1

Evaluación integral del deportista

Luciano Spena • Juan Manuel Herbella

"Las artes que conciernen al cuidado del cuerpo, a las que no puedo designar con un solo vocablo, pero que, aunque tienen un objetivo singular, se desdoblan en dos, el ejercicio físico y la medicina".
Gorgias de Platón, 464b

Introducción

Desde sus orígenes, el deporte ha sido considerado una fuente de salud por su efecto positivo sobre nuestra reserva biológica, ya que impacta de manera fundamental en el aparato locomotor, en lo fisiológico, lo inmunológico, en lo psicológico y, también, en lo social. El ser humano siempre ha mostrado preocupación por cuidar su salud, entendida como un bien, y tanto la actividad física como el deporte han comprobado ser herramientas eficaces para lograrlo.

En el mundo del deporte, el concepto de evaluación integral abarca un conjunto de conocimientos, prácticas y evaluaciones que tienen como finalidad principal atender esa demanda de salud en el deportista: prevenir lesiones, detectar precozmente enfermedades y, en el caso de los que lo deseen, potenciar la *performance*.

Aunque su finalidad pueda ser definida con precisión, es importante saber que el procedimiento no está uniformizado ni estandarizado a nivel mundial.[1] Los requisitos y las acciones requeridas pueden variar dependiendo del lugar y la cultura, y en cuanto a sensibilidad, especificidad y validez de las diferentes evaluaciones, los resultados siguen estando en discusión según las poblaciones involucradas. Aquí radica la razón por la cual no existe un único protocolo de evaluación preparticipativa (EPP).

Evaluar es "atribuir o determinar el valor de algo o de alguien, teniendo en cuenta diversos elementos o juicios". ¿Dónde arranca la evaluación integral de un deportista? ¿Cuáles son los elementos y aspectos a considerar? ¿Se puede hablar de evaluación nutricional sin tener en cuenta el cuerpo y la psiquis? ¿Se puede hablar de evaluación integral limitándose al individuo sin hablar de sus determinantes sociales? Uno de los objetivos de este apartado es, justamente, dar cuenta y tomar en consideración estos interrogantes.

El origen y la cultura son los cimientos personales que construyen al deportista. A eso se le suman las desigualdades, en cuanto a dinero y/o recursos, que dan lugar a disparidades en las condiciones de vida e inequidades en salud. Desde este punto debería partir el abordaje integral del atleta para luego profundizar en el objetivo puntual que sea propuesto. No se puede evaluar a un atleta y ayudarlo a mejorar su condición sin intentar entender primero quién es y cuáles son sus determinantes sociales. Indefectiblemente habrá que hacer un recorte en algún punto, porque las posibilidades de indagar son casi infinitas, pero siempre es importante recordar y reconocer que, detrás de lo que observo en una persona durante una consulta, están "las causas de sus causas".

A modo de ejemplo, pensemos en un deportista con sobrepeso, en el cual la sumatoria de 6 pliegues (PL) supera cierto límite o sus kg de masa adiposa superan lo esperado para su esqueleto. Probablemente, en la anamnesis detectemos que su ingesta de carbohidratos y/o grasas es mayor de la que debería realizar. Saber por qué come lo que come es fundamental. Si es por un tema cultural que viene de su historia alimentaria familiar, por un tema económico respecto de su accesibilidad o bien si es un tema de practicidad, ante un entorno que no le permite con facilidad acceder a otros alimentos. ¿Es igual el abordaje terapéutico si el paciente no posee el dinero para pasar por la pescadería que si no le gusta el pescado? Seguro que no. Ello sería profundizar en las causas de las causas (Figura 1.1).

Acceda a las preguntas de Autoevaluación al final del eBook

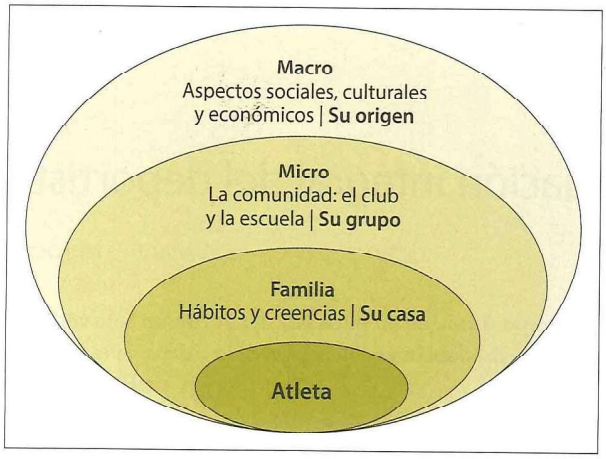

Figura 1.1 Esquema de determinantes sociales.

Los determinantes sociales son factores y circunstancias que contemplan al individuo en la globalidad de su entorno social y medioambiental sin excluir la parte biológica del sujeto y su comportamiento. Existen dos tipos de determinantes sociales de la salud: los estructurales, que producen inequidades en salud (como la posición sociocultural, económica y el nivel educativo) y los llamados determinantes intermediarios, como las condiciones de vida del momento, las condiciones laborales y la disponibilidad de alimentos, entre otros.

> "Las desigualdades en el poder, el dinero y los recursos dan lugar a desigualdades en las condiciones de la vida diaria, que a su vez conducen a inequidades en salud". (Michael Marmot)

Esta idea permite resumir por qué, al momento de abordar a los deportistas como miembros de un equipo y no como individuos, la evaluación debe permitir contextualizar a cada uno de ellos para posteriormente realizar un abordaje más específico.

Al momento de empezar a trabajar con una persona hay que partir de los condicionamientos individuales: edad, género, presencia o no de enfermedades crónicas (como diabetes, obesidad, hipertensión o síndrome metabólico, entre otras). También hay que conocer las lesiones previas, los riesgos a los que está expuesto y cuáles son sus capacidades. La relación entre funcionalidad deseada y actual, estado de salud y objetivos propuestos, es la base de cualquier abordaje.

La búsqueda de estas condiciones no tiene como finalidad la exclusión de la práctica deportiva. Deben ser identificadas y tratadas adecuadamente para definir el mejor abordaje posible, antes de comenzar con la práctica. Es necesario un enfoque que permita minimizar la exposición a efectos adversos y potencie el desarrollo de los objetivos deseados.

No hay profesional del deporte que actualmente pueda abordar el campo de las ciencias del deporte en su totalidad y manejar por su cuenta la complejidad de un deportista: su entrenamiento, sus estrategias de prevención y potenciación, y la curación y rehabilitación frente a una lesión. El deporte ha sido históricamente un ámbito multidisciplinario y cada vez es más evidente.

Evaluación médica preparticipativa (EPP)

La EPP es la piedra angular de la medicina del deporte y surgió con la finalidad de minimizar los riesgos inherentes al desarrollo de la actividad. Tiene como característica ser un acto ampliamente difundido a nivel mundial y una potente herramienta sistemática de tamizaje (*screening*), utilizada para el relevamiento en grandes poblaciones de atletas y con el propósito de identificar anomalías que pudiesen provocar una progresión de alguna patología o la muerte súbita.

El episodio de muerte súbita es un evento raro de observar, pero conmocionante y consternador cuando se presenta, y probablemente haya sido el disparador histórico para el desarrollo y fortalecimiento de la EPP. Como dijimos previamente, ninguna evaluación garantiza evitar por completo el cuadro, pero sí reduce fuertemente su incidencia, dado que su implementación correcta aumenta la sensibilidad y especificidad en la búsqueda sanitaria.

La EPP juega un papel trascendental tanto en el reconocimiento de factores de riesgo y de problemas de salud, como definiendo estrategias y prescribiendo recomendaciones médicas en la búsqueda de un mayor bienestar y una mejor prestación, que se adecue a los objetivos propuestos por el deportista.

Los objetivos principales de la evaluación son:

- Detección de condiciones clínicas o fisiológicas que pueden poner en peligro la vida e imponer contraindicaciones relativas o formales a la práctica deportiva intensa.
- Diagnóstico temprano de lesiones previas, que pudiesen actuar como factores de riesgo, para que puedan ser tratadas y rehabilitadas antes, durante o después de la actividad.
- Identificación de comorbilidades clínicas y discapacidades que condicionan la práctica deportiva para realizar la adecuación más apropiada.
- Revinculación del adolescente y adulto joven con el sistema de salud y el control médico, ya que la EPP sirve como una oportunidad para abordar problemas médicos no necesariamente asociados con la participación deportiva.
- Evaluación de la aptitud física para un deporte específico.

- Generación de un acuerdo y la mancomunión entre el objetivo médico del ejercicio y el objetivo personal del individuo para la realización de actividad física.

Las características de la evaluación son:

- Sistematizada: la EPP debe ser un proceso ordenado de una serie de elementos, pasos y etapas, etc., con el fin de otorgar ciertas jerarquías a los diferentes elementos según las características biológicas del participante.
- Individualizada: la EPP tiene una especificidad, como mínimo según el género, la edad y el nivel competitivo.
- Periódica: la EPP debe replicarse en el tiempo según lo estipulado, siendo lo habitual de manera anual. Es fundamental su continuidad en el tiempo porque permite la comparabilidad.
- Basada en la evidencia: la EPP debe actualizarse constantemente a las normativas vigentes y convertirse en una práctica acorde con los mejores procederes del momento.

El objetivo de una evaluación preparticipativa nunca es encontrar una causa que impida la realización de ejercicio. Por el contrario, es fomentar una práctica deportiva segura, acorde con los objetivos y las condiciones del individuo, y atentamente activa para la detección precoz de factores de riesgo que pudiesen generar inconvenientes. Las evaluaciones deben ser cautelosas, detalladas e individualizadas, dado que una recomendación mal entendida puede ser frustrante o atemorizante y, por su parte, una recomendación no seguida puede ser letal.

Historia clínica

La historia clínica es el conjunto de registros que corresponden completamente con las acciones para el cuidado de la salud, indicaciones, análisis y estudios, resultados, evolución, procedimientos y secundarismos tóxicos infecciosos que corresponden a un paciente y que es confeccionada por un profesional de la salud. El médico es lo que hace y lo que escribe. El acto médico se documenta a través de la historia clínica: lo que no está escrito, no está hecho.

En el deporte, debe ser enfocada hacia el desarrollo integral del atleta y cada encuentro otorga la oportunidad de generar y promocionar hábitos de vida saludables. Un historial es el registro minucioso y ordenado sobre aspectos de una persona que tiene que incluir antecedentes familiares, personales y lesiones previas, junto con la continuidad de los estudios periódicos.

De las miles de herramientas que existen en las ciencias de la salud y el deporte, desde el estetoscopio hasta el GPS o desde la tira reactiva de lactato hasta el resonador magnético, es la historia clínica (pensada como instrumento) la más singular y personal de todas. Es la continuación de nuestro intelecto, nuestro raciocinio, la que explica por qué y para qué usamos las otras herramientas.

Inicialmente, el historial debe dar cuenta de las cuestiones generales de salud familiar, como la muerte súbita y los factores de riesgo existentes en descendencia directa y lo que tiene que ver con el entorno y los determinantes sociales del deportista.

Una revisión de la lista de medicamentos actuales y pasados consumidos por el atleta puede proporcionar pistas sobre enfermedades médicas crónicas, recurrentes o condiciones que pudiesen llegar a afectar su participación deportiva. Además, es importante aprovechar el espacio para realizar un asesoramiento sobre el consumo de productos farmacológicos o suplementos deportivos, porque su utilización puede ser contraproducente o estar prohibida por la asociación que organiza la competencia del atleta.

Para los entes que regulan el control *antidoping*, el deportista siempre es responsable de los productos que consume, pero este último lamentablemente no siempre está informado o actualizado sobre el tema. Existe la instancia de exención o autorización de uso terapéutico (AUT) de un medicamento que requiera pruebas especiales para cumplir con los requisitos. La consulta sobre consumo de alcohol, tabaco y drogas sociales o recreativas también debe ser tenida en cuenta.

El EPP brinda también la oportunidad de revisar el historial de vacunación y proporcionar la oportunidad de ponerse al día con el calendario. Obviamente, la falta de una vacuna no debería ser un criterio para la descalificación deportiva pero sí una buena instancia de control y reglamentación. La problemática surgida en torno a la vacunación para el coronavirus SARS-CoV-2 y los deportistas profesionales antivacunas excede el marco de desarrollo de este libro, pero es un buen ejemplo para contextualizar la situación.

Lo mismo ocurre para el caso de los deportistas que compiten internacionalmente y puedan necesitar documentación de inmunizaciones específicas. Allí también entra en juego lo que se conoce como medicina del viajero.

Luego de la anamnesis completa hay un espacio de evaluación clínica. Cada deporte tendrá particularidades y hay hallazgos físicos que pueden ser indicios de un condicionamiento para la práctica deportiva. Algunos aspectos de la historia requieren una atención adicional.

Las variables que deben incluirse en estas evaluaciones dependen del tipo de deporte, el tiempo y los recursos disponibles, así como de la población que se examina. Los recursos materiales y humanos, así como la experiencia, serán diferentes para un equipo profesional de élite respecto de uno *amateur*.[2]

En la Figura 1.2 podemos ver un esquema estructural tentativo del historial médico-deportivo de un deportista.

Evaluación bioquímica del estado nutricional en el deporte

La realización de actividad física de alta intensidad en forma continua puede alterar ciertos parámetros bioquímicos que debemos monitorear permanentemente para conocer en detalle el estado de salud del deportista. Hoy día, el examen de laboratorio asoma como una herramienta útil que permite potenciar al atleta y trasladarlo al mejor escenario deportivo. Los más utilizados en la valoración clínica y deportiva se dividen en dos grandes grupos: lo que se detecta en sangre (bioquímico u hematológico) y lo que se encuentra en orina (excreción urinaria).

Es habitual que ciertos valores de normalidad para la población general puedan diferir en la población de deportistas de alto rendimiento. La acumulación de datos específicos del deporte o de la posición de juego podría ser más útil para establecer puntos de corte fiables, que permitan mejorar la interpretación de biomarcadores aplicada al entorno deportivo. También es importante contemplar la valoración histórica propia y definir valores que identifiquen situaciones de fatiga, sobreentrenamiento, predisposición a la lesión, etc.

Un análisis de sangre y orina completo al iniciar la temporada, o bien cuando se observa al deportista por primera vez, tiene como objetivo identificar alteraciones que puedan modificar el proceso normal de entrenamiento, recuperación y/o competencia. También se recomienda realizar evaluaciones parciales en un intervalo de tiempo que permita monitorear el estado del deportista en función de la exigencia de la temporada o el año.[3]

Cabe resaltar que una correcta interpretación supone distinguir entre los procesos de adaptación a la actividad física y la valoración que pueda significar alguna alteración en el deportista, razón por la cual siempre se debe contextualizar la evaluación en relación con el momento de la temporada y las cargas de trabajo que se estuviesen realizando.

Entrando en la especificidad de los análisis de laboratorio, es importante prestarle especial atención a

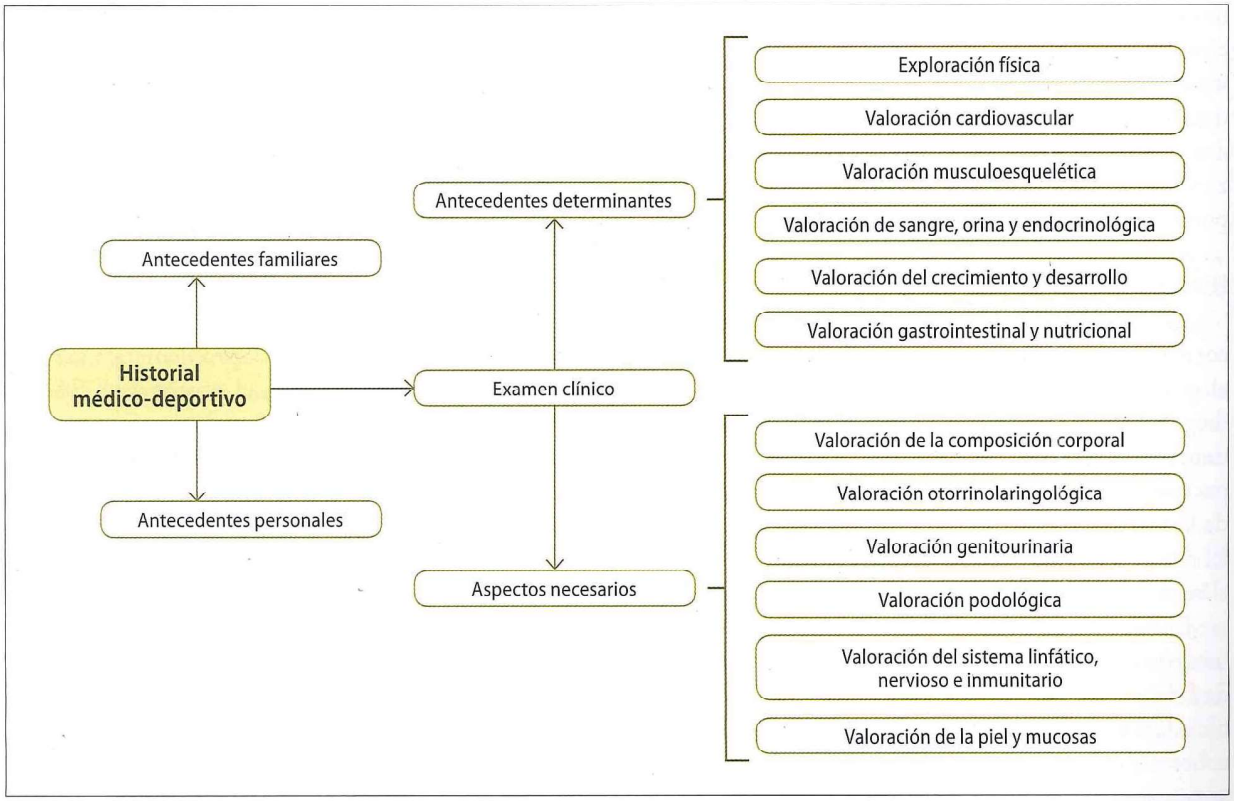

Figura 1.2 Esquema estructural tentativo del historial médico-deportivo.

la valoración del metabolismo del hierro, a la concentración de los iones plasmáticos y los patrones hormonales (sobre todo cortisol y testosterona). A modo de ejemplo, la Tabla 1.1 muestra una propuesta de parámetros básicos a solicitar en el deportista de élite, según su nivel de actividad física, a criterio de Aritz Urdampilleta.[4]

Como condicionante en la toma de muestra, es importante resaltar que los datos de las pruebas de laboratorio son afectados fácilmente por malos enfoques preanalíticos como, p. ej., extraer sangre después del ejercicio o de una comida. Por lo tanto, la utilización de una metodología consistente para mejorar la calidad de la toma de las muestras es fundamental.

Biomarcadores de relevancia en el deporte

Hay una serie de marcadores bioquímicos medibles en sangre, orina y saliva que se utilizan en el deporte para poder cuantificar la respuesta metabólica y fisiológica del atleta, a fin de prevenir y/o corregir estados de sobreentrenamiento. Varios autores proponen la valoración de marcadores puntuales para determinados objetivos; Hecksteden y cols., p. ej., hacen foco en la creatina kinasa (CK) y la urea para diferenciar estadios de recuperación a nivel muscular.[5]

Como se mencionó anteriormente, es importante comprender que algunos resultados que serían patológicos en personas sedentarias, pueden ser normales en ciertos deportistas. La falta de referencias concretas en el alto rendimiento asoma como una limitación en su utilización y por tal motivo es complejo, en este estado del conocimiento, hacer intervenciones prácticas a partir de estos parámetros.

Los atletas se presentan como casos fenotípicos extremos con grandes diferencias intraindividuales y, por lo tanto, aún los datos normativos basados en atletas pueden ser de poco uso práctico (probablemente sean de mayor utilidad los rangos individuales).

En la actualidad, la literatura tiene especificado un conjunto de biomarcadores que dan cuenta del estado del atleta y que podrían ser de utilidad para la toma de decisiones sobre "carga de entrenamiento" y "nivel de recuperación", a través de datos como: el daño muscular y oxidativo, el estadio de hidratación o inflamación, etc. (Figura 1.3).[6]

Los biomarcadores están influenciados por varios factores y contribuyen con la función de regulación metabólica del organismo.

A modo de ejemplo, existe evidencia clara de resultados negativos asociados a niveles deficientes de ciertos biomarcadores como la vitamina D, el hierro y la disponibilidad energética.[3] Su diferenciación entre el valor deseado y el encontrado es el reflejo de una interacción múltiple y no única, de modo que la comprensión y la correcta interpretación de los resultados debe ser prudente (respecto de su selección, técnica de recolección, frecuencia de medición, interpretación estadística y demás). Correctamente utilizados podrían servir de base a estrategias individualizadas de alimentación y suplementación, en función de la fase de entrenamiento en la que se encuentre el deportista, su condición actual y su respuesta al estímulo.

Tabla 1.1 Propuesta de parámetros básicos a solicitar a deportistas de alto rendimiento

Bioquímica general	Enzimas del suero	Hematología	Hormonas	Análisis de orina
▪ Glucemia ▪ Insulina ▪ Creatinina ▪ Bilirrubina ▪ Ácido úrico ▪ Urea ▪ Colesterol total ▪ Colesterol HDL ▪ Colesterol LDL ▪ Triglicéridos ▪ Proteínas totales ▪ Prealbúmina/albúmina sodio ▪ Potasio ▪ Calcio ▪ Cloro ▪ Sodio ▪ Magnesio ▪ Zinc ▪ Selenio ▪ Aminoácidos específicos	▪ GPT ▪ GOT ▪ GGT ▪ CK ▪ LDH	▪ Hemograma completo ▪ Hierro sérico ▪ Ferritina ▪ Transferrina ▪ TIBC ▪ % de saturación de transferrina ▪ Ácido fólico	▪ Índice test/cortisol ▪ Testosterona libre y total ▪ Cortisol ▪ Catecolaminas ▪ TSH ▪ T3 ▪ T4 libre ▪ IGF-1 ▪ Vitamina D (25 OH) ▪ Vitamina B_{12} (*) En mujeres: DHEA-S, estradiol, prolactina, LH, progesterona, FSH, 17-dehidroprogesterona	▪ Densidad ▪ Acetona ▪ Urea ▪ *Clearence* de creatinina ▪ pH ▪ 3-metilhistidina

Adaptado de: Urdampilleta A y cols., 2014.

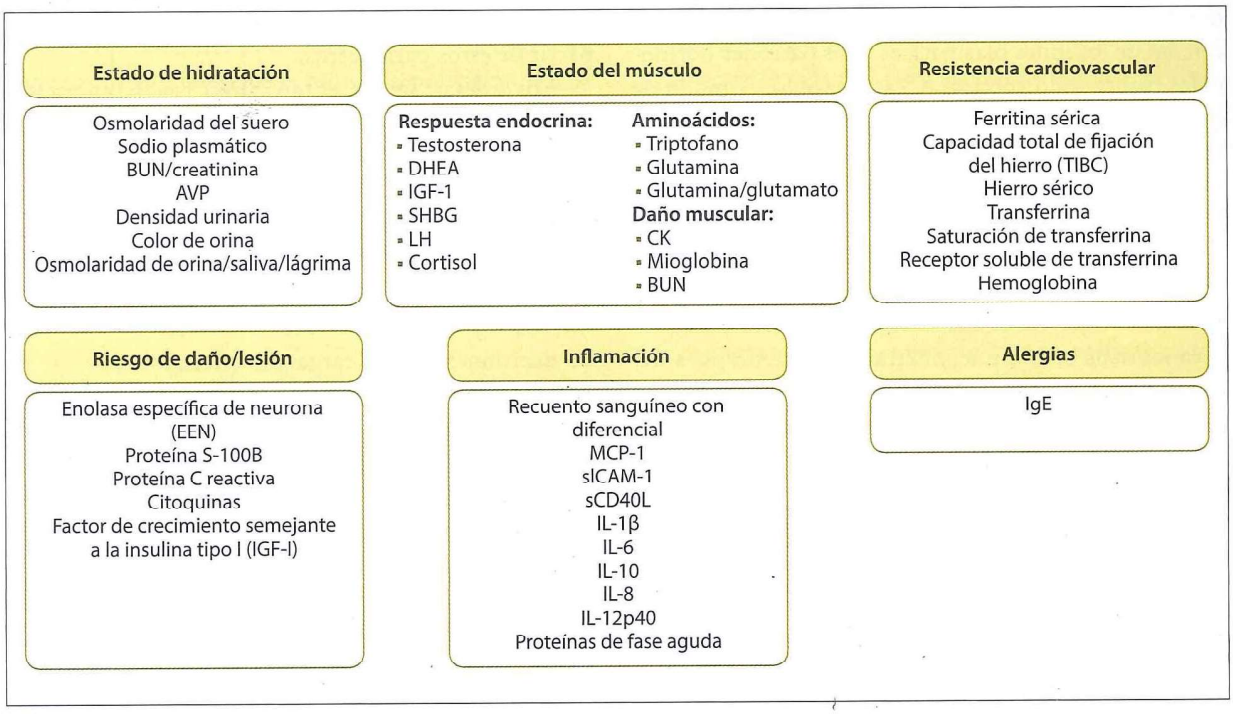

Figura 1.3 Enfoque integral del análisis de biomarcadores. (Adaptado de: Lee C y cols., 2017).

Relevamiento nutricional

Un desequilibrio calórico causado por una ingesta dietética insuficiente en relación con el gasto energético puede conducir al atleta a una merma en su rendimiento deportivo. Dicho desajuste podría alterar también su composición corporal, su recuperación e incluso su salud integral. Un adecuado relevamiento nutricional nos permitiría obtener un mejor diagnóstico y realizar así una intervención profesional más certera, lo que evitaría las mencionadas alteraciones.

La ciencia de la nutrición no se ajusta a un modelo matemático, razón por la cual es frecuente encontrar una gran variabilidad entre las calorías consumidas por el atleta y su gasto energético. Por este motivo, todas las herramientas que permitan minimizar el margen de error en la estimación final de la prescripción nutricional, contribuyen a mejorar la intervención: aproximar el gasto energético del deportista, cuantificar y evaluar su consumo dietario u obtener información respecto de sus hábitos y patrones de consumo.

Anamnesis alimentaria

La anamnesis alimentaria es una herramienta que permite profundizar en el conocimiento del deportista. Está conformada por diversos componentes, entre los que es posible mencionar: el estado de salud actual, las enfermedades pasadas, el consumo de fármacos y/o suplementos dietarios, antecedentes heredofamiliares respecto de lo nutricional y el relevamiento sobre hábitos dietarios. El objetivo del relevamiento es recabar información relacionada con el patrón de alimentación: cantidad de comidas por día, horarios, colaciones, lugar donde consume sus alimentos, gustos, preferencias, tiempo que dedica a las comidas, intolerancias o alergias, hábitos alimentarios y demás. También es importante complementar la información en relación con el nivel de actividad física realizada y los objetivos propuestos, sumado a todo aquello que reporte el paciente y que sea relevante para su correcto abordaje (Tabla 1.2).

Tabla 1.2 Ejes del relevamiento de la historia dietética del paciente

Algunos factores a relevar en la historia dietética
▪ En relación a las comidas: cuántas realiza al día, junto a quién y cuáles son sus horarios habituales; relevar quién cocina ▪ *Snacks* habituales ▪ Alergias a ciertos alimentos (p. ej., mariscos, pescado, frutilla, huevo, etc.) ▪ Alimentos de preferencia o de restricción ▪ Intolerancia a determinados alimentos (p. ej., gluten, lactosa, soja, etc.) ▪ Registro de hidratación (tipo y cantidad de bebidas en comidas, entrenamientos, durante el día, etc.) ▪ Evaluación de la sensación de hambre y saciedad ▪ Historial de peso y de tratamientos pasados ▪ Utilización de medicamentos (por posible interacción con el plan de alimentación) ▪ Relevamiento de suplementos dietarios (tipo, *timing*, cantidad, marca, etc.)

Valoración de la ingesta

Los métodos de valoración dietética se pueden clasificar en función del tiempo o de acuerdo con el tipo de información que aportan (cualitativa o cuantitativa). La heterogeneidad de métodos para evaluar la ingesta de alimentos (recordatorio de 24-48 horas, cuestionario de frecuencia de consumo, pesaje de alimentos, evaluaciones *online*, etc.) permite la implementación de diferentes formatos que orienten sobre el patrón alimentario del atleta (g nutrientes/d, kcal o volumen de consumo, tiempos de ingesta, hábitos, etc.). Sumado a las diferentes herramientas disponibles que puede contar el profesional para la evaluación (p. ej., fotografías, modelos de alimentos, aplicaciones de celular, etc.), configuran una estrategia que permitirá reducir el error de la intervención por parte del nutricionista.

Hay métodos que permiten relevar lo consumido a partir de lo acontecido en el pasado y se denominan retrospectivos (recordatorios de 24 horas, cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, etc.), porque dependen de la memoria del paciente. Otros hacen foco en la alimentación próxima y se denominan prospectivos (registro de alimentos y bebidas, método de fotografía remota de alimentos, etc.), en los que puede surgir como inconveniente una falla en la correlación entre lo informado por el paciente y el real consumo posterior (Tabla 1.3).[7]

Consideraciones acerca del gasto energético

Revisaremos, a continuación, los grandes componentes que constituyen el gasto energético total diario (GET):

1. Gasto energético en reposo (GER).
2. Efecto térmico de los alimentos (TEF).
3. Termogénesis de actividad de ejercicio (EAT).
4. Termogénesis de actividad sin ejercicio (NEAT).

El gasto energético basal (GEB) suele denominarse también como tasa metabólica basal (TMB) y, excepto en personas muy activas, constituye la mayor proporción del GET. De forma confusa suele utilizarse indistintamente con el gasto energético en reposo (GER), pero las mediciones difieren en función del momento en el que estas se realizan. El GEB se mide a la mañana, después de que la persona se despierta, en ayuno (12-14 horas después de la última comida) y mientras permanece en reposo en la cama. El GER puede medirse a cualquier hora del día y con menos de 12 horas desde la última comida. GEB y GER generalmente difieren en menos del 10%.[8]

Ambas mediciones se realizan cuando la persona se encuentra en descanso físico y mental completo, relajada, pero no dormida, alejada de cualquier actividad física intensa, con una temperatura y en un lugar confortable.

Mientras mayor sea el gasto energético del atleta durante su entrenamiento, menor será la representatividad del GER o TMB. En personas sedentarias, el GER puede representar el 60%-80% del gasto energético total diario, pero hay reportes que indican que en deportistas de resistencia representaría solo el 38%-47% y en ultramaratonistas el 20% del gasto energético diario. Este valor refleja la energía necesaria para mantener el metabolismo celular y de los tejidos, además de la energía necesaria para regular todos los sistemas del cuerpo y la temperatura corporal en reposo.

Se recurre a diferentes ecuaciones de predicción para estimar el gasto energético total diario, las cuales derivan de mediciones realizadas mediante métodos

Tabla 1.3 Diferencias entre formatos de valoración de la ingesta

Valoración dietética	
Perfil de dieta habitual	Descripción de alimentos y bebidas que suele consumir el paciente. Incluye las opciones más comunes que consume el sujeto en cada comida y que son descritas por él. Opción válida para realizar con algún formulario digital o con una *app* determinada.
Recordatorio de 24-48 h	Este método consiste en interrogar al paciente sobre todo lo que ingirió el día anterior. Como este método depende en gran medida de la memoria del paciente, la información suele ser poco confiable.
Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (CFCA)	Es una lista de alimentos y bebidas con varias opciones de respuesta sobre la frecuencia con que se consumen. Dichas opciones suelen incluir frecuencia diaria, semanal y mensual.
Registro de pesos y medidas	Similar al registro de alimentos, pero aquí lo que interesa es cuantificar con precisión el consumo de alimentos (el paciente debe medir y/o pesar todo lo que ingiere) para aproximarse de mejor manera al consumo de energía y ciertos nutrientes.
Método de fotografía de alimentos (MFRA)	Es un método que utiliza imágenes capturadas en tiempo real por el deportista. Permite al profesional obtener información sobre la cantidad, tipo y momento del consumo (*timing*) de diferentes alimentos. El deportista puede tomar y enviar fotografías de su comida antes y después de la ingesta, a través de su celular, en tiempo real.

directos o indirectos en laboratorio y que han sido desarrolladas en poblaciones de diferente edad, sexo, grado de sobrepeso y nivel de actividad. Como la mayoría fueron desarrolladas en poblaciones sedentarias, es recomendable indagar en qué población fue realizada la ecuación que se desea utilizar y buscar que sea representativa del grupo de personas con las que se está trabajando. A su vez, identificar si dentro de la estimación esta corresponde solo al GER o al GET (Tabla 1.4).

Es importante destacar que más allá del método utilizado para calcular el gasto de energía, todos los valores que se puedan obtener de las ecuaciones son estimativos.

En cuanto al efecto térmico de los alimentos, se lo reconoce como el gasto energético por encima del GER o TMB después de la ingestión de alimentos y bebidas a lo largo del día. Este se incrementa en respuesta a la digestión, el transporte, el metabolismo y el almacenamiento de los nutrientes. Representa un 6%-10% del gasto energético diario para una dieta mixta, pero difiere según la degradación metabólica del sustrato ingerido. Por ejemplo, la termogénesis de los hidratos de carbono (CHO) es de 5%-10%, de las grasas 3%-5% y de las proteínas 20%-30% aproximadamente. El menor impacto de los CHO y de las grasas sobre el TEF se debe a la menor necesidad energética para el almacenamiento de estos nutrientes como glucógeno y triglicéridos, respectivamente, en comparación con la requerida para las proteínas.

Por otro lado, el gasto por actividad diaria se presenta como el componente del GET de mayor variabilidad y el segundo en orden de significancia. Incluye el costo de energía, por encima del GER, producido por las actividades de la vida diaria y de los ejercicios planificados. Se puede clasificar en termogénesis de actividad relacionada con el ejercicio (EAT) y termogénesis de actividad no ejercitada (NEAT). Ambos varían ampliamente para cada individuo y entre los diferentes sujetos. Se ha visto que el EAT oscila entre el 15%-30% de GET, pero el papel de NEAT, que a veces se pasa por alto, puede comprender desde el 15% en sujetos sedentarios y hasta el 50% diario en personas muy activas. Se suele observar que más allá de las calorías totales del GET, los porcentajes de los componentes no suelen diferir (Figura 1.4).[9]

Finalmente, en función de los contenidos abordados, resta definir el concepto de "balance energético", que es el equilibrio entre la ingesta de energía (kcal totales consumidas) y el gasto energético (kcal totales gastadas). Existen diferentes variables que pueden alterar los componentes del balance:

- La genética.
- Las influencias fisiológicas.
- La ingesta de alimentos y los hábitos dietéticos.
- La actividad física, deportiva y las actividades de la vida diaria.
- Las condiciones ambientales.
- El estilo de vida.

En este punto radica uno de los grandes problemas que se presentan en el abordaje nutricional del deportista. Cuantificar el ingreso energético, tal cual vimos con anterioridad, es sumamente complejo, por la variabilidad de métodos existentes y por los diferentes factores intervinientes. Con el gasto energético

Tabla 1.4 Métodos para la obtención del GER/GET

Algunas ecuaciones para estimar GER/GET	
Método de Harris Benedict	Determina el GER. Considera el peso (kg), estatura (cm), edad (años) y el género. Se calcula con el peso actual, usual o ideal. Fue una de las primeras ecuaciones para trabajar con estimación de kcal (fueron publicadas en 1919) y se basa en datos de una población de peso normal. Es quizás la ecuación más utilizada para la predicción del GER: ▪ GER hombres: 66,5 + (13,7 x peso en kg) + (5 x altura en cm) - (6,8 x edad en años) ▪ GER mujeres: 65,5 + (9,7 x peso en kg) + (1,8 x altura en cm) - (4,7 x edad en años)
Método de Cunningham	Determina el GER. Calculó la presión con que la masa magra influye sobre la tasa metabólica basal sobre la base del estudio de Harris Benedict. La ecuación de Cunningham (1980) fue la que mejor predijo el GER en ambos sexos en deportistas, aunque la utilidad de esta ecuación es limitada debido a que requiere la medición de la masa libre de grasa (MLG): ▪ GER (ambos sexos): 500 + 22 x MLG (kg)
Método del agua doblemente marcada	Determina el GET. En 2002 el Instituto de Medicina (IOM) publicó nuevas ecuaciones para el requerimiento de energía estimada (EER), en las cuales de las diferentes ecuaciones que desarrollaron los autores haremos foco en aquellas que orientan al uso de individuos con peso normal, ya que es la gama en la cual podemos encontrar habitualmente a los deportistas: ▪ GET hombres: 662 – 9,53 x edad + FA x (15,91 x peso en kg + 539,6 x altura en m) (*) FA: 1 sedentario; 1,11 poco activo; 1,25 activo; 1,48 muy activo ▪ GET mujeres: 354 – 6,91 x edad + FA x (9,36 x peso en kg + 726 x altura en m) (*) FA: 1 sedentaria; 1,12 poco activa; 1,27 activa; 1,45 muy activa

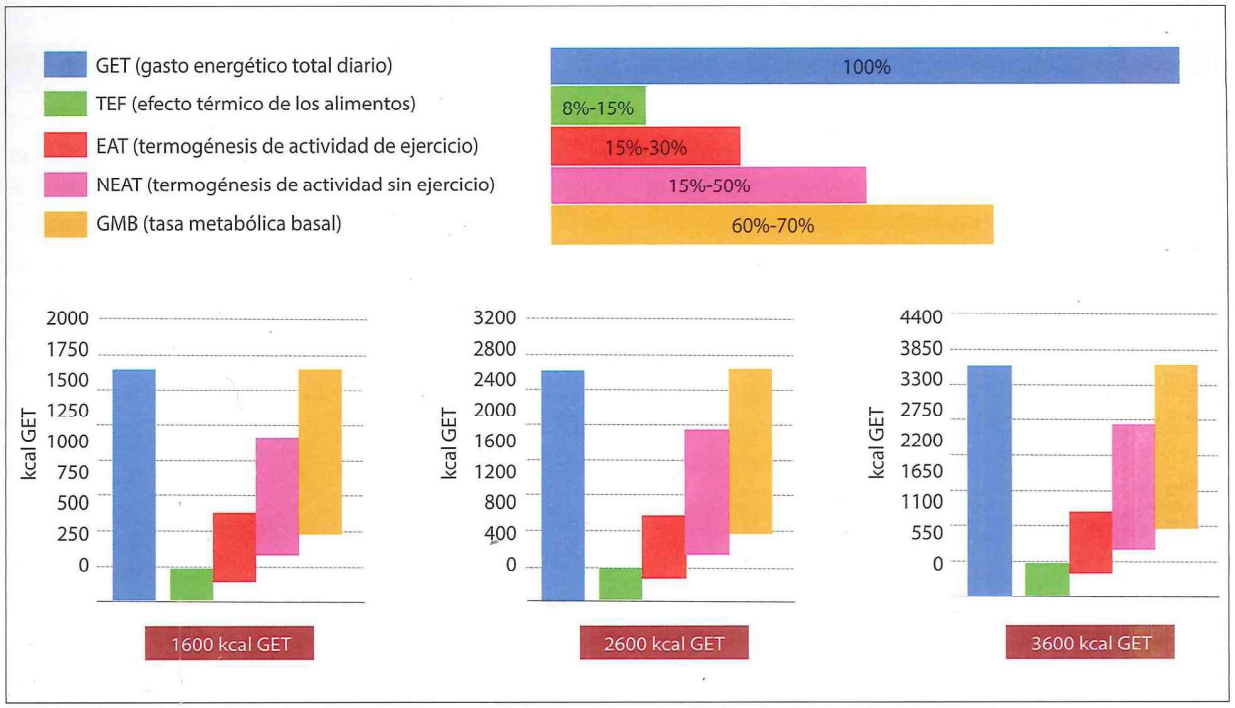

Figura 1.4 Esquema de representación del porcentaje de los diferentes componentes del GET. (Adaptado de: Aragon y cols., 2017).

ocurre algo similar, razón por la cual el abordaje se complejiza cuando deseamos "contar calorías", sobre todo en deportes en los que las diferencias de distancias recorridas, los cambios de dirección y la cantidad de acciones variables son azarosas y varían en función de cómo se presenta el esfuerzo (p. ej., deportes de equipo, tenis, etc.).

Estimación del gasto energético por actividad

En los últimos años y a partir del avance de la tecnología, ha sido posible cuantificar gran parte del trabajo físico y, en consecuencia, controlar la carga de entrenamiento del deportista. Esto habilita una planificación más aproximada de la semana de trabajo físico y su potencial gasto energético.

Keytel y cols. presentaron en 2005 una fórmula matemática que permite predecir el gasto energético por bloque de actividad en un grupo de individuos activos (n = 115; 18-45 años) a partir de su frecuencia cardíaca. Si bien carece de especificidad, al igual que otros métodos existentes, la fórmula es bastante útil para quienes deseen aproximar las kcal gastadas por actividad. Al comienzo, requiere ser ajustada por edad, sexo, masa corporal y frecuencia cardíaca.[10]

Gasto energético en actividad

Gasto energético en kg/min = sexo x (-55,0969 + 0,6309 x FC media + 0,1988 x peso kg + 0,2017 x edad) + (1 - sexo) x (-20,4022 + 0,4472 x FC media - 0,1263 x peso kg + 0,074 x edad)

En el cual sexo: 1 - masculino; 0 - femenino

Y lo multiplicamos por 0,239 para pasarlo a kcal/min

Otra herramienta para la estimación del gasto energético en deportistas, durante su bloque de trabajo, es la utilización de tablas basadas en equivalentes metabólicos (MET). Es un método práctico y permite la estimación con tan solo tres datos: masa corporal, duración de la actividad y MET según su tipo e intensidad. De esta manera, se puede estimar el consumo energético utilizando los valores de MET (1 MET = 1 kcal/kg/h). Por ejemplo, 2 MET significa que se requiere dos veces más energía que la necesaria en reposo para el desarrollo de la actividad. La Tabla 1.5 muestra diferentes variables.[11]

En función de lo que revisamos anteriormente, debemos adicionar las kcal de los bloques de trabajo estimados al TMB o GER y sumar luego las actividades cotidianas del individuo para estimar la energía total diaria a prescribir.

Tabla 1.5 Estimación de MET* según diferentes actividades

Actividad	MET	Actividad	MET
Aeróbica	6	Caminata, 4 km/h, en llano	3
Aeróbica de bajo impacto	5	Caminata, 6,5 km/h	5
Aeróbica de alto impacto	7	Básquet (partido)	8
Ciclismo recreativo	7	Boxeo (cuadrilátero)	12,8
Ciclismo competitivo	12	Esgrima	6
Bicicleta fija (esfuerzo leve)	3	Fútbol competitivo	10
Bicicleta fija (esfuerzo moderado)	7	Golf	4,8
Bicicleta fija (esfuerzo intenso)	12,5	Handball	12
Entrenamiento de circuito	8	Hockey sobre césped	8
Kayak	5	Artes marciales	10
Remo (esfuerzo moderado)	7	Rugby	10
Remo (esfuerzo intenso)	8,5	Tenis de mesa	4
Trote suave	7	Vóley competitivo	6
Correr 8 km/h	8	Aguas abiertas (recreativo)	6
Correr 12,8 km/h	13,5	Tenis (single)	8
Correr 16 km/h	18	Tenis (doble)	6
Trabajo de fuerza con pesas	5	Beach vóley	8
Natación crol competitivo	10	Canotaje competitivo	12,5
Natación recreativa	6	Surf competitivo	5
Ejemplo 1: sujeto de 60 kg que entrena 1 hora a un trote suave (MET 7) Gasto por bloque de actividad: 7 MET x 70 kg x 1 h = 490 kcal			
Ejemplo 2: sujeto de 60 kg que entrena 40 minutos a un trote suave (MET 7) Se establecen sus fracciones, dividiendo la misma en 60 minutos (40/60 = 0,66) Gasto por bloque de actividad: 7 MET x 70 kg x 0,66 h = 323,4 kcal			
Ejemplo 3: sujeto de 60 kg que entrena 40 minutos a un trote suave (MET 7) Si se quiere ser más específico, todavía se puede utilizar el TMB/24 h en lugar del peso en kg Si su GEB es de 1500 se divide por 24 h = 62,5 kcal Gasto por bloque de actividad: 7 MET x 62,5 kg x 0,66 h = 288,7 kcal			

* Valores de MET según diferentes actividades deportivas.
Datos tomados de: Compendium of Physical Activities, 2011.

Son herramientas que proveen información de manera indirecta y que, como toda estimación, carece de exactitud, ya que pueden presentar una variabilidad individual amplia en relación al nivel de condición física, de eficiencia mecánica, de condiciones ambientales, de intensidad del trabajo o de naturaleza del esfuerzo. De todas formas, a partir de valores sencillos de recolectar, ambos métodos son válidos para aproximar el gasto energético.

El concepto de disponibilidad energética

El concepto de "disponibilidad energética" (DE) hace referencia a la cantidad de calorías que se requieren para las funciones del organismo (el mantenimiento celular, la función inmune, el crecimiento, etc.), luego de quitar el costo generado por el ejercicio. El consumo inadecuado de energía compromete el rendimiento y puede acarrear complicaciones en la salud como pérdida de masa muscular y/o densidad ósea, un riesgo aumentado de fatiga, lesiones y diferentes enfermedades.

DE = ingesta de energía – costo de energía de entrenamiento/competición

El Comité Olímpico Internacional (COI) ha descrito con el término "Deficiencia Energética Relativa en el Deporte" (RED-S, *Relative Energy Deficency in Sport*) al cuadro metabólico que abarca los síntomas de la "Tríada de la Atleta Femenina" y también otras alteraciones de la función fisiológica, en el que se observan variaciones en la síntesis de proteínas, la tasa metabólica, la salud ósea, la función menstrual, la salud psicológica y/o la función cardiovascular. En la detección,

los valores de DE por debajo de 30 kcal/kg MLG/d se asociaron con alteraciones de una variedad de funciones corporales.[11]

Si bien la problemática de la deficiencia energética suele observarse más en mujeres que en varones, se recomienda que, para mantener un balance energético adecuado y una salud óptima, los valores de DE se aproximen a las 40-45 kcal/kg MLG/d. En un plan de recorte calórico se pueden manejar valores más bajos, pero es importante monitorear que el atleta no llegue a niveles por debajo de las 30 kcal/kg MLG/d.

Ejemplo de estimación de DE

Gimnasta sexo femenino: 55 kg, 25% MG (14 kg) y 75% MLG (41 kg)
Entrenamiento diario = 800 kcal/d
Ingesta diaria de energía = 1980 kcal

DE = (1980-800)/41 = 29 kcal/kg MLG
DE baja = < 30 kcal/kg MLG

Existen otras formas de monitorear el consumo reducido de energía, como la selección de algún marcador sanguíneo, que puede ser la triyodotironina total (T3) baja o la testosterona que también disminuye con la deficiencia de energía, aunque se recuperan valores rápidamente con el consumo adecuado de carbohidratos y kcal en la dieta.

Evaluación de la composición corporal

Obtener información sobre las dimensiones corporales que poseen los deportistas con los cuales trabajamos siempre es de interés, pero cabe destacar que, según las características del deporte, puede ser determinante. Existen disciplinas en las que los factores biomecánicos y antropométricos pueden ser sumamente condicionantes al momento de superar objetivos puntuales y medibles en tiempo (maratón, natación, etc.) o distancia (lanzamiento de disco, jabalina, etc.), mientras que en otros deportes tienen tal vez una menor injerencia porque la ejecución técnica (nado sincronizado, gimnasia artística, etc.), la precisión (tiro, golf, etc.) o la inteligencia motriz y los aspectos técnicos o tácticos (deportes de equipo, tenis, etc.) son sumamente relevantes.

Más allá de esta diferenciación y entendiendo que cada deporte requiere de un biotipo diferente, nuestra función es ajustar el perfil antropométrico del atleta a sus necesidades. Incluso, con la especificidad del trabajo actual, el diagnóstico en disciplinas de equipo debería ajustarse en especificidad según las posiciones ocupadas en el juego. Por ejemplo, el biotipo de un arquero de fútbol es totalmente diferente al de un defensor lateral y, sin embargo, ambos realizan el mismo deporte. Este formato de diagnóstico individual le permitirá al deportista acercarse a una composición corporal (CC) ajustada a su necesidad.

Métodos de evaluación frecuentemente utilizados

Conocer las diferentes características propuestas por los distintos métodos de evaluación y análisis de la composición corporal nos puede aproximar a un mejor diagnóstico. Nos aporta aspectos útiles y prácticos, siendo una herramienta de consulta para la valoración y el seguimiento del estado nutricional y para la prescripción de pautas dietéticas direccionadas a la mejora del rendimiento deportivo.

> Uno de los grandes inconvenientes que tienen estos métodos de valoración es la ponderación o demonización por parte de los profesionales. Es habitual la discusión sobre si un formato de evaluación es superador a otro y gran parte del problema tiene que ver con la interpretación de cada uno o la manera en la que se obtiene el dato.

Cada herramienta "mide lo que mide" y ya... El inconveniente radica en el criterio profesional de cada uno para la interpretación del dato arrojado por la valoración.

Para los profesionales que trabajan en las ciencias del deporte es importante conocer las características de los diferentes métodos de evaluación. Según Martin A., se pueden dividir en tres grandes grupos: directos, indirectos y doblemente indirectos.

Conocer qué mide y cómo se desprende el dato de cada evaluación permitirá tomar una mejor decisión respecto de la intervención que se pretenda ejecutar. No todos los métodos estiman la misma cantidad de componentes como así tampoco cuantifican lo mismo, siendo un claro ejemplo la confusión que se genera entre "masa grasa" y "tejido adiposo". Se define por grasa a los lípidos extraíbles por éter (triglicéridos) que se localizan en el tejido adiposo, tejido muscular y médula ósea; en cambio, el tejido adiposo que estiman los modelos de fraccionamiento anatómico se compone de grasa, agua, electrolitos y proteínas que se encuentran dentro del adipocito (Tabla 1.6).[12]

Fraccionamiento anatómico de cinco componentes (FA5C)

El modelo de cálculo antropométrico de cinco componentes, diseñado por Kerr y Ross,[13] permite la identificación en kg y % de las diferentes fracciones: masa adiposa, masa muscular, masa ósea, masa residual y piel. Es un método simple que utiliza protocolos de mediciones antropométricas estándar, validados por la Sociedad Internacional de Avances en

Tabla 1.6 Diferentes métodos para determinar la composición corporal

Determinación de la composición corporal	
Nivel I Directos	▪ Disección cadavérica
Nivel II Indirectos	▪ Densitometría (pletismografía por desplazamiento del aire e hidrodensitometría) ▪ Absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA) ▪ Ecografía por ultrasonido
Nivel III Doblemente indirectos	▪ Antropometría básica (y obtención de fórmulas de regresión a partir del modelo densitométrico, para obtener la DC y a partir de allí el % de masa grasa) ▪ Modelos cineantropométricos ▪ Bioimpedancia eléctrica (BIA)

Cineantropometría (ISAK, por su sigla en inglés).[14] Sus instrumentos son de bajo costo, los *software* de utilización son relativamente sencillos y ha sido validado por su comparación y correlación estadística con los datos obtenidos de una disección cadavérica.[15]

A través de diferentes herramientas, nos brinda información de interés de cuatro aspectos generales:

- Pliegues: indicador de la grasa corporal subcutánea.
- Perímetros: indicador de la masa muscular y grasa abdominal.
- Diámetros: indicador de la estructura ósea.
- Longitudes: indicador de la estructura ósea.

Es un método que requiere de una obsesiva precisión de las mediciones, una buena experiencia en el control de las variables y sus protocolos deben ser rigurosos tanto para relevar el dato como para procesarlo. Si bien es un método de buena confiabilidad, sobre todo por sus bondades en la relación precio-utilidad, la deficiencia de ciertas herramientas o la operatividad en la medición son los grandes puntos de conflicto. Una diferencia de tan solo 1-2 cm en la marcación anatómica puede ocasionar cambios significativos en el resultado. Incluso en profesionales acreditados por ISAK no es raro ver grandes discrepancias en los resultados de la evaluación, particularmente en los sujetos más robustos.

En cuanto a las herramientas utilizadas, es habitual encontrar diferencias en la valoración cuando las herramientas difieren (sobre todo en los calibres). Ya sea por una variación en la compresibilidad o porque presentan patrones de fabricación distintos, estas cuestiones inciden en la evaluación final y generan dudas no solo en el dato obtenido, sino también cuando se trabaja en la comparativa con un patrón de referencia que se obtuvo con una herramienta diferente a la que uno utilizó (calibre plástico vs. calibre metálico).[16]

De todas formas, es una de las metodologías actualmente más desarrolladas y difundidas en el mundo, por su validez, practicidad, aplicabilidad y, sobre todo, por la disponibilidad de referencias en diferentes disciplinas. Tal como veremos más adelante, la obtención de un patrón referencial es de suma importancia para el diagnóstico de la composición corporal de los atletas y es bastante complejo acceder a datos en profesionales de élite. Si bien cada vez hay más información referencial respecto de otros métodos tales como DEXA o BIA, el FA5C sigue siendo el método que más datos presenta en la literatura científica para comparar a los distintos deportes.

> FA5C es una gran herramienta con adecuada adherencia a un protocolo de medición correcto y buena calibración de los instrumentos. En comparación con herramientas como DEXA o RM, se sacrifica precisión y exactitud por accesibilidad en el costo y capacidad de traslado.

Bioimpedancia eléctrica (BIA)

El BIA es un método para el estudio de la composición corporal que obtiene datos a partir de la variación en la conducción eléctrica de los diferentes tejidos biológicos. Este método mide la impedancia u oposición al flujo de una corriente eléctrica a través de los líquidos corporales contenidos fundamentalmente en los tejidos magro y graso. La impedancia es baja en el tejido magro, donde se encuentran principalmente los líquidos intracelulares y los electrolitos, y alta en el tejido graso, por lo que es proporcional al agua corporal total (ACT). La impedancia de un tejido biológico comprende dos componentes: la resistencia (R) y la reactancia (Xc).

El principio en el que se basa el método BIA es que la impedancia de un conductor geométrico isotrópico se relaciona con su longitud, configuración (r), área de sección y frecuencia de señal aplicada ($Z=r\ L/A$).[17]

La ventaja del BIA radica en que puede medir rápido, con poca dificultad técnica y, en algunos casos, se puede transportar. La desventaja radica en la variabilidad de los aparatos de medición, ya que la precisión de cada uno de ellos es variable, lo cual genera cierta complicación en su uso y en la interpretación del dato.

Hay una gran diferencia en los equipamientos existentes en la actualidad. Por un lado, están los aparatos monofrecuencia de uso doméstico que normalmente operan a una frecuencia de 50 kHz, con electrodos dispuestos en la mano y/o en el pie. Este método permite calcular la resistividad corporal y estimar el ACT y la masa libre de grasa (MLG). Los resultados de este tipo de impedancia se basan en modelos matemáticos teóricos y ecuaciones empíricas, creadas y utilizadas para compensar la falta de impedancia del torso.

En esta frecuencia (50 kHz), el índice de impedancia es directamente proporcional al ACT (con precisión baja a moderada) y permite el cálculo de la MLG, pero no permite determinar ni diferenciar el agua intracelular o extracelular, ya que frecuencias bajas apenas traspasan la membrana celular y no pueden proporcionar una medición correcta del agua intracelular.[18]

Una prueba muy sencilla ilustra la deficiencia de estos equipos en la estimación de la composición corporal:

1. Se calcula un porcentaje graso con datos reales con este tipo de aparato y luego se repite el procedimiento con otros datos. El instrumento de BIA solicita ciertos datos como sexo, edad, nivel de actividad física, peso (a menos que sea una balanza) y estatura. La variable que agrega el aparato es la impedancia al flujo de una corriente eléctrica débil a través del cuerpo (lo que se mide en realidad).
2. Repetimos el procedimiento con otros datos (p. ej., 10 años menos, 5 kg menos o 5 cm de estatura más o incluso otro sexo) y el resultado de la máquina arrojará un valor diferente al anterior. Esto significa que trabaja con una ecuación de regresión múltiple que calcula los tejidos a partir de los valores que fueron cargados y lo que en realidad mide (resistencia) influye solo en una pequeña parte del resultado final.

Por otro lado, hay disponibles equipamientos de BIA que trabajan a 5-6 frecuencias (multifrecuencia) y presentan 8 puntos táctiles con análisis semental en 5 partes diferentes del cuerpo (los cuales se miden por separado). Esta combinación de corrientes de baja y alta frecuencia habilita la medición del agua extracelular e intracelular y la obtención de un diagnóstico un poco más detallado.

Estos equipos en el mercado son un tanto más fiables ya que no trabajan con datos empíricos para la corrección de los resultados, pero son relativamente más caros. Algunos de ellos fueron validados frente al DEXA, lo cual garantiza una medición bastante fidedigna, siempre y cuando se respeten los diferentes ítems que podrían ser condicionantes en la prueba:

- Limpieza de la piel con alcohol.
- Colocación exacta de los electrodos en los lugares anatómicos.
- Retirar materiales metálicos (reloj, anillos, pulseras y collares, en tronco y extremidades).
- Ayuno de al menos 2 horas.
- No realizar ejercicio intenso las 6-12 horas previas.
- No medir en procesos febriles.
- No medir en período premenstrual y menstrual.
- Evitar ingerir alcohol o estar deshidratado (al menos durante 12 horas).
- Evitar realizar el estudio con talco o cremas en pies o manos.

> Contemplando que al obtener datos por BIA no se cuenta con el valor del esqueleto en kg, sería interesante trabajar los valores que arroja la valoración conformando un índice que permita ajustar por talla. Por ejemplo, IMG/T o IMLG/T (sumar una variable estructural al índice nos permitiría clasificar mejor al sujeto con la referencia disponible).

Es importante destacar que con BIA solo se obtienen datos de masa magra y grasa, en comparación con las más de cuarenta variables que se logran cuantificar con el fraccionamiento anatómico.

Densitometría ósea (DEXA)

La DEXA, también llamada absorciometría de rayos X de energía dual o DXA, es otro de los instrumentos utilizados para medir diferentes parámetros de la composición corporal como la masa libre de grasa (MLG), la masa grasa (MG) y la densidad mineral ósea (DMO). Años atrás era una herramienta concebida para medir la DMO, pero, a través de las mejoras tecnológicas, los equipos fueron ampliando sus posibilidades de medición.

Siendo considerada en la actualidad como el método de referencia en el estudio de la composición corporal en investigaciones clínicas, los densitómetros actuales más utilizados y recomendados son los equipos Lunar, Hologic y Norland.

Su mecanismo de acción se basa en una fuente de rayos X que produce un espectro policromático de fotones y crea dos picos de energía diferentes (dual). En el caso del cuerpo humano, el haz de rayos X atraviesa diferentes tejidos orgánicos que difieren en composición y, por tanto, en densidad específica. A través del DEXA se pueden determinar las diferentes atenuaciones del haz de rayos X al atravesar los componentes óseo, graso y magro. Es decir que, en función de la composición del tejido que la energía atraviesa, esta sufrirá atenuaciones de diferente intensidad.

Los dos tipos de energía permiten determinar las densidades de dos tipos de tejidos: el tejido blando, que presenta mayor cantidad de agua y carbono, y permite en mayor medida el paso de rayos X, y el tejido óseo mineral (cristales de hidroxiapatita), que contiene calcio y fósforo, ofrece por ende más resistencia y se observa una mayor capacidad de atenuación. Conociendo entonces los diferentes coeficientes de atenuación de masa de cada tejido, se pueden estimar los porcentajes de masa de la zona deseada. Es importante destacar que el CMO y la grasa presentan la atenuación más

Tabla 1.7 Comparación de los métodos de evaluación de la composición corporal

Método	Accesibilidad	Precisión	Reproducibilidad	Ventajas	Desventajas
FA5C	Muy alta	Depende del evaluador	Media	▪ Barato ▪ Es portable	▪ Requiere criterio de evaluador ▪ Datos falseables ▪ Disparidad de herramientas
BIA	Alta	Media	Media	▪ Simple ▪ Rápido ▪ No invasivo	▪ Los buenos equipos son caros ▪ Varía según el estado de hidratación del atleta
DEXA	Baja	Alta	Alta	▪ Preciso ▪ Fácil de interpretar ▪ No invasivo	▪ Caro ▪ Requiere técnico ▪ Algunos atletas no entran en camilla

FA5C: fraccionamiento anatómico de cinco componentes; BIA: bioimpedancia eléctrica; DEXA: densitometría ósea.

alta y más baja, respectivamente, mientras que el componente tisular blando presentaría una atenuación intermedia.

La fuente de cada densitómetro emite un haz de rayos X de intensidad inicial variable según el modelo de equipo de DEXA utilizado. Estos equipos se diferencian tanto en sus características técnicas como en los programas informáticos, entre los que existen diversas versiones para los análisis regionales de densidad ósea y composición corporal. Por este motivo, no se recomienda comparar valoraciones entre distintos equipos diagnósticos y es aconsejable siempre respetar la misma tecnología en las evaluaciones longitudinales (Tabla 1.7).[19]

Consideraciones generales acerca de los métodos de evaluación frecuentemente utilizados

A la hora de obtener la composición corporal, hay una serie de consideraciones que debemos tener en cuenta para su posterior interpretación:

- La composición corporal se "estima" y no se conoce con exactitud, razón por la cual nadie tiene la certeza de que la valoración que se obtiene del paciente sea 100% fidedigna (tanto en evaluaciones transversales como longitudinales).
- Hay herramientas que miden lo que otras no y desconocer esto podría generar una confusión en el diagnóstico (p. ej., masa grasa del BIA vs. tejido adiposo del FA5C).
- Algunas disciplinas presentan referencias con determinado método o incluso determinada herramienta que condicionan la forma en la cual se debe obtener el dato (p. ej., si en determinada disciplina la referencia se obtuvo con un calibre Harpenden, hacer una comparativa con un calibre plástico que no ejecute la misma presión es equívoco).
- En determinadas situaciones y por como pueda obtenerse la valoración antropométrica (tiempo, forma, espacio, etc.), la composición corporal puede ser poco fidedigna. También ocurre que en determinadas ocasiones comparamos la composición corporal obtenida con una referencia adquirida "azarosamente", que no sabemos cómo se llevó a cabo, con qué herramientas, en qué momento de la temporada deportiva se realizó y cuál fue la metodología para su obtención.
- Elaborar distintos "índices funcionales" permite comparar los cambios que pueda tener cada deportista a lo largo del tiempo, como así también observar la diferencia entre sujetos que no presenten la misma estructura anatómica (p. ej., índice de masa grasa [kg grasa/altura^2], índice de masa magra [kg masa magra/altura^2], etc.).

Comprender las fortalezas y debilidades de cada método nos permitirá tomar una decisión acertada y ser más confiables con el diagnóstico. Una serie de recaudos por cada uno de los modelos anteriormente revisados nos permitirá acceder a valoraciones más fiables y a una mejor reproducibilidad de los datos en evaluaciones longitudinales (Tabla 1.8).[20]

Diagnóstico adecuado según deporte, sexo y posición de juego

Una muestra antropométrica representativa del deporte (ya sea normativa o prototípica) es el punto de partida ideal para trabajar en el análisis de la composición corporal. Obtener un patrón de referencia diferenciado por deporte, sexo y posiciones de juego permite realizar un diagnóstico más atinado contemplando que cada disciplina presenta una gran variabilidad. Por ejemplo, los kilogramos de masa muscular (MM) que se requieren para la práctica de lanzamiento de

Tabla 1.8 Aspectos por considerar según el método de evaluación utilizado

BIA	DEXA	FA5C
▪ Control previo a la evaluación (hidratación, consumo de alimentos previos, ejercicio previo, etc.) ▪ Limpieza de la piel con alcohol previa a la evaluación ▪ Colocación exacta de los electrodos en los lugares anatómicos ▪ Ayuno de al menos 2 h ▪ Quitar elementos metálicos en el sujeto previo a la evaluación ▪ Evitar ingerir alcohol o estar deshidratado (al menos durante 12 h) ▪ En mujeres: evitar el análisis durante el período premenstrual	▪ Control previo a la evaluación (hidratación, consumo de alimentos previos, ejercicio previo, etc.) ▪ Mantener la posición del sujeto en diferentes evaluaciones (supina o prono) ▪ Utilizar el mismo equipo en diferentes evaluaciones; en su defecto, de similar tecnología (p. ej., Lunar, Hologic, Norland) ▪ Mantener el mismo operador en diferentes evaluaciones ▪ Quitar elementos metálicos en el sujeto previo a la evaluación	▪ Control previo a la evaluación (hidratación, consumo de alimentos previos, ejercicio previo, etc.) ▪ Utilizar las mismas herramientas de evaluación (y mantenerlas calibradas) ▪ Demarcar y evaluar con tiempo suficiente ▪ Disponer de un anotador ▪ Respetar protocolos de evaluación ISAK

BIA: bioimpedancia eléctrica; DEXA: densitometría ósea; FA5C: fraccionamiento anatómico de cinco componentes.

disco no son los mismos que se requieren para ser maratonista, ya sea en términos absolutos o porcentuales. Lo mismo puede ocurrir incluso en una misma disciplina en la que, p. ej., en el rugby, los kg de MM que se requieren para jugar de *forwards* son diferentes a los que se requieren para jugar de *back*.

Una vez que disponemos de esa muestra referencial debemos tratar de ajustar la composición corporal del sujeto evaluado al valor de referencia que tenemos, entendiendo que la diferencia estructural y/o de talla que pueda presentar el atleta con la muestra nos puede llevar a un diagnóstico erróneo, ya que no siempre coincide la estructura del sujeto evaluado con el valor de referencia.

Ejemplo práctico

Tenemos un basquetbolista que juega de base, cuyo valor de MM es de 41 kg y su talla es de 186 cm. Si los datos de referencia para el puesto fueran: kg MM 40 kg, talla 176 cm, ¿es correcto el valor de MM del sujeto en función de la referencia para el deporte y el puesto? *A priori* podemos observar que sus valores están incluso por encima de la media del deporte y el puesto. ¿Ustedes qué opinan? ¿Qué ocurrirá si quiero saber lo que sucede con alguna otra variable? ¿Aplica la misma problemática?

En fin, revisemos un probable ajuste a ver qué encontramos...

Ajuste de variables antropométricas según talla

$$\text{Ajuste por talla} = \text{variable de interés} \times \frac{\text{talla REF promedio}}{\text{talla del atleta evaluado}}$$

$$\text{Ajuste por talla (MM)} = 41 \text{ kg de MM} \times \frac{176 \text{ cm}}{186 \text{ cm}} = 38{,}79 \text{ kg MM}$$

El ajuste supone que en función de la talla del sujeto su "supuesta muscularidad ajustada" está por debajo del patrón referencial, cuando a valores absolutos todos sabemos que se encuentra por encima (41 vs. 40 kg). A los fines de su "chasis estructural", si lo comparamos con los valores de la media, se encuentra mínimamente por debajo (38,79 vs. 40 kg).

Otra forma de ajustar a la referencia es por kg de masa ósea (MO), pero ello requiere obligatoriamente trabajar con fraccionamiento anatómico. En este caso, el basquetbolista presenta 9 kg de MO, 41 kg de MM. Si los datos de referencia para el puesto fueran: kg MM 40 kg, 8,2 kg de MO. Las cuentas serían así...

Ajuste de variables antropométricas según MO

$$\text{Ajuste por kg de MO} = \text{variable de interés} \times \frac{\text{kg de MO REF promedio}}{\text{kg de MO del atleta evaluado}}$$

$$\text{Ajuste por kg de MO} = 41 \text{ Kg de MM} \times \frac{8{,}2 \text{ kg MO}}{9 \text{ kg MO}} = 37{,}35 \text{ Kg MM}$$

Acá podemos ver que los supuestos 41 kg de MM para sus 9 kg de MO son extrapolados a 37,3 kg de MM cuando nivelamos su MO a los 8,2 kg de la referencia. Esto nos permite inferir que, si nuestro atleta tuviera valores de MO iguales a la referencia, su MM sería de 37,3 kg, con lo que debería mejorar su MM unos 2,7 kg para arribar a los 40 kg de MM referenciales del deporte.

Este tipo de ajustes por similitud geométrica presupone que los seres humanos proporcionalmente parecidos, pero de diferentes tamaños, conservan dimensiones geométricas. Es importante aclarar que este

supuesto no aplica para trabajar con poblaciones muy altas o muy bajas.[21]

Control longitudinal de la composición corporal (CC)

El seguimiento de la composición corporal del paciente a lo largo del tiempo va a depender de su diagnóstico inicial y de las herramientas que se disponga. Siempre es importante planificar de antemano la forma en la que se realizará el seguimiento, sobre todo cuando los controles se acortan demasiado. En esos casos, es probable que lo reflejado en el control tenga que ver más con un error de medición o del instrumento (independientemente de que se realice con BIA, DEXA o FA5C) que con el verdadero cambio que pudo haber realizado el deportista. Por eso es recomendable que, para valorar longitudinalmente y de manera detallada a un deportista, transcurra un tiempo prudencial y suficiente que permita reflejar el verdadero cambio de la composición corporal: entre 45 y 90 días, dependiendo del equipamiento.

A su vez, es fundamental un criterio profesional adecuado a la hora de hacer la devolución, ya que no todo lo que se releva en una composición corporal "efectivamente sucede". A modo de ejemplo, informar una ganancia de 3-4 kg de MM en un lapso de 20 días podría ser inconsistente, mas allá de que la valoración realizada nos devuelva ese dato. No todo lo que informe la herramienta es lo que sucedió con el atleta, y a eso nos referimos con "criterio".

> No se debe cometer el error de comparar una evaluación de composición corporal con una muestra referencial que se obtuvo con diferentes herramientas a las que se trabaja.

En cuanto al seguimiento longitudinal de los atletas, no hay un protocolo estructural a seguir, pero sí es importante comprender algunas cuestiones para poder trabajar mejor en ello.

La masa corporal total que se obtiene de una simple balanza permite aproximarnos a cambios globales que pueda reflejar el deportista en su control diario, semanal o quincenal. A sabiendas de la existencia de su principal inconveniente, son muchos los factores personales que pueden incidir al momento de la medición (hormonales, dietéticos, desarreglos diarios, fisiológicos, etc.), mientras que los cambios parciales que se registren no dan cuenta de lo que puede estar ocurriendo con el tejido adiposo y muscular.

Una propuesta interesante para monitorear a los atletas de forma aguda, una vez realizado el diagnóstico, podría ser la combinación de un índice que contemple su peso relativo a la talla (IMC) y una herramienta que nos otorgue información de su tejido adiposo. Las mediciones de pliegues cutáneos como medida de resultados (p. ej., suma de 6 pliegues) son más fiables que la extrapolación de sus datos a una ecuación de cálculo de grasa corporal.[22]

Esta combinación de IMC + Σ6 PL (tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo anterior, pantorrilla medial) permitiría un monitoreo longitudinal más sencillo y, a la vez, orientado sobre lo que podría estar ocurriendo con los tejidos.

Por ejemplo, un eventual aumento de peso que también se refleje en el aumento de la Σ6 PL podría dar cuenta de que la ganancia sería a expensas de su tejido adiposo; por el contrario, encontrarnos con una ganancia de masa corporal cuando su Σ6 PL disminuye nos orientaría a una supuesta mejora de masa muscular.

En la siguiente gráfica podemos observar una estructura orientativa para realizar un monitoreo de aquellos deportistas que presenten una composición corporal adecuada. Se establece un margen de kg de peso (que podría ser ± 1,5 kg) y un margen de Σ6 PL (que podría ser ± 5 mm) para un seguimiento más sencillo por parte del profesional. En la medida en que el atleta pueda "moverse" en esos rangos, estimamos controles correctos y, conforme a cómo se van desajustando ciertos valores, nos direccionamos a diferentes escenarios de CC (Figura 1.5).

Este tipo de intervención permite dar cuenta de la forma general del atleta o de la necesidad de un nuevo diagnóstico para ajustar la intervención (física y/o nutricional).

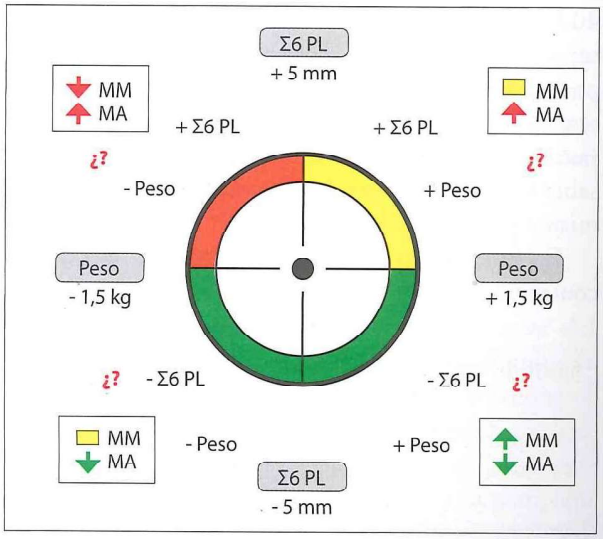

Figura 1.5 Esquema orientativo de monitoreo con IMC + Σ6 PL.

Puntos clave

- El objetivo de una evaluación preparticipativa no es encontrar una causa para impedir la realización del ejercicio, sino, más bien, fomentar una práctica deportiva segura, acorde a los objetivos y las condiciones del individuo.
- La anamnesis alimentaria es una herramienta que permite profundizar en el conocimiento del deportista. El objetivo principal de dicho relevamiento es recabar información relacionada con el patrón de alimentación (cantidad de comidas por día, horarios, colaciones, lugar donde consume sus alimentos, gustos, preferencias, tiempo que dedica a las comidas, intolerancias o alergias, hábitos alimentarios, etc.).
- Gran parte de las herramientas para estimar el gasto energético carecen de especificidad, pero varias de ellas son válidas para la estimación de calorías utilizadas por el atleta y la planificación de trabajo junto al mismo.
- El concepto de "disponibilidad energética" hace referencia a la cantidad de calorías que se requieren para el resto de las funciones del organismo, luego de quitar el costo generado por el ejercicio. Por esta razón, un consumo inadecuado de energía compromete el rendimiento y puede acarrear complicaciones en la salud del individuo.
- La composición corporal de los sujetos no se conoce con exactitud, sino, mas bien, se "estima". Por esta razón, comprender las fortalezas y debilidades de cada método nos permitirá aproximarnos a un diagnóstico más atinado.

Bibliografía de referencia

1. Wingfield K, Matheson GO, Meeuwisse WH. Preparticipation evaluation: an evidence-based review. Clin J Sport Med 2004; 14 (3): 109-22.
2. Pruna R, Lizarraga A, Domínguez D. Revisiones del deportista. Med Clin (Barc) 2018; 150 (7): 268-74.
3. Pedlar CR, Newell J, Lewis NA. Blood Biomarker Profiling and Monitoring for High-Performance Physiology and Nutrition: Current Perspectives, Limitations and Recommendations. Sports Med 2019; 49 (2): 185-98. doi: 10.1007/s40279-019-01158-x.
4. Urdampilleta A, López-Grueso R, Martínez-Sanz JM, Mielgo-Ayuso J. Basic biochemical, hematological and hormonal parameters for monitoring the health and nutritional status in athletes. Rev Esp Nutr Hum Diet [Internet] 2014; 18 (3): 155-71. <https://renhyd.org/index.php/renhyd/article/view/24.>.
5. Hecksteden A, Pitsch W, Julian R, Pfeiffer M, Kellmann M, Ferrauti A, Meyer T. A new method to individualize monitoring of muscle recovery in athletes. Int J Sports Physiol Perform 2017; 12: 1137-42.
6. Lee EC, Fragala MS, Kavouras SA, Queen RM, Pryor JL, Casa DJ. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. J Strength Cond Res 2017; 31 (10): 2920-37. doi: 10.1519/JSC.0000000000002122.
7. Reilly JJ, Montgomery C, Jackson D, MacRitchie J, Armstrong J. Energy intake by multiple pass 24 h recall and total energy expenditure: a comparison in a representative sample of 3-4-year-olds. Br J Nutr 2001; 86 (5): 601-5.
8. Aragon AA, Schoenfeld BJ, Wildman R, Kleiner S, VanDusseldorp T, et al. International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. J Int Soc Sports Nutr 2017; 14: 16. doi: 10.1186/s12970-017-0174-y.
9. Keytel LR, Goedecke JH, Noakes TD, et al. Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. J Sports Sci 2005; 23 (3): 289-97. doi: 10.1080/02640410470001730089.
10. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. Med Sci Sports Exerc 2011; 43 (8): 1575-81. doi: 10.1249/MSS.0b013e31821ece12.
11. Mountjoy M, Sundgot-Borgen JK, Burke LM, Ackerman KE, et al. IOC consensus statement on relative energy deficiency in sport (RED-S): 2018 update. Br J Sports Med 2018; 52 (11): 687-97. doi: 10.1136/bjsports-2018-099193.
12. Martin AD, Drinkwater DT. Variability in the measures of body fat. Assumptions or technique? Sports Med 1991; 11 (5): 277-88. doi: 10.2165/00007256-199111050-00001.
13. Kerr DA. An anthropometric method for fractionation of skin, adipose, bone, muscle and residual tissue masses, in males and females age 6 to 77 years. British Columbia: Simon Fraser University, 1988.
14. ISAK. International Standards For Anthropometric Assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. < https://www.isak.global/>.
15. Clarys JP, Martin AD, Drinkwater DT. Gross tissue weights in the human body by cadaver dissection. Hum Biol 1984; 56: 459-73.
16. Hume P, Marfell-Jones M. The Importance of Accurate Site Location for Skinfold Measurement. J Sports Sci 2008; 26: 1333-40.
17. Moon JR. Body Composition in Athletes and Sports Nutrition: An Examination of the Bioimpedance Analysis Technique. Eur J Clin Nutr 2013; 67: S54-S59.
18. Matias CN, Santos DA, Júdice PB, Magalhães JP, et al. Estimation of Total Body Water and Extracellular Water with Bioimpedance in Athletes: A Need for Athlete-Specific Prediction Models. Clin Nutr 2016; 35: 468-74.
19. Nana A, Slater GJ, Stewart AD, Burke LM. Methodology Review: Using Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DXA) for the Assessment of Body Composition in Athletes and Active People. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2015; 25: 198-215.

20. Kasper AM, Langan-Evans C, Hudson JF, Brownlee TE, et al. Come Back Skinfolds, All Is Forgiven: A Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice. Nutrients 2021; 13: 1075. doi: https://doi.org/10.3390/nu13041075.
21. Nevill AM, Bate S, Holder RL. Modeling physiological and anthropometric variables known to vary with body size and other confounding variables. Yearb Phys Anthropol 2005; 48: 141-53. doi:10.1002/ajpa.20356.
22. Jeukendrup A. Nutricion Deportiva. 3º ed. Madrid: Editorial Tutor, 2019.