Biomecánica, 12(1), 2004, pp. 54-63

El lenguaje y la interpretación de la biopatología orientada a biomateriales y biomecánica

A. LÓPEZ BRAVO, J.. PARRA, J. JIMÉNEZ, J[1]. SAN ROMÁN
Unidad de investigación asociada al ICTP, CSIC.
Hospital Provincial Complejo Hospitalario de Ávila. SACYL.
[1]Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP). CSIC. Madrid.

Introducción

El campo de estudio de los biomateriales se caracteriza por su multidisciplinaridad. Diversos especialistas, de distintas ramas de las ciencias experimentales y aplicadas, trabajan conjuntamente hacia el objetivo final de la colocación de un material extraño en un organismo vivo, buscando que esta agresión sea la menor posible e implique un resultado positivo para su calidad de vida. A nadie se le escapa que las posibilidades de situar un material extraño en un organismo vivo, son casi innumerables: implantes, prótesis, dispositivos, sistemas farmacológicos, filtros y conductos para sangre o células vivas, apósitos, inyectables, mallas, injertos, sustitutivos de hueso o tendón, medios de barreras y tantos otros dispositivos, y métodos utilizados en la terapéutica de un buen grupo de procesos y secuelas patológicas, que unido al resto de medios encaminados a procedimientos y aplicaciones meramente estéticas o lúdicas, constituyen todo un vasto y variopinto universo. En cualquiera de las situaciones tenemos unos objetos de actuación, seres vivos; un objetivo, mejora de la calidad de vida y unos productos constituidos en todo o parte por materiales: Biomateriales.

El desarrollo económico implica mejora de la calidad de vida, o de la salud en un sentido más amplio. Para ello son fundamentales, entre otros aspectos, la mejora en la actividad sanitaria y su calidad, la eliminación de riesgos emanados de la propia actuación asistencial, soluciones para problemas patológicos concretos, reducción de tiempos de convalecencia, facilidad para la obtención de muestras, reducción del sufrimiento, rehabilitación e incorporación antes y en mejores condiciones a la vida laboral o social, etc. Al mismo tiempo supone consumo en otros aspectos relativamente relacionados con lo anterior, como los lúdicos o simplemente estéticos que en buena parte son producto de la búsqueda de un equilibrio psico-físico, cuando no una exigencia, entre una persona y el medio en el que se desenvuelve. Los biomateriales vienen a dar respuesta y soluciones a muchas de estas necesidades. Nada de esto es nuevo en la historia del ser humano, puesto que siempre han existido motivaciones asistenciales y estéticas comparables en mayor o menor grado y siempre que se ha podido, se ha buscado una solución con un material extraño con los medios, conocimientos, posibilidades y objetivos asistenciales o sociales de cada momento histórico. Lo que ocurre ahora es que por un lado, se han multiplicado las necesidades, al mismo tiempo que el conocimiento científico y los científicos, la tecnología y los tecnólogos, todo ello, se ha desarrollado desde el principio del siglo xx a una velocidad como nunca se había soñado y con una aceleración imparable desde la segunda guerra mundial. Si sumamos al conjunto el desarrollo económico que permite y demanda un consumo, o lo que es lo mismo un gasto, como tampoco se había soñado jamás, nos encontramos con que:

- Existe una demanda en un campo enorme y muy variado en el que los biomateriales son útiles cuando no necesarios.
- El conocimiento científico y la tecnología tanto a nivel biológico como de los materiales y de las ciencias afines a ambas se encuentran en un momento con muy buenas posibilidades de investigación, desarrollo innovación y diseño de soluciones nuevas.
- El diseño, desarrollo, aplicación y todas las fases que llevan hasta la utilización terapéutica, paliativa, lúdica o estética de un biomaterial, requiere de especialistas de una muy amplia gama de ciencias básicas y aplicadas. En los últimos años nos hemos relacionado con médicos y sus especialidades; far macéuticos; bioquímicos; biólogos generales muchas

Correspondencia:
J. San Roman
ICTP, Juan de la Cierva, 3
28006 Madrid
E-mail: jsroman@ictp.csic.es

de sus especialidades; veterinarios; químicos, bioquímicos y físicos; odontólogos, protésicos de muy diversas áreas; ingenieros industriales, metalúrgicos, de telecomunicación, química y hasta obras públicas; ciencias del mar; informáticos, estadísticos y economistas; fisiólogos del ejercicio y fisioterapeutas; diversas ramas de enfermería; ceramistas de diversas procedencias, geólogos, etc., así como de industrias que desarrollan productos muy diversos como biológicos, químicos, metales, cerámicas, textiles y de las que desarrollan las tecnologías para su transformación en biomateriales, su aplicación en los individuos, etc. En fin, que detrás de un simple tornillo, implante, dispositivo, sutura, adhesivo etc., se esconde un sinnúmero de profesionales sin los que ese biomaterial jamás sería posible.

- Hay disponibilidad de científicos y tecnólogos bien preparados.
- La demanda social ha generado en las administraciones fuentes de financiación para la investigación básica y aplicada.
- La importancia económica ha estimulado a la industria que también participa en la financiación.

La consecuencia de todo lo anterior es que desde hace pocas décadas se han venido incorporando al mundo de los biomateriales una ingente y progresiva cantidad de investigadores, siendo los procedentes del mundo biomédico los menos, sin que pretendamos pedir que sean los predominantes porque no debe ni puede ser de otro modo. Una buena parte de estos nuevos investigadores llegan con una formación específica en su especialidad pero, con frecuencia, poco preparados en cuanto al conocimiento de aquello que va a ser el usuario final de sus investigaciones: Un ser vivo unitario muchas veces enfermo y otras aparentemente sano.

Interacciones generales biomaterial-individuo

Sea cual sea el material y el sistema por el que se va a relacionar con el organismo vivo, hay que tener en cuenta :

- El objetivo es la mejora de la calidad de vida en sentido físico y psíquico.
- El receptor es un organismo vivo cuyos caracteres generales y locales no son uniformes sino que se modifican y varían no solo en función del momento de vida sino a lo largo de toda ella.
- Una buena parte de los biomateriales se colocan sobre territorios y organismos enfermos o lesionados y en los que las causas desencadenantes de la indicación se siguen manteniendo.
- No hay materiales inocuos en sentido absoluto, todos ellos deberán pasar la aduana de los mecanismos automatizados y personalizados de reconocimiento y defensa. Muchos de ellos van a precisar de un procedimiento agresivo para su colocación y por lo tanto se asociarán a procesos reparadores también automatizados y personalizados.
- La interacción entre material y organismo, tanto a nivel local como general, requiere una evaluación, primero de la composición química y/o física del material y sus propiedades e inmediatamente a través de toda una cadena de pruebas experimentales relacionadas con la biología molecular, celular, citogenética, histología, anatomía, fisiología, fisiopatología, anatomía patológica, etc. y posteriormente con los objetivos terapéuticos, paliativos o estéticos que se reúnen bajo lo que denominamos estudio de la biocompatibilidad. Se desprende por lo tanto que el prefijo *bio*, vida, es el objetivo de la evaluación y análisis de la compatibilidad del implante desarrollado por químicos, físicos, ingenieros etc que a su vez han evaluado los caracteres en y desde su propia especialización y perspectiva. No es infrecuente que las primeras fases de los estudios biológicos se realicen en los propios ámbitos de estos investigadores en ocasiones desconectados del mundo biopatológico.
- La biocompatibilidad, considerada en el sentido más amplio, se asocia en una buena parte de los materiales a otra serie de fenómenos. Desde una grapa, a una lentilla, una sutura incruenta de piel, un apósito adhesivo, una prótesis vascular o valvular, injertos, implantes, prótesis, sistemas de barrera para anticoncepción o protección, etc. van a estar sometidos a diversas fuerzas y deben responder adecuadamente a ellas para conseguir un equilibrio suficiente ante el objetivo propuesto. Entra pues la necesidad de la evaluación mecánica, no solo del material como tal sino del diseño del dispositivo y de los efectos y respuesta en el organismo del que es necesario también conocer sus propiedades biomecánicas.
- Se requiere por lo tanto, aparte de los conocimientos propios referidos al material y a su diseño posterior, los referidos al huésped y digamos que tan solo referido al sistema musculoesquelético, un biomaterial va a situarse en individuos distintos entre si. Una vez seleccionado el receptor, hay que considerar que se transforma continuamente como respuesta a factores exógenos y endógenos propios y en un sistema dependiente a su vez de otros en el que hay al menos 206 huesos, de formas y tamaños muy variables y dos estructuras histológicas distintas y también en proporciones variables. Es-

tos huesos se relacionan unos con otros mediante 13 formas distintas de articulaciones en las que podemos encontrar o no, varias estructuras diferentes de cartílagos de tamaños y formas varias, presencia de membranas sinoviales o no, con su líquido para lubricación y otras funciones. Añadamos las cápsulas los ligamentos y no menos de 500 músculos para su movimiento porque nuestro objeto además se mueve de formas distintas y variadas acomodándose a todas las condiciones físicas y climatológicas que la tierra ofrece, desde las profundidades marinas a la cima del Everest y la ingravidez, con acomodación a las variaciones climáticas, alimentarias etc. Por si fuera poco, nuestra parte ósea, no es solo armadura de sostén sino que produce elementos sanguíneos y recibe su nutrición a través de un sistema de conductos que para todo el organismo se ha evaluado en unos 96.000 Km con una bomba muscular; y así sucesivamente sin pasar por los mecanismos de defensa y el resto de relaciones con otros sistemas y aparatos.

- En ningún momento hay que olvidar que el receptor de aquello que ha sido cuidadosamente experimentado, diseñado y evaluado hasta los más mínimos detalles, es un individuo con una historia vital única y con unos caracteres fisiopatológicos locales y generales personalizados, individualizados bajo los dos aspectos interrelacionados que le caracterizan: lo orgánico y lo psíquico. No hay dos seres humanos iguales entre los varios miles de millones existentes, ni siquiera entre los gemelos univitelinos entre si. (Figura 1)

En resumen:

- Los materiales se colocan en un territorio local de un ser vivo y por lo tanto van a interaccionar en mayor o menor grado con la estructura molecular, bioquímica, ultraestructura, histología, anatomía, fisiología, biomecánica, etc. pero también en su fisiopatología.
- El conjunto de seres humanos, esta más o menos constituido por las mismas moléculas y los mismos tipos de componentes celulares, histológicos y anatómicos pero esta maravillosa maquinaria humana es una unidad distinta en cada caso y no sólo a nivel orgánico sino psíquico y por lo tanto responde ante lo extraño de forma unitaria desde el momento de contacto en adelante.
- Cualquiera que sea el lugar en que se encuentre el investigador de materiales, desde el punto inicial, a la biocompatibilidad y la biomecánica pura desarrollará un trabajo más eficiente si conoce , al menos a nivel básico, los caracteres generales de la estructura, fisiología y patología del objeto final de

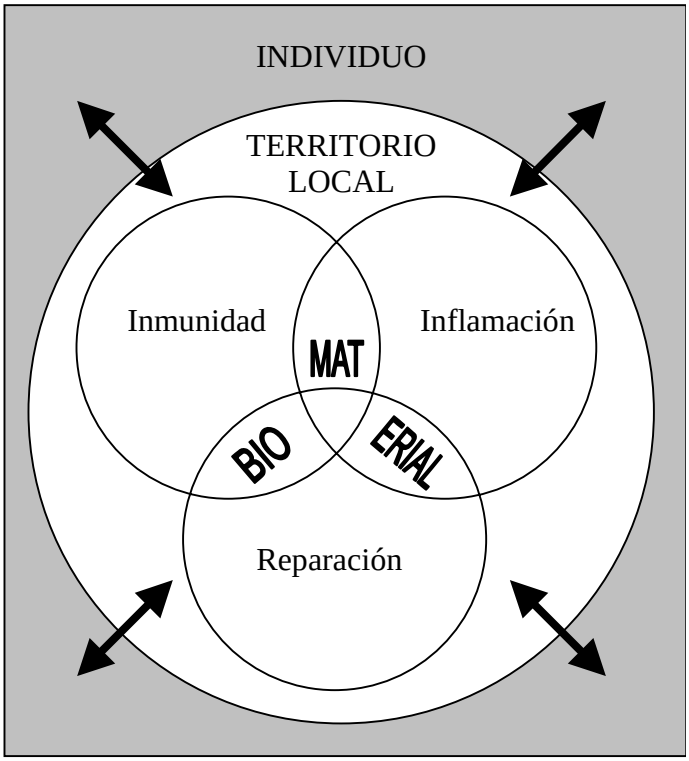

Figura 1. La biocompatibilidad entre biomaterial y área de implante depende de diversas interrelaciones en la respuesta a nivel local y del propio individuo.

su trabajo: un ser vivo.

El proceso de investigación, se inicia con el planteamiento de un problema clínico, lúdico o estético y desde aquí, surge una sucesión encadenada de pregunta y por lo tanto de fases experimentales:

- Tenemos un problema clínico y/o estético.
- ¿El problema es solucionable con un material?
- ¿Qué material?
- ¿Cómo responden las células como unidades aisladas?: respuesta *in vitro*.
- ¿Cómo responden los tejidos y el organismo?: respuesta *in vivo*.
- ¿Cómo ha de ser definitivamente el dispositivo o implante?: Diseño, biomecánica y nuevas pruebas.

Los seres vivos tienen la propiedad de la individualidad que es variable incluso en los propios individuos a lo largo del tiempo y por multitud de factores asociados. Se inicia ahora toda una serie de eventos englobados en una penúltima fase de investigación clínica, para finalizar en el último escalón con la aplicación terapéutica, paliativa, lúdica o estética. Es entonces cuando, observando los resultados y respuestas individuales, podemos establecer y evaluar de forma concreta e individualizada, el resultado y la biocompatibilidad. Hasta ese exacto momento sólo se dispone de datos parciales y suposiciones más o menos aproximadas de la probabilidad de éxito.

Todo esto nos lleva a afirmar que cada vez que se coloca un material, estamos realizando un ensayo experimental en la última fase definitiva, cuyo espécimen va a ser un individuo con un problema específico en un contexto biopatológico individualizado, sin posibilidad de haber sido modelado específicamente para él antes, ni tampoco reproducible en otro idéntico. Son grupos unitarios en los que el fallo experimental se traduce en catástrofe personal, individualizada. (Figura 2)

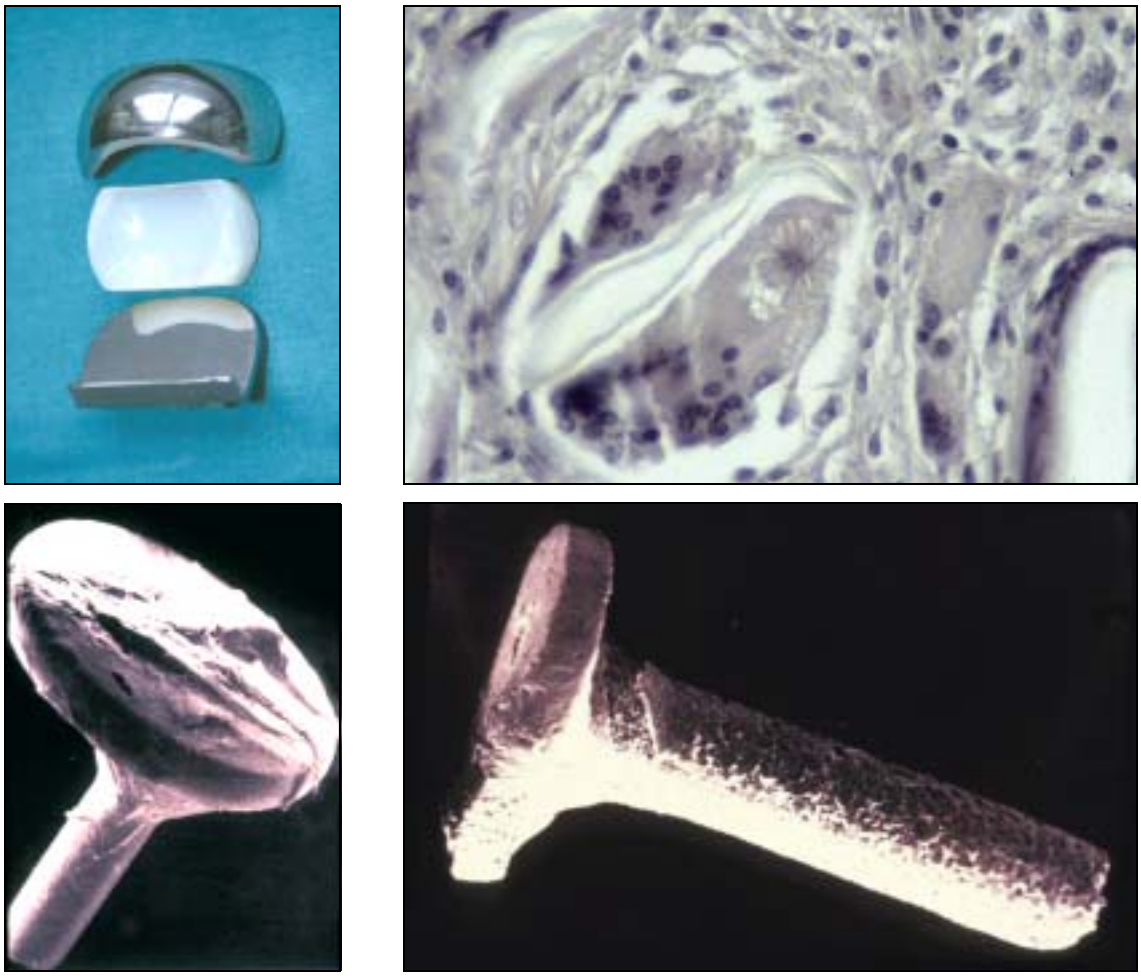

Figura 2. Prótesis de rodilla sustituido dos veces (arriba-izquierda). El microscopio óptico demostró una reacción individual de cuerpo extraño hiperplásica de tipo pseusarcoideo (arriba-derecha). Implantes de cadena de huesecillos del oído (abajo derecha e izquierda) eliminados espontáneamente (Microscopia electrónica de barrido).

¿Por qué es necesaria una formación reglada en biopatología?:

Dice un viejo aforismo de la medicina que *las enfermedades empiezan por el principio* y que *sólo se diagnostica lo que se sabe*, porque si no sabes lo suficiente, podrás extraer información de lo que almacenas en la caja de tus conocimientos y puede que no hayas metido lo que buscas, así que elegirás con tu mejor voluntad, algo parecido o incompleto cuando no equivocado sin olvidar que nuestro trabajo se realiza sobre seres humanos.

La investigación y la formación necesaria en biomateriales no puede ser eficiente sin un trabajo conjunto entre especialistas en materiales, frecuentemente con poca base biológica, y la de especialistas en distintas áreas biológicas y médicas, también con escasos conocimientos en las ciencias básicas asociadas a los materiales. Poco a poco cada uno de ellos va impregnándose de los otros, pero suelen ser conocimientos limitados, sustentados por los hallazgos de su propia experiencia que no en una formación multidisciplinar reglada. La interpretación que se realiza, y muchas veces su exposición pública, se transmite con la mejor de las voluntades pero es un contexto personalizado y filtrado por la propia formación investigadora asociada a la interpretación personal de un vocabulario que en el mundo biológico, y sobre todo en el de la Patología, es muy estricto y concreto cuando no enrevesado. Afortunadamente no se trata de una observación general, hay muy buenos especialistas ajenos al campo biomédico que manejan adecuada y cuidadosamente los conceptos disponiendo de un sólido bagaje de los conocimientos necesarios, pero son los menos.

Día a día se va creando y universalizando, un vocabulario común, una especie de *argot bio-materialista* y una forma de entender los aspectos biopatológicos de los materiales que a modo de hemorragia en sábana, va impregnando más y más a los especialistas ajenos al campo biológico, estableciendo auténticas verdades de fe y afianzando conceptos, cuando no son más que desafortunadas traducciones o errores básicos, surgidos y mantenidos en un mundo científico alejado, cuando no ajeno al conocimiento biológico elemental. Valga a título de ejemplo el, permítasenos, desafortunado palabro *interfase* cuando se utiliza como compo-

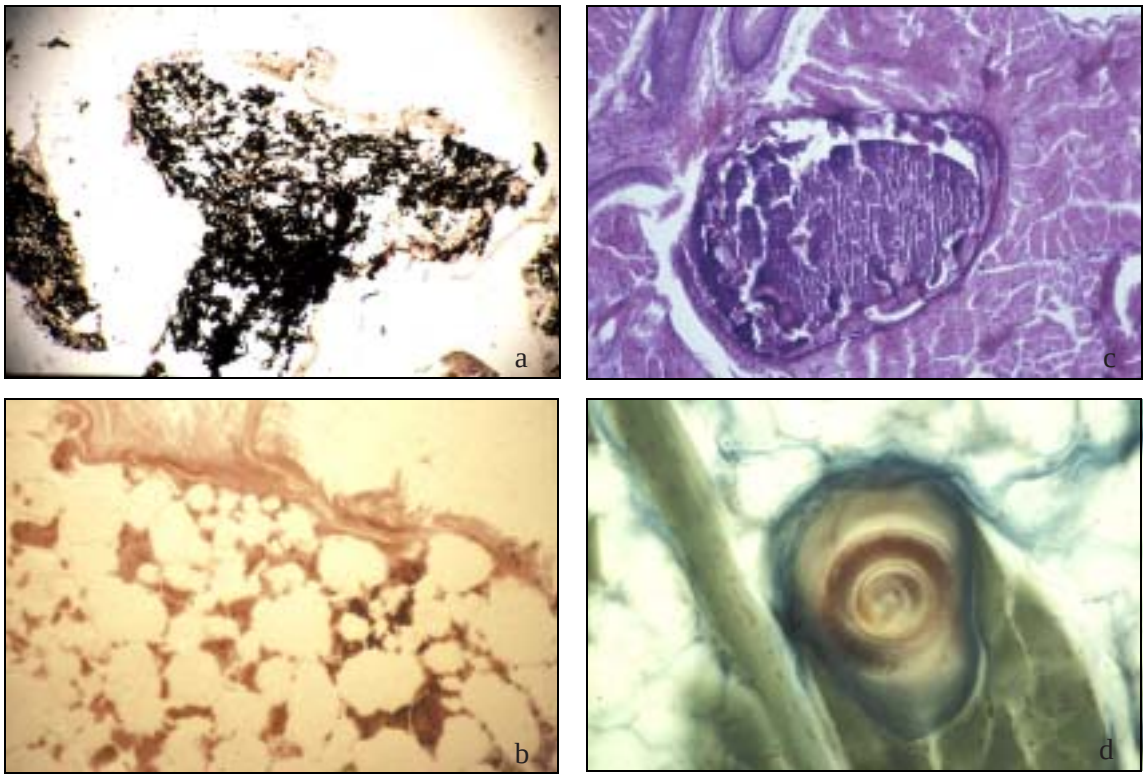

Figura 3. La formación de una cápsula fibrosa es un fenómeno generalizado ante diferentes situaciones patológicas; a) y b) implantes diferentes de cadena de huesecillos, la interfaz externa es aire; c) calcificación y osificación intramuscular postinflamación, la interfaz externa es tejido muscular; d) encapsulación de una triquina, la cara externa es tejido adiposo, conjuntivo y muscular (microscopía óptica; a, b y c: hematoxilina- eosina; d: tricrómico de Gallego).

nente histopatológico de la respuesta a un implante y que nada tiene que ver con la *interface* del inglés en el sentido *de lo que está entre dos caras*: La cara que se relaciona con el material y la relacionada con el tejido y que al ser escuchado como *interfeis* para un oído entrenado en la química por ejemplo, se interpreta lógicamente como *interphase*. Aunque también es posible que si el concepto hubiera surgido del mundo químico, interfase es entendible y hasta justificable. Pero esa *interfase* variable en el tiempo, siempre nos la presentan como una estructura morfológica y eso, bajo ningún concepto es una interfase y además algunos se empeñan en decirnos que la *forma* el material, en vez de decir *inducir a la formación* que es otra cosa. El Prof. Munuera la denominaría *interfaz* y los patólogos ya hace siglos que decimos la cápsula y encapsulación al fenómeno con dos caras, una hacia la lesión y otra hacia el tejido y que bajo ningún concepto es exclusivo ni privativo de los biomateriales. Estamos convencidos que esta es una batalla perdida dada la firmeza del implante *interfase* entre una buena parte de biomaterialistas médicos y no médicos. (Figura 3). En el organismo conocemos al menos tres interfases morfológicamente demostrables: Dos *bioquímicas* que se corresponden con el glicocalix que tapiza o envuelve caras libres de las células y el surfactante pulmonar, que tapiza la luz del alveolo pulmonar, facilitando el intercambio gaseoso entre aire y tejidos y que los bioquímicos y fisiólogos explican lógicamente su funcionamiento como fases interpuestas entre dos medios distintos y el periodo de la vida celular que trascurre entre dos mitosis: fase de reposo o interfase y fase de división.

De todas formas tampoco son situaciones extrañas ni exclusivas de nuestro campo investigador. El propio diccionario de la Real Academia Española en la entrada célula, nos asegura con toda la rigurosidad y seriedad científica que aporta, que hay una llamada célula pigmentaria que es la que *contiene glándulas de pigmento* y si vamos a completar nuestra información a la entrada glándula, nos dice que son *órganos del cuerpo animal de los que tienen como función elaborar ciertas substancias...* y al citar las glándulas, no aparecen por ningún lado las que deberían encontrarse en las células pigmentarias que nos había especificado como aquello que confería su identificación, porque no puede hacerlo al ser un gravísimo error. Podríamos hacer todo un trabajo sobre otros graves errores que en esta herramienta se pueden encontrar y que no hacen nada más que confundir o engañar al consultor iletrado y de buena fe.

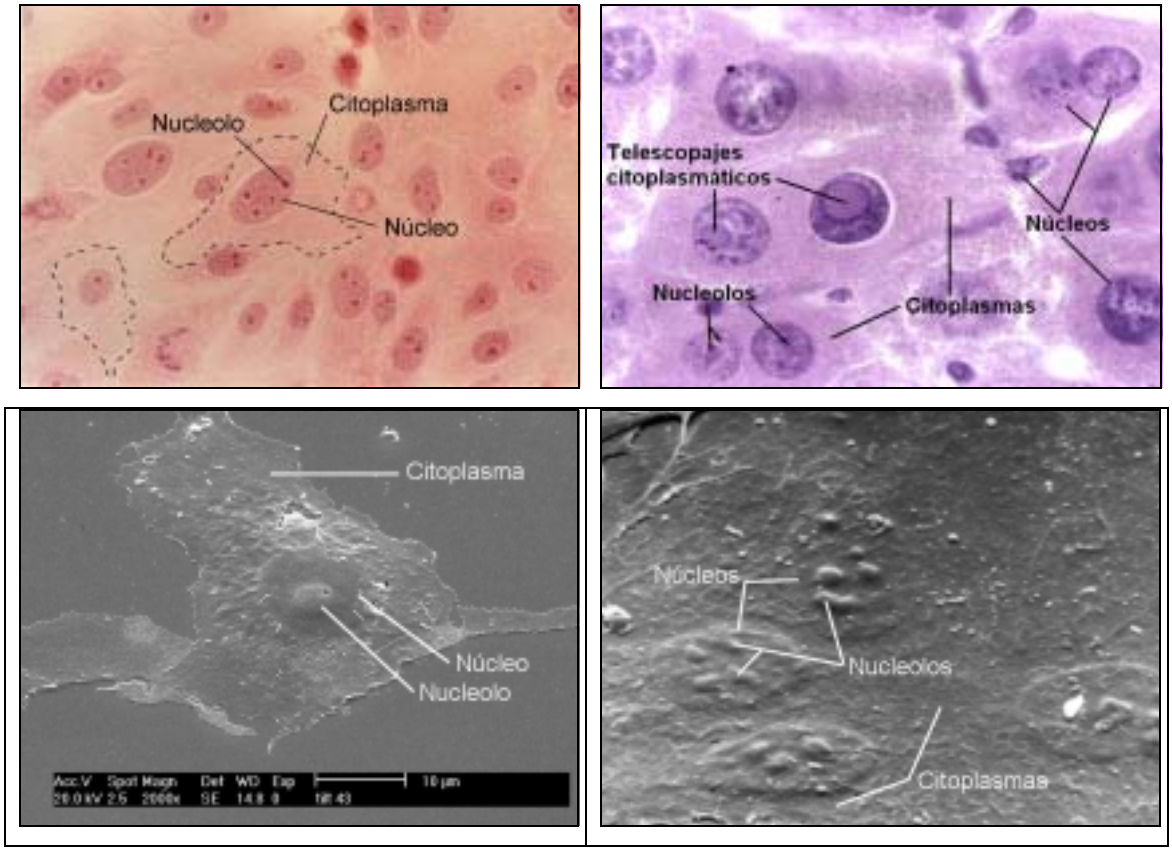

Figura 4. El conocimiento adecuado permite no confundir las estructuras celulares

A todo lo anterior, se suma el riesgo de algunos grupos o investigadores ajenos al mundo biopatológico, con la tentación de ser autosuficientes en el conjunto de procedimientos y técnicas y, cómo no, en la exposición de un trabajo o de un tema completo en un campo tan multidisciplinar como el de los biomateriales. Cualquier procedimiento se puede copiar y aprender con mayor o menor facilidad, pero es lo que podemos llamar *mentalidad basada en el conocimiento desde sus fundamentos* es decir desde la formación, entrenamiento reglado y experiencia, los que proporcionarán la base del entendimiento de aquello que estamos haciendo y por lo tanto la adecuada exposición y explicación.

Nuestra experiencia como ponentes en cursos generales, especializados o de introducción a los biomateriales, nos demuestra que la multidisciplinaridad es un hecho evidente, como no pocolágeno, la inflamación, la reparación la estructura del hueso, del cartílago o de los vasos sanguíneos y cómo no de la coagulación sanguínea, la trombosis, la osteoporosis, las artrosis y artritis, las valvulopatías o la arteriosclerosis repetidas una y otra vez en un mismo curso con los caracteres indicados más arriba, deformando al alumno que se cree que aquello es la realidad, toda la realidad, cuando en ocasiones no pasa de caricatura. Posteriormente la va a trasladar a otros y así hasta que se convierte en verdad de fe. En este momento recordamos a un sesudo profesor explicando el cartílago como *el material extracelular producido por los condrocitos* y hablando de *tejidos blandos, suaves y duros* o a otro defendiendo que el eje de la inflamación son los glóbulos rojos y los glóbulos blancos son la periferia o a otro que discute con el patólogo que la úlcera de la leishmaniosis cutánea se produce porque *si es un bicho, tendrá que comer* y así otras.

Tenemos la impresión de que en el caso de algunos especialistas acostumbrados a la utilización de teoremas demostrados, leyes universales, etc. es decir, acostumbrados y entrenados en el cálculo exacto y resultados predecibles, tienen una ligera o moderada tendencia a extrapolar sus conceptos interpretativos de los hechos experimentales, conseguidos a consta de duros esfuerzos personales durante años. Pero en biología o medicina 2+2 no son siempre 4, es más, salvo en alguna medida muy grosera, casi nunca son 4 y en los estudios histopatológicos, histopatológicos y anatomopatológicos se observa más que se cuenta, se mira más que se mide.

Con cierta frecuencia como señalamos más arriba, comprobamos como estas situaciones afloran durante la exposición pública de un trabajo brillante o de una conferencia, en la que los resultados y conclusiones, la transmisión de la experiencia o hallazgos científicos en un campo no biomédico, se ensombrece cuando se decoran con imágenes histológicas y sobre todo, cuando se intentan explicar o señalar con un puntero. A la vista de lo que observamos, nos preguntamos por los errores que uno mismo puede transferir cuando hablando de biomateriales, entramos en el mundo de la física, la química, la biomecánica, la ingeniería y hasta en las especialidades médicas ajenas a la mía.

A lo largo de muchos años, hemos podido ir recopilando algunos ejemplos vividos en diversas conferencias, cursos, presentaciones de trabajos, discusiones, preguntas que se nos han hecho en público o en privado y no limitados exclusivamente a los especialistas procedentes de las áreas básicas de biomateriales, sino en los de la biología e inclusive, en los de la medicina. Presentamos la siguiente lista, que aunque exhaustiva es un extracto tomado de la realidad:

- Desconocimiento de las estructuras que se observan en microscopía óptica y mezclarlas con las electrónicas. Incluso señalarlas como presentes en una imagen de óptica.
- Confusiones graves en cuanto a la estructura e histofisiología de los tejidos. Especialmente el concepto de *lo que vale para uno, vale para los otros* y por lo tanto extrapolando resultados y conclusiones.
- Considerar el tejido óseo y el hueso como una sola cosa. Lo mismo para cartílago y tejido cartilaginoso y para músculo y tejido muscular como un todo para el estriado esquelético y cardiaco o el liso.
- Núcleos celulares confundidos con células, nucleolos con núcleos y telescopajes con inclusiones, nucleolos o nucleos. (Figura 4)
- Considerar que una célula tisular y la misma en cultivo, son cosas iguales o equiparables al 100 %.
- Confundir los osteoblastos, células precursoras del hueso, con *osteoblastos* de un osteosarcoma, tumor maligno del hueso, y utilizarlas como modelo experimental para el estudio de biocompatibilidad *in vitro*.
- Presentar un dibujo de una célula vegetal para explicar qué es una célula y en cuyo citoplasma se destacaban los cloroplastos, organitos exclusivamente vegetales, y no el resto de las estructuras que están en todas las células.

‣ Extrapolar la observación de un solo corte histológico, que es un plano, al todo. Invito a quien esté interesado que observe la superficie de corte de una manzana o un huevo cocido cortados por 2 ó 3 planos. (Figura 5)

‣ Presentar hallazgos que no son más que artefactos habituales de la técnica histológica o el material fagocitado que no es más que hemosiderina de la hemorragia de la implantación.

‣ Recibir para estudio, material contaminado por el polvo del ambiente y que en ocasiones han producido reacciones de cuerpo extraño entremezcladas con la del material en estudio. Prueba de la falta de hábito quirúrgico aséptico y de que el investigador se creía con la autosuficiencia necesaria para realizarlo en su laboratorio. Reducción de lotes de animales a una única unidad por infección sobreañadida quirúrgicamente. (Figura 6)

‣ Solicitarnos la realización de técnicas especiales por el exclusivo motivo de que han sido vistas o leídas en un trabajo anterior. Sin plantearse por qué y si lo fueron, o van a ser, necesarios para sus objetivos concretos o por lo que es frecuente *por motivos decorativos*.

‣ Ya hemos perdido la cuenta de las veces en las que al presentar en público los resultados de un estudio histopatológico, observamos cómo las caras del la mayor parte del auditorio demuestran la más absoluta incomprensión de nuestro vocabulario e imágenes, como si utilizáramos, y así es en realidad, un lenguaje extraño apoyado en imágenes de la pintura surrealista por más que hayamos simplificado hasta los concep

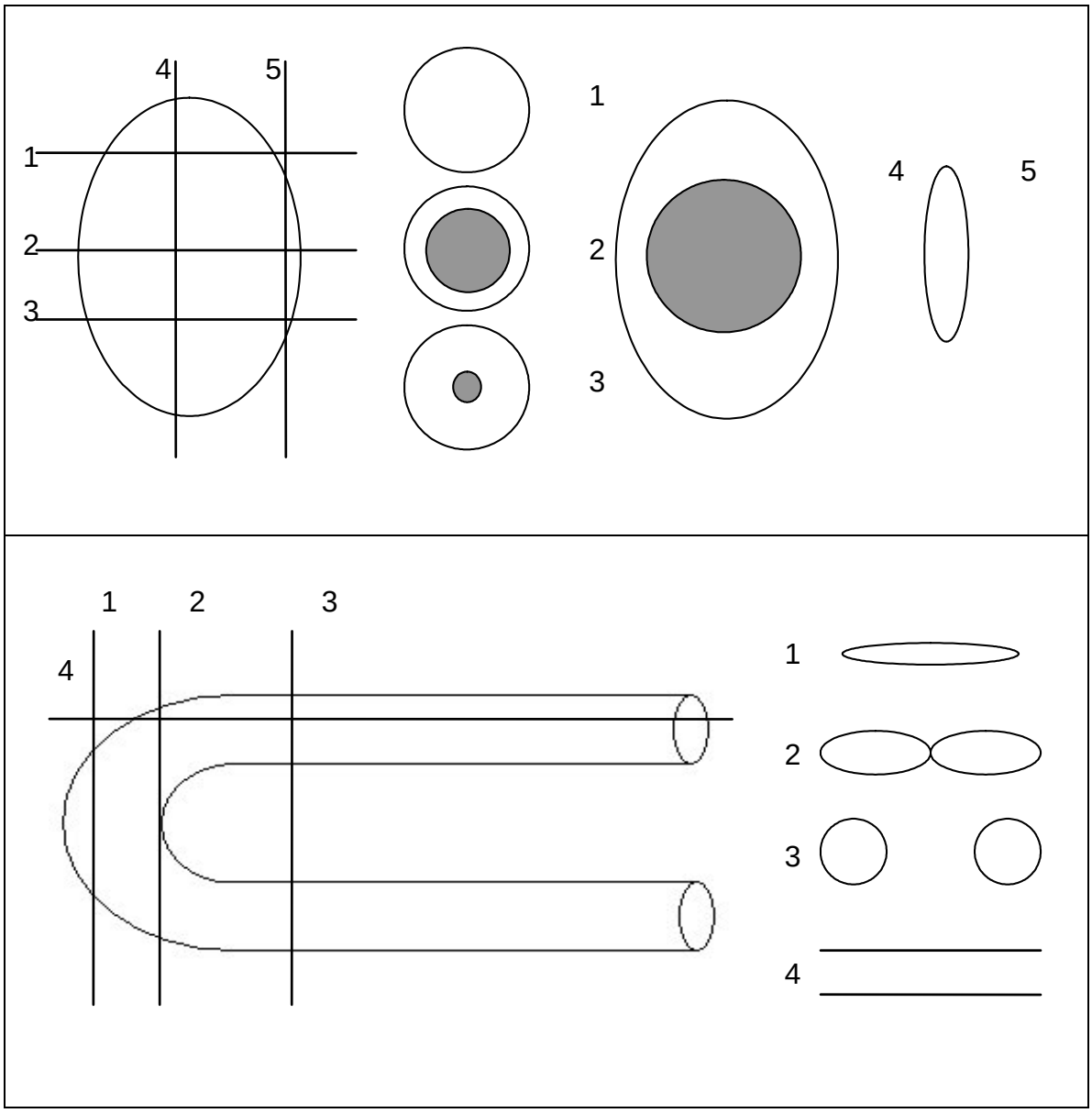

Figura 5. La interpretación de un corte histológico no puede hacerse sin considerar las estructuras tridimensionales. Planos de corte de un huevo cocido y un tubo en "U".

tos más elementales. Pero la curiosidad nos lleva a pensar que a pesar de ello, muchos de estos oyentes, publicarán trabajos en los que una buena parte de los resultados se basarán o decorarán con imágenes de la respuesta de las células y tejidos.

‣La biología molecular y celular elemental, la histología y anatomía y las lesiones elementales anatomopatológicas; hiperplasia e hipertrofia; trombosis y embolia; degeneración, necrosis e infarto, necrobiosis; Inflamación aguda y crónica, inmunidad, inflamación y reparación como partes independientes o un todo único; atrofia, hipertrofia, hiperplasia, agenesia, hipotrofia, distrofia y metaplasia; arterioscleroses y sus complicaciones locales o generales; metacromasia y dicroismo; argentófilo y argentafín; fagocitosis, exocitosis, pinocitosis y endocitosis; citoesqueleto; célula madre, embrionaria, troncal, blástica, blasto, *célula cancerosa*, anaplásica, transformada, mutada, fenotipo y genotipo; macrófago, histiocito y monocito; glóbulos blancos, leucocitos, neutrófilos, polimorfonucleares y polinucleares; eosinófilos, células plasmáticas, basófilos y células cebadas; glóbulos rojos, hematíes y eritrocitos; vasos sanguíneos considerados como un conducto inerte, desconocer u obviar que en los vasos sanguíneos hay otras células distintas a las endoteliales y cuya función es importantísima en la respuesta, considerar que todos los vasos sanguíneos, cualquiera que sea su función, calibre o estructura, son una misma cosa etc. son términos y conceptos elementales que con frecuencia se manejan con confusión y en ocasiones con demasiada alegría.

Consideramos que cualquier investigador en el campo de las interacciones fisiológicas, biomecánicas y biopatológicas en general de los biomateriales, debería tener muy claras y asumidas, muchas de las respuestas y sobre todo el por qué de cada uno de los conceptos y fenómenos que exponemos más arriba.

No quisiéramos que se nos considerara como catastrofistas o destructores a ultranza, porque bajo ningún concepto tenemos este objetivo en el presente trabajo. Hay muchos investigadores que manejan muy adecuadamente la terminología, demostrando un suficiente conocimiento de los fenómenos, cuando forman parte de su exposición, evitando no ir mas allá de donde quieren llegar y consultando siempre que ha lugar a una explicación. De la misma manera que hemos presentado todos esos ejemplos desastrosos para la evaluación del conocimiento en biopatológía de una parte del mundo de los biomaterialistas, también podríamos hacer un listado de trabajos correctísimos, de un nivel digno cuando no elevado y en ocasiones innovador

La ingente incorporación de investigadores jóvenes ante las posibilidades que oferta el campo de los biomateriales, la impaciencia por la consecución de resultados inmediatos, la competencia y competitividad y la *publicitis* o publipatología inherente a la consecución de un futuro profesional en la investigación, está haciendo que los conocimientos en biopatología se vayan adquiriendo sobre la marcha y a medida, para un fin determinado y un objeto concreto en una situación definida. El resultado es una buena parte de lo escrito hasta ahora y un futuro lleno de verdades a medias, deformaciones irreparables etc y por ello abogamos por la formación básica y reglada en biopatología para cualquier licenciado o investigador que desee incorporarse a este ingente y variopinto campo en el que el conocimiento del ser humano y de algunos de sus mecanismos y situaciones patológicas. En cualquier caso redundará en su propio beneficio y por lo tanto, en el de todo el conjunto de investigadores y en el de los seres humanos objetivo final de su labor.

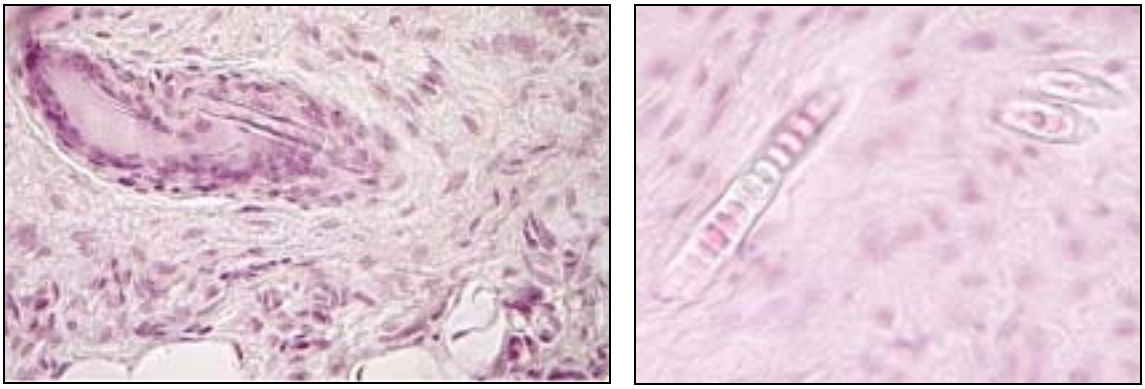

Figura 6. Reacción de cuerpo extraño y fibrosis que incorpora material vegetal en un estudio de biocompatibilidad in vivo.

Agradecimientos

Trabajo realizado dentro de la colaboración entre las dos unidades asociadas y en el marco de la Red Temática VIII, J. *Biomateriales para la salud* del programa iberoamericano CYTED.

Bibliografía

1. **Aids to Pathology.** Michael F. Dixon. Churchill Livingstone. 1978
2. **Anatomía Patológica General.** Vol. 1. J. Pardo Mindán. Doyma S. A. 1991
3. **Atlas de Anatomía**. Sabotta. Panamerica. 1992.
4. **Biología Celular y Molecular.** James Darnell, Harvey Lodish y David Baltimore. Omega S. A. 1993
5. **Biología Molecular de la Célula.** Bruce Alberts, Dennis Bray, Julian Lewis, Martín Raff, Keith Roberts y James D. Watson. Omega S. A. 1994.
6. **Histología. E. Carrascal.** Ediciones Universidad de Salamanca. 2000
7. **Histothecnology. A self-instructional text.** Freida L. Carson. ASCP Press. 1990.
8. **Nuevo Atlas de Histología.** Mariano di Fiore, Roberto Manzini y Eduardo de Robertis. Ateneo. 1980.
9. **La Ciencia y el Sentido Común.** James B. Conant. G. Graft Limitada. 1953.
10. **Reglas y Consejos sobre la Investigación Científica.** Santiago Ramón y Cajal. Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Sesión del 5 de diciembre de 1897.
11. **Biomateriales.** Eds. R. Sastre, S. de Aza, J. San Román. Faenza Editrice Iberica S. L. Italia. 2004.
12. **Biocatalysis, Fundamentals and Applications.** A.S. Bommarius, B.R.Riebel. Wiley- VCH , Alemania. 2004.
13. **Biomimetic Materials and Design.** Biointerfacial Strategies, Tissue Engineering, and Targeted Drug Delivery. Eds. A. K. Dillow, A. M. Lowman; Marcel Dekker, Inc. USA. 2002.
14. **Culture of Animal Cells. A Manual of Basic Technique.** R. Ian Freshney. Wiley-Liss, USA. 2000.
15. **Principles of Tissue Engineering**, 2nd. Ed. R.P.Lanza, R.Langer, J.Vacanti. Academic Press. USA. 2000.
16. **Biomedical Diagnostic Science and Technology**. Eds. W. T. Law, N. Akmal, A.M. Usmani. Marcel Dekker Inc. USA. 2002.
17. **Bone Engineering**. Ed. J. E. Davies. EM Squared Incorporated, Canada. 2000.
18. **Biomaterial-Tissue Interface**. Eds. P. J. Doherty, R. L. Williams, D. F. Williams, A. J. C. Lee. Elsevier, Holanda. 1992
19. **Biocompatibility: Interactions of Biological and Implantable Materials.** Eds. F. Silver, C. Doillon., VCH, USA. 1989.
20. **Introduction to Biomedical Engineering.** Eds. J. D. Enderle, S. M. Blanchard,J. D. Bronzino. Academic Press, USA. 2000.