

Módulo 2. Manejo de los datos

Lluís Til

Traumatología y Medicina del deporte

FC BARCELONA

Unidad 2.1 Antecedentes

La buena salud y el rendimiento de los atletas son, para el *staff* del equipo, dos objetivos en constante interacción y con grandes niveles de injerencia el uno sobre el otro. Al mismo tiempo, son responsabilidad, por un lado, del médico y, por el otro, del cuerpo técnico y de todos los integrantes del equipo de trabajo que interaccionan con este bajo su coordinación, al servicio de los atletas, del equipo y de la entidad deportiva.

Por eso, llevar a cabo estas funciones requiere conocimientos y habilidades propias de la profesión que se ejerce. Desarrollar este trabajo en proximidad con los atletas facilitará el conocimiento de las circunstancias particulares que rodean al deporte competitivo, en general, y al equipo, en particular. Esto permitirá que la toma de decisiones se haga teniendo en cuenta los factores que intervienen en cada fenómeno deportivo.

El manejo de las situaciones debe realizarse siguiendo los criterios propios de los actos médicos, que se basan en los siguientes puntos:

- Respeto al paciente, particularmente durante la relación que el profesional establece con él, que debe ser igualitaria, para huir de autoritarismos o paternalismos.
- El médico no debe ser solamente un diagnosticador, sino que, además, debe educar al paciente, motivarlo para que participe activamente en la identificación y la solución de sus problemas de salud, sin imposiciones.
- El médico debe ser un comunicador de la salud, que sepa llegar al paciente y comunicarse con él, para así participar de manera conjunta en las decisiones, ante el proceso propio de la lesión.
- Respeto a la praxis médica aceptada y en vigor: el atleta, como cualquier paciente, tiene derecho a recibir el mejor de los tratamientos posibles, de acuerdo con la evidencia y la experiencia. Debe protegerse al paciente de terapias y procedimientos milagrosos no probados, frente a los deportistas lesionados, quienes son especialmente vulnerables.
- Respeto por la ética propia de las relaciones humanas y la ética que debe guiar todo acto médico. Aquí se contempla la confidencialidad absoluta que el profesional de



salud debe mantener, lo cual es difícil cuando se ve afectada la salud de individuos mediáticos.

- Respeto por la eficiencia, valorando la relación coste-beneficio y optando por la opción que se considere óptima desde el punto de vista de la patología, de los aspectos psicosociales del jugador y los aspectos económicos.

Los médicos de equipo y todos aquellos que participan del cuidado de la salud de los atletas son, de alguna manera, víctimas del éxito de la medicina moderna, ya que a los pacientes les cuesta asumir la lesión y sus posibles secuelas. Existen circunstancias bajo las cuales la presión ejercida sobre los atletas lleva a estos a responsabilizar al cuerpo médico. Por ejemplo, cuando, dado el tiempo que requiere abordar un proceso lesional, no se alcanzan a cumplir los objetivos deportivos.

2.1.1 La historia clínica y el curso clínico

La historia clínica es el documento que refleja los puntos relevantes del propio acto médico. Es el relato escrito o verbal de la situación clínica del paciente y se puede obtener a través del relato del propio paciente o de terceros involucrados. Es el propio profesional el que decide qué es lo que debe ser reflejado en la historia y cómo esta debe ser construida. El nombre del profesional deberá estar constatado en cada parte de la historia clínica, ya que cualquier registro anónimo transformará la historia clínica en algo incompleto. Las instituciones sanitarias y los departamentos clínicos de las organizaciones deportivas que deciden disponer de ellas son responsables de hacerlo a través de dispositivos en papel o telemáticos que posibiliten el registro, el archivado y la utilización de los datos y la documentación de la historia clínica.

Composición de la historia clínica de un deportista:

- a. Datos de filiación del paciente, que posibiliten su localización (domicilio, teléfono, *e-mail*) y la de los allegados que este elija, a quienes se deben notificar las eventualidades que el atleta pueda sufrir.
- b. Documentos firmados por el paciente y por el médico que reflejen que el atleta ha sido informado de la naturaleza del acto médico, de la necesidad de registro en la historia clínica y de cómo se llevarán a cabo el análisis y la explotación de los datos en el caso de que sea necesario. Los consentimientos generales firmados no autorizan la explotación futura de los datos de las historias clínicas, si esto no ha sido debidamente notificado.
- c. Examen médico deportivo inicial:
 - i. Antecedentes personales, familiares, deportivos y tóxicos.



- ii. Antecedentes patológicos, alergias, ingresos previos, cirugías previas, historial de lesiones y concusiones.
 - iii. Exploración sistémica por aparatos, con especial atención al sistema cardiorrespiratorio y al aparato locomotor. La exploración neurovascular periférica y central y también la de los órganos de los sentidos son trascendentales en la mayoría de los deportistas.
 - iv. Historial de vacunas, estado nutricional y estado de descanso.
 - v. Examen antropométrico.
 - vi. Electrocardiograma de reposo.
 - vii. Ecocardiograma.
 - viii. Ergometría con electrocardiograma de esfuerzo.
 - ix. Espirometría.
 - x. Otros test funcionales.
- d. Datos de seguimiento biológico, análisis clínicos, mediciones evolutivas de antropometría y test funcionales.
- e. Registro farmacológico y de suplementación, que puede ser preciso consultar en cualquier momento ante un test antidopaje. Respecto de los fármacos, que son propios de enfermería, debe constar la indicación que los justifique, la dosis propuesta y también la duración y el cumplimiento del tratamiento.
- f. Registro de cada uno de los procesos médicos, que deben seguir una secuencia temporal, con un inicio, un curso clínico evolutivo y un final. En cada proceso es aconsejable constatar lo siguiente:
- i. Los datos del paciente, el motivo de consulta y la exploración clínica.
 - ii. El juicio clínico inicial, con el diagnóstico diferencial, el plan de diagnóstico y las medidas terapéuticas iniciales.
 - iii. Las pruebas diagnósticas solicitadas, con acceso a las imágenes y los informes, que deberán ser adecuadamente custodiados.
 - iv. Es aconsejable que el diagnóstico se acompañe de codificación. En el deporte de competición está extendido el uso de la codificación Orchard Sports Injury Classification System (OSICS-10; goo.gl/4Zctpi). Es un código recomendado por UEFA, FIFA y COI. En el código OSICS, cada proceso diagnóstico se codifica con cuatro letras: la primera se refiere a la localización anatómica de la lesión o, si se trata de una condición médica, a su desarrollo o condición posquirúrgica; la segunda letra se refiere al tipo de tejido, órgano o sistema al que afecta la lesión; las letras tercera y cuarta son específicas de cada situación.
 - v. El plan terapéutico, en el que se detallarán las recomendaciones personales, las modificaciones del plan de actividad física, la medicación, el uso de ortesis o de ayudas mecánicas, la cirugía (si

está indicada) y el plan rehabilitador, en el que se planifican los objetivos que se desean conseguir y el tiempo necesario para ello. De esto puede derivarse un pronóstico temporal aproximado que en algunos contextos es especialmente apreciado.

- vi. El proceso evolutivo o curso clínico, que será diario, siempre que esto se considere oportuno.
 - vii. Los registros de fisioterapia y de readaptación deportiva poslesional. En ellos se registra la planificación terapéutica, basada en los objetivos marcados y el seguimiento del plan. A partir de este registro, y sobre la base del cumplimiento del plan, podrá evidenciarse la eficacia del plan propuesto. Estos registros son responsabilidad del terapeuta que los lleva a cabo. En los procesos de duración intermedia y larga es aconsejable un abordaje secuencial de objetivos y una subdivisión del proceso en fases, con unos criterios previamente marcados que permitan justificar de manera no subjetiva los avances o estancamientos del proceso.
 - viii. Los test de evaluación, de imagen y funcionales que se usen para monitorizar el proceso.
 - ix. El alta competitiva, junto con las limitaciones y las recomendaciones propias de la prevención secundaria.
 - x. Copias de los documentos remitidos a las compañías aseguradoras, que signifiquen el inicio y el fin del proceso, como así también los documentos del seguimiento evolutivo, que muchas veces son solicitados por las compañías de seguros.
 - xi. Las pruebas que tengan que ver con el mecanismo lesional, en forma de videos, son lo suficientemente relevantes para ser guardadas junto con la historia clínica, de modo que sea fácil acceder a ellas.
- g. Los seguimientos y registros propios de otros profesionales de la salud, que no tengan que ver con procesos clínicos propiamente dichos. Así, la historia clínica puede contener apartados propios para todo lo siguiente:
- i. Nutrición: donde se registran intolerancias, recomendaciones, alergias y necesidades, como así también suplementaciones y seguimiento del estado nutricional, de la composición corporal y de las necesidades de suplementación.
 - ii. Podología: seguimiento ortopodológico, con los registros oportunos de huella plantar, estática y dinámica; necesidades de ortesis y las características de estas.
 - iii. Psicología: con especial confidencialidad en los aspectos que a esta concierne.
 - iv. Fisioterapia: con aspectos propios de la ayuda a la preparación de entrenamientos y partidos, entre los que se destacan masajes,

vendajes, estiramientos, manejo de las molestias y día a día de los deportistas. El registro de las acciones físicas destinadas a la recuperación de la fatiga poscarga tiene especial interés.

- v. Enfermería: donde se registren los procesos propios de esta disciplina, especialmente, aquellos que, entre otros, se refieren a la toma de muestra biológica, la medicación, la terapia parenteral, el cuidado de la piel y los anejos, el manejo de heridas y la vacunación.
- vi. Otros profesionales que participan de forma más o menos ocasional auxiliando al deportista deben tener su espacio en la historia clínica, donde puedan llevar a cabo los registros de su actividad de forma coherente y ordenada.

El acceso a la historia clínica y a la documentación clínica está reservado a los propietarios de esta, que son los siguientes:

- El paciente, dado que se redacta en su beneficio y se refiere a su salud y su intimidad.
- El médico, como autor intelectual y científico de la historia, y líder del equipo médico que atiende al deportista.
- Cada uno de los profesionales que registra algo en la historia clínica se considera propietario de la parte en la que participa.

El centro sanitario o la entidad deportiva no debe considerarse propietario único de los contenidos de la historia clínica, aunque sí es responsable de su mantenimiento, de forma que garantice la accesibilidad, la disponibilidad, la confidencialidad y su conservación.

2.1.2 Registro y análisis de datos

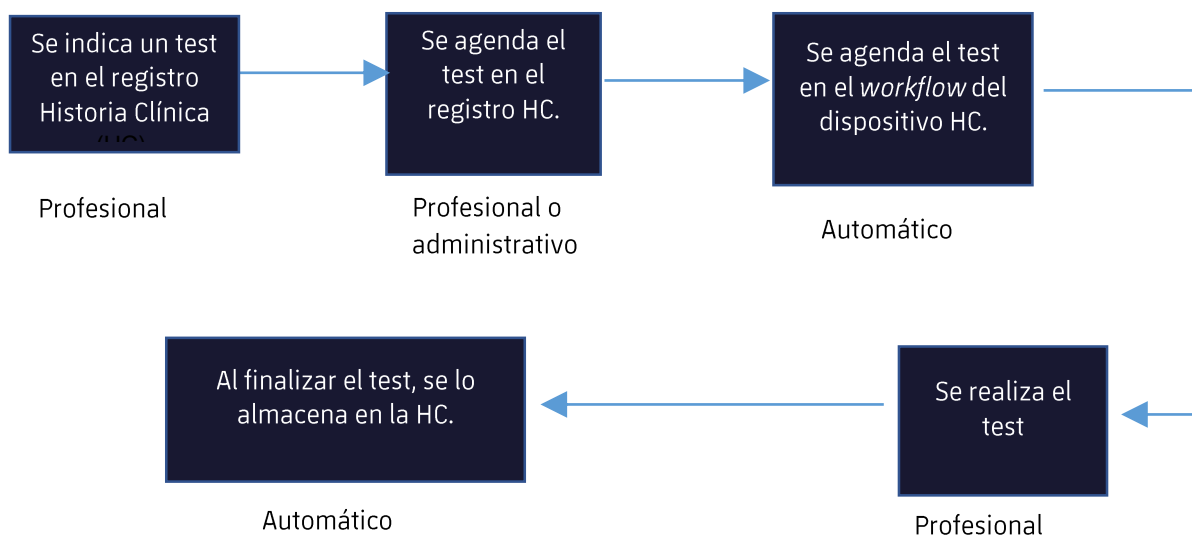
El registro de los datos debe realizarse de forma segura. La posibilidad de hacerlo de manera electrónica y coherente permitirá definir autorizaciones de acceso y trazabilidad de los registros. El modelo debe reunir los requisitos de seguridad contemplados en la normativa, que aseguren la inviolabilidad de los registros, la confidencialidad de los datos y la trazabilidad de los accesos. A la vez, idealmente debe poder permitir análisis transversales, longitudinales y cruzados. Cuando se atiende a deportes de equipo, algunos de los datos propios de estos deben poder ser analizados de forma individual o en conjunto. Probablemente, solo sea posible hacer eso de manera eficiente a través de registros electrónicos.

Un modelo de historia clínica planificado, en forma de campos paramétricos tan cerrados y tan cuantitativos como sea posible, facilita los registros, minimiza el riesgo de error y

permite definir modelos de explotación de los datos. La explotación de los datos puede automatizarse, lo que facilita la generación de informes y de paneles de control en forma de *dashboard*, que permiten análisis rápidos de situación. Una historia clínica registrada en forma electrónica permite establecer una comunicación entre todos los profesionales que tienen acceso a ella de forma segura y concreta. Además, disminuye los errores de interpretación característicos del mensaje oral y evita los riesgos de seguridad propios de la comunicación telefónica o de sistemas electrónicos (como *e-mail* o WhatsApp) a los que se recurre en exceso también cuando se trata de aspectos personales de los deportistas.

Auditar la historia clínica de forma retrospectiva, con interés médico, con fines de formación médica o por demanda jurídica es más seguro y completo cuando nos enfrentamos ante el modelo de registro de historia clínica en soporte electrónico. El trasvase de información desde servidores ajenos a la propia historia clínica es especialmente interesante, pero obliga a definir protocolos de seguridad que hagan fiable esta comunicación y no supongan puertas de entrada que faciliten la violabilidad del sistema. Si los protocolos de comunicación no son lo suficientemente fiables, o si los administradores de los sistemas no garantizan esa confianza, deberá almacenarse la información adicional que provenga del exterior y se considere relevante para la historia clínica, y se deberán copiar los ficheros de imagen y escanear los documentos originales en formatos tipo .pdf.

Figura 1: Estructuración de historia clínica (HC)



Fuente: elaboración propia

El flujo de tareas expuesto en el esquema anterior es una propuesta de trabajo para almacenar datos e imágenes generadas por dispositivos del propio departamento clínico.



Es recomendable que los departamentos clínicos que disponen de herramientas de análisis, test y diagnóstico por imagen almacenen la información que se obtiene por estos medios en el registro de historia clínica. Este trasvase de datos y de imágenes debe ser realizado de forma automática tras la adquisición de estos por parte del dispositivo. La digitalización de las antiguas historias clínicas es un proceso costoso, pero permite que no se pierda ni se deteriore la información registrada, de manera que pueda ser consultada en el futuro.

2.1.3 Confidencialidad

Los actos médicos y los registros que se deriven de ellos se basan en la confianza entre las partes que participan en ellos. Para mantener la confianza, y como parte del código ético que debe guiar la actuación profesional, es fundamental el sigilo. Los aspectos de la salud implican una de las esferas más íntimas de cualquier individuo, por lo que cualquier comunicación de uno de estos aspectos deberá ser especialmente autorizada. Por otro lado, debe asegurarse que los registros estén suficientemente blindados y que cualquier violación del acceso de seguridad sea trazable.

Actualmente, la mayoría de los contratos de los atletas profesionales establece que, en el caso de una lesión o de cualquier condición que pueda afectar el rendimiento de estos, los entrenadores y los dueños de los equipos recibirán información sobre su situación de salud ante una enfermedad. Sin embargo, siempre es importante respetar al individuo y sus derechos, por lo que es útil hablar con el atleta acerca de su situación y de las opciones, para asegurarse de que haya un plan terapéutico antes de contactar a esas otras partes. Por supuesto, cualquier tipo de comunicación externa con los medios sobre la salud de un atleta debe consensuarse con este y, si es posible, con la directiva y los entrenadores. El asesoramiento por parte del departamento de comunicación acostumbra ser muy útil en estas situaciones. Es importante resaltar que los atletas pueden querer involucrar a otras personas en la información del proceso. Esto debe manejarse con habilidad y con la seguridad de que se hace a petición del paciente, y de que quienes reciban la información van a usarla en beneficio del atleta. El médico también debe mantenerse en contacto con los otros profesionales médicos que participan del proceso, como así también con el fisioterapeuta, el entrenador deportivo y el entrenador de fuerza y acondicionamiento, para evaluar la rehabilitación del jugador y el alta competitiva para promover las condiciones necesarias a fin de que el atleta pueda volver a jugar. En este caso, la comunicación es sensible y debe ser muy específica, por lo que la propia historia clínica y los registros se convierten en una herramienta de comunicación fiable, siempre que los intervinientes tengan los debidos accesos al sistema.

El trasvase de datos e imágenes es crítico cuando el atleta se lesiona o es atendido fuera del entorno habitual. Toda esa información debe viajar de manera encriptada para asegurar la confidencialidad. Estos procesos se realizan con frecuencia en otras disciplinas médicas, especialmente, cuando se solicitan segundas opiniones.

2.1.4 Softwares específicos

El uso de sistemas de registro en hospitales y consultas médicas ha originado diversos modelos de registro que permiten el manejo de agendas y los registros clínicos, con mayores adaptaciones y conectividad cuanto mayor sea la complejidad de los procesos que se abordan y de los procedimientos que se manejan.

La realidad de las necesidades de un médico de equipo con respecto a los registros difiere mucho de los habituales sistemas de registros clínicos, ya que los registros en medicina clínica no precisan ser tan amplios ni versátiles como los de la medicina deportiva. El sistema ideal para dar respuesta a necesidades específicas del deporte de competición debería compatibilizarse con los siguientes elementos:

- Otras agendas aparte de las médicas, como las propias de la competición, y los calendarios de entrenamiento.
- Deben ser plataformas multilingües en muchos campos. Hoy en día, los equipos no se constituyen con atletas de una única nacionalidad. Las plataformas de registro deben contemplar esto para no perder fiabilidad, especialmente, cuando hablamos de documentos de consentimiento informado y de escalas de valoración subjetiva. Por otro lado, habrá ocasiones en las que los atletas deberán ser atendidos en otros países, y profesionales extranjeros deberán acceder a la información.
- Deben tener acceso a los sistemas de codificación que se usan de manera habitual en medicina del deporte (OSICS-10).
- En el deporte aparecen frecuentemente nuevos elementos de valoración y medición que deben ser incorporados al sistema. Por eso, la conectividad es imprescindible.
- Cada disciplina deportiva tiene unas necesidades y una epidemiología distinta, por lo que algunas áreas del sistema deben poder obviarse o visualizarse en función de esas necesidades.
- El sistema debe ser capaz de registrar, además, parámetros del individuo que no tienen una implicación directa con situaciones patológicas. Son aquellos condicionantes que pueden modificar la capacidad de adaptación a las cargas, que es la base del entrenamiento y que puede servir para registrar factores de riesgo.
- El sistema debe ser multiplataforma. Cada vez más, se actúa en proximidad del terreno de juego y de los campos de entrenamiento, y durante los viajes. Los sistemas

compatibles en dispositivos *smart* permiten una accesibilidad que aumenta el número de registros y las posibilidades de explotación de los datos.

- Los análisis de datos que tengan que ver con el estado de los jugadores y con cómo estos se desenvuelven durante las sesiones de trabajo son muy útiles en la toma de decisiones. Disponer de estos datos y de estos análisis de forma inmediata es crítico en la evaluación que los usuarios hacen de los sistemas de *software*.
- Las plataformas que actúan desde la nube con datos que están en posesión del usuario, y que presentan las medidas de seguridad suficientes como para garantizar la confidencialidad, son uno de los mejores recursos de trabajo, aunque se crea una dependencia a un sistema sin el cual es muy difícil trabajar.

Son múltiples los requisitos, y muy especiales las necesidades de cada organización. Esto ha llevado a clubes, federaciones y organismos internacionales a crear sus propias plataformas. En estos casos, la falta de compatibilidad entre los sistemas imposibilita comparar resultados. Para ello, deben crearse nuevos sistemas de registro. Por otro lado, estas organizaciones tienen una capacidad de desarrollo limitada, lo cual, con el tiempo, dificulta su evolución o requiere un importante esfuerzo financiero.

Si se opta por adquirir licencias de uso de sistemas de registro de historia clínica y de seguimiento deportivo ya comercializados, la inversión será menor, pero será más difícil conseguir la adaptación total del sistema a las necesidades propias. En este caso, se recomienda garantizar la seguridad y confidencialidad del sistema, e intentar asegurarse de que la compañía proveedora del *software* se mantenga activa y provea las actualizaciones necesarias. De manera ideal, se aconseja establecer un protocolo de relación directa con los desarrolladores del sistema, que permita al usuario interactuar con ellos para que los desarrollos que surjan estén relacionados con las necesidades detectadas. Cualquiera de los sistemas debe tener una amplia capacidad de almacenaje. El uso de videos y de imágenes médicas de alta resolución requiere mucho espacio. Además, es ideal que la velocidad de ejecución del sistema sea suficiente para permitir un trabajo dinámico.

2.1.5 Presentación de datos

La historia clínica y el registro de los datos forman parte esencial del acto médico. En muchas ocasiones, el proceso intelectual necesario para la toma de decisiones se fundamenta en el registro. Por eso, la forma en que se lleva a cabo el acto de registrar en la base de datos la propia historia clínica puede ser una gran ayuda. Para conseguir flujos más útiles, es importante involucrar usuarios en el diseño de estos sistemas y plataformas.

Actualmente, los registros acumulan más y más datos, y las imágenes pueden digitalizarse y reanalizarse, por lo que se generan aún más datos. Aunque esos datos son la base de registros más objetivos y fiables, pueden convertirse en inútiles si no se es capaz de explotarlos. Muchos son los que, basados en el rigor, se han esmerado en acumular ingentes cantidades de datos que se han revelado inservibles, y solo han conseguido sepultar a aquellos que de buena fe se esmeraron en recogerlos. Por eso, hay que planificar una explotación de los registros y de los datos a varios niveles:

- Nivel cotidiano: crear paneles de mando en los que se observen los parámetros previamente decididos, referentes a la realidad actual o evolutiva de un proceso individual, de la totalidad de un equipo o de parte de los atletas que lo conforman. Estos paneles deben ser dinámicos y adaptables, de manera que el usuario intermedio sea capaz de modificarlos. Existen plataformas diseñadas para el análisis de datos y para su presentación, como Power BI ©. En el deporte de competición y en la toma de decisiones de seguimiento de una lesión, disponer de los datos y del análisis de forma inmediata puede ser vital.
- Nivel análisis retrospectivo: en la mayor parte de las situaciones, las necesidades y los problemas que precisan ser analizados no fueron previstos en el inicio de la recogida de datos, por lo que las preguntas se formulan cuando se comprende que se debe abordar un problema. En este caso, los datos deben ser accesibles y el análisis se hace a posteriori para detectar, en primer lugar, si el problema es tal—y de suficiente magnitud—que justifique el esfuerzo del análisis; en segundo lugar, para identificar las causas mediante la búsqueda de correlaciones de los factores que anteceden al problema. De esta manera, cuando se hayan identificado los elementos que se relacionan con un problema real y suficientemente importante, que merece que se trabaje en él, se podrá empezar una propuesta para corregirlos. Una vez implementadas esas propuestas, habrá que evaluar si se ha corregido la magnitud o la gravedad del problema.
- Nivel minería de datos: la cantidad de datos que se acumulan alrededor de los deportistas y de los equipos de competición hace que no sea descabellado proponer análisis discrecionales, que busquen algoritmos que identifiquen correlaciones entre elementos y situaciones que no podrían ser imaginadas.

A través de estos trabajos, deberíamos ser capaces de proyectar modelos predictivos que sean la base de la verdadera prevención. Hasta ahora, los modelos de prevención usados se han basado en la intuición y la buena fe de los que los proponen, pero estos factores,



que son especialmente útiles en las situaciones reactivas cuando hay que diagnosticar y tratar una lesión, no son suficientes para conseguir disminuir el riesgo lesional. La inteligencia artificial podría llegar a ser más eficaz para desarrollar medidas de prevención de manera más proactiva.

Unidad 2.2 Evolución del deporte y la tecnología, y nuevos datos

Marti Casals

La evolución del deporte en los últimos años ha sido importante y, como sabemos, da lugar a una gran expectación, tiene un importante impacto económico, de salud y de transferencia de industria, y genera una nueva área de conocimiento. Hemos pasado de anotar, en un partido de fútbol o de baloncesto, los registros que estamos viendo (análisis notacional) a obtener una gran gama de registros procedentes de tecnologías cada vez más sofisticadas.

Las ya famosas armillas, que actualmente lucen muchos deportistas en los entrenamientos y partidos, están compuestas por unos sensores que, incorporados a la articulación deseada, pueden extraer la información biomédica. Anteriormente, había que realizar un trabajo de cruce de información y de coordinación de diferentes *softwares*. Ahora, los aspectos tácticos, físicos y médicos son integrados de una sola vez, y toda la información puede centralizarse en la nube de manera conjunta. En un futuro cercano, esto probablemente ayudará a conseguir una mayor multidisciplinariedad entre las diferentes profesiones, ya sean actuales (mánagers, entrenadores, médicos, fisioterapeutas, preparadores físicos, readaptadores, analistas) o futuras (es decir, aquellas que se integrarán en el deporte).

Hoy en día, el deporte está controlado por registros que analizan entornos muy variados, que van desde la fisiología del ejercicio, la psicología, la producción de calor, hasta los modernos sistemas digitales de análisis de los rendimientos durante la competición. De momento, en diferentes equipos profesionales se está empezando a reportar información para la vigilancia o el control de lesiones mediante diferentes dispositivos. Pero ¿cuál es la aceptabilidad y las percepciones de los atletas y los miembros del *staff* de estos sistemas de vigilancia de salud deportiva en línea? Según un estudio reciente, esto está ayudando a mejorar la comunicación entre el atleta, el *staff* técnico y el cuerpo médico. Además, desde el punto de vista del médico, esto ayuda a mejorar el conocimiento y el control del deportista, para intervenir cuando es necesario. (Barboza, Bolling, Nauta, Van Mechelen y Verhagen, 2017).

Uno de los principales problemas que acarrea el uso de tanta tecnología tiene que ver con el error de medida y con las validaciones de este tipo de instrumentos. En el deporte se hacen muchas valoraciones utilizando test u otros instrumentos, pero muchas veces no se puede asegurar la validez y la fiabilidad de estos, aunque muchos los utilicen. ¿Podemos asegurar que el valor que registramos después de una valoración es fiable? Y,



si no lo es, ¿depende del responsable que lo mide? Actualmente, estamos tomando decisiones, pero ¿estamos tratando datos sobre la base de registros que no sabemos si son verdaderos? ¿Tenemos cierta responsabilidad? Son preguntas que debemos plantearnos.

En este momento, el reto del conocimiento no está en el incremento del tipo de registros que se puedan generar y utilizar, los cuales seguro aumentarán de forma paralela al progreso tecnológico, sino que vendrá como consecuencia de la selección de los registros que sean más significativos, de la creación de índices que aporten un mayor conocimiento y, sobre todo, de la creación de modelos estadísticos, tanto del rendimiento como de la adaptación del atleta y de sus riesgos de lesión. La comunidad del deporte más cercana al ámbito científico tiene claro que el análisis del deporte y el tratamiento estadístico y matemático de esta enorme cantidad de datos que se producen en la actualidad están abriendo una nueva área de conocimiento y negocios. En resumen, actualmente, disponemos de mayor tecnología a nuestro alcance, lo que se traduce en muchos más datos, pero nos falta tomar mejores decisiones a partir de adecuados modelos y análisis estadísticos.

2.2.1 La estadística y el deporte

Hoy en día, oímos hablar mucho más de estadística (o *analytics*) en el deporte que hace unos años. Esto coincide con un momento en el que la ciencia de la estadística y su profesión están en auge, y este trabajo es considerado uno de los más *sexys* del siglo XXI. ¿Es la estadística realmente una moda pasajera o un *trending topic* en el ámbito del deporte? La historia demuestra que no es así. Desde la industria, vale la pena destacar que la creación del análisis notacional por Henry Chadwich se produjo en 1861, que el primer mapa de calor en el deporte lo produjo el profesor James Connors en 1897, que el primer estadístico contratado a jornada completa por un equipo profesional fue Mr. Roth en 1947, y así seguiríamos hasta, por ejemplo, el famoso libro de Michael Lewis, *Moneyball: The Art of Winning An Unfair Game*, publicado en 2003, que cuenta la historia real de Billy Beane (que es representado cinematográficamente por Brad Pitt), mánager general de un modesto equipo californiano que decidió utilizar enfoques estadísticos para ayudar a la toma de decisiones.

Es muy común preguntarse quién puede estar realmente interesado en la estadística aplicada al deporte. Nos sorprenderíamos al ver la cantidad de profesionales interesados en esto, desde mánagers deportivos o *decision-makers*, jugadores, entrenadores, preparadores físicos, médicos, readaptadores, periodistas, mercado o corredores de apuestas, *scouts* o videoanalistas, hasta científicos del deporte, académicos, fans, psicólogos, epidemiólogos, científicos de otros ámbitos y estadísticos.



En el mundo científico hubo un crecimiento del interés en la aplicación de la estadística y, sobre todo, en su mayor rigor científico en la medicina del deporte y las ciencias del deporte en general. La estadística, unida a otras habilidades o profesiones, ha creado diferentes especializaciones comunes, como la bioestadística, la bioinformática, la geoestadística, la econometría y la psicometría (ver tabla 1). La película de Hollywood sobre Moneyball ayudó también a despertar el interés de científicos del deporte y, de esta manera, a conocer diferentes especializaciones del deporte, como *sabermetricians*, *moneyball*, *sports analysts* y *sports biostatistics*, donde la habilidad de la estadística está siempre presente (ver tabla 2).

Tabla 1: Especializaciones más comunes en el ámbito de las estadísticas

Estadísticas y epidemiología, y salud pública y medicina - bioestadística
Estadísticas y ciencias de la computación, y biología y genética - bioinformática
Estadísticas y geografía - geoestadística
Estadísticas y psicología - psicometría
Estadísticas y economía – econometría

Fuente: Casals y Finch, 2017.

Tabla 2: Estadísticas y especializaciones en ciencias deportivas

Estadísticas y béisbol - <i>sabermetrics</i>
Estadísticas y ciencias del deporte, y economía y ciencias de la computación - <i>moneyball</i>
Estadísticas y ciencias del deporte, y <i>video analyst</i> y ciencias de la computación - analista deportivo
Estadísticas y epidemiología, y salud pública, medicina y ciencias del deporte - bioestadística deportiva

Fuente: Casals y Finch, 2017.

2.2.2 ¿Qué es la estadística y cómo nos puede ayudar?

Muchos de nosotros hemos estudiado una asignatura de estadística en nuestras carreras universitarias, pero ya no recordamos de qué trataba ni qué utilidad tenía. La estadística ya no es definida como una de las ramas de las matemáticas, sino que es la ciencia de aprender desde los datos, dónde se mide, se controla y se comunica la incertidumbre. Se trata de una ciencia joven, que alguna parte de la sociedad todavía no conoce. Una prueba de ello es que normalmente se confunde al estadístico con el estadista (profesión del Estado), o se piensa que el estadístico es una especie de informático que calcula medias, medianas y que hace algunos cálculos numéricos. La estadística cuantifica la incertidumbre y asesora acerca de cómo recoger los datos para que estos aporten la máxima información posible. En la medicina se ha estudiado la bioestadística, que es la

ciencia que hace referencia a la aplicación y el desarrollo de la estadística en las ciencias de la vida y, más particularmente, en las ciencias de la salud. La gran diferencia entre la estadística y la bioestadística es que en esta última usted tiene que estar familiarizado con otras disciplinas, como la epidemiología, genética, demografía, salud pública, etcétera. Cuando leemos artículos científicos o queremos realizar proyectos de investigación, es importante entender diferentes términos estadísticos básicos:

- Cómo diferenciar entre población (objetivo de nuestro estudio y todos los datos que queremos conocer) y muestra (subconjunto de la población y los datos con los cuales podemos trabajar). A partir de aquí, es importante conocer cómo se selecciona la muestra y, para ello, diferentes técnicas de muestreo (por ejemplo: aleatorias, estratificadas) y sus posibles sesgos de selección o información.
- Saber diferenciar la naturaleza, el nivel de medición o escala y el tipo de variables (cualitativas o cuantitativas) o características sobre las cuales trabajamos es clave para realizar análisis adecuados sobre estas.
- Un punto importante del correcto uso de la estadística es conocer bien qué es lo que realmente queremos contestar. Preguntas como qué ocurre (estadística descriptiva), qué ocurrió (diagnóstico), qué ocurrirá (predicción) o qué deberíamos hacer (prescripción) nos señalan posibles herramientas estadísticas que se pueden utilizar. Otra distinción clave para tener en cuenta es que los estudios pueden explorar datos observados (estadísticas descriptivas) o utilizar datos observados de una muestra para inferir la población de estudio (estadísticas inferenciales). La estadística descriptiva nos muestra los datos que tenemos en ese momento mediante, por ejemplo, el uso de tablas de frecuencia y gráficos adecuados, según las variables con las que estemos trabajando. También se utilizan diferentes medidas de centralización, dispersión, posición y forma para las variables cuantitativas. Por ejemplo, en la Universidad de Carolina del Norte, en Chapell Hill, solían presumir que sus estudiantes de Geografía eran los que lograban un salario medio más alto al licenciarse, a diferencia de lo que ocurría con los estudiantes de otras facultades. Lo que no sabían es que allí había un alumno que se licenció en Geografía vía una beca deportiva. Este alumno era Michael Jordan, cuyo salario, como usted puede suponer, era diferente al de los otros que se licenciaron. En este caso, no tendríamos que calcular la media del salario, sino otra medida de centralización, como la mediana. Tal como nos decía el infografista Alberto Cairo: “La estadística no miente, miente la persona que la manipula”. También sería importante acompañar esta medida de centralización con alguna medida de dispersión, para conocer siempre la variabilidad de sus datos. Cuando describimos variables cuantitativas es útil utilizar gráficos de cajas, también llamados *box-plot*,



donde se muestran varias medidas, como el mínimo, el máximo, la mediana, y el primer y tercer cuartil, y que permiten descubrir posibles *outliers*. Imaginemos que el bioestadístico deportivo habla con el médico coordinador del club y le comenta que, actualmente, el percentil 3 (P3) de lesiones de hombro en ese club es de 7 lesiones. Como expertos en medicina deportiva, podríamos interpretar que el 3 % de los atletas de nuestro club tienen lesiones de hombro igual o inferiores a 7 lesiones. Por ello, será siempre de interés saber comunicar e interpretar este tipo de medidas descriptivas básicas.

- La inferencia estadística pretende obtener conclusiones sobre una población a partir de una muestra. Es importante conocer dos conceptos, como lo son las diferencias estadísticamente significativas o las diferencias clínicamente relevantes. ¿Cuál de los dos conceptos es más importante? Probablemente, el segundo, pero, para contestar, necesitamos el primero. Hoy en día, estamos en un mundo donde solemos compararnos constantemente. Uno de los puntos que nos permite comparar, relacionar, probar o estimar es el que se conoce como contraste o test de hipótesis. También está el concepto de modelización. El fundamento de muchas conclusiones científicas publicadas es el concepto de *significación estadística*, normalmente, evaluada mediante un índice denominado p-valor. Un p-valor es la probabilidad, bajo un modelo estadístico especificado, de que un estadístico que sintetiza alguna característica de los datos (por ejemplo, la diferencia de las medias al comparar dos grupos) sea igual o más extremo que el valor observado. Ahora bien, a pesar de que el p-valor puede ser una medida estadística útil, a menudo se lo emplea de forma incorrecta, se abusa de él y también se lo malinterpreta. Esto ha llevado a que algunas revistas científicas no recomienden tanto su uso. En este contexto, la American Statistical Association (ASA) ha facilitado una declaración formal para la comunidad científica, donde aclara algunos principios que son ampliamente aceptados y que están implícitos en la correcta utilización e interpretación del p-valor (The American Statistical Association, 2016). Un índice único no debería sustituir el razonamiento científico. También han sido propuestas algunas alternativas a este índice (como el intervalo de confianza [IC], el d de Cohen, las medidas de efecto, etc.) y vale la pena tenerlas presentes.
- Cuando relacionamos dos variables cuantitativas que tienen una relación lineal, se especifica que estas variables están correlacionadas. Este concepto (relación lineal) se confunde muchas veces con causalidad, un concepto bien distinto para el que hay que tener en cuenta el diseño y otros aspectos más complejos.
- Es común comparar nuestra variable objetivo o dependiente con otra característica de interés o variable independiente. Aun así, en medicina deportiva, como pasa en otros campos, muchas veces nuestro objetivo (por ejemplo: lesionarse [sí/no]) está asociado



a más de una covariable (p. ej.: lesión previa, edad, superficie de juego, momento de la temporada...) y hay que tener en cuenta los múltiples factores, algunos latentes, y sobre todo dinámicos que pueden influir. La especificación y la validación de los modelos estadísticos de regresión, y la toma en cuenta de variables confusoras o modificadoras, son aspectos que hay que verificar para conocer la etiología de las lesiones o los factores asociados a ellas, y también para la utilización de modelos predictivos.

- La mayoría de preguntas de la medicina deportiva para las que un clínico quiere respuesta son: el diagnóstico, el pronóstico y la búsqueda de factores de riesgo de enfermedades o lesiones. Estas pueden ser factores variables (por ejemplo, si un atleta fuma, qué riesgo tiene de sufrir cierta enfermedad) y factores no modificables (como la edad). En la medicina deportiva también se suele hablar de factores intrínsecos (p. ej.: edad, etnia, sexo, predisposición genética, historia previa de lesión) o extrínsecos (p. ej.: nutrición, factores psicológicos, balance de fuerza muscular, carga, fatiga, flexibilidad). El médico trata de reconocer todo esto, para lo cual no hay nada mejor que un modelo estadístico que identifique esos factores y lo ayude. Junto con esto, en la última década se trabaja en bioestadística aplicada a la medicina personalizada, donde se intenta responder qué dosis de tratamiento hay que suministrar a un paciente en función de sus características únicas, ya que el tratamiento no tiene por qué ser igual para todos los pacientes que sufran la misma enfermedad o lesión (goo.gl/gwCUGD). De todas formas, muchas veces conocer los factores de riesgo o identificar subpoblaciones que aumentan o disminuyen el riesgo de lesión no es suficiente, y hay que intentar responder cómo y por qué se ha desarrollado esta lesión o enfermedad.

2.2.3 Metodología de investigación y formación epidemiológica

Los profesionales de las ciencias de la salud no podemos olvidar la importancia de la investigación, y la medicina deportiva no es ninguna excepción en este sentido, ya que es una ciencia donde los conocimientos son adquiridos mediante el método científico. Para investigar, es importante tener la capacidad de hacerse preguntas y utilizar el método científico. No servirá, pues, cualquier conocimiento intuitivo o suposición no fundamentada. El método científico es la sucesión de pasos (observación, inducción, hipótesis; prueba o test de la hipótesis por experimentación; demostración o refutación de la hipótesis; y tesis o teoría científica) que debemos dar para descubrir nuevos conocimientos y para comprobar hipótesis desconocidas hasta el momento. La investigación y las etapas del método científico están relacionadas con las principales secciones que encontramos a menudo en un artículo científico (ver tabla 3) (Mabrouki, y Bosch, 2007).



Tabla 3: Etapas del método científico

Etapas en el método científico	Principales secciones de un artículo científico
Comprender el problema que hay que estudiar	Introducción
Establecer una hipótesis	
Recoger datos	Material y métodos
Analizar datos	Resultados
Interpretar resultados	Discusión
Conclusiones	

Fuente: elaboración propia.

Un aspecto clave para investigar es saber hacer buenas preguntas y, a partir de aquí, llevar a cabo el método científico conociendo bien los diferentes diseños epidemiológicos, las medidas epidemiológicas (frecuencia, asociación, impacto) y, sobre todo, siguiendo las guías de consenso (p. ej.: Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology [STROBE], Consolidated Standards of Reporting Trials [CONSORT], Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses [PRISMA], WHO Injury Surveillance Guidelines).

La epidemiología es la ciencia que estudia la distribución y la etiología de las enfermedades o lesiones de una población. En el mundo del deporte hace años que el Comité Olímpico Internacional (COI) trabaja con grupos de epidemiología e investigación especializados de todo el mundo para mejorar la salud de los atletas.

En la medicina deportiva podemos encontrarnos con diferentes perfiles que estarán relacionados, a su vez, con sus propias habilidades e inquietudes. Todos los perfiles descritos a continuación son necesarios para un equipo o un club, además de la inquietud, la ilusión y la pasión por la medicina deportiva como profesión.

- Perfil clínico: ver y saber diagnosticar pacientes día a día no lo aleja de la práctica clínica ni de la realidad de la medicina deportiva.
- Perfil epidemiólogo: reportar información de las lesiones, estudiar su distribución y sus posibles causas lo ayudará a prevenir a sus atletas y a vigilarlos.



- Perfil científico: escribir y entender trabajos científicos siguiendo las guías de práctica clínica lo acerca a los avances que se producen en la medicina deportiva.
- Perfil videoanalista: ver en vivo o por TV los partidos o los entrenamientos e intentar entender la evolución de los deportes lo ayudará a realizar mejores preguntas científicas o clínicas.
- Perfil estadístico/analista: preguntarse e intentar entender los patrones y la incertidumbre de los acontecimientos lo ayudará a tener un perfil más cuantitativo.

Debates existentes sobre si usted es más clínico o epidemiólogo no tienen sentido, ya que en el mundo profesional son necesarias ambas habilidades. Todavía hay una división entre la práctica clínica y la investigación, y entre los prácticos y los académicos e investigadores. Aunque no todos investigamos, sí debemos ser activos consumidores de la literatura de investigación, que nos aportará más conocimiento y rigor en nuestras actuaciones. Aun así, esta división es cada vez menos notoria, gracias a la necesidad de un trabajo más multidisciplinario y de saber interpretar muchos de los datos que se están registrando. Actualmente, desde la revista *British Journal of Sports Medicine* (BJSM) se están escribiendo varios editoriales educativos que hacen hincapié en la epidemiología y la estadística. Esto permite acercar a los profesionales que trabajan en equipos deportivos al mundo más académico (Nielsen et al., 2017a; Nielsen et al., 2017b). Estos editoriales están ayudando, por ejemplo, a saber, leer artículos científicos, y a que entrenadores y médicos sepan distinguir entre medidas como la prevalencia y la incidencia lesional. De todas formas, los científicos, como en otras disciplinas, están intentando mejorar diferentes aspectos. John Ioannidis (2005), uno de los pioneros de la llamada *metaciencia*, una disciplina que analiza el trabajo de otros científicos y comprueba si se están respetando las reglas fundamentales que definen la buena ciencia, descubrió que hay un gran margen de mejora para la mayoría de los artículos científicos descritos. En este sentido, se está trabajando en dos de los principales aspectos claves: la reproducibilidad y la replicabilidad de los datos, para hacer frente a esta crisis científica.

2.2.4 Bioestadístico deportivo: una nueva profesión que contribuye a la prevención de lesiones

“La nueva especialidad profesional de bioestadístico deportivo puede ayudar en la optimización de los datos sobre las lesiones para cuantificarlas, comprender sus posibles causas y poder así prevenirlas” (“La bioestadística deportiva pide cancha para evitar lesiones”, 2017, <https://goo.gl/B633Kg>), según un nuevo estudio publicado en *Injury Prevention* (Casals, y Finch, 2016). En esta investigación, Martí Casals, profesor e investigador en Sport Performance Analysis Research Group (SPARG) de la Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña (UVic-UCC), actual bioestadístico del FC Barcelona y con experiencia en este ámbito en un equipo de la NBA, juntamente con Caroline Finch,

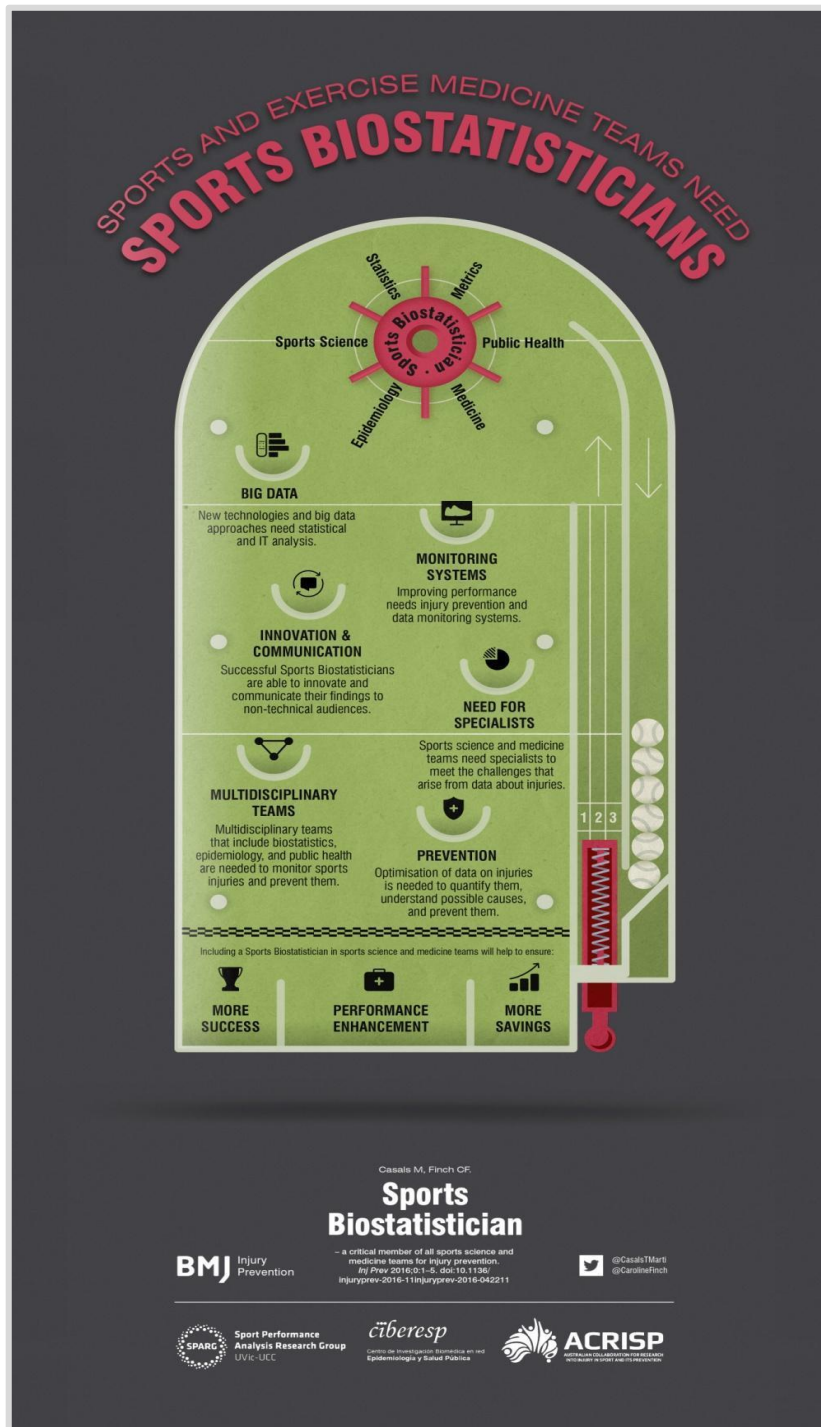
del Australian Collaboration for Research into Sports and its Prevention (Federation University Australia), que es uno de los nueve centros de investigación reconocidos por el COI para la prevención de lesiones y la protección de la salud de los atletas, describen el campo emergente de la bioestadística deportiva (Casals y Finch, 2016).

Hablar de rendimiento es también hacerlo indirectamente de prevención de lesiones y sistemas de vigilancia para prevenirlas [...] La ciencia del deporte y la medicina deportiva necesitan especialistas para resolver los desafíos que surgen con los datos de lesiones. Una de las profesiones que puede ayudar a llevar a cabo estas funciones sería la especialidad del bioestadístico deportivo, más conocida en los Estados Unidos o Australia. (Casals y Finch, como se cita en “La estadística también ayuda a prevenir lesiones”, 2016, <https://goo.gl/UtpUHD>).

Este nuevo perfil requiere conocer la etiología de las lesiones, grandes habilidades de estadística, epidemiología y programación computacional con los datos, además de una gran habilidad de comunicación, ya que debe transmitir sus conclusiones a personas muy diversas que forman parte de la comunidad deportiva, desde padres a entrenadores, pasando por jugadores, médicos del deporte, clínicos, preparadores físicos, fisioterapeutas, científicos del deporte, epidemiólogos y los managers que toman decisiones en los clubs. (Pichel Andrés, 2017).

Los grandes clubes de los deportes más importantes de nuestro entorno empiezan ya a tener en cuenta (además de a los *sports analyst*) a los *sports biostatisticians*. El siguiente infográfico, publicado en la revista British Journal of Sports Medicine, muestra un resumen de las características de esta especialidad (Casals, Bekker y Finch, 2017).

Figura 2: Sports biostatisticians



Fuente: Casals, Bekker y Finch, 2017.



Referencias

Barboza, S. D., Bolling, C. S., Nauta, J., Van Mechelen, M. y Verhagen, E. (2017). Acceptability and perceptions of end-users towards an online sports-health surveillance system. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3(1).

Casals, M., Bekker, S., y Finch, C. F. (2017). Infographic: Sports Biostatisticians as a critical member of all sports science and medical teams for injury prevention, 23(6), 423-427.

Casals, M., y Finch, C. F. (2016). Sports Biostatisticians – a critical member of all sports science and medicine teams for injury prevention. *Injury Prevention*, 23(6), 423-427.

Imagen sin título sobre el trabajo de Dennis Lock. (s.f.). Recuperada de <https://barcainnovationhub.com/biostatistics-in-sports-science/>

Ioannidis, J. P. (2005). Why most published research findings are false. *PLoS medicine*, 2(8).

La bioestadística deportiva pide cancha para evitar lesiones. (3 de enero de 2017). Recuperado de <http://www.immedicohospitalario.es/noticia/10183/la-biostatistica-deportiva-pide-cancha-para-evitar-lesiones>

La estadística también ayuda a prevenir lesiones. (5 de enero de 2017). *Sinc, la ciencia es noticia* [Versión digital]. Recuperado de <http://www.agenciasinc.es/Noticias/La-estadistica-tambien-ayuda-a-prevenir-lesiones>

Mabrouki, K., y Bosch, F. (2007). Redacción científica en biomedicina. Lo que hay que saber. Barcelona, ES: Prous Science.

Nielsen, R. O., Chapman, C. M., Louis, W. R., Stovitz, S. D., Mansournia, M. A., Windt, J., Møller, M., Thorlund Parner, E., Hulme, A., Lejbach Bertelsen, M., Finch, C. F., Casals, M., y Verhagen, E. (2017b). Seven sins when interpreting statistics in sports injury science. *Br J Sports Med*.

Nielsen, R. O., Debes-Kristensen, K., Hulme, A., Bertelsen, M. L., Møller, M., Parner, E. T., y Mansournia, M. A. (2017a). Are prevalence measures better than incidence measures in sports injury research? *Br J Sports Med*.

Pichel Andrés, J. (16 de enero de 2017). Bioestadística y “big data” para prevenir las lesiones deportivas. Recuperado de <https://www.bez.es/882750780/biostatistica-big-data-para-prevenir-lesiones.html>

The American Statistical Association (ASA). (7 de marzo de 2016). American Statistical Association Releases Statement On Statistical Significance and P-Values. Provides Principles to Improve the Conduct and Interpretation of Quantitative Science. Recuperado de <http://www.amstat.org/asa/files/pdfs/P-ValueStatement.pdf>