orthogeriatrician lead in an 'Acute' Hip Unit. *Clin Med.* 2014; 14 (6): 591-6.

Gwathmey FW. Advances in Hip Arthroscopy. *Clin Sports Med.* 2016; 35.

Hayashi D, Li X, Murakami AM, Roemer FW, Trattnig S, Guermazi A. Understanding Magnetic Resonance Imaging of Knee Cartilage Repair: A Focus on Clinical Relevance. *Cartilage.* 2018; 9 (3): 223-36.

Hernández Vaquero D. Memoria de Cátedra. *Oviedo* 2016.

Hernández D, Garimella R, Eltorai AEM, Daniels AH. Computer-assisted Orthopaedic Surgery. *Orthop Surg.* 2017; 9(2): 152-8.

Hepinstall MS, Sodhi N, Ehiorobo JO, Hushmendy S, Mont MA. Robotic-arm assisted total hip arthroplasty. *Ann Transl Med.* 2018; 6 (22): 433.

Hobsbawm E. J. *Historia del siglo XX*: 1914. 13 ed. Editorial Crítica. Barcelona, España; 2009.

Homma Y, Zimmermann G, Hernigou P. Cellular therapies for the treatment of non-union: the past, present and future. *Injury.* 2013 Jan;44 Suppl 1:S46-9.

Huang T, Peng X, Li Z, Zhou Q, Huang S, Wang Y, Li J, Song Y. Epigenetics and bone diseases. *Genet Res.* 2018; 100: e6.

Huo MH *et al*. What's New in Total Hip Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2012; 94 (18): 1721-7.

Im GI. Clinical use of stem cells in orthopaedics. *European Cells and Materials.* 2017; 33: 183-96.

Im GI. Stem Cell Therapy in Osteonecrosis of the Femoral Head. *Hip Pelvis.* 2018; 30 (3): 135-7.

Jacofsky DJ, Allen M. Robotics in Arthroplasty: A Comprehensive Review. *J Arthroplasty.* 2016; 31 (10): 2353-63.

Joskowicz L, Hazan EJ. Computer Aided Orthopaedic Surgery: Incremental shift or paradigm change? *Med Image Anal.* 2016; 33: 84-90.

Kahlenberg CA, Nwachukwu BU, McLawhorn AS, Cross MB, Cornell CN, Padgett DE. Patient Satisfaction After Total Knee Replacement: A Systematic Review. *HSS J.* 2018; 14 (2): 192-201.

Karantanas AH. What's new in the use of MRI in the orthopaedic trauma patient? *Injury.* 2014; 45 (6): 923-33.

Knight MN, Hankenson KD. Mesenchymal Stem Cells in Bone Regeneration. *Advances in wound care*. 2013; 2: 306-16.

Kohler, R. Nicolas Andry, Lyon 1658-Paris 1742. The granfather of orthopaedics. En: *European Orthtopaedics. Bulletin of EFORT,* (1995). Núm 2, 6.

Kraeutler MJ, Mitchell JJ, Chahla J, McCarty EC, Pascual-Garrido C. Intra-articular Implantation of Mesenchymal Stem Cells, Part 1: A Review of the Literature for Prevention of Postmeniscectomy Osteoarthritis. *Orthop J Sports Med.* 2017 Jan 19; 5 (1): 2325967116680815.

Kraeutler MJ, Mitchell JJ, Chahla J, McCarty EC, Pascual-Garrido C. Intra-articular Implantation of Mesenchymal Stem Cells, Part 2: A Review of the Literature for Meniscal Regeneration. *Orthop J Sports Med.* 2017 Jan 19; 5 (1): 2325967116680814.

Kreuz PC *et al*. Long-Term Clinical and MRI Results of Matrix-Assisted Autologous Chondrocyte Implantation for Articular Cartilage Defects of the Knee. *Cartilage.* 2019: 305-313.

Labusca L, Herea DD, Mashayekhi K. Stem cells as delivery vehicles for regenerative medicine-challenges and perspectives. *World J Stem Cells.* 2018; 10 (5): 43-56.

Lazarini M *et al.* Saad1-Natural Type II Collagen Hydrogel, Fibrin Sealant, and Adipose-Derived Stem Cells as a Promising Combination for Articular Cartilage Repair. *Cartilage.* 2017; 8 (4) 439-43.

Le A, Enweze L, DeBaun MR, Dragoo JL. Platelet-Rich Plasma. *Clin Sports Med.* 2019; 38: 17-44.

Lee JM. The Current Concepts of Total Hip Arthroplasty. *Hip Pelvis.* 2016; 28 (4): 191-200.

Lee YH, Suzer F, Thermann H. Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis in the Knee: A Review. *Cartilage.* 2014; 5 (3): 145-53.

Le Vay D. *A History of Orthopaedics.* Parthenon Publishing. Camforth, Lancs. UK 1989.

Lipscomb, P. R.: Orthopaedics, orthopaedlc surgery, musculoskeletology, orthopaedics. *J. Bone Joint Surg.* 1975; 57A: 872-6.

Liu S *et al.* Bone Tissue Engineering: Scaffolds With Osteoinductivity for Bone Regeneration. *Biomed Res Int* 2017: 103 8476.

Lyon R, Liu XC. Future treatment strategies for cartilage repair. *Clin Sports Med.* 2014; 33 (2): 335-52.

Maffulli N. We are operating too much. *J Orthop Traumatol.* 2017; 18: 289-92.

Mandelbaum BR. Editorial Commentary: Platelet-Rich Plasma Details. Are Critical to Outcome. Catching Is Always Better Than Fishing. *Arthroscopy.* 2019; 35 (1): 211-3.

Mankin H. Orthopaedics in 2013: a Prospection. *J Bone Joint Surg.* 1983; 65-A: 1190.

Marvin Tile. AO/ ASIF Foundation. Informe del Presidente. *Tribuna Médica. 5-8-X,* 1993: 13-14.

Matsumoto T, Nakano N, Lawrence JE, Khanduja V. Current concepts and future perspectives in computer-assisted navigated total knee replacement. *Int Orthop.* 2019; 43 (6): 1337-43.

McAlinden A.Recent advances in epigenetic regulation of skeletal development, homeostasis and disease. *Connective Tissue Research.* 2017; 58:1.

Medvedeva EV, Grebenik EA, Gornostaeva SN, Telpuhov VI, Lychagin AV, Timashev PS, Chagin AS. Repair of Damaged Articular Cartilage: Current Approaches and Future Directions. *Int J Mol Sci.* 2018; 19 (8).

Merle d'Aubigne, R. Problémes de formation des chlrurgiens orthopédlques. *Acta Orthop Belg.* 1973; 39: 479-84.

Michael T, Hirschmann MT, Behrend H. Functional Knee Phenotypes: A Call for a More Personalised and Individualised Approach to Total Knee Arthroplasty? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018; 26 (10): 2873-4.

Molkoa A, Combaliab C. La cirugía de recuperación rápida en las artroplastias de rodilla y cadera. Una actualización. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2017; 61 (2): 130-8.

Molloy RM. New Technologies in Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018; 33 (7): 1988.

Mulford JS, Babazadeh S, Mackay N. Three-dimensional printing in orthopaedic surgery: review of current and future applications. *ANZ J Surg*. 2016 Sep; 86 (9): 648-53

Müller, M. E.; Allgower, M. ; Willenegger, H. *Manual de osteosíntesis. Técnica AO*. Científico-Médica. Barcelona, 1975.

Munuera L. Cirugía ortopédica: de la artesanía a la biomecánica y biología molecular. En: *Historias de la cirugía.* Esrgon ed.: Madrid. 2003.

Ochi M, Nakasa T, Kamei G, Usman MA, Mahmoud E. Regenerative medicine in orthopedics using cells, scaffold, and microRNA. *J Orthop Sci.* 2014; 19 (4): 521-8.

Parratte S, Ollivier M, Lunebourg A, Flecher X, Argenson JN. No Benefit After THA Performed With Computer-assisted Cup Placement: 10-year Results of a Randomized Controlled Study. *Clin Orthop Relat Res.* 2016; 474 (10): 2085-93.

Paschos NK, Sennett ML. Update on mesenchymal stem cell therapies for cartilage disorders. *World J Orthop.* 2017; 8 (12): 853-60.

Putti, V. Francesco Rizzoli. *Chir. Organi. Mov*. 1939; 25: 149.

Rauck RC, Blevins JL, Cross MB. Component Placement Accuracy in Unicompartmental Knee Arthroplasty Is Improved with Robotic-Assisted Surgery: Will It Have an Effect on Outcomes?. *HSS J.* 2018; 14 (2): 211-3.

Ribes J. *Historia de la traumatología valenciana*. Tecnigraf S.L. Valencia. 1999.

Sánchez Martín M.G. *Pasado, presente y futuro de la cirugía ortopédica y traumatología*. Valladolid. Eediciones Server Cuesta. 1980.

Sanchis Olmos, Y. La Ortopedia en Norteamérica. *Cir Ap Loc.* 1947; I: 76-81.

Sarmiento A. What's Important: Putting Patients First. *J Bone Joint Surg Am.* 2016; 98 (21): 1854-5.

Sarmiento, A. The Orthopaedist and Fracture Care. *J Orthop Trauma 1997*; 11 (6): 389-91.

Sarmiento, A. Responding to change. *J Bone Joint Surg.* 1998; 80A (4): 601-603.

Sarmiento, A. Responding to Change. *J Bone Joint Surg*. 1999;81-A (9): 1346-8.

Sarmiento, A. Thoughts on the impact of Technology on Orthopaedics. *J Bone Joint Surg Br.* 2000; 82: 942-3.

SECOT. Reseña del IX Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Madrid. *Rev. Ortop. Traum.,* (1962), vol. 6-IB, 261-76.

Shapiro G, Lieber R, Gazit D, Pelled G. Recent Advances and Future of Gene Therapy for Bone Regeneration. *Curr Osteoporos Rep.* 2018; 16 (4): 504-11.

Shi S. *et al*. The application of nanomaterials in controlled drug delivery for bone regeneration. *J Biomed Mater Res A.* 2015; 103 (12): 3978-92.

Shimomura K, Hamamoto S, Hart DA, Yoshikawa H, Nakamura N. Meniscal repair and regeneration: Current strategies and future perspectives. *J Clin Orthop Trauma.* 2018; 9 (3): 247-53.

Smith WR, Hudson PW, Ponce BA, Rajaram Manoharan SR. Nanotechnology in orthopedics: a clinically oriented review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2018; 19 (1): 67.

Southworth TM, Naveen NB, Tauro TM, Leong NL, Cole BJ. The Use of Platelet-Rich Plasma in Symptomatic Knee Osteoarthritis. *J Knee Surg.* 2019; 32 (1): 37-45.

Sullivan MP, McHale KJ, Parvizi J, Mehta S. Nanotechnology. Current concepts in orthopaedic surgery and future directions. *J Bone Joint Surg.* 2014; 96-B: 569-73.

Székely G, Nolte LP. Image Guidance in Orthopaedics and Traumatology: A Historical Perspective. *Med Image Anal.* 2016; 33: 79-83.

Urist M. Bone: Formation by Autoinduction. *Science.* 1965; 150: 893.

Wankhade UD, Shen M, Kolhe R, Fulzele S. Advances in Adipose-Derived Stem Cells Isolation, Characterization, and Application in Regenerative Tissue Engineering. *Stem Cells Int.* 2016; 320 6807.

Vaquero González, F. Profesor Vicente Sanchis Olmos (1911-1963). Apuntes para una biografía. *Studia Albornotiana* XIII. 1973; 621-35.

Waugh, W. *A History of the British Orthopaedic Association.* British Orthopaedic Association: Londres. 1993, pp. 160-167.

Williams PN, Moran G, Bradley JP, S ElAttrache N, Dines JS. Platelet-rich plasma and other cellular strategies in orthopedic surgery. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2015; 8 (1): 32-9.

Winter RB. Lessons from the past: pathways to the future. *J Orthop Sci.* 2009; 14: 121-7.

Yanke AB *et al.* The state of cartilage regeneration: current and future technologies. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2015; 8: 1-8.

Zhang YZ. Minimally Invasive Reduction and Fixation in Orthopedic Trauma. *Chin Med J.* 2016; 129: 2521-3.