

Oier Mentxaka

Sensores y rendimiento del cuerpo

17 oct 2020



Detección del rendimiento del cuerpo

Sensores e investigación de su uso

Índice

Introducción	4
Rendimiento y cómo incrementarlo	4
Motivación	6
Cómo medir el rendimiento	7
Pruebas de esfuerzo	7
- Pruebas de dobutamina	7
- Planteamiento de la prueba de esfuerzo a nivel deportivo.....	8
Prueba de lactato	8
- Prueba de lactato a nivel deportivo	8
Prueba de presión arterial	9
- Prueba de presión arterial en el deporte.....	9
Prueba de saturación de oxígeno	9
- Prueba de saturación de O ₂ en el deporte	10
Prueba de ergoespirometría.....	10
Escala de Borg	10
Prueba de frecuencia respiratoria	10
- Prueba de frecuencia respiratoria en el deporte.....	11
Prueba de temperatura corporal.....	11
- Temperatura corporal en el deporte	11
Diferencia del deporte en grupo y en solitario.....	12
Deporte en competición	12
Dispositivos de medición y sensores.....	13
- Holter.....	13
- Medidor de lactato	13
- Esfigmomanómetro.....	14
- Pulsoxímetro	14
- MetaMax	14
¿Cómo medir el rendimiento en todo momento?.....	14
SmartWatches.....	14
- Apple watch	15
- Garmin fenix 6	15
Moxy Monitor.....	16
Stryd Wind.....	17
Conectividad entre los dispositivos	18

SDK	22
Standard SDK.....	22
Companion SDK.....	22
Connect iQ SDK	22
ANT+	22
Conclusión	23
Enlaces de compra	24
Bibliografía:	25
Entrevistas:	25

Introducción

El deporte es un ámbito en el cual se está incorporando una gran cantidad de sensores para intentar monitorizar el rendimiento del cuerpo.

Se ha demostrado que el rendimiento del cuerpo no es el mismo dependiendo de las condiciones del entorno y se pueden diferenciar las siguientes:

- ◆ El entrenamiento en solitario
- ◆ El entrenamiento en grupo
- ◆ La competición

Rendimiento y cómo incrementarlo

En primer lugar, es necesario saber a qué se refiere el término “rendimiento”. Según la Real Academia, el término se puede definir de esta manera “Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados .”

A lo que nos referimos con proporción en cuanto al deporte, por lo tanto, es a la proporción entre el momento en el que se ejercita un cuerpo con el resultado que se espera a largo o corto plazo que este ejercicio genere. Los resultados más habituales suelen ser adelgazar o tener más musculatura entre otros.

Para incrementar el rendimiento deportivo, los deportistas deben estar en condiciones de explotar sus recursos al máximo. Esto se consigue de la siguiente manera:

- 1- Es necesario poner una rutina diaria o semanal con un profesional.

Es muy común pensar que ejercitándose cuanto más en menor tiempo suele producir mejores resultados para alcanzar los objetivos, pero como todo, el deporte en exceso puede hacer que el organismo no genere *cortisol*, una hormona esteroidea producida por la glándula suprarrenal. Esta hormona, a parte de contrarrestar la insulina, genera cansancio y tensión en el cuerpo y mediante una rutina adecuada del deporte puede controlarse su producción. Con una rutina excesiva, puede darse el caso de que el cuerpo produzca más de lo debido generando el efecto contrario, produciendo más cansancio y estrés en el deportista.

2- El descanso es imprescindible.

El descanso es la forma que tiene el cuerpo de adaptar la tensión generada durante el ejercicio, por lo que es recomendable dormir aunque la cantidad varía dependiendo de la persona y de la edad. En este proyecto, podría decirse que se va a investigar a deportistas profesionales a los que se les recomienda descansar entre 10 y 13 horas. A un deportista moderado en cambio, con 8 horas debería bastarle para ello.

3- Mejorar la alimentación.

Es sabido por todos que al igual que la sociedad cambia, los hábitos y las costumbres alimentarias también y pueden ser influenciadas por diferentes factores. Debido a esto, las personas solemos tener carencias alimentarias a lo largo de nuestra vida y una persona que busca incrementar su rendimiento no se lo puede permitir. A los deportistas de élite se les recomienda una dieta variada y balanceada, rica en Omega 3. También es importante el consumo de aminoácidos, potasio e hidratos de carbono después de realizar actividad física ya que ayudan a reducir la fatiga y hace rápida la recuperación luego del desgaste muscular.

A la alimentación también se le pueden añadir complementos nutricionales para evitar así la carencia de nutrientes que se puede seguir teniendo aun teniendo una dieta muy variada. La definición formal de estas sustancias es la siguiente *"Son productos alimenticios cuyo fin es complementar la dieta normal y consiste en fuentes concentradas de nutrientes o de otras sustancias que tengan un efecto nutricional o fisiológico"*. Estos suplementos suelen estar compuestos por calcio, hierro, zinc, electrolitos y magnesio, con lo que se procede a mejorar el riego sanguíneo, mantener unos huesos fuertes, y relajar la musculatura entre otros.

4- La hidratación continua

Aunque no se esté ejercitando, el cuerpo necesita sales minerales y agua para su buen funcionamiento. Estos minerales suelen perderse a la hora de hacer deporte por lo que es necesario tener una buena hidratación ya que en caso de no tenerla puede generar debilidad, calambres y disminución energética. Es necesario hidratarse porque en caso de no hacerlo, podría afectar considerablemente al rendimiento de una persona.

Motivación

En lo que se refiere a la psicología, cuando uno o varios deportistas entrenan, la motivación de estos es uno de los factores más importantes.

La motivación se define de muchas maneras, pero la más aceptada es la siguiente: es una variable psicológica capaz de mover a un individuo a la realización, dirección, mantenimiento y/o abandono de una actividad, física o psicológica. Esta suele estar asociada a la manera cognitiva en la que el sujeto realiza actividades acerca de las diferentes situaciones en las que se encuentra. La situación cognitiva y la motivación son directamente proporcionales, es decir, en caso de que una sea positiva, ambas lo serán, al igual que si es negativa.

La motivación tiene un papel fundamental en el día a día de las personas, ya que es el verdadero motor que permite a los individuos realizar cualquier tipo de actividad, y es algo sumamente importante en el deporte, según los psicólogos del deporte.

La motivación de un deportista puede darse por alguna de las siguientes razones según Ribeiro Da Silva:

- Necesidad de sensaciones

El deportista tiende a imaginar y realizar un deporte que le proporcione placer aún sin alcanzar un grado de excelencia.

- Interés en competir

El deportista suele querer manifestar su estima y reconocimiento, verificando la actualización de su potencial en un tiempo limitado.

- Necesidad de afiliación

El deportista busca pertenecer a un medio social demostrando su fuerza o habilidad motora, sobre todo cuando se integra en un grupo.

- Necesidad de afirmación en un nivel superior

El deportista busca evadirse de sus inseguridades, frustraciones y fracasos de su vida mediante el deporte.

- Necesidad de integración con la naturaleza

El deportista suele buscar formas de ser uno con la naturaleza, razón por la que se suele hacer deporte al aire libre, en entornos naturales.

- El cuerpo como situación motivante

La imagen es un factor muy importante relacionado con el deporte, los deportistas suelen querer un cuerpo dentro de los cánones de belleza establecidos por la sociedad actual.

Cómo medir el rendimiento

Para medir el rendimiento del cuerpo, es necesario hacer una serie de pruebas, que miden dos tipos de rendimientos, el interno y externo. Para ello se utilizan las siguientes pruebas:

Pruebas de esfuerzo

El esfuerzo se mide médicamente mediante una prueba bastante conocida dada su aparición en la gran mayoría de series médicas que podemos encontrar en la televisión.

La llamada prueba de esfuerzo, también llamada como **ergometria**, consiste en someter al paciente al mayor esfuerzo posible alcanzando el umbral de cansancio o nivel máximo de resistencia.

Se suele hacer con una cinta de correr o bicicleta estática, electrodos adhesivos pegados en la zona torácica del paciente además de en sus extremidades y un electrocardiógrafo.

El electrocardiógrafo representa una onda electromagnética que genera el corazón al bombear la sangre. Para ver la evolución del paciente, se suele incrementar la velocidad de la cinta del paciente en periodos de 3 minutos para ver su resistencia y forzar al corazón para ver su evolución. La prueba dura 60 minutos y suele hacerse con la intención de llegar a X pulsaciones por minuto que se calculan de la siguiente manera.

Población no deportista	Población deportista
Hombres: $FC_{\text{máx}} = 220 - \text{edad}$	$208 - (0,7 \times \text{edad})$
Mujeres: $FC_{\text{máx}} = 226 - \text{edad}$	

Estas medidas relacionadas son bastante ambiguas. Los organismos no son iguales y la forma en la que reaccionan es bastante impredecible. Esta es la razón de que la mayoría de las estimaciones hechas a veces no sea objetiva, como pasa en este caso.

Para obtener mejores resultados, a esta prueba se le añaden otras, por ejemplo la prueba de [lactato](#).

- Pruebas de dobutamina

En caso de que el paciente por lo que fuera no pudiera realizar ejercicio físico, dada su longevidad o una fractura que impida su movimiento por ejemplo, se suelen administrar medicamentos tales como la dobutamina.

La dobutamina según wikipedia “se usa para tratar fallos cardíacos agudos pero que son potencialmente recuperables, como los que ocurren durante la cirugía cardíaca o en casos de choque séptico o choque cardiogénico”.

En este caso particular, la dobutamina hace que el cuerpo del paciente reaccione como lo haría en caso de poder moverse. Por lo tanto, las mediciones se harían igual que en una prueba de esfuerzo normal.

- Planteamiento de la prueba de esfuerzo a nivel deportivo

Si intentamos plantear una fuerza de esfuerzo durante un partido de fútbol o en el entrenamiento de un ciclista, no podríamos usar una ergometría. Es una técnica que “reduce la movilidad de la persona” a un lugar concreto. Para evitar esto, se podría usar un monitor [holter](#).

Prueba de lactato

Para saber que prueba es esta, primero es necesario saber a qué se refiere la medicina y el deporte con la palabra *lactato*.

El lactato es un tipo de ácido orgánico que se produce en los músculos y el torrente sanguíneo cuando el cuerpo se somete a largos entrenamientos intensos. La energía usada durante el ejercicio, sobre todo en ejercicios de tipo aeróbico, libera piruvato que se descompone cuando se oxigenan los músculos. Si por algún caso esta sustancia no se descompusiese, se convertiría en lactato.

La prueba de lactato consiste en medir el nivel o concentración de ácido láctico durante diferentes intensidades del ejercicio. Esta prueba, está muy relacionada con la ergometría, suelen hacerse al mismo tiempo. Consiste en la extracción de una cantidad mínima de sangre periódica durante el ejercicio. Esta sangre es extraída del dedo o del lóbulo de la oreja e introducida en un [lector de lactato](#).

El tener alto el lactato implica que el músculo es más ácido en ese instante y que por lo tanto se contrae, produciendo fatiga muscular. La fatiga muscular aparece cuando el lactato está a más de 2 milimoles por litro de sangre.

- Prueba de lactato a nivel deportivo

Lo cierto es que la prueba de lactato es muy habitual en la gente que hace deporte profesional, de hecho, existen máquinas con las que se puede medir el lactato de manera constante. Un aparato capaz de medir algo parecido al

lactato periódicamente es el [MOXY Monitor](#) y suele hacerse habitualmente con la prueba de esfuerzo o al andar en bicicleta.

Prueba de presión arterial

La presión arterial también conocida como “hipertensión” cuando está a niveles altos, es la fuerza con la que el corazón bombea la sangre por todo el sistema cardiovascular. Se mide la presión arterial porque tenerla alta durante años implica daños en el corazón y posible insuficiencia cardíaca. En casos extremos, puede causar insuficiencia renal, derrames, y ataques al corazón. Se utiliza una máquina llamada [esfigmomanómetro](#) para medir la presión arterial.

- Prueba de presión arterial en el deporte

Durante la práctica deportiva la presión arterial sistólica aumenta, mientras que la presión arterial diastólica permanece estable o disminuye ligeramente. Una respuesta exagerada durante una prueba de esfuerzo se relaciona con mayores incidencias de hipertensión arterial en un futuro. Pudiendo traer consigo los problemas de esta enfermedad.

Se mide durante el ejercicio en las pausas de descanso o antes de incrementar el ritmo aeróbico del ejercicio en cuestión. No se puede medir con un aparato que se pueda llevar encima por el momento.

Prueba de saturación de oxígeno

Las pruebas de oxígeno miden la cantidad de oxígeno que tiene el paciente en sangre. Los niveles de saturación óptimos aseguran que todas las células del cuerpo están siendo debidamente oxigenadas. Este porcentaje se encuentra entre el 95% y el 100% en sangre. En cuanto este indicador baja de 90% se padece una enfermedad llamada hipoxemia y los síntomas son entre otros la dificultad y al respirar, disnea, cansancio...

La hipoxemia puede provocar la disminución del rendimiento cerebral produciendo posibles pérdidas de memoria o la dificultad para resolver operaciones aritmeticológicas. Además, puede generar alteraciones de la personalidad y trastornos de la percepción y la consciencia.

Este indicador se puede medir con un artilugio llamado [pulsioxímetro](#) o saturómetro.

- Prueba de saturación de O₂ en el deporte

El pulsioxímetro es un aparato pequeño, por lo que a lo que se refiere a su portabilidad, es portátil. Desgraciadamente, no es nada práctico llevarlo mientras se hace deporte. La mayoría de estos sensores suelen ser parecidos a una pinza y se ponen en la yema del dedo para poder medir. Es un artilugio que no es práctico para correr o hacer ciclismo. Afortunadamente, se está empezando a implementar esta tecnología en los relojes inteligentes.

Prueba de ergoespirometría

Los valores que se miden en una prueba de la ergoespirometría son el volumen tidal, la frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno, la emisión de dióxido de carbono... Los valores más importantes son el consumo de oxígeno y la emisión de dióxido de carbono ya que con estos valores se puede calcular cuales son los umbrales anaeróbicos y aeróbicos. De esta manera, se puede ver cuando se empieza a desarrollar lactato.

Con [este dispositivo](#) se puede medir de manera portátil el consumo de oxígeno y la emisión de dióxido de carbono.

Escala de Borg

La escala de Borg es una medida estandarizada con la que se mide del 1 al 10 o con colores el esfuerzo que un individuo hace durante un periodo deportivo. Es un concepto muy subjetivo, ya que es el esfuerzo percibido por el deportista y dependiendo de lo que este se esfuerce o mentalice, será mayor. Como Morgan William P dijo no es tan importante el esfuerzo que uno hace sino el que uno cree que hace y por el momento, medir los pensamientos del ser humano es imposible. De forma clínica, esta escala se usa mientras se hace una ergometría, mientras se mide la presión arterial del sujeto. Esta prueba ayudará a detectar la fatiga precozmente y a reducir al mínimo el deterioro de la musculatura del corazón.

Prueba de frecuencia respiratoria

La prueba de frecuencia respiratoria, como su propio nombre indica, es la prueba que mide la cantidad de veces que se respira en un determinado periodo de tiempo.

Es una prueba rutinaria que se le suele hacer a la mayoría de los pacientes con el fin de ver si su aparato respiratorio funciona correctamente. Las respiraciones de una persona sedentaria varían entre 15 y 30 por minuto.

Suele medirse también con el pulsioxímetro.

- Prueba de frecuencia respiratoria en el deporte

En el deporte, es importante analizar la respiración de los deportistas, aunque no suele haber un fin médico tras esta prueba. Esto suele hacerse sobre todo a la hora de calcular el esfuerzo que tienen que hacer estas personas y para ver si es o no rentable hacer un sobreesfuerzo en ese preciso instante de tiempo.

La frecuencia respiratoria se puede dividir en 3 partes:

- Fase 1: Durante los primeros 30 - 50 segundos del periodo deportivo, el deportista comienza a experimentar un incremento considerable en su frecuencia cardíaca.
- Fase 2: En esta fase, la respiración comienza a graduarse. Esta fase suele durar entre 3 y 4 minutos.
- Fase 3: Después de los 4 minutos y si el deportista no ha modificado su ejercicio, es decir si su velocidad corriendo ha sido constante durante este periodo de tiempo, por ejemplo, la respiración se establece y pasa a no ser un esfuerzo mantener esa velocidad.

Un deportista profesional puede llegar a tener como máximo entre 35 y 45 respiraciones durante el periodo del ejercicio.

Prueba de temperatura corporal

Al igual que la prueba anteriormente mencionada, la prueba de temperatura corporal es algo que médicamente se hace de manera rutinaria. De media, una persona tiene una temperatura que ronda los 37°C. Generalmente, tener fiebre indica que el organismo intenta combatir una enfermedad o infección que suele ser vírica.

- Temperatura corporal en el deporte

Durante el ejercicio, el organismo puede llegar como máximo a los 40°C. Esto se debe a que, al aumentar la frecuencia cardíaca, y la frecuencia respiratoria la sangre se desvía por el aparato circulatorio más rápido, permitiendo que se irrigue más calor y haciendo así que el cuerpo se sobrecaliente. Para evitar esto, el cuerpo comienza a evaporar el agua que retiene para refrescarse (sudor).

En caso de que mientras se ejercita el cuerpo se llegue a los 40°C o más, podrían producirse golpes de calor, agotamientos por calor o calambres.

Esta prueba no es muy habitual, solo se hace cuando el clima es muy caluroso después del ejercicio o durante en caso de llevar algún Smartwatch encima.

Diferencia del deporte en grupo y en solitario

Hay diferencias notorias en cuanto a hacer deporte en grupo o en solitario y la mayoría están relacionadas con el esfuerzo físico. Pongamos como ejemplo el ciclismo. Hay 3 factores que alteran el rendimiento de un ciclista durante el deporte, la pendiente de la superficie en la que anda, la gravedad y el roce producido por el suelo y viento. Los circuitos que los ciclistas hacen para entrenar suelen ser diferentes, variando en los 3 factores anteriormente mencionados dependiendo de la resistencia a la que se quiera llegar en ese entrenamiento. Aparte de los factores externos, los factores psicológicos afectan al deportista, sus capacidades, habilidades o coordinación neuromuscular son controlados por el mismo deportista, eso hace que se rinda más en solitario, ya que el deportista ha de marcar todos los pasos que el desea cometer. Cuando un ciclista va en solitario, todo el esfuerzo que genera contra el viento lo tiene que combatir él.

Al contrario, si va en grupo, podría ir en pelotón formando un triángulo y su rendimiento variaría dependiendo de su posición. Esta forma triangular generaría que las personas que van al principio tengan que hacer un esfuerzo mayor que los de atrás, pero menor que en solitario. Es decir, tendría una infraestructura ajena, y una dirección técnica dada por otra persona que lo haría más liviano. Es cierto que también se desenvuelven otras aptitudes como la táctica que lleva el grupo o las relaciones intrapersonales. Estas últimas pueden generar que el rendimiento del grupo sea mayor o menor de una manera muy significativa, ya que afectan mucho a los factores de motivación explicados al principio de este documento.

Deporte en competición

Durante el deporte, el cuerpo produce ciertas hormonas que terminan en el torrente sanguíneo, estas hormonas tales como la testosterona o el cortisol, anteriormente mencionado, aumentan.

En la competición, las que más afectan al rendimiento son las *endorfinas*, que hacen que el deportista module el dolor y mejore el estado de ánimo. Durante el proceso deportivo, se estimula la liberación de endorfinas si se logra una intensidad alrededor del 60-70% de consumo de oxígeno máximo.

Aun así, suele incrementarse más si la motivación del deportista incrementa por algún factor externo, como ver a amigos animando cerca de la meta (suponiendo que se hace un Triatlón). La relación entre este factor externo y

la hormona es el cerebro, ya que estos datos se procesan en el cerebro y es el cerebro quien produce las endorfinas.

Dispositivos de medición y sensores

- Holter

Un monitor holter está diseñado para ver si una persona puede tener arritmias en su día a día. Una arritmia es imposible medirla en un ergometría, es algo totalmente impredecible y para medirla se tendría que tener al paciente enchufado al electrocardiógrafo durante un periodo de 24 o 48 horas. Siendo esto inviable, este tipo de pacientes suele usar este tipo de monitores. Estos aparatos llevan un registro diario de las actividades que realiza y cómo se siente el paciente mientras está usando el monitor.

Este monitor, a diferencia del electrocardiógrafo, solo tiene dos electrodos que se ponen en el pecho, a la altura del corazón y es del todo portátil, pudiendo llevarlo en el bolsillo o en una bolsa colgado del cuello. Gracias a su portabilidad, se consigue hacer una lectura dinámica del comportamiento del corazón.

- Medidor de lactato

Un medidor de lactato mide cuanto lactato hay en sangre por litro. Para ello se suelen utilizar máquinas como el analizador de lactato Biosen. Este aparato puede almacenar hasta 500 resultados de los pacientes y proporciona conectividad a PC y la impresora.

Según su página oficial, *"la medición del lactato en los analizadores de la serie Biosen de EKF se basa en un principio electroquímico. La muestra se toma precisamente por el usuario mediante un capilar de 20 microlitros, para a continuación transferir su contenido a un tubo de Eppendorf que contiene 1 ml de solución de hemólisis.*

El tubo de Eppendorf se cierra entonces y se agita suavemente para que se produzca la mezcla y se hemolice. Después se coloca el tubo de Eppendorf en una de las posiciones de muestra del analizador que de forma automatizada tomará el volumen de muestra necesario para el análisis automático del lactato.

El lactato contenido en la muestra reacciona con el lactato oxidasa y el H_2O_2 generado por la reacción se detecta en el electrodo. La señal amperométrica

(sensor de corriente) es proporcional a la concentración de lactato en la muestra."

- Esfigmomanómetro

El esfigmomanómetro, también conocido como tensiómetro, es un aparato con una válvula que rellena de aire una banda que habitualmente se pone en el brazo. Gracias a este proceso, el brazo se queda sin circulación y cuando esto ocurre, el tensiómetro deja pasar algo de riego por el brazo. Al hacerlo, se puede apreciar un ruido denominado sonidos de Korotkoff sonido generado en la arteria braquial que pueden ser auscultados. Este sonido indica cuando vuelve a haber pulso por lo que el valor marcado por la aguja (la presión que se está generando en el brazo) sería la tensión arterial del paciente.

- Pulsoxímetro

Un pulsioxímetro o también llamado saturómetro, es un artilugio que dependiendo de la coloración de la sangre indica el nivel de oxígeno en la misma. Es decir, cuanto más clara sea la muestra, más oxigenada estará. Se suele medir en porcentajes y el rango suele variar entre 90% y el 100%.

- MetaMax

El MetaMax es un dispositivo capaz de medir la cantidad de oxígeno inhalado y la cantidad de oxígeno exhalado de manera constante durante un periodo de ejercicio. Además de esto, puede medir electrocardiogramas, con su sensor ECG. También tiene sensores GPS y SpO2.

¿Cómo medir el rendimiento en todo momento?

Para medir el rendimiento en todo momento, considero oportunos el lector de oxígeno en sangre Moxy, el Garmin Fenix 6 y el potenciómetro Stryd.

SmartWatches

Hoy en día, hay muchos relojes inteligentes capaces de detectar una gran cantidad de datos relacionados con el deporte. Las marcas más conocidas a nivel deportivo son Garmin y Polar, pero hay marcas comerciales como Apple, con su línea Watch y Samsung, con su línea Galaxy gear.

- Apple watch

Sensores:

- Sensor PPG que detecta la saturación de oxígeno en sangre. La sangre oxigenada absorbe radiación infrarroja emitida por el dispositivo que es capaz de detectar cual es la cantidad absorbida. De esta manera se puede medir la cantidad de oxígeno en sangre. Además de la saturación de oxígeno en la sangre, también se puede medir la frecuencia cardíaca
- GPS apoyándose con las redes wifi-cercanas.
- SLT Sensor de medición de movimientos y patrones de ejercitación de un deportista
- Altímetro siempre activo y barómetro → brújula
- Giroscopio
- Detección de caídas
- Pulsioxímetro
- No tiene termómetro
- Acelerómetro (favorece a la medición de la frecuencia cardíaca)

- Garmin fenix 6

Sensores:

- GPS, Glonass y Galileo (la más precisa es galileo, dándote una posición con variación del error en centímetros).
- Garmin elevate: precisión de frecuencia cardíaca a través de la muñeca.
- altímetro y barómetro → Brújula
- Giroscopio
- acelerómetro
- termómetro
- Pulsioximetría
- Detectores de emergencia

Es cierto que después de ver esta comparación en lo que respecta a sensores de medición, el dispositivo a elegir (al ser tan parecidos) no variaría mucho

en cuanto a sus características de medición. Desgraciadamente, ninguno de los dispositivos mide la frecuencia cardíaca latido a latido, sino que cuando notan un cambio en la persona que lo lleva empieza a medir la frecuencia de manera más seguida. Hasta notar un cambio, los dispositivos miden la frecuencia cardíaca cada 30 segundos. Los primeros dispositivos de medición GPS fueron creados por Garmin y fue pionera en este sector durante años. Esta puede ser una de las razones por las que los dispositivos Garmin han sido populares durante todo el periodo en el que se ha popularizado el uso del smartwatch en el deporte.

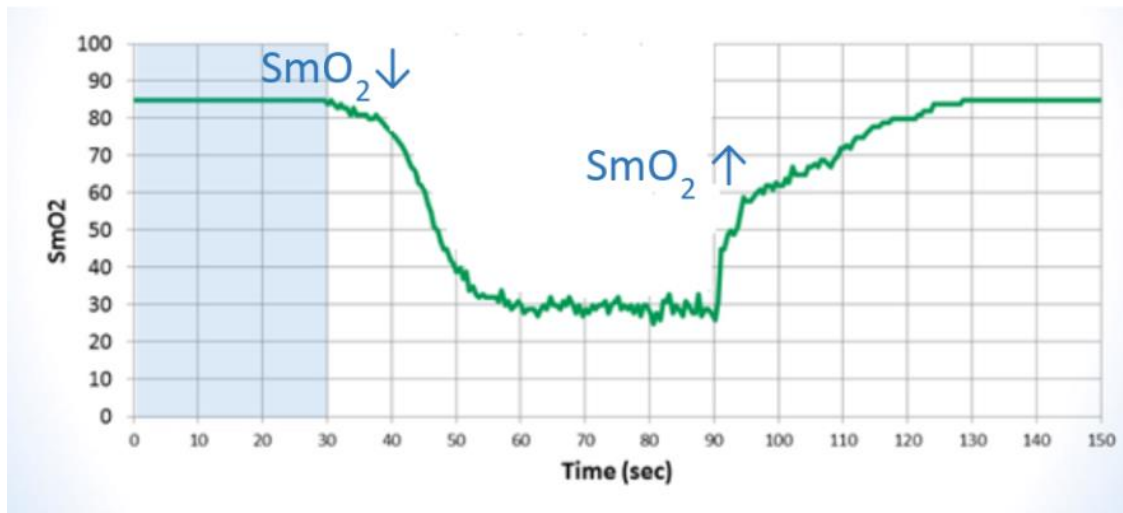
El dispositivo para elegir entre los anteriores dos mencionados es el Garmin, dada su precisión al medir la distancia con su sensor Galileo.

Moxy Monitor

Moxy monitor es un dispositivo que se encarga de medir la hemoglobina total, la hemoglobina oxigenada y la hemoglobina desoxigenada de manera local en un músculo. Es decir, es un dispositivo que se encarga de medir la saturación de oxígeno muscular. Se puede sacar una relación completamente directa con el lactado, ya que en el momento en el que el oxígeno que el músculo necesita es menor al que el cuerpo es capaz de respirar se genera lactato. Es decir, ambos pueden mostrar cambios metabólicos con relación a la intensidad y duración del ejercicio. No hay dispositivos en el mercado por el momento capaces de medir el lactato en sangre de manera global, no invasiva y continua. Es cierto que este factor es medido explícitamente en un músculo, por lo que, si el deportista no se está ejercitando de manera proporcional todo el cuerpo, no estaría siendo una medida muy precisa. Esta, es la razón por la que se suelen poner varios dispositivos.

Es cierto que el cometido de este dispositivo puede parecer idéntico al de un pulsioxímetro, pero un pulsioxímetro mide la saturación de oxígeno en sangre en un vaso sanguíneo en concreto, mientras que en un músculo (compuesto de miles de fibras que contienen vasos) se puede ver de manera más precisa el momento de la oxigenación, además de poder verlo de manera local en cada músculo.

En cuanto a cómo funciona este dispositivo, el monitor Moxy emite una luz infrarroja con una onda de longitud entre 680nm y 800nm capaz de atravesar 1.2mm de grasa y piel. Está compuesto de tres sensores, de los cuales uno emite y otros dos miden la cantidad de luz absorbida por las diferentes formas de hemoglobina. Es decir, al igual que el pulsioxímetro, es capaz de detectar la coloración de la sangre y de trasladar estos datos a un dispositivo.



Los datos se interpretan como un cambio dinámico durante el ejercicio, cuando SmO₂ aumenta, el aporte de O₂ es mayor que la extracción por parte del músculo. Cuando SmO₂ decrece, la extracción de O₂ es mayor que el aporte recibido por el mismo.

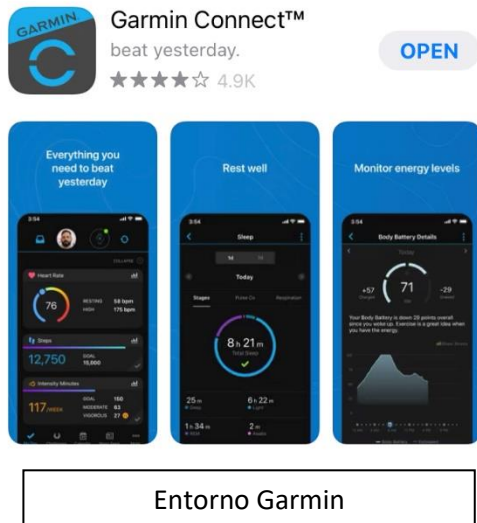
Stryd Wind

Es un potenciómetro portátil y pequeño capaz de medir las fuerzas de acción reacción que hay contra el suelo y la fuerza que genera el viento contra el paciente.

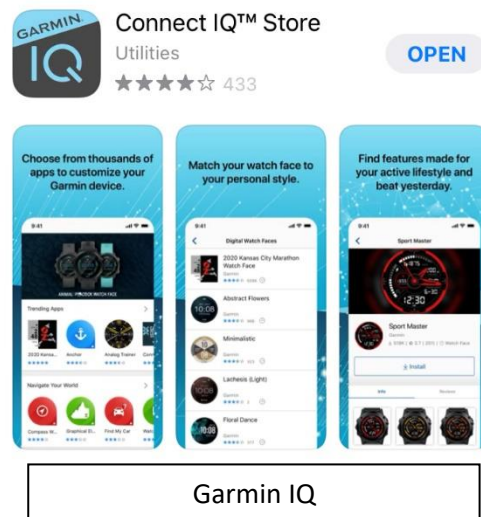
- Sensor de movimiento
- Termómetro
- Sensor de humedad
- Magnetómetro (para adaptarse al entorno)
- SMEM (que tipo de SMEM) Puerto de viento (detecta la resistencia que genera el movimiento con el roce del aire).
- TrueOne® 2400 metabolic measurement system for cardiopulmonary stress testing, indirect calorimetry, and maximal O₂ consumption.
- TuffTread force sensors, sensor que se encarga de medir la fuerza de reacción que el suelo genera en el deportista al correr.

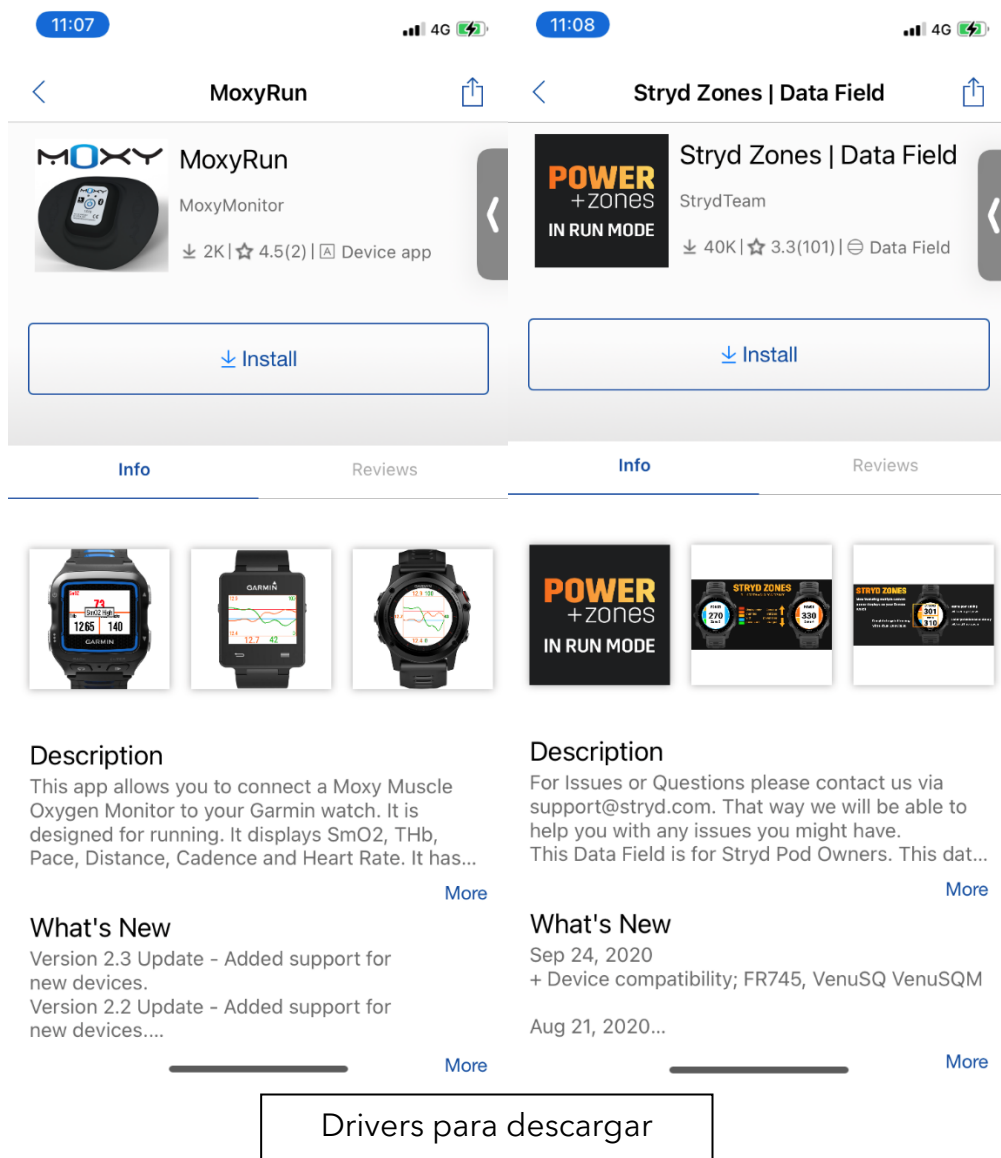
Conectividad entre los dispositivos

Para poder conectar los 3 dispositivos en un solo entorno informático, lo ideal es usar la app de Garmin, ya que el dispositivo que más medidas da es el reloj Fenix 6. Garmin tiene un amplio repertorio de aplicaciones con las que compatibilizar dispositivos de terceros con la aplicación de Garmin para poder tener de manera más precisa los datos del paciente o deportista en cuestión.



Con Garmin IQ se pueden descargar los controladores para compatibilizar los dispositivos y los que habría que descargar son los siguientes.





Con estos drivers y estos dispositivos podemos llegar a controlar en cierta medida el rendimiento del cuerpo durante un periodo de tiempo fuera de un gimnasio o de una consulta médica, sin necesidad de cables ni de objetos pesados además de pudiendo llevar todo el equipo encima. Garmin Connect permite hacer un seguimiento completo del paciente en directo con todos sus dispositivos compatibles. Cuando hablamos de ver la información en directo, se habla de que el reloj Garmin es capaz de leer todos los datos dados por Stryd y por Moxy y mostrarlos en el reloj de manera simultánea. En cuanto a ver los datos en un dispositivo móvil, Garmin sincroniza con el teléfono los datos vía bluetooth y dependiendo de la rutina tarda entre 20 y 30 segundos en copiar toda la información de su memoria a la memoria del teléfono. De esta manera se pasará toda la información del entrenamiento al teléfono pudiendo extraerla en el formato CSV pudiendo luego estudiarla de manera más gráfica en un Excel.

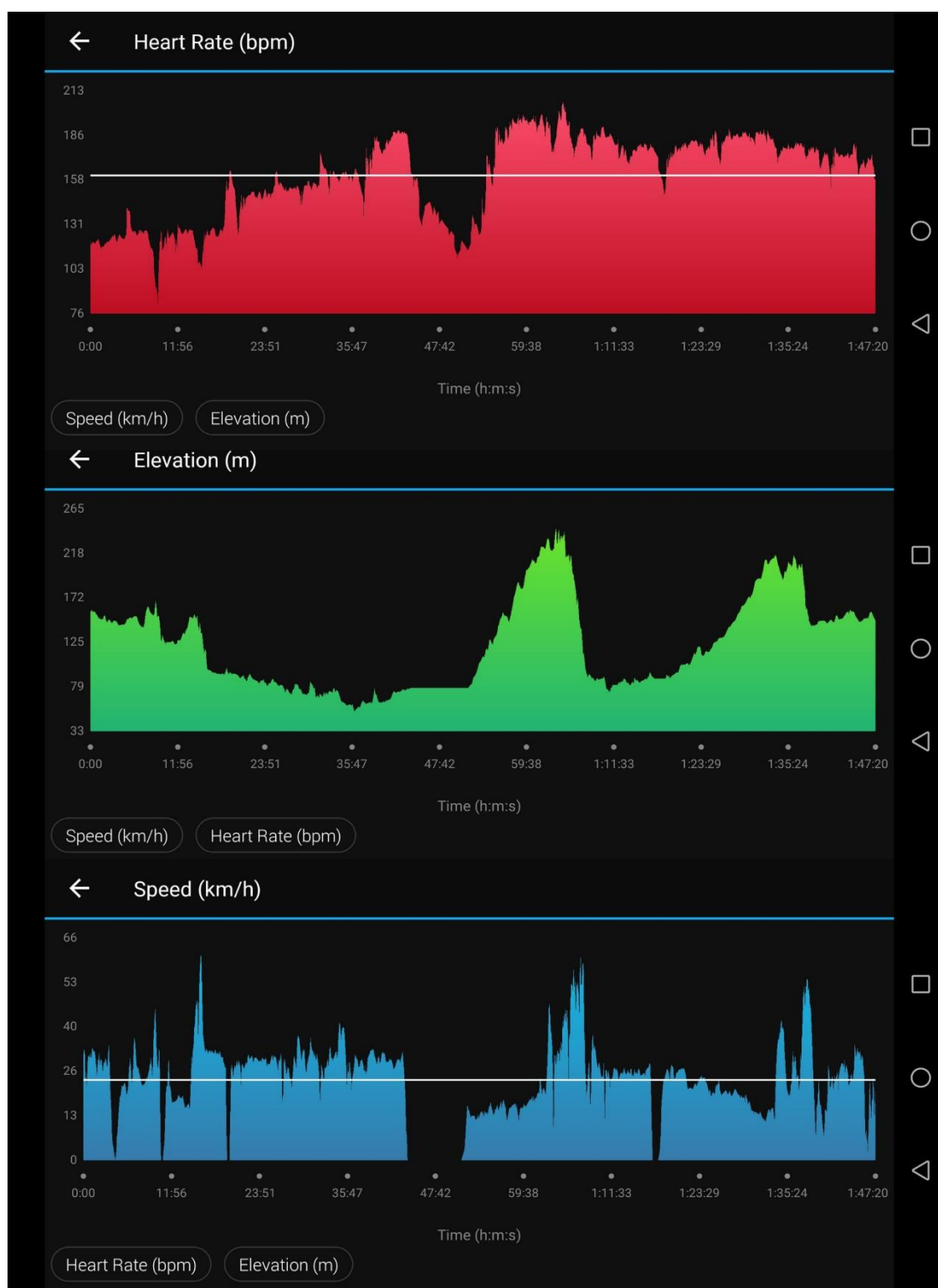
Para ver los datos de manera más directa y de manera 100% remota, hay una nueva funcionalidad de Garmin solo compatible con los dispositivos Android

llamada Life Event Sharing. Esta funcionalidad se encarga de mandar mensajes de texto a los dispositivos que se desee. Los mensajes se envían al iniciar y finalizar el entrenamiento, pero puede programarse para que se envíe de manera periódica cada X kilómetros. (Es necesario llevar el dispositivo encima durante el ejercicio. Solo es compatible para los Android users porque Apple por seguridad no permite enviar a las aplicaciones de manera automática mensajes de texto.) En el mensaje se manda la siguiente información:



Gráficas de Garmin Connect

Una bajada significativa en los gráficos indica que el lector del reloj o que el paciente ha parado de manera muy brusca. Si baja de manera lineal es que el paciente va cuesta abajo o algo genera que no se necesite hacer tanto esfuerzo. En cuanto a la varianza del ritmo cardíaco (HRV) indica la proporción en la que cambia la actividad del corazón. Si la varianza es grande indica que la persona no está en forma, o que no está bien entrenada. En caso de ser mínima, indica que la persona está bien ejercitada.



SDK

Standard SDK

- Steps*
- Calories
- Distance
- Sleep
- Intensity Minutes
- Floors Climbed
- Heart Rate*
- Stress*
- Fitness Activity Details
- Move IQ Events
- Motion Intensity
- Pulse Ox*
- Body Battery
- Respiration
- Battery Percentage**

Standard SDK es el SDK que más información proporciona al desarrollador.

Los datos que se muestran a la izquierda son los datos capaces de leerse con el Fenix 6 de Garmin, desgraciadamente este SDK no permite realizar un seguimiento en vivo con los datos del dispositivo. Tampoco es compatible con la aplicación Garmin connect, por lo que solo podría estudiarse la información en el entorno desarrollado. Si que es posible hacer un fichero de log con todos los datos para luego descargarlo.

Companion SDK

El Companion SDK es el SDK que permite hacer un Streaming de los datos y los transmite gracias al BLE incorporado en los dispositivos Garmin (Bluetooth low energy). Al contrario que el Standard SDK este tiene en cuenta menos parámetros medibles, pero son más que suficientes para este estudio y, además, si es compatible con Garmin connect por lo que también se pueden ver los datos en esa aplicación para su estudio. Al igual que el Standard, también se pueden descargar los datos a un fichero de log.

- Heart Rate
- Stress
- Beat-to-Beat Intervals
- Accelerometer
- Pulse Ox
- Respiration
- Current values for steps, calories, intensity minutes, and floors climbed
- Body Battery**
- Body Percentage**
- Unique Device ID

Connect iQ SDK

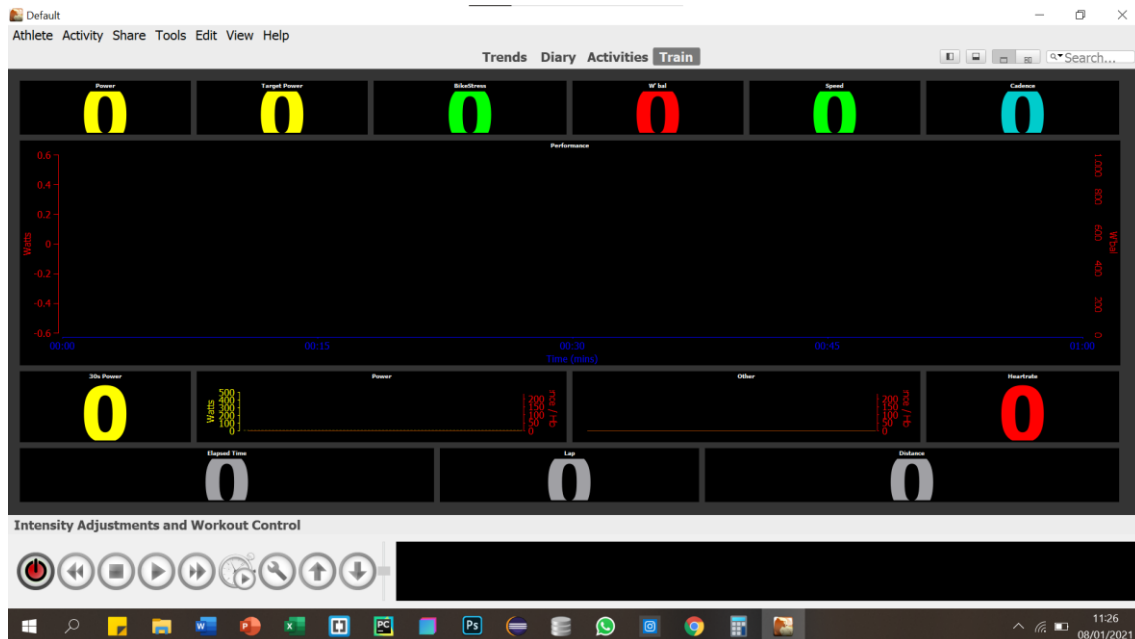
Connect iQ permite personalizar las funciones integradas del dispositivo y permite acceder a los sensores ANT+ de los dispositivos que componen los relojes Garmin.

ANT+

ANT+ es un protocolo de transmisión de datos utilizado por la mayoría de los dispositivos deportivos que permite la retransmisión de los datos en directo.

ANT+ es compatible con los 3 dispositivos elegidos para el estudio del rendimiento del cuerpo, pero la mayoría de los PC no son compatibles con ellos. Para poder leer los datos de los dispositivos en directo desde un PC es necesario comprar un pequeño adaptador que se conecta a un puerto USB

A. Con este adaptador, nuestro equipo es completamente capaz de recibir todos los datos, los de los 3 dispositivos, en directo. Para procesarlos, hay varios programas, pero un OpenSource con bastante potencial es el GoldenCheetah. En este programa se pueden programar las rutinas con el esfuerzo necesario del deportista, y si fuera necesario, podría controlarse de manera automática una cinta de correr o bicicleta para que la rutina fuera más completa.



Panel de control G.Cheetah

Conclusión

Después de este estudio profundo acerca del rendimiento del cuerpo y de como medirlo, concluyo que la mejor manera de medir el rendimiento del cuerpo en un usuario en directo, desde otro dispositivo es utilizando el Moxy Oxigen Monitor, el potenciómetro Stryd Wind y el Garmin Fenix 6 conectados todos ellos a través del protocolo de transmisión ANT+. El proceso de los datos se haría con la aplicación OpenSource GoldenCheetah.

Para medir el rendimiento del cuerpo, se va a tener en cuenta el rendimiento basal del paciente o deportista. Para ver en que momento se pasa del rendimiento basal al rendimiento calórico, es de vital importancia ver cual es la saturación de oxigeno en sangre en todo momento (Moxy). También es necesario medir la frecuencia cardíaca para ver la variabilidad de esta. (HRV) (Fenix) Para un mejor estudio, es necesario ver los factores externos que afectan al rendimiento, tales como la pendiente (Garmin), el viento y la superficie (Stryd).

Es cierto que hay inconvenientes a la hora de intentar medir en directo los datos continuamente, por ejemplo, la señal ANT+ solo se puede recibir a 10

metros de distancia como mucho, y los dispositivos, tienen una batería que también limita su uso (Moxy 3h, Fenix 36h, Stryd 20h). En cuanto a las mediciones, estos dispositivos no son de uso medicinal, por lo que no son completamente precisos y no miden continuamente, suelen medir cada muy poco tiempo el estado del cuerpo y con cálculos estadísticos son capaces de hacer una media de los datos que no se han medido. El Fenix 6 por ejemplo, no mide la frecuencia cardíaca continuamente, la mide cada 30 segundos. Cuando ve que el cuerpo del paciente se agita comienza a medir de manera más frecuente, pero no mide constantemente el ritmo. Con la SDK Companion podría llegar a hacerse, ya que se puede controlar al 100%. Además, se podría configurar para emitir los datos por ANT+. (Garmin no confirma ni desmiente estas dos últimas frases).

Enlaces de compra

[Garmin Fenix 6 en Amazon 458,52€](#)

[Moxy Oxigen Monitor Bermell Electromedicina 955,90€](#)

[Moxy Oxigen Monitor \(Página de Moxy\) 864\\$](#)

[Stryd \(Página oficial\) 229€](#)

[Adaptador de recepción ANT+ en Amazon 18,99€](#)

[Programa Golden Cheetah 0€](#)

Total = 1.570,51€

Bibliografía:

<https://g-se.com/rendimiento-deportivo>

<https://capital.pe/actualidad/6-pilares-basicos-para-mejorar-tu-rendimiento-fisico>

<https://finisher.es/blog/complementos-alimenticios-deportistas/>

<https://cuidateplus.marca.com/ejercicio-fisico/diccionario/prueba-esfuerzo.html>

<https://es.wikipedia.org/>

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003877.htm>

<https://healthia.es/blog/deporte-salud/el-test-de-lactato-es-realmente-util-o-necesario>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK97819/>

<https://grupolasmimosas.com/mimoonline/saturacion-de-oxigeno-niveles/>

<https://www.ortoweb.com/capnografia>

<http://umh1617.edu.umh.es/RESPUESTAS-Y-ADAPTACIONES-RESPIRATORIAS.pdf>

<https://www.biolaster.com/productos/analisis-lactato/lactate-biosen/>

<https://www.pardell.es/capnografo.html>

<http://mastkd.com/2014/12/hormonas-que-regulan-el-rendimiento-deportivo/>

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-11691996000300006&script=sci_arttext

Presentación NIRS Webinar Moxy 5.

<https://www.aemedi.es/cortex.htm>

Entrevistas:

Dr Mauri Xabier Rotinen: Cirujano de trauma en Basurto.

[Dr Jaime Oraa](#): Cirujano de trauma en la UCA.

[Iñaki Erdoiza](#): Responsable de marketing y ventas de custom 4.

Dra Carmen López: Psiquiatra infanto-juvenil.

[Dra Elisabete Alzola](#): Cirujana de cardiología en el hospital de Cruces.

[Francisco Javier Bermell](#): Administrador de Bermell electromedicina.

Dr Eloy Izquierdo: Asesor en electromedicina.

Matt Bevil: Stryd support assistant

Roger Schmits: Moxy support assistant