

Módulo 3. Nuevas tendencias en el análisis del rendimiento físico



☰ 1. Análisis de los periodos de intensidad máxima y submáxima

☰ Referencias

1. Análisis de los periodos de intensidad máxima y submáxima

Una de las principales características que hemos destacado durante el curso sobre R y RStudio es su naturaleza colaborativa. Este aspecto está ligado a las funcionalidades básicas de R. El software contiene una serie de funciones y complementos determinados en su primera instalación, pero, como hemos visto en los documentos y el material de video, necesitamos otras “librerías” para que nuestro análisis o tratamiento de datos sean más rápidos, y nuestro código sea más limpio o eficiente. Estas librerías han sido desarrolladas por otros profesionales para responder a necesidades específicas. Por ejemplo, hay librerías específicas para el tratamiento y la organización de los datos, las cuales harán más sencilla su manipulación y el cambio en su estructura. Otras librerías, por ejemplo, pueden estar enfocadas en el análisis de series temporales, como vimos en el curso anterior, para limpiar las series temporales y hacer los cálculos derivados.

El principio fundamental de estas funciones es que están creadas a partir de otras funciones y combinadas de tal manera que el objetivo

al que queramos llegar sea lo más rápido posible si nuestros datos cumplen las características que requiere la función.

Con esto, queremos destacar la gran ventaja de la que disponemos cuando utilizamos RStudio. De la misma manera que analistas de datos profesionales, matemático y físicos crean paquetes específicos para realizar análisis en sus materias, con unas características determinadas del tipo y origen de sus datos, existen múltiples profesionales de las ciencias del deporte que comparten contenido de gran valor que facilitará el análisis que queramos realizar en nuestro contexto o con nuestros jugadores.

Así, cuando, como profesionales, creamos funciones que pueden resultar de ayuda para otros profesionales y estamos dispuestos a compartir nuestro trabajo con el resto de la comunidad de usuarios de RStudio que puedan beneficiarse de ellas, la distribución de este trabajo puede realizarse de manera relativamente sencilla.

Este módulo pretende, en primer lugar, destacar una serie de métodos de análisis de rendimiento físico, los cuales han sido desarrollados en los últimos años, pero que tienen una particularidad común: existen paquetes específicos en RStudio o GitHub (hablaremos de ello a continuación) que podemos descargar y usar como herramientas en nuestros análisis como sport scientists. El objetivo no es abarcar cada una de las nuevas tendencias en el análisis de rendimiento físico, sino mostrar que existen herramientas para aplicar algunas de estas

nuevas tendencias, sin necesidad de comprar softwares o tecnología específica. En segundo lugar, pretende incentivar al lector de este documento a la creación de nuevo contenido que pueda ser útil para otros profesionales y ayude en el crecimiento y la expansión del análisis de impacto en contextos de rendimiento deportivo.

El principio fundamental de las funciones del software es que están creadas a partir de otras funciones y combinadas de tal manera que el objetivo al que queramos llegar sea lo más rápido posible si nuestros datos cumplen las características que requiere la función.

Verdadero

Falso

SUBMIT

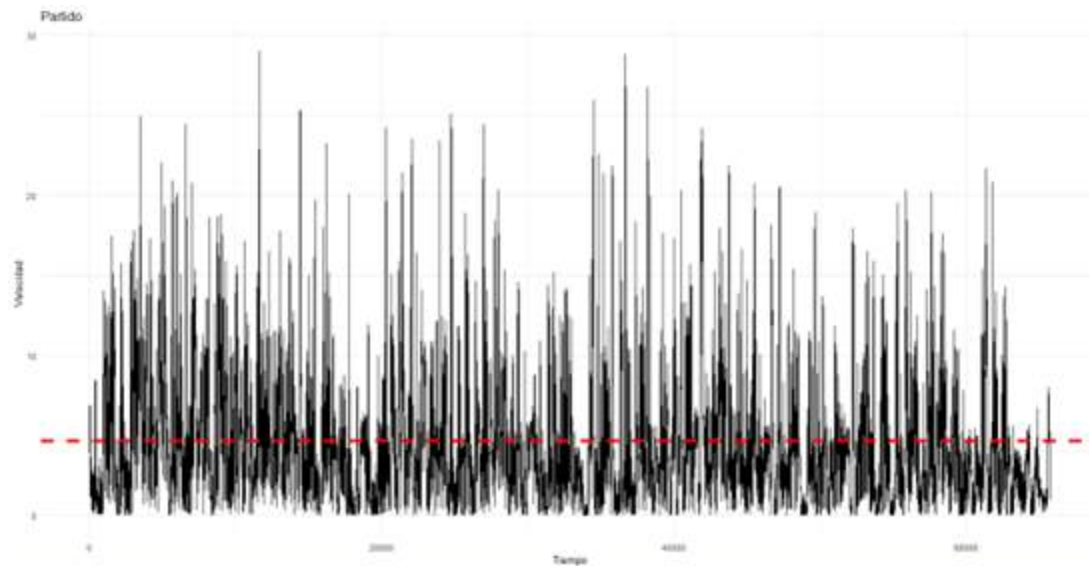
Análisis de los periodos de intensidad máxima y submáxima

El conocimiento de las demandas físicas del deporte es el punto de partida para cualquier metodología de desarrollo y acondicionamiento físico. Conocer el estrés condicional al que está sometido el deportista durante la competición y el entrenamiento es clave para diseñar y periodizar su entrenamiento. La competición, en muchas ocasiones, es el punto de referencia para determinar el perfil y el desempeño físico de los jugadores.

En deportes de naturaleza intermitente, en los cuales se intercalan fases de acción y descanso (Lapuente-Sagarra, 2011), es decir, que no son cíclicos o de muy corta duración, el análisis de las demandas medias de competición no refleja aquellas fases en las que el jugador está sometido a intensidades superiores.

Por ejemplo, en la siguiente imagen (figura 1) vemos cómo, durante un partido, la señal de velocidad para un jugador de fútbol muestra que hay fases donde el jugador cubre distancias a mayor velocidad (picos altos) y están intercaladas por fases de menor actividad (líneas más bajas). La línea horizontal roja muestra la velocidad promedio de ese partido (la cual se sitúa en 4,6 km/h, muy lejos de los picos a más de 25 km/h a los que llega el jugador).

Figura 1: Señal de velocidad registrada por GPS durante un partido de fútbol



Fuente: elaboración propia.

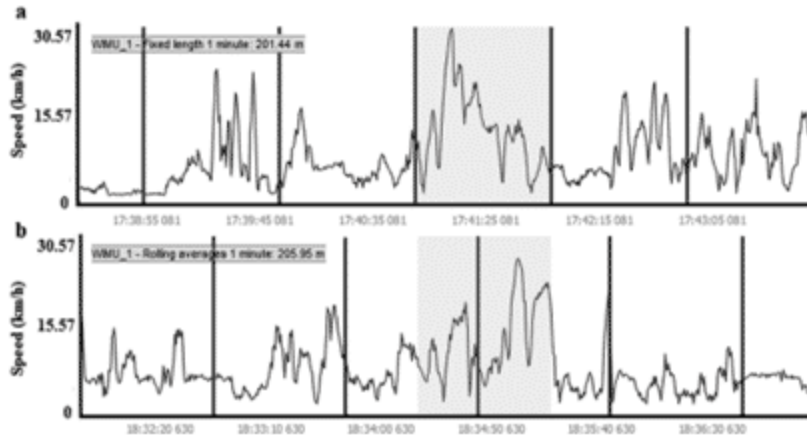
Como vemos, la velocidad media no es representativa de las demandas físicas del jugador, ya que estaríamos obviando esa naturaleza intermitente que destacamos antes. Por lo tanto, este valor promedio presenta una clara limitación si lo queremos utilizar como intensidad referencia al replicar las demandas del juego en nuestros entrenamientos o progresar hasta intensidades similares en procesos de rehabilitación o pretemporada.

Para solventar esta problemática, en los últimos años se han buscado métodos para analizar fases de intensidad mayor que la intensidad

promedio del partido. En esos primeros análisis, se optó por dividir la duración total del partido en bloques temporales fijos, es decir, analizar esa velocidad media cada 1,3 o 5 minutos. Sin embargo, Varley et al. (2012) destacan cómo esta metodología puede no ser la adecuada para detectar las fases más intensas puesto que esos períodos pueden encontrarse entre los bloques temporales fijos.

El método utilizado para poder detectar esos periodos entre bloques temporales fijos es el promedio móvil. Los promedios móviles permiten capturar la intensidad media de la duración que determinemos (1 minuto, 3, 5, etc.) a lo largo de toda la serie temporal. Simplifiquemos este concepto con un ejemplo: si utilizamos un promedio móvil de 1 minuto en una señal de velocidad que tiene datos cada segundo, en punto temporal de 1'01", tendremos la intensidad media desde 1" hasta 1'01"; a continuación, en el punto temporal 1'02", la intensidad media que obtendremos va desde 2" hasta 1'02", y así consecutivamente a lo largo de la señal.

Figura 2: Diferencia entre los métodos de longitud fija (a) y de media móvil (b) para la detección de WCS



Fuente: Oliva-Lozano et al. (2020), p. 326

Esta visualización de Oliva Lozano et al. (2020) muestra perfectamente esas diferencias. Si queremos analizar el minuto de mayor intensidad de esta señal de velocidad, aquel minuto en que se ha recorrido mayor distancia, utilizando la división de la señal de intensidad mediante ventanas fijas de 1 minuto, el valor que obtenemos es de 201 metros; observando el gráfico, vemos que se encuentra en el minuto 4, en el cuarto bloque. Sin embargo, en el segundo ejemplo, utilizando el promedio móvil, obtenemos una distancia de casi 206 metros, y este se encuentra entre dos bloques de tiempo fijo, lo que muestra las ventajas de análisis mediante promedios móviles.

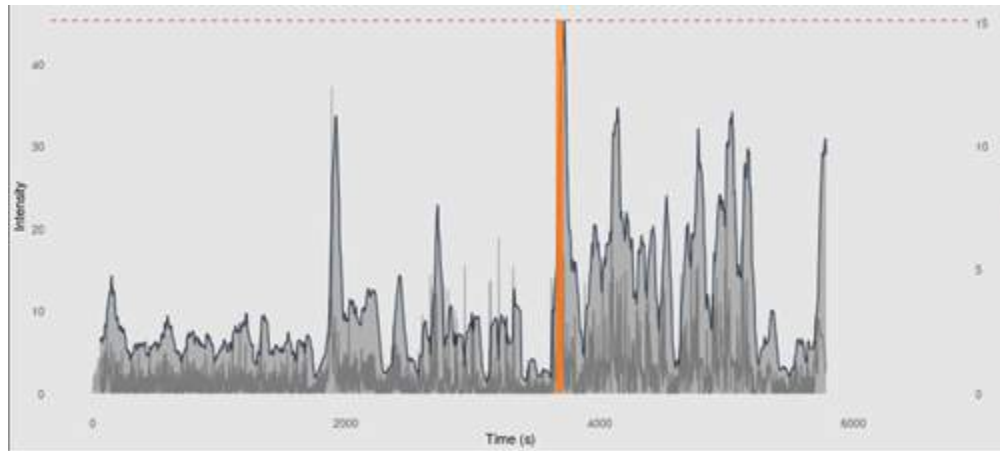
Garcia et al. (2018), utilizando esta metodología, analizaron los periodos de mayor intensidad por grupo posicional en el fútbol y compararon estas intensidades con las obtenidas durante los

entrenamientos, para determinar si el estímulo a nivel de intensidad durante el entrenamiento era similar a las demandas de competición. Para ello, analizaron ventanas temporales (duraciones del promedio móvil) de 3, 5 y 10 minutos, para cada una de las variables.

Con estos dos últimos puntos, queremos remarcar la importancia en la selección de criterios de análisis. En primer lugar, la intensidad que obtendremos se condeciría con la duración analizada (Delaney et al., 2017). Y deberemos escogerla según el criterio que consideremos. En algunos contextos, la duración de la ventana temporal se escoge según la duración de las tareas que utilicemos en el entrenamiento; en otros casos, la selección puede estar justificada por las relaciones con adaptaciones fisiológicas.

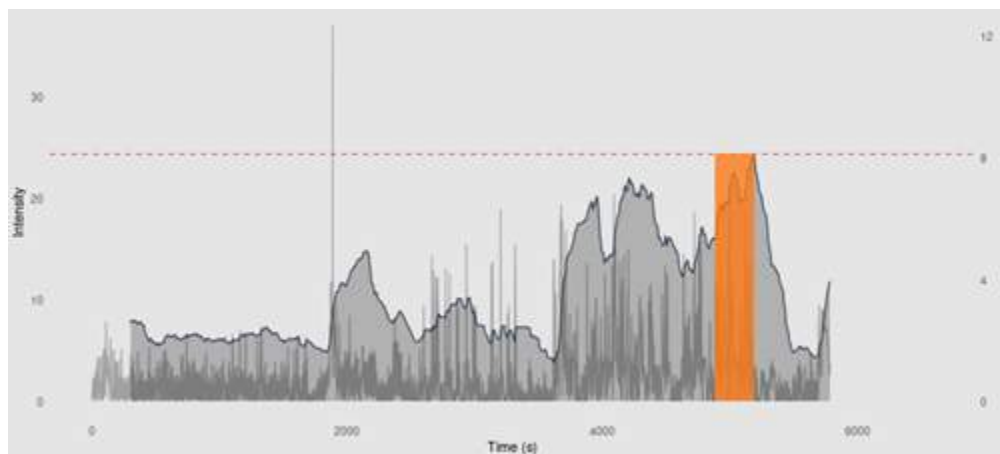
A continuación, se muestra la misma señal de intensidad utilizando dos ventanas temporales: en el primer gráfico (figura 3), de 1 minuto; en el segundo gráfico (figura 4), de 5 minutos. La señal de intensidad utilizada en ambos casos es la velocidad en km/h; la señal original de velocidad es la que se muestra de color negro, difuminada en el fondo; y el promedio móvil está representado por la línea azul y el sombreado gris.

Figura 3: Señal de velocidad utilizando una ventana temporal de 1 minuto



Fuente: elaboración propia.

Figura 4: Señal de velocidad utilizando una ventana temporal de 1 minuto

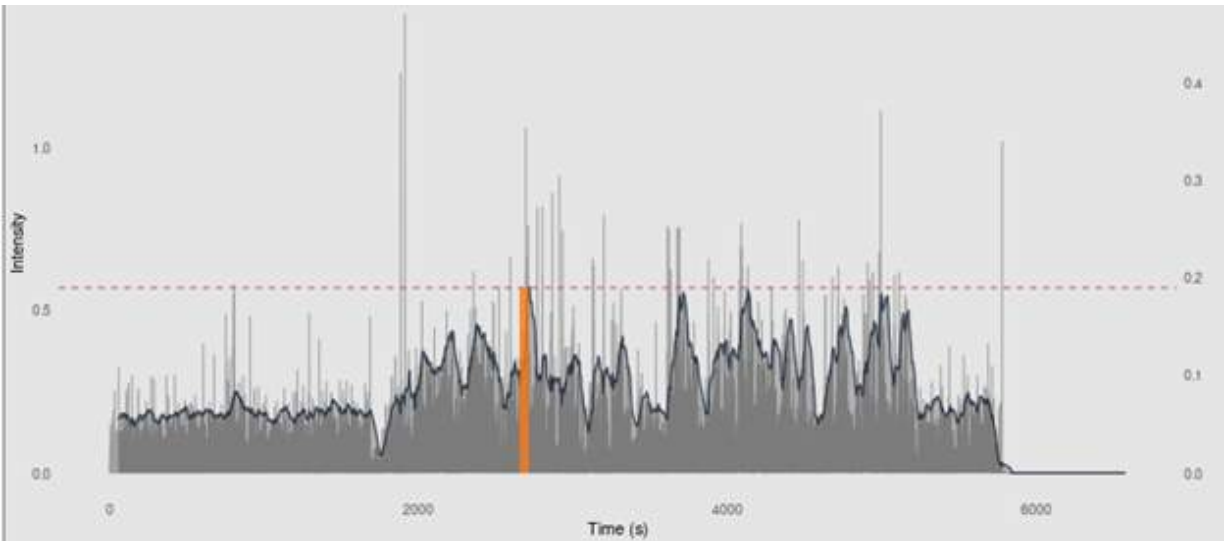


Queda claro con los ejemplos que el promedio móvil hace que la señal de intensidad quede suavizada, es decir, que pasamos de tener una gran cantidad de picos en la señal a una señal más continua. Este es el objetivo del promedio móvil: resumir una señal con mucho "ruido" (picos y cambios de velocidad) para dar información sobre lo que ha sucedido cada x cantidad de tiempo.

La barra sombreada naranja muestra cuál es el periodo de mayor intensidad en cada uno de los gráficos. Con este ejemplo, queremos mostrar cómo el criterio de selección de la ventana temporal es fundamental, el minuto de mayor intensidad se ubica en un punto del partido completamente diferente a los 5 minutos más intensos, y las intensidades de cada uno también son distintas (representadas por el eje de la izquierda).

El segundo punto que hay que tener en cuenta es la variable que se va a analizar. Los periodos de mayor intensidad son específicos para la variable analizada. Cada una de las variables reflejará aspectos de la carga distintos (mecánicos, locomotores, metabólicos), por lo que cada uno de los periodos de mayor intensidad será específico para dicha variable.

Figura 5: Señal de acceleration density utilizando una ventana temporal de 1 minuto



Fuente: elaboración propia.

En este gráfico, nos encontramos con la misma sesión, pero analizando la variable *acceleration density* (cambio en la señal de aceleración). La ventana temporal es de 1 minuto, igual que en el gráfico anterior, y vemos cómo este periodo se encuentra en un lugar de la serie temporal distinto al de la señal de velocidad.

Ambos puntos tendrán implicaciones directas en los resultados y la interpretación de ellos para guiar en el diseño o la evaluación de tareas que pretendan replicar las intensidades máximas del juego. El

criterio del *sport scientist* y el conocimiento del contexto serán las claves para decidir los criterios de selección.

Podemos aportar mayor valor a estos análisis si seguimos el trabajo de Ju et al. (2022), en el cual se registran estos periodos de mayor intensidad y se analizan las acciones que se llevan a cabo en el partido para conocer qué tipo de desempeño técnico y táctico tienen los jugadores y el equipo en las situaciones de mayor intensidad.

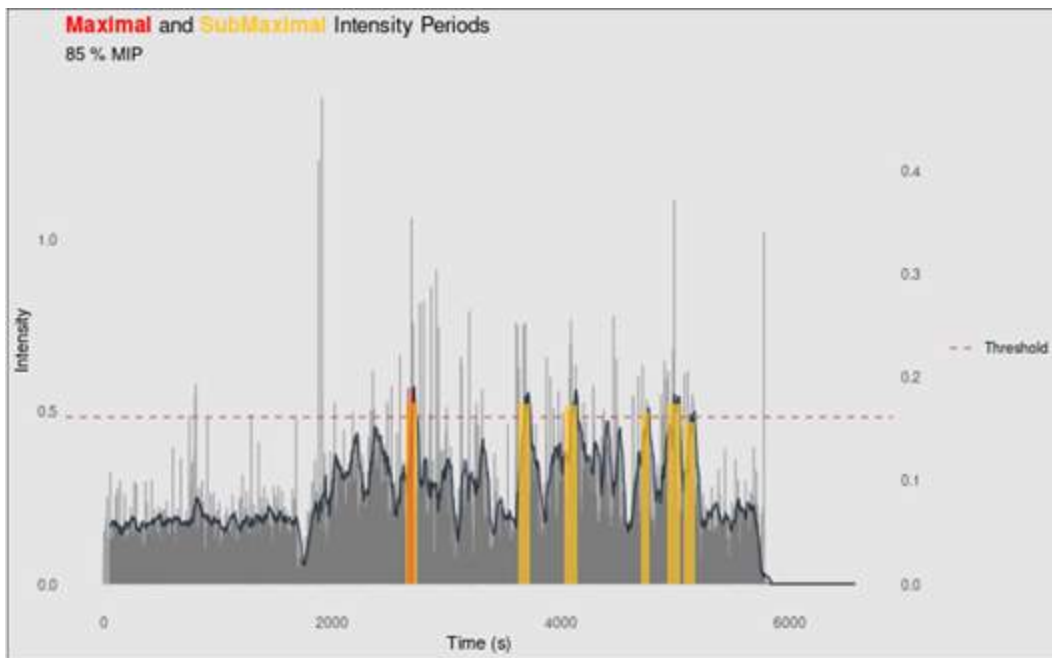
Sin embargo, aunque el análisis de los periodos de máxima intensidad pueda resultar de gran utilidad, también presenta una serie de limitaciones que han intentado ser corregidas en los últimos años. Novak et al. (2021) destacan que existe gran variabilidad en las intensidades obtenidas entre partidos, e Illa et al. (2020) muestran que hay una cantidad considerable de periodos en los que el jugador logra intensidades cercanas al máximo. Estos dos factores muestran que si se analiza únicamente un valor aislado del partido, se pueden estar obviando otros momentos en los que el jugador tiene una exigencia alta sin llegar a valores máximos y que pueden tener claras implicaciones fisiológicas.

Para analizar este tipo de demandas, en los últimos años se ha propuesto el análisis de periodos submáximos (SubMIP). Este análisis pretende analizar todos aquellos periodos cercanos a una intensidad máxima y cuantificar su intensidad, duración y frecuencia (número de periodos).

De la misma manera que analizamos los periodos de mayor intensidad, debemos tener en cuenta una serie de criterios para analizar los periodos submáximos:

- Duración de la ventana temporal: la duración elegida mostrará aquellas fases cercanas al máximo de la misma duración o una ligeramente superior.
- Variable analizada: las fases cercanas al máximo serán específicas para la variable analizada.
- Umbral de referencia: aquí hay que definir qué consideramos como intensidad cercana al máximo (por ejemplo, 85 % del periodo de máxima intensidad).
- Intensidad de referencia: si utilizamos una ventana temporal de 1 minuto, la intensidad máxima de referencia deberá ser de una ventana temporal de 1 minuto. Deberemos elegir si ese máximo es de la misma sesión o del mismo partido que analizamos, o un máximo histórico de la posición o del jugador.

Figura 6: Periodos de intensidad máxima y submáxima



Fuente: elaboración propia.

Utilizando el mismo partido que antes con la señal de *acceleration density*, y utilizando también como criterio la ventana temporal de 1 minuto, y como periodo de máxima intensidad, el valor del gráfico anterior, y un umbral del 85 %, podemos ver que existen 6 periodos en los que el jugador se encuentra exhibiendo intensidades cercanas al máximo durante periodos cercanos a un minuto.

Con este tipo de análisis, Caro et al. (2022) e Illa et al. (2020) observaron diferencias en los valores obtenidos entre jugadores. Destacaron, así, la importancia del análisis para la individualización de la preparación de los jugadores; también compararon los valores obtenidos en los partidos con los obtenidos en los entrenamientos.

De la misma manera que analizamos los periodos de mayor intensidad, debemos tener en cuenta una serie de criterios para analizar los periodos submáximos.

Identifique los 4 criterios correctos:

- Duración de la ventana temporal
- Variable analizada
- Umbral de referencia
- Intensidad de referencia
- Umbral de intensidad

SUBMIT

¿Cómo aplicamos estos análisis a nuestros datos?

Uno de los puntos fuertes de la utilización de RStudio para el análisis de datos es la capacidad de replicar los métodos propuestos en

distintas investigaciones. En el material de video, veremos cómo podemos replicar este tipo de análisis a partir del raw data de datos GPS. Sin embargo, hemos destacado al inicio del documento que existen recursos a nuestra disposición para poder facilitar los procesos.

En el caso de los periodos de máxima y submáxima intensidad, disponemos de un paquete muy sencillo, elaborado como ejemplo, que permite realizar esos análisis de manera más eficiente, para aquellos profesionales que se encuentren en un contexto donde no disponen de tiempo para elaborar las funciones y replicar los pasos propuestos en las investigaciones académicas; el paquete tiene el nombre de SubMIP.

Habitualmente, descargamos los paquetes o librerías directamente desde la interfaz de RStudio, pero, en muchos casos, utilizamos paquetes creados por desarrolladores individuales que no están publicados en CRAN (biblioteca de paquetes de R), puesto que no cumplen todos sus requisitos para ser publicados en R o aún están en fase de desarrollo. Estos paquetes habitualmente se encuentran en GitHub.

GitHub es una plataforma para desarrolladores que permite crear y almacenar versiones antiguas de cierto código, y compartirlo. Utilizaremos una línea de códigos que colocaremos en nuestra terminal para descargar cualquier paquete de R que queramos utilizar procedente de GitHub.

En el caso de los periodos máximos y submáximos, utilizaremos el siguiente código:

devtools::install_github('davidpajon/SubMIP')

Previamente, se deberá instalar el paquete devtools para permitir instalaciones desde GitHub. Una vez instalado, el paquete cumplirá nuestro objetivo. Disponemos de 3 funciones muy sencillas:

- Función `mip()`: permite conocer el periodo de máxima intensidad de la señal elegida y la ventana temporal deseada. Tiene dos argumentos:
 - Métrica o variable por analizar
 - Duración o ventana temporal
- Función `submip()`: permite conocer el número de periodos de intensidad cercana al máximo, su duración e intensidad. Tiene cuatro argumentos:
 - Valor de intensidad de referencia del periodo de máxima intensidad
 - Duración o ventana temporal
 - Métrica o variable por analizar

- Umbral a partir del cual queremos detectar periodos.
- Función `submip_plot()`: utiliza los mismos argumentos que la función anterior y muestra un gráfico de los valores obtenidos como el anterior.

Este ejemplo pretende mostrar un recurso a disposición del *sport scientist* que busca responder a posibles necesidades de análisis relacionadas con investigaciones recientes.

GitHub tiene dos ventajas fundamentales: podemos acceder a todo el código creado por el desarrollador y conocer cómo se ha llegado a la creación de estas funciones; y, si tenemos la necesidad de evolucionar en el análisis y disponemos de tiempo, podemos utilizar la base del código para ampliar las funcionalidades de este y adaptarlo al contexto o al tipo de datos que tengamos. Por ejemplo, las funciones del paquete SubMIP que hemos descrito están configuradas para utilizar *raw data* GPS a 10 Hz; si nuestros datos tienen otra frecuencia de muestreo, podríamos adaptar el código base para cumplir con los requisitos de nuestros datos. Lo mismo ocurriría para archivos múltiples o si queremos analizar múltiples variables a la vez.

¿Cuáles son dos de las ventajas fundamentales de GitHub según el texto?

-
- Podemos acceder a todo el código creado por el desarrollador.
 - Permite compartir código de manera privada con un grupo selecto.
 - Facilita la evolución y adaptación del código según el contexto o tipo de datos.
 - Nos ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE).
 - Permite la creación de repositorios públicos ilimitados.

SUBMIT

Otros recursos disponibles

Como hemos destacado al inicio del documento, el mundo académico y profesional está en constante desarrollo. Nueva tecnología aparece con mucha frecuencia, y se plantean nuevos métodos de análisis de rendimiento físico, control de carga, análisis de riesgo de lesión, entre otros. Tenemos a disposición una herramienta como RStudio, que nos

permite explorar análisis avanzados y plantear nuevos enfoques. Nuestras inquietudes y aquellas preguntas que queremos responder marcarán nuestras necesidades o búsqueda de trabajos, código o paquetes similares que podamos utilizar. Utilizar el código que se encuentra en GitHub o que comparten otros profesionales puede ser una buena práctica para familiarizarse con ciertos tipos de análisis y con otros métodos para escribir códigos, aunque siempre debemos referenciar de dónde hemos obtenido el código base.

A continuación, se destacan otros paquetes o recursos relacionados con el análisis del rendimiento físico, desarrollados por profesionales de nuestro ámbito y cuyo objetivo es facilitar el análisis y dotar de herramientas eficientes a otros profesionales.

- **Análisis del perfil aceleración-velocidad**

Pearson et al. (2024) comparten un paquete con varias funcionalidades para analizar las características del perfil de aceleración-velocidad a partir de datos GPS o datos medidos mediante fracción de tiempo.

Este análisis, original de Morin et al. (2021), permite medir el desempeño mecánico del jugador durante el sprint, sin necesidad de realizar test ni tecnología específica, fuera de las sesiones habituales de

entrenamiento. Los valores obtenidos mediante este análisis permiten determinar diferencias entre jugadores, cambios durante la temporada y posesión (López-Sagarra et al., 2022).

Podemos encontrar la información referente a este paquete en el siguiente enlace:

GitHub - aaronzpearson/midsprint

- **Modelo de dosis-respuesta**

Jovanovic et al. (2020) comparten un paquete para aplicar los análisis de Clarke y Skiba (2013) los cuales pretenden determinar la adaptación del jugador a partir del control de la dosis y los resultados test físicos determinados. Este paquete permite conocer la metodología detrás de esa propuesta y utilizarla en nuestro contexto.

Podemos encontrar la información referente a este paquete en el siguiente enlace:

GitHub - mladenjovanovic/dorem: Dose Response Modeling

- **Edad biológica y cronológica**

Fernandez pone a disposición un paquete en el que se pueden utilizar funciones y visualizaciones para determinar las diferencias entre la edad biológica y cronológica del jugador, entre otras (R Core Team, s. f.). Se trata de un concepto clave en la identificación de talento y que deben tener en cuenta los profesionales relacionados con el rendimiento físico.

Podemos encontrar la información referente a este paquete en el siguiente enlace:

CRAN - Package matuR (r-project.org)

- **Determinar asimetrías**

Pearson (2024), siguiendo el trabajo de Bishop et al. (2016), comparte un paquete en el que podemos aplicar funciones para determinar asimetría cumpliendo los requisitos de los autores.

Podemos encontrar la información referente a este paquete en el siguiente enlace:

GitHub - aaronzpearson/interlimb: An R Package to Assess Interlimb Asymmetries

CONTINUAR

Referencias

Bishop, C., Read, P., Chavda, S. y Turner, A. (2016). Asymmetries of the Lower Limb: The Calculation Conundrum in Strength Training and Conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 38. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000264>

Caro, E., Vázquez, M., Lapuente-Sagarra, M. y Caparros, T. (2022). Analysis of professional soccer players in competitive match play based on submaximum intensity periods. *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/peerj.13309>.

Clarke, D. C. y Skiba, P. F. (2013). Rationale and resources for teaching the mathematical modeling of athletic training and performance. *Advances in Physiology Education*, 37(2), 134-152. <https://doi.org/10.1152/advan.00078.2011>.

Delaney, J., Compton, H., Rowell, A., Dascombe, B., Aughey, R. y Duthie, G. (2017). Modelling the decrement in running intensity within professional soccer players. *Science and Medicine in Football*, 2(2), 86-92. <https://doi.org/10.1080/24733938.2017.1383623>.

R Core Team. (s. f.). matuR: Athlete Maturation and Biobanding. R Project. <https://cran.r-project.org/web/packages/matuR/index.html>

Illa, J., Fernández, D., Tarragó, J.R. y Reche, X. (2020). Most Demanding Passages in Elite Futsal: An Isolated or a Repeat Situation? Apunts. Educación Física y Deportes, 142, 80-84. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2020/4\).142.10](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/4).142.10).

Jovanovic, M., Hemingway, B. S. y Swinton, P. (2020). dorem: Dose Response Modeling. R package version 0.0.0.9001. Retrieved from <https://dorem.net>. doi: 10.5281/zenodo.3757085 Dose Response Modeling • dorem ([mladenjovanovic.github.io](https://github.com/mladenjovanovic))

Ju, W., Doran, D., Hawkins, R., Gómez-Díaz, A., Martin-Garcia, A., Ade, J. D., Laws, A., Evans, M. y Bradley, P. S. (2022). Contextualised peak periods of play in English Premier League matches. Biol Sport, 39(4), 973-983. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2022.112083>

Lapuente-Sagarra, M. (2011). Control de la carga semanal de entrenamiento en futbolistas mediante tecnología GPS. Revista de preparación física en el fútbol, (2), 37-43. <https://innovafootball.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/05/control-carga-semanal.pdf>

Morin, J. B., Le Mat, Y., Osgnach, C., Barnabo, A., Pilati, A., Samozino, P. y Prampero, P. (2021). Individual acceleration-speed profile in-situ: A

proof of concept in professional football players. Journal of Biomechanics, 123. In press. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110524>.

Novak, A., Impellizzeri, F., Trivedi, A., Coutts, A. y McCall, A. (2021). Analysis of the worst-case scenarios in an elite football team: Towards a better understanding and application. Journal of Sports Sciences, 39, 1-10. 10.1080/02640414.2021.1902138.

Oliva-Lozano, J., Martín-Fuentes, I., Fortes, V. y Muyor, J. (2020). Differences in worst-case scenarios calculated by fixed length and rolling average methods in professional soccer match-play. Biology of Sport, 38(3), 325-331. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.99706>.

Pearson, A. (s. f.). Interlimb. GitHub. <https://github.com/aaronzpearson/interlimb>

Pearson, A., Chu, D. y Ward, P. (2024). midsprint: midsprint makes building in-game player profiles easy. R package version 0.2.0.

Varley, M., Elias, G. y Aughey, R. (2012). Current Match-Analysis Techniques' Underestimation of Intense Periods of High-Velocity Running. International Journal of Sports Physiology and Performance, 7(2), 183-185. <https://doi.org/10.1123/ijspp.7.2.183>.

López-Sagarra, A., Baena-Raya, A., Casimiro Artes, M., Granero-Gil, P., & Rodríguez-Pérez, M. A. (2022). Seasonal Changes in the Acceleration–Speed Profile of Elite Soccer Players: A Longitudinal Study. *Applied Sciences*, 12(24), 12987. <https://doi.org/10.3390/app122412987>.

CONTINUAR