

# Módulo 2. El entrenamiento coadyuvante en el microciclo estructurado

La tendencia en la última década es considerar a las deportistas como sistemas dinámicos complejos e inestables, que cambian de estado a partir de situaciones de desequilibrio acumuladas durante su experiencia. Un cambio en cualquiera de las partes que forma a la deportista influirá en el resto; por lo tanto, al plantear tareas de entrenamiento, deberemos valorar cómo nuestra propuesta influirá en el comportamiento general de la jugadora y no solamente en la parte del sistema en la que intervenimos. Tal y como se explica en el Módulo 1, no podemos pensar que la futbolista es algo independiente, sino que la interacción de la jugadora con el entorno hará que emerjan las diferentes posibilidades de acción. Estas posibilidades de acción son específicas del entorno y la jugadora. Por eso, es importante entender cómo las características individuales de la jugadora interactúan con el entorno competitivo. En 1977, Prigione identificó a los seres humanos como estructuras disipativas, dando las claves para entender esta posibilidad que hace a cada individuo único e irrepetible como consecuencia de los procesos que lo conformaron en su entorno específico. Para llevar la teoría sistémica a la práctica, Paco Seirullo Vargas propuso un modelo explicativo donde la deportista está en el centro como objeto central del entrenamiento. Seirullo Vargas (2017) entiende a la jugadora como la organización disipativa resultante de la capacidad de interconexión de todas estas dimensiones a las que denomina estructuras (Figura 1).

Las estructuras son las siguientes:

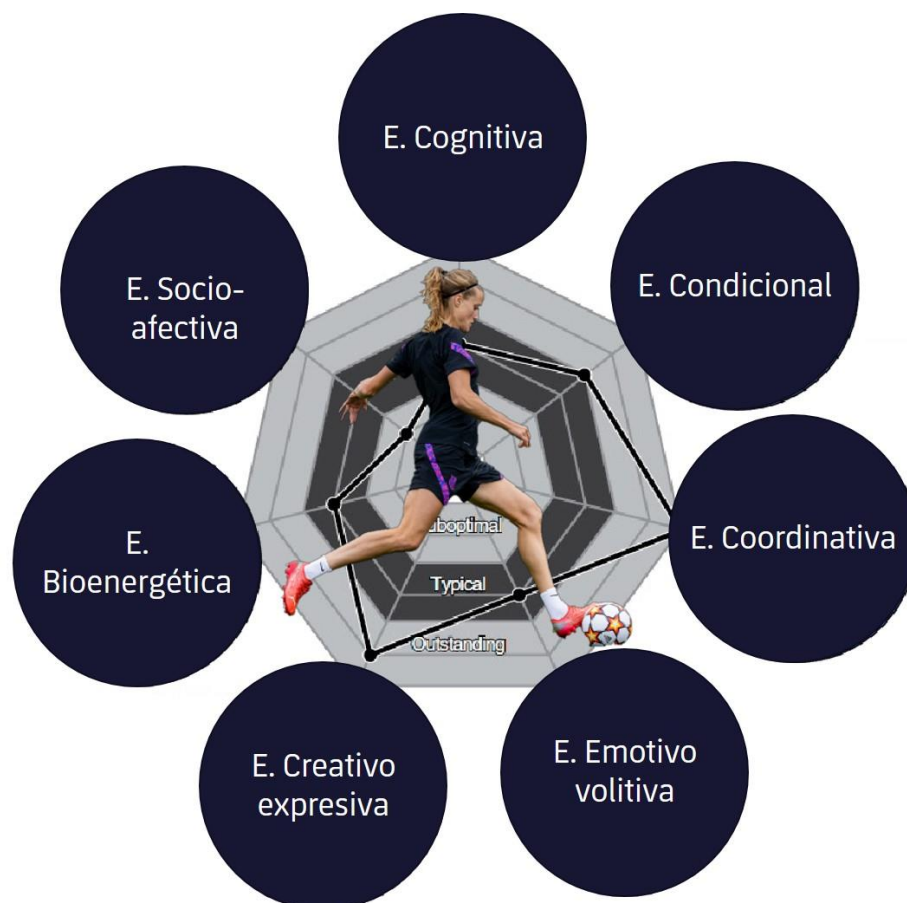
- Estructura socioafectiva: vinculada con la relación e identificación con los compañeros y el rol que desempeña cada uno. Su funcionalidad se manifiesta en la calidad y la estabilidad de las relaciones interpersonales socioafectivas fundamentadas en los sentimientos y afectos que se producen durante las prácticas específicas del fútbol.
- Estructura coordinativa: relacionada con la movilidad, lateralidad y disociaciones. Su funcionalidad se manifiesta en la posibilidad de ejecutar el movimiento deseado y eficiente, sin tener en cuenta las condiciones del entorno en las cuales se tenga que realizar. Esta estructura pretende eficacia y eficiencia.
- Estructura cognitiva: responsable del proceso de percepción-acción. Su funcionalidad se manifiesta en la eficiencia para captar, identificar y tratar la información relevante del entorno de juego.
- Estructura emotivo-volitiva: relacionada con los sentimientos propios y los estados de ánimo (nivel de ansiedad, cansancio, estrés, liderazgo, etc.). Identifica,



regula y encauza todas las emociones y deseos que impulsan a moverse o a no hacerlo. Esta estructura está determinada por el esfuerzo requerido para obtener los objetivos deseados.

- Estructura creativo-expresiva: relacionada con la capacidad expresiva y las relaciones interpersonales que aparecen en la competición y el entrenamiento. Esta estructura construye las formas de comunicación que son útiles, necesarias e identitarias del juego y la forma de vivirlo e interpretarlo (el yo para con nuestro equipo).
- Estructura bioenergética: relacionada con las vías energéticas. Aporta y renueva la bioenergía haciendo posible el desarrollo de todas las estructuras.
- Estructura condicional: relacionada con las capacidades motrices. Su funcionalidad se manifiesta por medio de la capacidad de generar tensión intramuscular (fuerza) y las diferentes manifestaciones relacionadas con el espacio/tiempo (velocidad/resistencia).

**Figura 1. Estructuras que conforman a la jugadora**

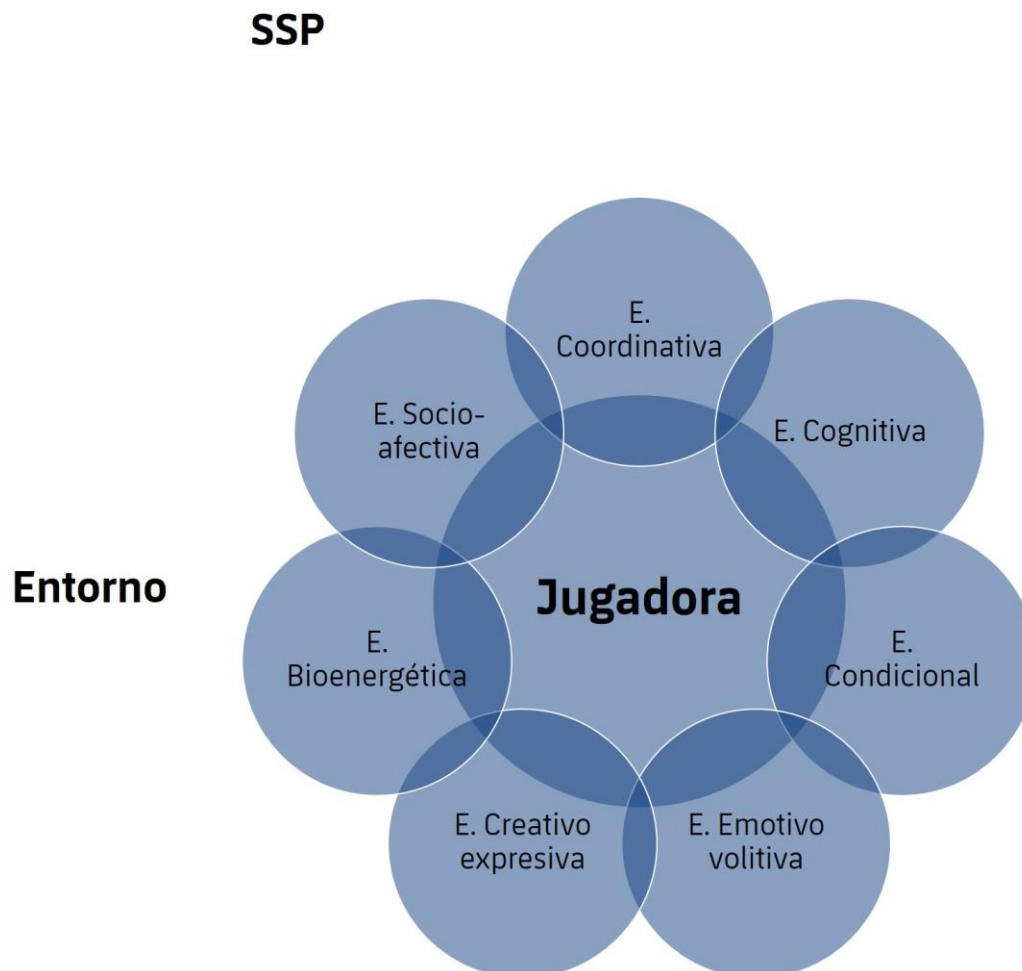


Fuente: elaboración propia con base en Seirullo Vargas (2017).

De esta forma, se puede tener una versión sistémica de la jugadora desde su multifuncionalidad, que le permite interactuar a través de tareas que se denominarán situaciones simuladoras preferenciales (SSP). Las SSP intervienen en la configuración de

todas estas dimensiones y en cada una con determinada prioridad de acuerdo a las condiciones del entorno (Figura 2).

**Figura 2. SSP, entorno y estructuras**



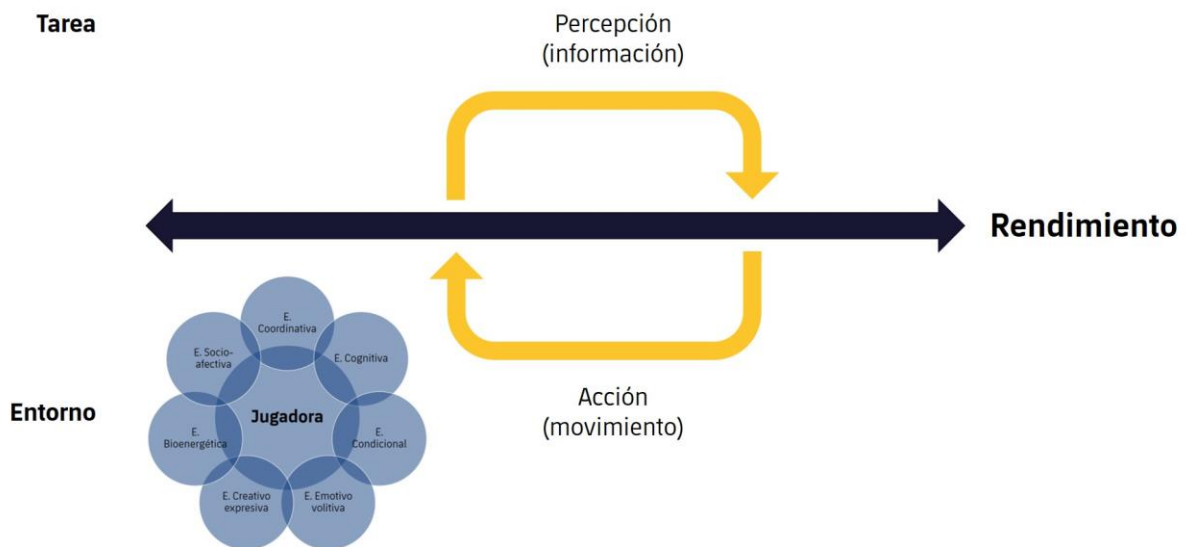
Fuente: elaboración propia con base en Seirullo Vargas (2017).

Se busca una interacción dinámica entre los diferentes sistemas abiertos que componen a la jugadora con el entorno y la tarea para configurar situaciones de entrenamiento apropiadas. A través de una visión holística, se entiende el proceso de entrenamiento como un desarrollo de sinergias entre los diferentes departamentos, especialistas y personas que unen sus fuerzas y motivaciones para la mejora de la jugadora de forma global. El objetivo de todas las áreas multidisciplinares que tienen influencia en las jugadoras es ser guías del desarrollo de las deportistas y detectar factores limitantes que impiden su desarrollo. A través del entrenamiento (lo analizaremos en este módulo), se puede mejorar los factores limitantes que impiden a las jugadoras rendir a un nivel superior.

La Figura 3 representa el proceso complejo por el cual las futbolistas llegan al rendimiento entendido como un fenómeno de autoorganización que surge de la interacción

continuamente dinámica de las características de la jugadora y las posibilidades de acción ofrecidas por el entorno competitivo específico (Button, Seifert, Chow, Davids y Araujo, 2010; Renshaw, Davids, Shuttleworth y Chow, 2009). Como se ha comentado en el Módulo 1, Gibson (1979) propuso que la detección de información (percepción) regulaba la acción y viceversa, y cómo la realización de las tareas refuerza los comportamientos funcionales en entornos de rendimiento dinámico.

**Figura 3. Rendimiento**



Fuente: elaboración propia.

De esta forma, cada jugadora responde de manera individualizada a la misma tarea, dependiendo de sus características y adaptándose al contexto del juego. Ante la dificultad que representa encontrar el modelo ideal para cada jugadora, Schöllhorn, Hegen y Davids (2012) proponen que se ofrezca a cada deportista gran variedad de ejercicios para inducir una respuesta fruto de la autoorganización con la tarea. Una misma situación simuladora para una jugadora que es rápida o una jugadora que es lenta hará que cada una emplee sus puntos fuertes, buscando aquellos escenarios en que sus posibilidades de acción en el juego beneficien a que se dé una consecuencia positiva para sus intereses. Esta autoorganización buscada en las situaciones de entrenamiento consiste en la formación espontánea de patrones de comportamiento y sus respectivos cambios cuando se dan en situaciones lejanas al equilibrio (no estables). Por lo tanto, se debe considerar el error como una fluctuación necesaria para que se produzca el aprendizaje (Balagué Serre, N., Torrents Martín, C., Pol Cabanellas, R. y Seirullo Vargas, 2014). Además, se deben generar escenarios de práctica motriz donde se perturbe el sistema para provocar estos aprendizajes. Esto se puede conseguir a través de la variabilidad que se estudiará en el Módulo 3.

La variabilidad no solo ayuda a mejorar la "técnica" específica de una jugadora, sino que modifica la estructura global del movimiento hacia un comportamiento más eficiente. El

entrenamiento de fuerza debe orientarse hacia la mejora de estos acoplamientos, incluyendo el proceso de percepción-acción. El aprendizaje de un movimiento no solo conduce a la eficiencia de ese *atractor*, sino que modifica los *atractores* del sistema de forma global (Balagué Serre et al., 2014). Por eso, cualquier transferencia de una habilidad que se posee a otra nueva ocurrirá mientras exista correspondencia dinámica entre ellas (especificidad); sobre este tema se hablará mucho más en el Módulo 3. Como resumen, la transferencia entre dos movimientos se dará si se respetan las características de movimiento entre ambos.

A diferencia de otros modelos de entrenamiento, Seirullo (2017) propone que se den unas condiciones iniciales de práctica, respetando la correspondencia dinámica con el entorno y que se priorice en la tarea las situaciones que estimulen a la deportista hacia el objetivo de entrenamiento seleccionado y, por lo tanto, conseguir adaptaciones en la jugadora.



## Unidad 2.1. Entrenamiento coadyuvante

El entrenamiento estructurado se compone, como su nombre indica, de las estructuras del humano deportista que emanan de la forma de expresión en la acción motora durante la práctica del equipo. Las relaciones que existen entre las diferentes estructuras y su organización facilitan las relaciones con el entorno competitivo específico del fútbol (Tarragó, Cos, Gordillo, Lizarraga y Martín, 2005). Se propone evolucionar hacia un nuevo paradigma donde pasemos de lo racional, analítico, reduccionista, lineal y cuantitativo a lo intuitivo, sintético, holístico, no lineal y cualitativo (Seirullo, 2017).

A la hora de entender el entrenamiento estructurado, se deben contemplar dos formas de entrenamiento que son complementarias y que lo conforman:

- El *entrenamiento optimizador* (EO): se ocupa de la planificación, el diseño, la ejecución y el control de las tareas de entrenamiento, y cuyo objetivo es optimizar el rendimiento del deportista en todas las competiciones en las que participe a lo largo de su vida deportiva (Seirullo, 2017; Tous-Fajardo, 1999). Así, fundamentalmente, este entrenamiento prepara para competir y requiere que las tareas de entrenamiento se realicen en un entorno y con unos elementos del todo específicos al juego.
- El *entrenamiento coadyuvante* (EC): compuesto por todas las prácticas que permiten al deportista no solo gozar de un estado de logro y protección de su salud, que le posibilita efectuar cada día las tareas propuestas por el EO (Tous-Fajardo, 1999), sino que también permite optimizar aquellos componentes, estructuras y sistemas que exigen cada especialidad y que facilitan y aproximan al deportista al nivel de rendimiento deseado.

El entrenamiento coadyuvante incide directamente en el rendimiento de las deportistas preparándolas para entrenar a un nivel superior. Además, influye en las exigencias de la competición para poder realizar las cargas optimizadoras necesarias y maximizar también las potencialidades individuales desde una perspectiva sistémica.

Durante el entrenamiento coadyuvante, aunque se tendrá en cuenta todas las estructuras, se priorizarán las siguientes estructuras:

- **Condicionales y bioenergéticas:** es la estructura que da el aporte físico al desarrollo de la actividad del jugador o la jugadora. Sus valores más representativos se relacionan con los conceptos clásicos de fuerza, velocidad y resistencia. La bioenergética dará el soporte energético a la acción (Colosio, Pedrinolla, da Lozzo y Pogliaghi, 2018) y la condicional se corresponde con las acciones musculares que generan el movimiento (Cronin, McNair y Marshall, 2001).



- Estructura coordinativa: se encarga de la ejecución del movimiento de la forma deseada, teniendo una estrecha relación con la técnica. Tiene como objetivo el control motor de la acción, con la creación espacial y el control temporal de la misma acción. Se encuadra en el contexto del ciclo de percepción acción (Newell, Broderick, Deutsch y Slifkin, 2003).
- Estructura creativo-expresiva: aunque en menor medida, ya que en algunas tareas se buscará dejarlas abiertas para que las deportistas encuentren una solución motora y que estén preparadas para cualquier situación y en cualquier condición (Bernstein, Latash y Turvey, 1996).

### **2.1.1. Familias de movimientos**

La optimización de la jugadora a través del entrenamiento coadyuvante no persigue maximizar solamente alguna de sus cualidades. Se trata de exponer a la futbolista a determinadas situaciones de entrenamiento que provoquen un cierto estrés en alguna de las estructuras que la configuran para que se vea obligada a adaptarse en un proceso continuo de autoorganización (Serrano, 2012). Las situaciones de juego se resolverán a través del movimiento y la interacción con compañeras y rivales. Por este motivo, los movimientos específicos del deporte serán los que harán que la futbolista evolucione hacia la especialización (Seirullo, 2017).

Se debe observar cuáles son las acciones motrices y las habilidades motoras básicas del fútbol (Jukic et al., 2019; Kokstejn et al., 2019) que las jugadoras necesitarán para la competición. Seirullo (2017) clasifica las manifestaciones de fuerza en cuatro grandes grupos en función de su vinculación a las habilidades motoras básicas (por ejemplo: el lanzamiento, el salto, el desplazamiento) y habilidades (por ejemplo, la lucha).



Figura 4. Familias de movimiento en el fútbol

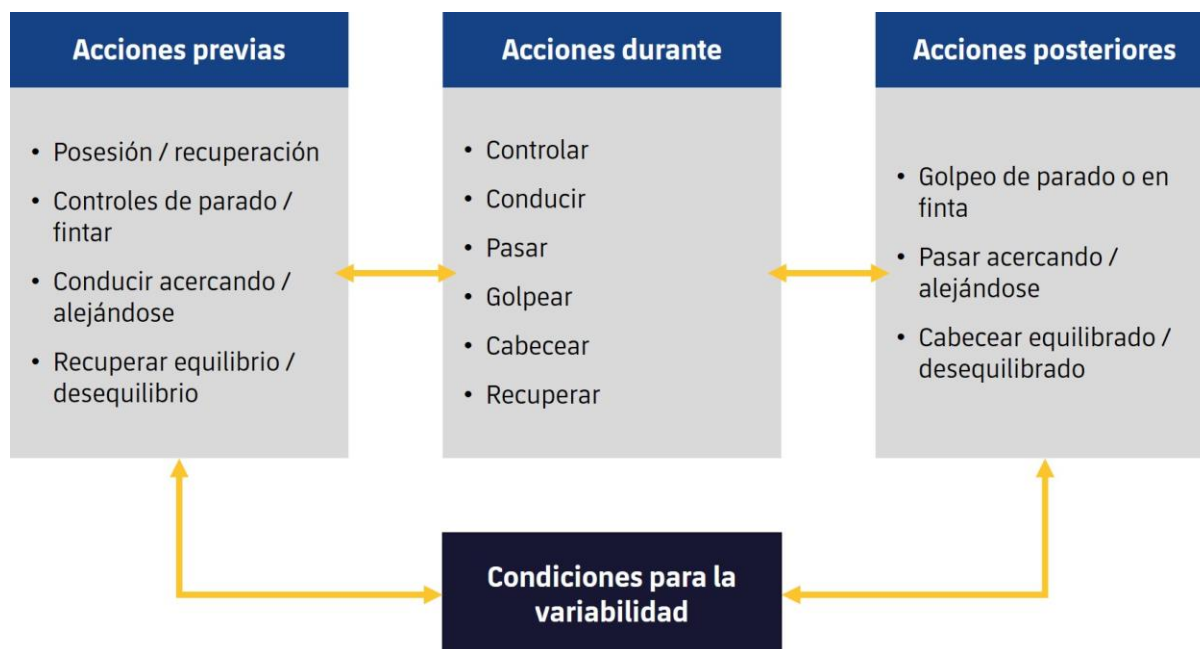


Fuente: elaboración propia.

**Fuerza de lanzamiento o interacción con el balón:** en el fútbol, podemos considerar que la interacción con el balón es un elemento clave del juego; por lo tanto, todos los movimientos deportivos que tengan vinculación al modo de interactuar con el balón serán de vital importancia. Así, la fuerza de interacción con el balón buscará que las acciones motoras de pase y lanzamiento se puedan realizar con los niveles de tensión muscular adecuados para maximizar su ejecución técnica. Una mayor velocidad de golpeo está relacionada con una mayor velocidad del pie al impactar con el balón, y una mayor velocidad angular de la articulación de la rodilla, junto con una aproximación más rápida de la jugadora hacia la pelota. Por lo tanto, y para mejorar estos aspectos del golpeo, se deberán diseñar ejercicios de entrenamiento apropiados (Cronin et al., 2001). La fuerza muscular contribuye en gran medida con la velocidad de salida que tenga el balón al recibir el impacto. Relaciones significativas han sido reflejadas entre la fuerza muscular de los extensores de la rodilla (Manolopoulos et al., 2013), flexores de la cadera

(Dutta y Subramaniam, 2001) y el rendimiento en el golpeo. Las diferentes manifestaciones del golpeo en fútbol se pueden trabajar de la siguiente manera.

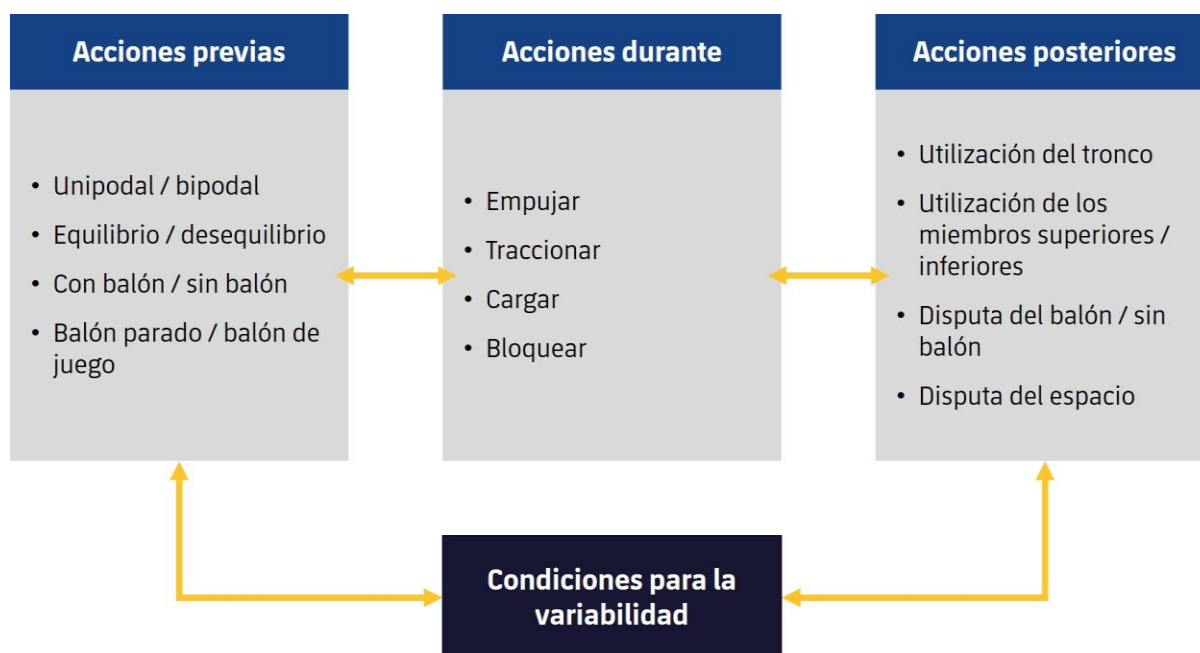
**Figura 5. Acciones de lanzamiento**



Fuente: Elaboración propia con base en Gómez, Roqueta, Tarragó, Seirullo, Cos, 2019, p. 24.

**Fuerza de lucha:** la necesidad de ganar el espacio y la posesión del balón es otra característica del fútbol, creándose situaciones de oposición directa con el rival por la disputa del espacio o el balón. En muchas ocasiones, requiere una motricidad compleja con el sumatorio de un condicionante externo desestabilizador como es el rival. Por ello, se deben buscar diferentes soluciones con altos niveles de aplicación de fuerza. Para la fuerza de lucha, es muy importante el mecanismo de control *feedforward* (capacidad de anticipación). Este mecanismo se basa en la identificación de una situación que el sujeto relaciona con experiencias anteriores. De esta manera, se realiza durante el proceso de lucha una preactivación muscular que tiene la capacidad de proteger las estructuras del aparato locomotor de una carga lesiva. Esta preparación del sistema músculo-esquelético llegará a producirse gracias a la experiencia previa de situaciones deportivas y facilitará el continuo aprendizaje. Este mecanismo de anticipación a la hora de minimizar las perturbaciones y el mantenimiento de una correcta postura es relevante en todas las situaciones de entrenamiento, pero en la fuerza de lucha es de vital importancia. Por ejemplo; se duplican los momentos de valgo/varo y rotación interna/externa aplicados sobre la rodilla durante los cambios de dirección inesperados en comparación con las situaciones preplaneadas. Las diferentes manifestaciones de la lucha en fútbol se pueden trabajar de la siguiente manera:

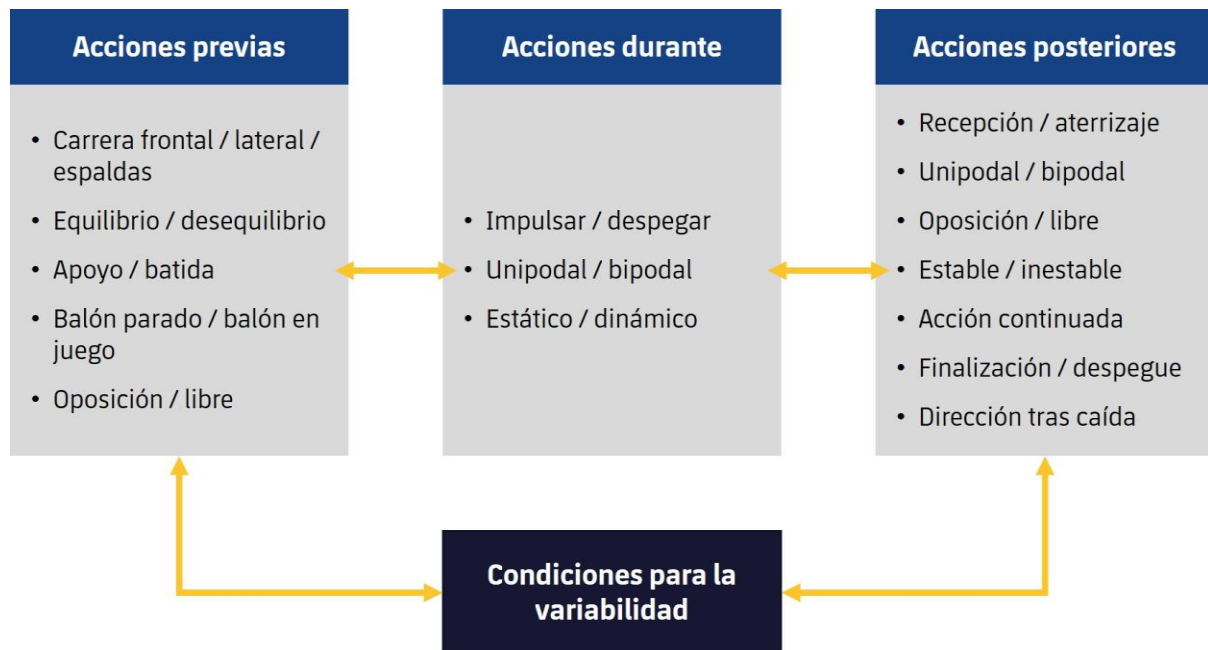
Figura 6. Acciones de lucha



Fuente: Fuente: Elaboración propia con base en Gómez, Roqueta, Tarragó, Seirullo, Cos, 2019, p. 23.

**Fuerza de salto:** muchas acciones técnicas y tácticas requieren de una acción de salto para ser ejecutadas con éxito; por ejemplo: un remate de cabeza. Por lo tanto, debemos añadir a una habilidad motriz (por ejemplo: la ejecución en un salto) con unos ajustes espacio-temporales cambiantes y dinámicos en función de la acción técnica y de la decisión táctica. De este modo, a mayor repertorio motriz de la ejecución del salto, la acción de la futbolista tendrá más posibilidades de éxito y habrá menos riesgo de lesión. El rendimiento en salto está afectado tanto por aspectos neurales como musculares. Saltar más alto requiere de mayor aceleración vertical, conseguida antes del despegue del suelo y obteniendo la mayor velocidad inicial posible. Para conseguirlo, la jugadora necesita generar la mayor fuerza posible en un corto periodo de tiempo, incrementar la masa muscular y mejorar los mecanismos neurales a través del entrenamiento (Ziv y Lidor, 2010). Las diferentes manifestaciones del salto en fútbol se pueden trabajar de la siguiente manera:

Figura 7. Acciones de salto



Fuente: Fuente: Elaboración propia con base en Gómez, Roqueta, Tarragó, Seirullo, Cos, 2019, p. 23.

**Fuerza de desplazamiento:** la marcha y la carrera son habilidades motoras básicas que se manifiestan constantemente en el fútbol por todo el espacio de juego. Estas se producen en diferentes direcciones y a diversas velocidades, con frecuentes cambios de dirección y frenadas. La mejora de la aceleración se ve más influenciada por la mejora de la fuerza concéntrica, impulso y actividad de los extensores de la rodilla, mientras que la máxima velocidad se relaciona más con el ciclo estiramiento-acortamiento, *stiffness* del tren inferior y flexores de la cadera (Sleivert y Taingahue, 2004) debido a la disminución del tiempo de contacto con el suelo que es considerado importante, en cambio, cinemático para mejorar la velocidad máxima de *sprint* (Weyand et al., 2010). Las diferentes manifestaciones del desplazamiento en fútbol se pueden trabajar de la siguiente manera:

**Figura 8. Acciones de desplazamiento**



Fuente: Fuente: Elaboración propia con base en Gómez, Roqueta, Tarragó, Seirulho, Cos, 2019, p. 22.

Estas manifestaciones de fuerza forman las familias de movimientos, vinculadas a los movimientos deportivos propios de cada deporte. Así, por ejemplo, podemos considerar que un pase o un disparo son acciones dentro de la familia de fuerza de lanzamiento. Del mismo modo que cuando definíamos las diferentes estructuras de la deportista, a medida que vayamos avanzando hacia ejercicios más específicos, estas familias de movimientos se irán conectando unas con otras. Además, los ejercicios estarán compuestos por combinaciones de varias e incluso todas las familias de movimiento, al igual que sucede en el juego real.

La percepción del juego va muy influenciada; por eso, los entrenadores fomentamos que las jugadoras perciban más claramente las situaciones de juego en el partido que les generamos en los entrenamientos. Esto puede convertir a las jugadoras en seres vivos sin capacidad de adaptación a estímulos diferentes a los que se dan en el entrenamiento. También ocurre lo mismo con los movimientos planteados en las sesiones de fuerza: si son poco estimulantes o inespecíficos, la jugadora interpretará que la información percibida es innecesaria cuando es necesaria. De ese modo, se producirá una “desafereñación” (dejar de mandar información a los tejidos). Será importante que la jugadora aprenda a percibir las informaciones relevantes que se dan en su interacción con el juego en forma de movimientos.

A lo largo del Módulo 3, en la parte de diseño de tareas, se profundizará más en las tareas de las diferentes habilidades motrices propuestas para el fútbol. Además, basándonos en



las diferentes estructuras del deportista y las familias de movimientos, se desarrolla una planificación en la cual se plantea el entrenamiento como una progresión de propuestas de movimiento con diferentes niveles de especificidad deportiva. Allí, se irá acentuando la importancia de las diferentes estructuras del deportista de manera progresiva hasta crear tareas donde todas confluyen de manera similar a la competición deportiva. Como ya se comentó en este módulo, se propone que exista siempre una estructura de base para el diseño. Generalmente, esta estructura será de naturaleza condicional o bioenergética, coordinativa o cognitiva.

### **2.1.2. Tipos de sesiones**

Los tipos de sesiones tienen metas y características diferenciadas entre ellas, pero, a la vez, son complementarias, formando un soporte ecológico de procesos multifactoriales altamente optimizadores para las futbolistas. La ventaja del entrenamiento integrado en relación con los sistemas complejos resulta importantísima para aumentar la eficacia de la jugadora (Balagué Serre et al., 2014)

Como se ha comentado en numerosas ocasiones a lo largo de este módulo, todo estímulo al que exponemos a nuestras jugadoras tiene el objetivo de conseguir que rinda más y, por lo tanto, tenga menos riesgo de lesionarse. El entrenamiento es de carácter preventivo en sí: protege de los condicionantes internos y externos que ya se han expuesto con anterioridad. En consecuencia, todos y cada uno de los tipos de sesiones que se enumeran a continuación cumplen con el objetivo preventivo y de mejora del rendimiento.

Los tipos de sesiones que se desarrollan en el primer equipo de fútbol femenino son: coadyuvante de restauración, coadyuvante estructural y coadyuvante de cualidades específicas.

#### **Entrenamiento coadyuvante de restauración**

Está dedicado a optimizar los medios de recuperación después de sesiones que hayan provocado daño en las deportistas debido a la intensidad con la que se desarrollaron (en entrenamiento o en competición). Esta recuperación debe realizarse integralmente en todas sus estructuras, si bien preferentemente en las condicionales, cognitivas, coordinativas, emotivo-volitivas y bioenergéticas (Calleja-González et al., 2018). Este es un trabajo multidisciplinar que efectuaremos en cooperación con otros equipos de trabajo y especialistas (médicos, fisioterapeutas, nutricionistas, psicólogos, etc.).

#### **Entrenamiento coadyuvante estructural**

Entrenamiento de carácter general dedicado a la corrección, ajuste, anticipación, control y protección de la deportista. A menudo, se relaciona únicamente con la modificación



morfológica corporal de la futbolista a partir del entrenamiento descontextualizado. Sin embargo, este tipo de sesión está enfocada en acondicionar los diferentes tejidos con el objetivo de prepararlos para soportar la elevada carga específica de las acciones de la competición. Además, se busca conseguir el equilibrio y predisposición necesaria de las cadenas musculares que participan en las variadas ejecuciones de cada una de las acciones específicas. En las sesiones estructurales, se debe:

- Trabajar la musculatura estabilizadora como elemento indispensable y facilitador de la acción sensomotora eficiente (Arboix-Alió et al., 2021).
- Preparar tejidos para acciones excéntricas e inesperadas.
- Aumentar la eficiencia de las capacidades coordinativas.
- Si fuera identificado como necesario a través de la hipertrofia aplicada que se comenta en el Módulo 1, se podría conseguir cambios en composición (masa magra, especialmente la muscular, y masa grasa corporal).

El entrenamiento estructural busca optimizar las estructuras condicionales y bioenergéticas, preferentemente, para mejorar la estructura coordinativa en relación con el entorno. Existen las sesiones estructurales con objetivo metabólico (HIIT): estas consisten en alternar circuitos de muy alta intensidad con ejercicios que implican un porcentaje alto de masa corporal con otros períodos de recuperación variable en función del objetivo. Dentro de las diferentes opciones de entrenamiento metabólico, tenemos algunas donde el objetivo es la pérdida de masa grasa; es decir, se trata de aquellas estrategias de entrenamiento donde el objetivo es elevar temporalmente la tasa metabólica y, en consecuencia, incrementar el consumo calórico, favoreciendo el efecto térmico residual también llamado EPOC (*excess post-exercise oxygen consumption*).

### **El entrenamiento coadyuvante de cualidades específicas**

Según Seirullo Vargas (2017), se basa en una propuesta metodológica adaptada de donde se propone un desglose del juego en áreas de trabajo y contenidos. Además, se sugiere una alternativa de entrenamiento de estos contenidos en función de su orientación y los niveles de aproximación (que se ven en el Módulo 3) que se puedan obtener sin entorpecer los niveles de ejecución técnica de cada jugadora. Por “áreas de trabajo” se comprende a las cuatro manifestaciones específicas de fuerza que se requieren en el fútbol: desplazamientos, saltos, luchas y lanzamientos. Por “contenido”, se entiende la habilidad técnica específica, con todas sus variaciones; por ejemplo: salida abierta, salida cruzada, aceleración, desaceleración, etc. Cada una de ellas se relacionará con una o más áreas de práctica. La organización del entrenamiento de cualidades específicas se desarrolla en función del grado de semejanza que tienen los ejercicios respecto a la práctica competitiva (Seirullo Vargas, 1998). Es decir, la propuesta de esos ejercicios se



efectuará a partir de la orientación y de los diferentes niveles de aproximación. La “orientación general” se refiere a aquellas actuaciones donde se practican todo tipo de manifestaciones de fuerza, velocidades y recorridos variables que no son forzosamente específicos visualmente, pero sí en intención. Por “orientación dirigida”, se entiende a aquellas acciones que tienen una relación con los movimientos que se dan en el gesto. Cabe destacar que los ejercicios de orientación especial y de orientación competitiva no se contemplan en el entrenamiento coadyuvante, ya que forman parte del entrenamiento optimizador. Una vez definidos los contenidos, se estudian la orientación y los niveles de aproximación de las diferentes áreas de manifestaciones de fuerza; en este caso, en el fútbol. En el Módulo 3, se ven los diferentes sistemas de práctica en las sesiones de entrenamiento de fuerza coadyuvante de cualidades específicas.



## Unidad 2.2. Adaptaciones en el entrenamiento de la fuerza: ¿lo que hacemos tiene el efecto que deseamos?

Los seres humanos tienen tendencia a comportamientos subóptimos: tienden a ser un poco mejores que sus competidores, evolucionan por supervivencia y desarrollan aquellas capacidades que les son más necesarias para mantenerse competitivos en su entorno. En el desarrollo, es necesario exponer a la jugadora a situaciones que obliguen al sistema a reorganizarse para mejorar su capacidad de adaptación. Si la jugadora resuelve una misma situación siempre de la misma manera, va creando un atractor que la imposibilita a resolver esa tarea de formas distintas. En vez de generar “automatismos”, se debería entrenar sobre la capacidad de adaptación. Los preparadores físicos deben generar tareas que faciliten la emergencia de respuestas divergentes, favoreciendo la generación de jugadoras más flexibles para generar nuevas adaptaciones. La capacidad de responder de maneras distintas y eficientes hará que aumente el rendimiento como consecuencia de la ampliación de posibilidades de adaptación al entorno. Por lo tanto, la jugadora tendrá un repertorio mayor de situaciones en las que el sistema está cerca del equilibrio y los estímulos competitivos serán menos estresantes. Como consecuencia, aumentará su rendimiento y, probablemente, reducirá el número de factores que pueden llevar a lesionarse a la jugadora.

En resumen, se hace necesario el conocimiento de las interacciones que se producen durante la competición y que pueden ayudar a establecer las necesidades de fuerza de las futbolistas desde una perspectiva holística. A partir de este punto, se debe desarrollar, mediante el entrenamiento coadyuvante y optimizador incluido en el entrenamiento estructurado, una propuesta que brinde preferencia a las estructuras desarrolladas por Seirullo a través del entrenamiento de fuerza basado en el movimiento deportivo.



## Unidad 2.3. Objetivos del entrenamiento de fuerza: demandas de la estructura condicional en el entorno competitivo

Hasta ahora hemos hablado de la conveniencia de realizar entrenamiento de fuerza basado en la mejora de las habilidades específicas del fútbol (saltar, desplazarse, cambiar de dirección, chutar, etc.). Todas estas habilidades están relacionadas con la aplicación de fuerza, como se describe en el Módulo 1. Tradicionalmente, se ha entrenado la fuerza en los deportes de equipos de forma descontextualizada en el gimnasio. Se esperaba trasladar ganancias de fuerza muscular al rendimiento competitivo mediante la posterior realización del trabajo técnico- táctico en el campo. Sin embargo, esto parece estar bastante distanciado de las exigencias específicas del fútbol, donde se repiten durante el juego acciones explosivas que han de ser efectuadas en una constante y compleja situación de cooperación-oposición. También es cierto que una percepción mal comprendida de esta realidad ha provocado que algunos preparadores físicos plantearan el entrenamiento de la fuerza mediante cargas específicas únicamente, sin tener en cuenta que las jugadoras ya están expuestas a una gran cantidad de especificidad en los entrenamientos de campo. Es por este motivo que no solo se deben analizar los requerimientos de fuerza determinados que tiene el fútbol, sino también en qué cantidad y calidad los entrenadores cubren las necesidades de fuerza específica en sus tareas sobre el terreno de juego. No se debe dejar de lado que cuanto más específica sea una carga de entrenamiento, más agresiva será para el sistema músculo-esquelético y, por lo tanto, que esto incrementará el riesgo de que las jugadoras sufran una lesión. Por el contrario, la incidencia de lesión por una carga inespecífica (como puede ser levantar pesas) es muy baja en comparación con muchas otras actividades deportivas (Hamill et al., 1994). Sin embargo, desde los colectivos médicos del deporte se intenta buscar la relación causa-efecto entre realizar trabajo de pesas y las lesiones.

En el presente módulo, plantearemos nuestra visión sobre el entrenamiento de la fuerza; basándonos en evidencias científicas o en las evidencias empíricas que han obtenido diferentes profesionales con base en su valiosa experiencia.

Tous-Fajardo (1999) propone que el fin último del entrenamiento de fuerza es la prevención de lesiones y la mejora del rendimiento. Los mecanismos por los cuales el entrenamiento de fuerza mejora el rendimiento y reduce la aparición de lesiones son básicamente los mismos. Teniendo solamente en cuenta las estructuras condicionales, coordinativas y bioenergéticas, cuando una jugadora es fuerte y muy coordinada, será más hábil para manejar las fuerzas que se producen en el terreno de juego. Un movimiento más eficiente da como resultado un mejor rendimiento y una menor fatiga, que es uno de los factores conocidos que provocan lesiones.



### 2.3.1. Mejora de la capacidad de aplicar fuerza (estructura condicional/coordinativa/bioenergética)

En el fútbol, existe una fuerte asociación entre la capacidad de correr a máxima velocidad y los niveles de fuerza y potencia en las futbolistas (López-Segovia et al., 2011). Esto es debido a que la fuerza es la capacidad física principal y las demás derivan de ella, como se describe en el Módulo 1. Existe una mayor correlación entre la fuerza y la capacidad de acelerar que entre fuerza y velocidad máxima durante el *sprint* (Wisløff et al., 2004). Los tiempos de contacto en el suelo durante la aceleración del *sprint*, el cambio de dirección y el salto son más altos que durante el *sprint*. Esto significa que la fuerza se puede aplicar durante un rango de tiempo mayor. Cuanto mayor sea el tiempo de contacto, mayor es la importancia de la capacidad de aplicar una fuerza en el tiempo y mayor será el impacto que pueda tener el entrenamiento de fuerza y potencia en el rendimiento. Aunque varios autores certifican que el entrenamiento de fuerza juega un papel clave para mejorar el rendimiento del *sprint*, no todos los programas de entrenamiento son capaces de aumentar la velocidad máxima del *sprint* de la jugadora (Shalfawi et al., 2013). Esto puede revelar la insuficiencia de algunos de los estímulos utilizados en los programas de entrenamiento tradicionales para mejorar las habilidades deportivas. Cuando el nivel de entrenamiento de las deportistas es alto, se requiere un entrenamiento de fuerza específico, realizado de forma explosiva (Bishop et al., 2011). Las jugadoras de fútbol más fuertes están preparadas para correr más rápido y correr más veces sin una disminución en la velocidad (López-Segovia et al., 2011). La capacidad de activar más unidades motoras después de efectuar entrenamiento de fuerza puede disminuir la fatiga y reducir la pérdida de potencia al repetir acciones de alta intensidad (Silva et al., 2013). Las jugadoras más fuertes también tienen una mayor capacidad para mantener un alto nivel de producción de fuerza y potencia al final del partido debido a la correlación positiva existente entre fuerza y resistencia (Silva et al., 2013). Esto también se ha relacionado con la rigidez músculo-tendinosa (Bishop et al., 2011). El entrenamiento pliométrico aumenta significativamente la rigidez de la unidad músculo-tendón, lo que permite a los músculos y tendones almacenar y liberar más energía elástica y reducir la cantidad de energía desperdiciada (Saunders et al., 2004). La reducción de la demanda de energía da lugar a un menor consumo de oxígeno. Esto explica la fuerte asociación entre la economía de carrera y la resistencia vinculada al entrenamiento pliométrico (Saunders et al., 2004).

Las mejoras en la activación y sincronización de las unidades motoras, la rigidez músculo-tendinosa y la eficiencia del ciclo de estiramiento-acortamiento pueden tener un impacto beneficioso en el rendimiento de los *sprints* como en la capacidad de repetirlos (Buchheit et al., 2010)

Este breve resumen evidencia que el entrenamiento de fuerza permite optimizar el rendimiento, pero entendido desde una perspectiva reduccionista. Sin embargo, la interpretación desde nuestro enfoque basado en la complejidad no permite afirmar que



incrementar la capacidad de forma aislada y descontextualizada, sin relacionar la estructura condicional con la coordinativa o con la cognitiva, mejore el rendimiento en la competición.

### 2.3.2. Prevención de lesiones

Entrenamiento neuromuscular/propioceptivo han mostrado evidencia de su eficacia en la reducción de la incidencia lesiva en deportes donde predominan los cambios de dirección (Hübscher et al., 2010). Diferentes motivos pueden ayudar a entender la efectividad del entrenamiento de fuerza para reducir los factores de riesgo de padecer una lesión (Figura 9). Algunos de esos factores más importantes son:

- La capacidad de reaccionar rápidamente y de producir fuerza rápidamente favorecen la estabilidad y el equilibrio durante esta fase inicial de contacto con el suelo. Esto es importante porque la mayoría de las lesiones deportivas agudas ocurren en la fase temprana del contacto del pie con el suelo (Krosshaug et al. 2007).
- Aumentar la rigidez músculo-tendinosa y el impulso neuromuscular (a través del entrenamiento pliométrico) que acorta el tiempo entre la activación muscular y la contracción (retraso mecánico) y aumenta la velocidad a la que se produce la fuerza después del inicio de la contracción (tasa de desarrollo de la fuerza) (Waugh et al., 2014).
- Mayor potencial de coactivación durante la fase inicial del contacto con el suelo al mejorar la capacidad de producir fuerza rápidamente (Waugh et al., 2014).
- Aumentar el tamaño y la fuerza de los ligamentos y tendones a medida que se producen aumentos en la fuerza con el entrenamiento. Los ligamentos y los tendones también deben adaptarse para soportar y transmitir eficientemente estas mayores fuerzas en los huesos (Waugh et al., 2014).
- Mejorar el control neuromuscular de las extremidades inferiores. Las modificaciones en los atractores de activación muscular después de entrenamiento pliométrico comprenden una mayor preactivación y una coactivación más simétrica entre los cuádriceps y los isquiotibiales y también entre el abductor de cadera y el aductor (Chimera et al., 2004; Hewett et al., 1996). Estos patrones de control motor mejoran la alineación de las extremidades inferiores y proporcionan una posición más estable de la rodilla al aterrizar (Chimera et al., 2004; Cuoco y Tyler, 2012). La preactivación mejorada y la rigidez del complejo músculo-tendón aumentan la carga absorbida por los músculos y tendones y disminuyen la carga transmitida a



través de las articulaciones y ligamentos (Chimera et al., 2004; Fouré et al., 2011).

- Un sistema músculo-esquelético más fuerte y una preactivación (*feedforward*) mejorada también optimizarán la estabilidad reactiva y el estado de alerta contra perturbaciones repentinas del movimiento, como ser empujada, el contacto con una oponente o situaciones de juego imprevistas (Blazevich et al., 2007; Blickhan et al., 2007; Bosch, 2012).
- Mejorar el impulso neuronal que se transferirá a los movimientos similares en el fútbol (Zatsiorsky, 1995). Debido a que se pueden activar más unidades motoras simultáneamente, el estrés contráctil durante las acciones de alta intensidad se distribuye sobre un mayor número de fibras musculares que se contraen. Esto limitará la cantidad de daño muscular (McHugh et al., 1999). Las acciones de alta intensidad durante el fútbol implican episodios repetidos de ciclos de estiramiento y acortamiento en los que un rápido alargamiento de un músculo es seguido por un acortamiento inmediato.
- Cambios en el tejido conectivo y las propiedades elásticas del músculo que aumentan la capacidad del complejo músculo-tendón para almacenar y liberar más energía elástica (Markovic y Mikulic, 2010). Una mecánica de movimiento más eficiente y una mayor dependencia de la producción pasiva de fuerza elástica pueden disminuir el estrés impuesto a los elementos contráctiles y reducir la fatiga neuromuscular y el daño muscular (Byrne et al., 2004; Johnston et al., 2014). Las jugadoras más fuertes poseen una mayor fuerza excéntrica y capacidad para utilizar el ciclo de estiramiento y acortamiento (Miyaguchi y Demura, 2008).
- Aumento del número de sarcómeros conectados en serie (Alegre Durán, 2004). Esto disminuirá la posibilidad de que los sarcómeros se alarguen hasta el punto límite. Por lo tanto, un mayor número de sarcómeros en serie reducirá la tensión del sarcómero durante episodios constantes de alargamiento muscular y limitará el daño muscular posterior (McHugh et al., 1999). Esto se consigue a través del entrenamiento balístico, de rango de movimiento completo y de fuerza excéntrica.



**Figura 9. Factores de riesgo neuromuscular**



Fuente: elaboración propia con base en Romero, 2019, p. 16.

Factores como la fatiga periférica y central afectan negativamente al control neuromuscular y altera la mecánica de aterrizaje (Cortes et al., 2013). A medida que aumenta el nivel de fatiga, la extensión de la cadera, el valgo de la rodilla y los ángulos de supinación del tobillo aumentan progresivamente durante las acciones de desaceleración, aterrizaje y cambio de dirección (Borotikar et al., 2008). Estos movimientos alterados como resultado de la fatiga hacen que disminuya la eficiencia de movimiento y aumente el riesgo de lesiones (Koga et al., 2010; Krosshaug et al., 2007).

Los desequilibrios musculares (expresados como la relación agonista/antagonista) y la debilidad central aumentan el riesgo de lesión (Herman et al., 2012). Una rutina de fuerza efectiva corregirá estos desequilibrios musculares agonistas/antagonistas y los desequilibrios de control postural. En definitiva, se logrará mejorar el control neuromuscular de la jugadora.

Realizar acciones de alta intensidad de forma repetida a lo largo de un entrenamiento o de un partido provoca fatiga neuromuscular y daño (Silva et al., 2013). La disminución pospartido de esta fatiga en las jugadoras con mayores valores de fuerza se puede atribuir a las adaptaciones neuronales, del tejido conectivo y celulares (Johnston et al., 2014). Estas jugadoras aceptan mejor las fuerzas asociadas a las acciones de alta



intensidad y esto influye disminuyendo el tiempo de recuperación pospartido (Nédélec et al., 2012).

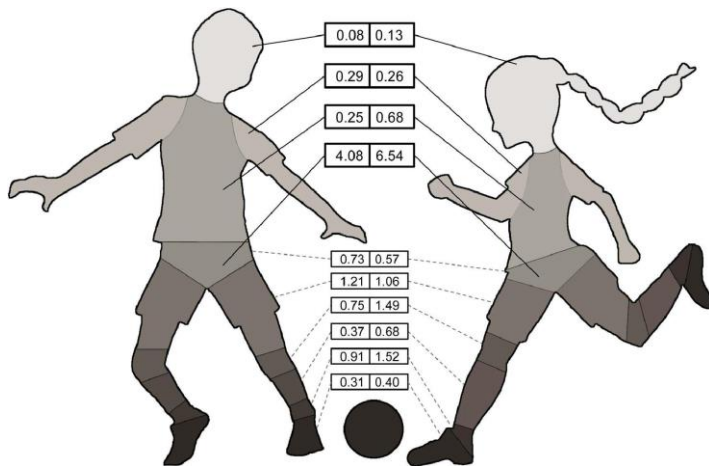
En la Figura 9, se describen condicionantes relacionados con la jugadora en el nivel de tejidos y la respuesta de estos ante los estímulos. Sin embargo, estos modelos basados en parámetros aislados de rendimiento o lesión no nos dan suficiente información sobre los patrones coordinativos que generan el rendimiento o la lesión. Por lo tanto, para entender mejor esto, se debe conocer la realidad de los patrones coordinativos. Como se comenta en el Módulo 1, las acciones motrices son fruto de las interrelaciones de la jugadora con la tarea y el entorno. En consecuencia, esas limitaciones identificables no siempre se dan en todos los movimientos, sino que algunas veces solamente ocurren en algunos movimientos donde la información percibida por la jugadora determina que se genere esa restricción. De este modo, el análisis de los factores de riesgo de lesión debe contener el contexto donde se da esa limitación de movimiento.

Cuando se piensa en deporte femenino y en fútbol, siempre vienen a la cabeza lesiones de rodilla. Las mujeres que practican deportes de equipo en la actualidad tienen un riesgo entre 2,3 y 9,7 veces mayor que un hombre de padecer una ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA). En el caso del fútbol femenino español, es de 6,3 por cada 1000 horas de exposición (23 por 1000 horas en partido y 5 por 1000 horas en entrenamiento) (Robles-Palazón et al., 2021). Esta situación se describe en la Figura 10.

Si bien estos datos son meramente descriptivos, en muchas ocasiones, se han usado para transmitir miedo no intencionadamente. Los medios de comunicación, por ejemplo, se hacen eco constantemente de las lesiones sufridas por las mujeres y culpan de estas lesiones a los deportes de equipo como si fuesen peligrosos para las mujeres y niñas por el mero hecho de ser mujeres. Es decir, según esta visión, las mujeres, por su biología, están determinadas a sufrir más lesiones que los hombres.



Figura 10. Riesgo de lesiones en hombres y mujeres



Fuente: Robles-Palazón et al., 2021, <https://n9.cl/6jrok>

Pero ¿es un problema biológico o algo más? Se conoce que existen diferencias de activación entre hombres y mujeres futbolistas durante el cambio de dirección y frenada:

- Las mujeres futbolistas tienen menos activación en abductores de cadera e isquiotibiales. Es decir, la musculatura posterior en algunos de estos movimientos no ejerce su función (Collins et al., 2021; Landry et al., 2007; Woodhouse et al., 2021).
- Además, las mujeres tienen más actividad electromiográfica en el recto femoral. Normalmente, hay más lesiones de cuádriceps en el fútbol femenino, ya que este exceso de activación durante los cambios de dirección (acción muy recurrente en el fútbol) genera sobrecargas en el cuádriceps por ser usado excesivamente.

También, analizando el cambio de dirección y desaceleraciones, los hombres y mujeres tienen estrategias diferentes de movimiento. Las más frecuentes son:

- Una mayor aducción y valgo de rodilla, vinculada a la menor activación de la musculatura peritrocanterea.
- Una menor flexión de cadera, rodilla y tobillo durante la ejecución de los movimientos. Esto genera que se amortigüen menos las acciones y que sufran más las articulaciones por el impacto contra el suelo.

Sin embargo, es momento de ir más allá de los estudios de comparación de sexo puramente descriptivos que siguen dominando la literatura. En cambio, es hora de examinar más críticamente las causas subyacentes de estas diferencias y si realmente reflejan un mayor riesgo de lesiones para la mujer físicamente "activa" (Benjaminse et al.,

2011). Aunque en los estudios descriptivos se proporciona información valiosa, las relaciones de causa y efecto que se hacen en un contexto complejo como es el cuerpo humano son muy cuestionables. Se debe examinar el riesgo de lesión teniendo en cuenta las contribuciones biomecánicas, neuromusculares de forma conjunta y no aislada, además de conocer la información perceptiva que provoca que no se puede resolver la tarea. Por lo tanto, debe extenderse más allá de un enfoque de género aislado.

En otros deportes, como el *ballet*, la gimnasia deportiva o la danza, los sujetos durante su juventud acumulan muchísimos entrenamientos donde tienen que aterrizar constantemente. A pesar de incorporar movimientos de alto riesgo similares y altas cargas de entrenamiento, la disparidad en las tasas de lesiones del LCA no está presente entre mujeres y hombres. Estas deportistas, que están expuestas a movimientos de aterrizaje de riesgo como ocurre en el fútbol, son una muestra que merece la pena analizar. Un grupo de autores hizo la misma comparativa entre hombres y mujeres al observar su activación y biomecánica durante el aterrizaje como anteriormente se hizo en el fútbol. Los resultados revelaron que las estrategias de aterrizaje son similares entre hombres y mujeres. Además, encontraron relación entre la edad a la que los deportistas (hombres y mujeres) habían empezado a entrenar y el ángulo de cadera en el plano frontal durante el aterrizaje (Orishimo et al., 2009). Este grupo de autores, al validar sus hipótesis previas, decidieron analizar y agrupar estas estrategias de aterrizaje en función del deporte que practicaban las mujeres y hombres. Analizaron jugadores y jugadoras de fútbol, baloncesto, balonmano y gimnasia deportiva y quisieron ver su comportamiento durante el aterrizaje. De ese modo, encontraron que los hombres de los deportes de equipo, los hombres de gimnasia deportiva y las mujeres de gimnasia tenían estrategias de aterrizaje similares. Sin embargo, las mujeres que practican deportes de equipo tienen un mayor valgo en la rodilla durante el aterrizaje comparado con los demás (Liederbach et al., 2014). Por lo tanto, estos hallazgos hacen sospechar que el potencial patrón de aterrizaje peligroso "específico para mujeres" puede no ser debido al género, sino más bien a la edad de inicio de los entrenamientos, la calidad de estos y las horas de exposición al deporte.

Todo es más complejo que las relaciones de causa y efecto que surgen en muchas ocasiones en la ciencia debido a cómo están establecidos los criterios de inclusión de muchas revistas científicas. A pesar de que la información está limitada y muy sesgada, se puede utilizar como punto de partida, siempre entendiendo que la realidad actual del deporte femenino, al estar en un proceso de evolución con una pendiente muy marcada, nos dificulta utilizar la información disponible de pocos años atrás.

### **2.3.3 Predicción de lesiones**

El proceso por el cual una deportista se lesiona está influenciado por sus características individuales, por cómo se relaciona con el medio y viceversa. Esto complica mucho la

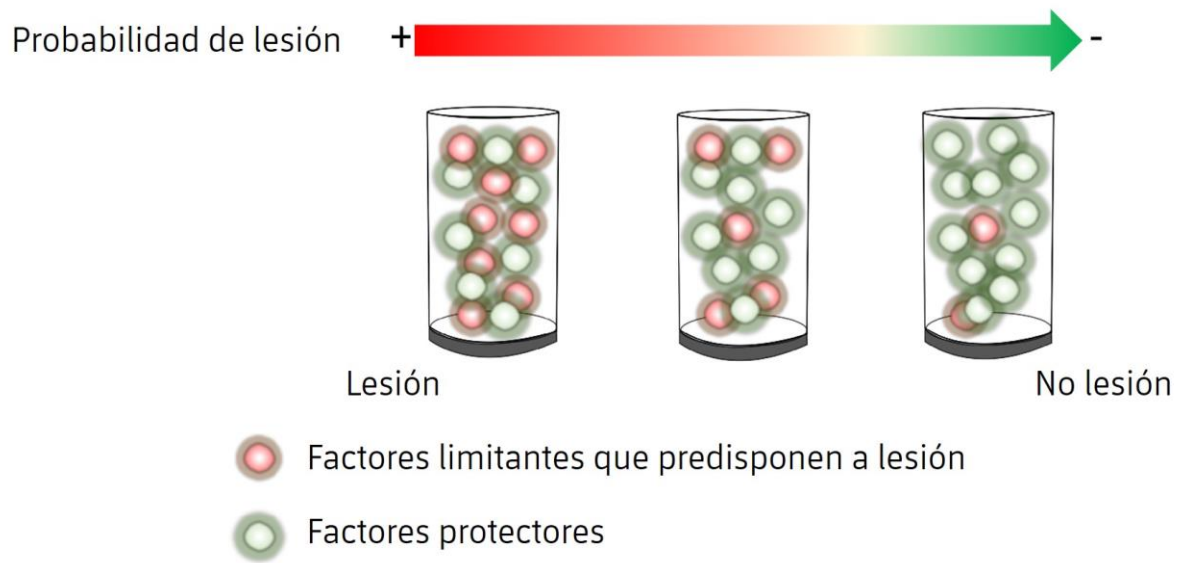


tarea de saber cuándo exponer a un estímulo a las futbolistas y en qué cantidad/calidad, ya que pasarnos o quedarnos cortos puede suponer que a corto o largo plazo dejemos de poder contar con ella para jugar un partido.

Nos gustaría poder predecir cuándo una futbolista se va a lesionar. Tradicionalmente, se han analizado, mediante modelos jerárquicos, las características biomecánicas que predisponen a la lesión, buscando la correlación entre los parámetros del modelo y la predisposición a que ocurra una lesión. Pero la capacidad predictiva de un modelo estadístico establecido por variables continuas (como pueden ser los niveles de fuerza o la movilidad articular) es muy baja. Es decir, cualquier futbolista dentro del grupo de estudio (fuertes o débiles) están expuestos a sufrir una lesión. Lo que sí sabemos es que las deportistas más débiles tienen más probabilidades de lesionarse; en cambio, no sabemos cuándo lo hará. Además, las variables continuas tienden a variar con el tiempo; lo que significa que el valor predictivo de la medición posiblemente cambiará y se necesitaría una valoración constante para actualizar dicho "modelo". La ocurrencia de lesiones está determinada por infinidad de factores: los condicionantes individuales de la atleta (limitaciones o constreñimientos internos), factores relacionados con la tarea en sí (condicionantes de la tarea) y los factores del entorno (condicionantes ambientales) que dan forma a nuestras estrategias de movimiento. Estas estrategias pueden considerarse como comportamientos físicos emergentes que son moldeados por la interacción en constante cambio entre el complejo atleta-entorno. Por lo que, para entender mejor estos procesos, debemos centrarnos en el estudio de los patrones coordinativos, teniendo en cuenta la relación/acoplamiento entre los diferentes segmentos y articulaciones con el entorno en lugar de analizar medidas cinemáticas. Al ser un proceso tan complejo y que es cambiante, actualmente, no podemos predecir lesiones. Esto no nos tiene que llevar a no hacer nada: lo único que podemos hacer es tratar de identificar aquellas fortalezas y debilidades de la jugadora en relación con las demandas del juego y prescribir el entrenamiento con base en ese análisis constante de las variables continuas. Por ejemplo, si hay una probabilidad de que llueva, ¿qué podemos hacer hoy en día para lidiar con ese evento futuro (si se da finalmente)? Llevar un paraguas y ponernos ropa de lluvia. ¿Con qué objetivo? Prepararnos para el peor escenario posible, pero sin tratar de predecir cuándo se va a dar. No debemos tratar de prever lo que va a pasar, sino preparar a las jugadoras para el peor escenario posible en un futuro y reducir la probabilidad de que la lesión como respuesta emergente multifactorial se reduzca.



Figura 11. Probabilidad de lesión



Fuente: elaboración propia.



## Unidad 2.4. Respuesta neuromuscular

En el fútbol, el rendimiento está determinado por la necesidad de que el movimiento sea controlable por la jugadora (estructura coordinativa). A medida que el movimiento se vuelve más complejo, el sistema nervioso central (SNC) será cada vez menos capaz de dominarlo, y el patrón de movimiento puede volverse inestable. El SNC obtiene la información necesaria para controlar los movimientos de nuestro cuerpo desde tres subsistemas: el sistema somatosensorial, el sistema vestibular y el sistema visual (Hewett et al., 2002; Lephart y Jari, 2002).

Aunque el sistema visual y vestibular contribuyen, los mecanorreceptores periféricos son los más importantes desde la perspectiva del entrenamiento.

Los mecanorreceptores se encuentran en diferentes partes del cuerpo, incluyendo la piel, las articulaciones, los ligamentos, los tendones y los músculos. Las vías aferentes transmiten entradas a tres niveles de control motor y se asocian a áreas como el cerebelo. La activación de las neuronas motoras puede darse en respuesta directa a la entrada sensorial periférica (reflejos) o bien descendiendo desde centros superiores (movimiento automático o voluntario) (Fort y Rodríguez, 2013).

El control neuromuscular lo entendemos como la activación muscular precisa que posibilita el desarrollo coordinado y eficaz de una acción (Williams et al., 2001). Las diferentes estrategias de control neuromuscular para llevar a cabo una acción coordinada y eficaz son: coordinación intramuscular y coordinación intermuscular.

### 2.4.1. Coordinación intramuscular

Uno de los principales factores neurales que afectan a la fuerza hace referencia a la coordinación intramuscular de un mismo músculo. Están implicados varios mecanismos de control: el reclutamiento espacial (aumento del número de unidades motoras reclutadas), el reclutamiento temporal (aumento de la frecuencia de impulsos de unidades motoras) y la sincronización de las diferentes unidades motoras para producir una contracción voluntaria máxima (Cometti, 1998; Fort y Rodríguez, 2013; Tous-Fajardo, 1999).

### 2.4.2. Coordinación intermuscular

El sistema nervioso central evita los movimientos inestables de alta intensidad porque son peligrosos para los tejidos y reduce el rendimiento antes de que los músculos y tendones alcancen su límite de capacidad de carga, evitando una posible lesión. Por ejemplo: cuando se hace un *sprint*, los isquiotibiales están expuestos a una carga alta, ya que están funcionando a alta velocidad. A veces, van más allá de su límite tolerable y se



desgarran. Sin embargo, la mayoría de las atletas rara vez se lesiona, porque en un cuerpo sano los músculos nunca alcanzan el límite de su capacidad, siempre y cuando el movimiento se realice de forma coordinada. Por eso, es importante que el movimiento sea estable y controlable. Un movimiento es controlable si puede soportar perturbaciones externas (superficie irregular al correr, una pelota que es más desinflada de lo que la receptora espera o incluso cuando los oponentes luchan por la pelota, etc.) e internas (principalmente, la fatiga). Estos procesos de inhibición de información pueden estar detrás del fenómeno de inestabilidad, entendida como la percepción de no poder controlar el movimiento durante la tarea. La inestabilidad provoca que nuestro cuerpo se comporte protegiéndose a corto plazo con la disminución de la actividad de la articulación afectada en el conjunto de tareas que efectúa la deportista. El mayor inconveniente es a largo plazo; si esa inestabilidad se manifiesta con inhibición articular constantemente, este comportamiento se perpetúa en acciones que la jugadora necesita llevar a cabo en el día a día y, por lo tanto, se desacondicionará y perjudicará la ejecución de las acciones deportivas.

El control de los movimientos incluye mecanismos incorporados para garantizar que las perturbaciones tengan un impacto reducido en la eficiencia del movimiento. Como resultado, hay características en el sistema de control del movimiento que aseguran que se realicen de manera segura. Uno de los mecanismos más importantes para regular los movimientos y hacerlos más fuertes es la "compensación". Cuando los movimientos se efectúan a una velocidad tan alta que no son controlados, habrá más errores ("ruido") en las señales transmitidas a los músculos por parte del SNC. El aumento del ruido provocará errores en el movimiento durante el proceso. Para lograr acción motriz utilizable y precisa, el "ruido" debe atenuarse de alguna forma. Esto se hace activando no solo a los agonistas (los músculos que aseguran el movimiento articular previsto), sino también los antagonistas (cocontracciones) (Kelso, 1991). Cuando los agonistas y antagonistas se contraen (coactivan) al mismo tiempo, se mantienen más o menos equilibrados. Esto amortigua cualquier error en las señales del sistema nervioso central. Por lo tanto, el equilibrio correcto se ve afectado por una serie de propiedades musculares que no están sujetas al control neuronal, como las características de fuerza/longitud y fuerza/velocidad de los músculos y las propiedades elásticas de los tendones (Fort y Rodríguez, 2013). Estas propiedades afectan a la forma en que los músculos responden a las señales del sistema nervioso central. Los componentes elásticos de la unidad músculo-tendinosa afectan al cambio en la longitud muscular y la longitud muscular afecta a la fuerza de la acción muscular.

Las cocontracciones forman la base de la capacidad de autoorganización de los músculos y corrigen los errores en el movimiento. Simultáneamente, los antagonistas inhiben la velocidad de acción de los agonistas y el movimiento se hará de modo más lento. En otras palabras, cuanto más velocidad, más ruido, más cocontrataciones y, por lo tanto, más se inhibirá la velocidad de movimiento. La coactivación es utilizada (sobre todo cuando se



realizan acciones nuevas o balísticas) cuando la velocidad de ejecución aumenta y cuando se necesita dar estabilidad para mantener una posición articular constante (Lloyd, 2001).

Las cocontracciones no solo inhiben la intensidad (velocidad y fuerza) con la que se puede ejecutar un movimiento, sino que también reducen la holgura muscular. Esto es un aspecto positivo, ya que esa holgura reduce la intensidad a la que se puede ejecutar el movimiento. Creando pretensión con la ayuda de cocontracciones, se reduce el efecto limitante en la intensidad potencial del movimiento provocada por la holgura muscular, y, por lo tanto, permite a la jugadora moverse más rápido y con más fuerza. En ese sentido, hay una posición enfrentada entre maximizar la intensidad (velocidad y fuerza) del movimiento, controlar el movimiento y reducir la holgura muscular a través de a través de cocontracciones.

### **Figura 12. Cocontracciones en un inicio de *sprint***



Fuente: elaboración propia.

La figura anterior muestra los isquiotibiales que están tratando de flexionar la rodilla, están activos al mismo tiempo que los cuádriceps están tratando de extenderla. Existe pretensión que posibilita moverse más rápido a la jugadora.

En resumen, el rendimiento en acciones explosivas está condicionado por este límite que ocurre antes de que se alcancen los límites del sistema locomotor. Esta es una respuesta natural que tiene dos objetivos:

- Realizar el movimiento controlado en un entorno en el que existen fuerzas perturbadoras imprevisibles.
- Y proteger a la deportista de lesiones reduciendo la carga en el sistema locomotor.

Actualmente, sabemos que las estrategias empleadas por el sistema neuromuscular son modificables con el entrenamiento (Hewett et al., 2013; Hübscher et al., 2010). Así, cuando se experimentan nuevos movimientos, la tarea se hace en primera instancia con altos niveles de coactivación y, a medida que se aprende, se progresa hacia la activación recíproca (Lloyd, 2001). Es decir, en las acciones producidas en el fútbol tenemos que llegar a un equilibrio entre la coactivación (que da estabilidad y protección) y la activación recíproca (que puede aumentar la eficiencia muscular de la acción deportiva. Aparte de las estrategias mencionadas, debemos resaltar los mecanismos de retroalimentación (*feedback*) y anticipación (*feedforward* o preactivación) para optimizar el control neuromuscular durante el juego.

**Figura 13. Tipos de acciones donde se producen las cocontracciones y la inhibición**



Fuente: Fort y Rodríguez, 2013, <https://n9.cl/jbolw>

Entender cómo funciona el sistema neuromuscular es básico para diseñar entrenamientos de fuerza más adecuados y, de esta forma, asegurar la estabilidad funcional de los tejidos durante las acciones deportivas (como pueden ser los cambios de dirección o aterrizajes de un salto). Este sistema no solo es importante trabajarlo en el ámbito de la prevención y el tratamiento de lesiones, sino también para la mejora del rendimiento deportivo (Fort y Rodríguez, 2013).

### 2.4.3. Entrenamiento de fuerza basado en la coordinación

El entrenamiento basado en la coordinación no es otra cosa que la selección preferencial de la estructura coordinativa en las tareas de fuerza. Se debe observar cómo el control del movimiento limita el rendimiento. Si solamente está limitado por la capacidad de carga del sistema músculo-esquelético, mejor entrenar la estructura condicional, ya que no tiene mucho sentido basar el entrenamiento de fuerza en la coordinación. Sin embargo, el rendimiento no está limitado por esta capacidad, sino más bien por la forma en que se diseña el movimiento, deberíamos incidir en la estructura coordinativa de la jugadora. Como ya se comentó, el control basado en cocontracciones reduce el rendimiento a alta intensidad. Por lo tanto, es útil tener en cuenta las consecuencias del control motor dentro del entrenamiento de fuerza y hacer que los patrones de movimiento sean sólidos a través de ejercicios de fuerza y, en consecuencia, realizar ejercicios de fuerza desafiantes es la estrategia más útil para que las futbolistas de élite desarrollen sus habilidades. Sin embargo, el desarrollo de esta estrategia depende de un buen conocimiento de cómo está estructurado el movimiento deportivo.

Las acciones deportivas involucran una serie de cadenas cinéticas para conseguir impulsar el cuerpo. El resultado de la coordinación de estas cadenas es que hay una transferencia de energía de un segmento del cuerpo a otro, lo que resulta en la suma de fuerzas.

Se utiliza normalmente para clasificar los diferentes movimientos, las cadenas cinéticas cerradas y abiertas. Las cadenas cinéticas abiertas se refieren a cuando el segmento distal es fijo y se produce fuerza contra el objeto fijo para mover los segmentos proximales y, por lo tanto, el cuerpo. Las cadenas cinéticas abiertas se refieren a cuando el segmento distal es libre de moverse. Sin embargo, estas terminologías se vuelven confusas, en particular cuando los movimientos complejos implican una combinación de cadenas cinéticas cerradas y abiertas. Empleando esta clasificación, el movimiento humano es producto de cadenas cinéticas abiertas, cerradas o combinadas que funcionan de forma aislada o simultáneamente. Correr, por ejemplo, implica cadenas cinéticas abiertas y cerradas. La *stance leg* es una cadena cinética cerrada que resulta en propulsión, mientras que la *swing leg* es un movimiento de cadena cinética abierta.

La capacidad de producir movimientos repetitivos, potentes y energéticamente eficientes es casi un requisito previo para el éxito al más alto nivel en el deporte. La eficiencia es la relación entre la salida de energía y la entrada, y, por lo tanto, mejora cuando la producción de energía aumenta en relación con la entrada. Las pérdidas de energía en la cadena cinética pueden favorecer la aparición de fatiga antes de tiempo. Se ha demostrado que la fatiga reduce el sentido propioceptivo (Lee et al., 2003), alteran el movimiento escapulotorácico y glenohumeral (Ebaugh et al., 2006), aumenta la traslación tibial en rodillas sanas (Wojtys et al., 1996), reduce el control postural y aumenta el



impacto que se llevan las articulaciones al correr (Christina et al., 2001). Por lo tanto, la fatiga se presenta como un factor de riesgo significativo de lesiones en el fútbol. En consecuencia, es muy importante optimizar la cadena cinética para que sea eficaz en la forma que transfiere energía muscular a un movimiento potente. Para ello, se debe mejorar la coordinación intermuscular y optimizar el almacenamiento y la liberación de energía elástica a través de la cadena cinética. Igual de valioso es la necesidad de tener una buena base de fuerza y las capacidades derivadas de esta, como el equilibrio, la estabilidad y la fuerza. Por ejemplo, se requiere un tronco estable para *sprintar*. Los músculos periarticulares de la cadera fuertes son fundamentales en la generación de una base para que la energía se transfiera de manera efectiva durante un chute a portería. Cuando hay pérdidas de energía, la velocidad de movimiento disminuye. Para que la jugadora aumente su potencia y velocidad, se deben reclutar otros músculos en mayor medida, compensando la fuga de energía en el sistema, como ya comentamos en el apartado de coordinación intermuscular.

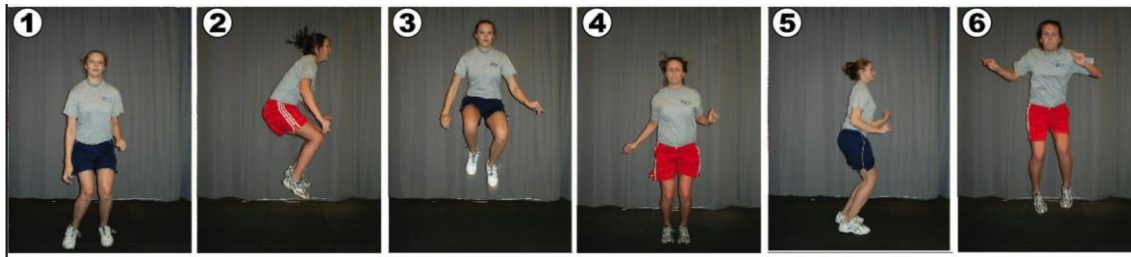
Sin tener en cuenta más estructuras que la coordinativa, al realizar un movimiento, las jugadoras que son capaces de transferir energía de manera efectiva a través de la cadena cinética, con fugas mínimas, tienen ventaja para rendir mejor. Al contrario, una mala mecánica de movimiento puede aumentar el estrés en las articulaciones y los tejidos blandos de la cadena cinética. La mala utilización de los segmentos proximales para transferir energía puede ejercer una mayor presión sobre los segmentos distales. Por ejemplo, se ha demostrado que la eversión excesiva del pie trasero y la aducción de cadera son un factor de riesgo en personas con dolor articular patelofemoral (Barton et al., 2012).

Si bien la cadena cinética a menudo se discute en relación con la producción de movimiento, el concepto también se puede ampliar para explicar cómo el cuerpo puede absorber fuerzas durante la desaceleración del movimiento; por ejemplo, en el aterrizaje desde un salto. La desaceleración del cuerpo y la acción muscular excéntrica pueden imponer fuerzas excesivas a los tendones, haciendo que la atleta sea susceptible al desarrollo de tendinopatías. Optimizar el uso de la cadena cinética para absorber fuerzas reducirá la sobrecarga. Se ha demostrado que las estrategias de aterrizaje rígido y la secuenciación disfuncional de la cadera al aterrizar están más presentes en las deportistas con tendinopatía rotuliana (Bisseling et al., 2007; Edwards et al., 2010). En esta situación, la cadena cinética no se utiliza de manera efectiva para desacelerar el cuerpo, de tal manera que las fuerzas se extiendan a través de las estructuras anatómicas.

La siguiente figura exhibe algunos ejemplos de diferentes estrategias disfuncionales de aterrizaje y vuelo durante el salto.



**Figura 14. Estrategias de movimiento disfuncionales durante el aterrizaje**



Fuente: elaboración propia.

Descripción de la figura:

1. Valgo en la extremidad en el aterrizaje.
2. Caderas no llegan paralelas (en la máxima altura del salto).
3. Caderas durante el vuelo no están paralelas.

Pies durante el aterrizaje:

1. Hombros no están en línea con los pies.
2. Pies no están paralelos (adelante - atrás).
3. Tiempo de contacto de los pies no es al mismo tiempo.

Las diferentes estrategias se pueden categorizar en:

- *Ligament dominance*. Los músculos no absorben suficientemente las fuerzas de reacción del suelo, por lo que la articulación y los ligamentos deben absorber grandes cantidades de fuerza durante un breve período de tiempo.
- *Leg dominance*. Tendencia a apoyar todo el peso en una pierna.
- *Quadriceps dominance*. Tendencia a estabilizar usando cuádriceps.
- *Trunk dominance*. No perciben adecuadamente la posición de su tronco en el espacio tridimensional y no permiten más movimiento después de una perturbación.

La intervención que se podría hacer teniendo en cuenta solo la estructura coordinativa se muestra en la siguiente figura.

**Figura 15. Intervención**

MECANISMO LESIVO	DESEQUILIBRIO NEUROMUSCULAR	INTERVENCIÓN
Aducción de rodilla en la caída	LIGAMENT DOMINANCE	Entrenar la técnica adecuada
Pequeño ángulo de Flexión de rodilla en la caída (desplazamiento adelante)	QUADRICEPS DOMINANCE	Fuerza de la cadena posterior
Caída asimétrica	LEG DOMINANCE	Entrenar simetrías (SIDE/SIDE)
Incapacidad para controlar el centro de masas	TRUNK DOMINANCE	Core Stability y entrenamiento de perturbaciones

Fuente: elaboración propia.

Probablemente, todos estos desequilibrios neuromusculares se deberían entrenar en relación con la tarea específica y ver cómo se modifican los movimientos al tener estímulos específicos.

El entrenamiento de fuerza debe destinarse a mejorar el rendimiento. La reducción de las lesiones será una consecuencia de lo anterior. Este entrenamiento debe guardar cierta correspondencia dinámica con los movimientos competitivos y respetar en la medida de lo posible la ecología del entorno en que el movimiento se da en el juego. De ese modo, no solo se mejoran los niveles de fuerza o la calidad de los tejidos, como se ha descrito en el apartado de prevención, sino que también se optimizan las coordinaciones necesarias para que el movimiento sea eficiente. La eficiencia se entiende como la mejora en los flujos de energía; es decir, la distribución específica de la energía con base en la información que proviene del entorno y las interacciones específicas que ocurren entre jugadoras y a las acciones de estas en relación con todo lo demás.

El entrenamiento de fuerza debe contener variabilidad en el movimiento: una variabilidad funcional y no aleatoria. Esta variabilidad proporcionará en la jugadora mayor adaptabilidad y flexibilidad al sistema sensoriomotor para maniobrar de forma competente en multitud de contextos. La variabilidad funcional es un indicador de acción motriz saludable (Glazier et al., 2006). La realización de tareas en las que la deportista tiene la necesidad de adaptar su comportamiento a los condicionantes de la tarea contribuirá al aumento de las posibilidades de interacción de la jugadora con el entorno complejo (Button et al., 2020). Como Bernstein señaló hace varias décadas (1996), la repetición del mismo movimiento nunca conduce a la misma trayectoria de movimiento, independientemente de la cantidad de práctica, experiencia o nivel de habilidad.



**Figura 16. Entrenamiento**

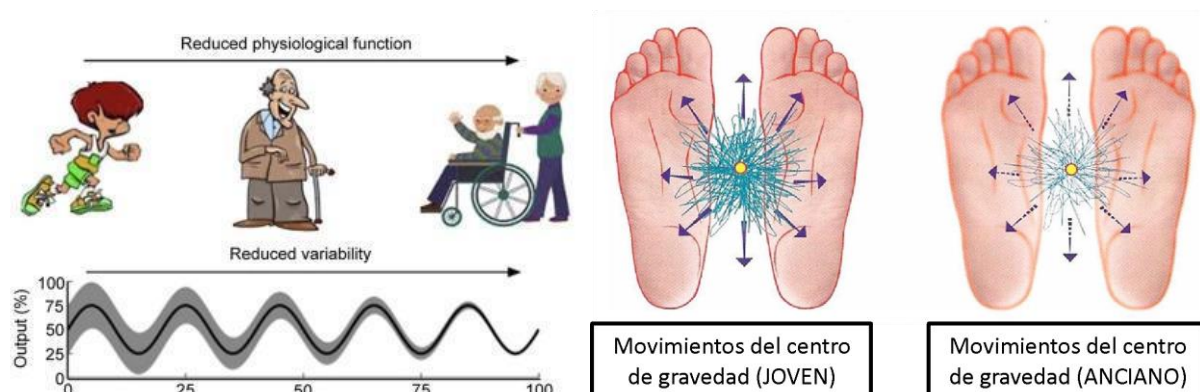


Fuente: elaboración propia.

En el entrenamiento, la variabilidad se puede dar durante el proceso o en el resultado. La variabilidad se puede vincular a tener una variedad de estrategias disponibles para resolver la misma tarea, aumentando así la flexibilidad del rendimiento. También, se puede encontrar cuando diferentes componentes que contribuyen al rendimiento contrarrestan las variaciones de los demás para asegurar el resultado (es el caso de la Figura 16).

Por lo tanto, imponer una sobrecarga coordinativa es, en teoría, una forma de crear patrones sensoriomotores cada vez nuevos o más flexibles para que la jugadora pueda continuar aprendiendo y diversificando sus soluciones de movimiento en una tarea determinada. Esta complejidad es necesaria para que los sistemas se adapten a las condiciones cambiantes, ya que la pérdida de complejidad da como resultado la disminución de la capacidad de adaptación. A lo largo de la vida, los movimientos se vuelven más predecibles y el cuerpo no es capaz de adaptarse a los cambios en el entorno. Esto explica que la gente anciana sufra más caídas (Figura 17).

**Figura 17. Variabilidad de movimiento en personas jóvenes y ancianos**



Fuente: Bosch y Cook, 2015, <https://n9.cl/b562x>

La combinación de los conceptos de estabilidad y flexibilidad en el comportamiento humano es un fenómeno inherentemente complejo. La estabilidad es necesaria en los movimientos, pero al ser la inestabilidad el origen del comportamiento motriz estable (Davids et al., 2008), la combinación de estabilidad y flexibilidad es un gran reto para el sistema neuromuscular. El cuerpo humano a través de los procesos interactivos entre las diferentes estructuras dispone de múltiples formas para reorganizar sus propias inestabilidades (Spencer y Schöner, 2003). De esta manera, el sistema no necesita al cerebro en un proceso decisonal, sino que la información nueva que se percibe exige de la reorganización del sistema hacia un nuevo estado. Por lo tanto, la flexibilidad surge de las mismas propiedades del sistema que generan la estabilidad (Spencer y Schöner, 2003). En ese sentido, el entrenamiento debe no solo buscar más estabilidad en los comportamientos (repetición), sino también fomentar la evolución hacia la capacidad de poder generar nuevos estados de estabilidad.

Las cargas de entrenamiento específico en el campo y las de la propia competición pueden crear desequilibrios en las futbolistas que aumenten la probabilidad de padecer lesiones. Por ello, debemos buscar un equilibrio y progresión en las propuestas del entrenamiento de fuerza desde el nivel *nano* (por ejemplo, desarrollar la *tenseguridad* en el nivel de las células musculares y del sistema músculo-esquelético) al nivel *micro* (coordinación intramuscular e intermuscular en el movimiento) y al nivel *meso* (movimientos deportivos en competición). A su vez, esta propuesta se relaciona con la orientación de las tareas, por lo tanto, también con su nivel de especificidad, representatividad y complejidad en relación con la competición.



## Unidad 2.5. Periodización

Tenemos un problema a la hora de programar los estímulos de entrenamiento en el fútbol, ya que a pesar de que basamos muchos de los conocimientos en las programaciones de atletismo y los conocimientos generados por esta disciplina, la complejidad de interacciones entre las deportistas y el entorno en el fútbol complica la tarea de conocer la intensidad y el volumen necesarios para realizar una “buena” programación. Está claro que debemos buscar una sinergia entre los diferentes estímulos de entrenamiento, atendiendo al carácter complejo de este, ya que la carga no se basa únicamente en parámetros condicionales y bioenergéticos, sino que es más complejo. No solo debemos entrenar para ser más capaces de saltar o correr, también se debe preparar a la deportista para ser mejor interactuando con el contexto de juego, incluyendo a la jugadora y a sus relaciones de funcionamiento con su equipo. Sin embargo, está claro que debemos tomar decisiones a pesar de la complejidad del proceso de entrenamiento.

Empezando por la pretemporada, se debe preparar a la jugadora de forma progresiva para las cargas de entrenamiento y competición exigentes que tendrá que soportar. Es un periodo donde las adaptaciones son muchas. La jugadora tiene que adaptarse en todas sus estructuras: en lo condicional (tejidos muscular, conectivo, óseo, etc.), bioenergético y coordinativo, y a volver a jugar al fútbol después de un tiempo sin actividad. Si es modificado el modelo de juego del entrenador, generará que la deportista necesite adaptarse a los comportamientos que se le piden y también a conocer cómo se comportan sus compañeras. Por todo ello, se debe comenzar con tareas de complejidad baja para facilitar esos procesos de coadaptación entre jugadoras. Además, las acciones realizadas de manera explosiva como los golpes o *sprints* deben esperar un tiempo a ser incluidos en las sesiones de pretemporada, yendo progresivamente hacia tareas cada vez más agresivas para las estructuras. Por lo tanto, el entrenamiento de fuerza tendrá un objetivo protector más que de rendimiento, empezando con sesiones generales sin tener tan en cuenta los procesos de acoplamiento entre los ciclos de percepción-acción. Es difícil estimar una duración de este tipo de trabajo durante la pretemporada, ya que debe adaptarse a las características de las jugadoras que se tienen en plantilla. Por ejemplo, en año de Eurocopa, donde las jugadoras vendrán de competir y solo tendrán entre siete y diez días de descanso, no es tan necesaria una fase de adaptación larga; sin embargo, las jugadoras que no compitan en la Eurocopa tendrán un mes de periodo vacacional y necesitarán una adaptación más larga.

Durante la temporada, dentro del microciclo, el entrenamiento estará determinado en primera instancia por el partido previo y el tiempo que necesitan las jugadoras para recuperar los niveles previos de rendimiento. Existe evidencia que nos indica que 48/72 horas es el tiempo que se necesita para recuperar la fatiga neuromuscular, estrés físico y oxidativos, e indicadores inflamatorios. Por eso, los primeros días de la semana serán de



bajo volumen e intensidad. Además, se deberán tener en cuenta las sesiones de recuperación y la sesión de compensación para las jugadoras que no intervinieron en el partido. Para las que jugaron, los esfuerzos serán bajos en impacto y de baja complejidad. ¿Entrenar el día pospartido o dos días después de partido? Esto dependerá de ciertas variables como el momento de la temporada (se puede aplicar más carga en la sesión +2 que en la sesión +1; hacer sesión en la +1 favorecerá la recuperación y hacerla en la +2 aumentará la carga de la semana) o del estado anímico de las jugadoras.

La sesión -4 de la semana tendrá el objetivo de entrenar la estructura condicional. Las acciones serán poco complejas y es el mejor día para un trabajo estructural en el caso de que alguna jugadora lo necesite, ya que no habrá efecto de interferencia entre el entrenamiento de campo y el entrenamiento coadyuvante. Además, se necesitarán varios días para recuperar ese tipo de esfuerzos.

En la sesión -3, se hará una sesión de cualidades específicas. Esta será la sesión de mayor carga de la semana en la que se trabajarán todas las estructuras de la jugadora. No obstante, la fatiga periférica no será la más alta de la semana porque se realizan ejercicios poliarticulares que no generarán tanto residuo.

En la sesión -2, se efectúan ejercicios compensatorios y estructurales con un rol protector. Se disminuye la carga de entrenamiento para recuperar los estímulos de los días anteriores.

La sesión -1 se dedicará a acciones explosivas que no generen residuos perjudiciales para el partido del día siguiente.

La figura siguiente resume lo expuesto hasta aquí.

**Figura 18. Resumen del microciclo**



Fuente: elaboración propia.



## Referencias

- Alegre Durán, L. M.** (2004). *Cambios en la arquitectura y biomecánica del músculo esquelético tras un entrenamiento de fuerza explosiva* [Tesis doctoral]. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=105009>
- Arboix-Alió, J., Buscà, B., Aguilera-Castells, J., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Trabal, G., y Peña, J.** (2021). *Competitive balance in male European rink hockey leagues*. *Apunt. Educ. Física i Esports*, 3, pp. 75-80.
- Balagué Serre, N., Torrents Martín, C., Pol Cabanellas, R. y Seirul-lo Vargas, F.** (2014). Entrenamiento integrado. Principios dinámicos y aplicaciones. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 116, pp. 60-68. Recuperado de: <https://revista-apunts.com/entrenamiento-integrado-principios-dinamicos-y-aplicaciones/>
- Barton, C. J., Lvinger, P., Crossley, K. M., Webster, K. E. y Menz, H. B.** (2012). *The relationship between rearfoot, tibial and hip kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome*. *Clinical Biomechanics*, 27(7), pp. 702-705.
- Benjaminse, A., Gokeler, A., Fleisig, G. S., Sell, T. C. y Otten, B.** (2011). *What is the true evidence for gender-related differences during plant and cut maneuvers? A systematic review*. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), pp. 42-54.
- Bernstein, N. A., Latash, M. L. y Turvey, M. T.** (1996). *Dexterity and its development*. Psychology Press.
- Bishop, D., Girard, O. y Mendez-Villanueva, A.** (2011). *Repeated-sprint ability. Part II*. *Sports Medicine*, 41(9), pp. 741-756.
- Bisseling, R. W., Hof, A. L., Bredeweg, S. W., Zwerver, J. y Mulder, T.** (2007). *Relationship between landing strategy and patellar tendinopathy in volleyball*. *British Journal of Sports Medicine*, 41(7). DOI: 10.1136/bjism.2006.032565
- Bosch, F. y Cook, K.** (2015). *Strength training and coordination: an integrative approach*. Rotterdam: 2010 Publishers.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M. y Ahmaidi, S.** (2010). *Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training*. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), pp. 2715-2722.
- Button, C., Seifert, L., Chow, J. Y., Davids, K., y Araujo, D.** (2020). *Dynamics of skill acquisition: An ecological dynamics approach*. Estados Unidos: Human Kinetics Publishers.



**Calleja-González, J., Mielgo-Ayuso, J., Sampaio, J., Delextrat, A., Ostojic, S. M., Marques-Jiménez, D., Arratibel, I., Sánchez-Ureña, B., Dupont, G. y Schelling, X.** (2018). *Brief ideas about evidence-based recovery in team sports. Journal of Exercise Rehabilitation, 14(4)*, pp. 545-550. DOI: <http://dx.doi.org/10.12965/jer.1836244.122>

**Christina, K. A., White, S. C. y Gilchrist, L. A.** (2001). *Effect of localized muscle fatigue on vertical ground reaction forces and ankle joint motion during running. Human Movement Science, 20(3)*, pp. 257-276.

**Collins, K. S., Klawitter, L. A., Waldera, R. W., Mahoney, S. J. y Christensen, B. K.** (2021). *Differences in Muscle Activity and Kinetics Between the Goblet Squat and Landmine Squat in Men and Women. Journal of Strength and Conditioning Research, 35(10)*, pp. 2661-2668.

**Colosio, A. L., Pedrinolla, A., da Lozzo, G. y Pogliaghi, S.** (2018). Heart rate-index estimates oxygen uptake, energy expenditure and aerobic fitness in rugby players. *Journal of Sports Science & Medicine, 17(4)*. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30479532/>

**Cometti, G.** (1998). *La pliometría*. Barcelona: Inde.

**Cronin, J., McNair, P. J. y Marshall, R. N.** (2001). *Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. Journal of Science and Medicine in Sport, 4(2)*, pp. 168-178.

**Davids, K. W., Button, C. y Bennett, S. J.** (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Estados Unidos: Human Kinetics.

**Dutta, P. y Subramaniam, S.** (2001). *56 effect of six weeks of isokinetic strength training combined with skill training on football kicking performance. Science and Football IV, 3(3)*. DOI: <https://doi.org/10.2466/pms.99.2.701-710>

**Ebaugh, D. D., McClure, P. W. y Karduna, A. R.** (2006). *Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. Journal of Electromyography and Kinesiology, 16(3)*, pp. 224-235.

**Edwards, S., Steele, J. R., McGhee, D. E., Beattie, S., Purdam, C. y Cook, J. L.** (2010). *Landing strategies of athletes with an asymptomatic patellar tendon abnormality. Medicine and Science in Sports and Exercise, 42(11)*, pp. 2072-2080.

**Fort, A. y Rodríguez, R.** (2013). Análisis de los factores de riesgo neuromusculares de las lesiones deportivas. *Apunts Medicina de l'Esport*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2013.05.003>

**Gibson, J. J.** (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Miffling.



**Hewett, T. E., Paterno, M. V. y Myer, G. D.** (2002). *Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. Clinical Orthopaedics and Related Research®*, 402, pp. 76-94.

**Hewett, T. E., Stasi, S. L. di y Myer, G. D.** (2013). *The American Journal of Sports Medicine Current Concepts for Injury Prevention in Athletes After Anterior Cruciate*. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546512459638>

**Hübscher, M., Zech, A., Pfeifer, K., Hänsel, F., Vogt, L. y Banzer, W.** (2010). *Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(3), pp. 413-421.

**Tarragó, J. R., Cos, F., Gordillo, A., Lizarraga, M. A. y Martín, J. A.** (2005). *Training in team sports: coadjuvant training in the FCB. Apunts Educación Física y Deportes*, 35(138), pp. 13-25.

**Jukic, I., Prnjak, K., Zoellner, A., Tufano, J. J., Sekulic, D. y Salaj, S.** (2019). *The importance of fundamental motor skills in identifying differences in performance levels of U10 soccer players. Sports*, 7(7). DOI: 10.3390/sports7070178

**Kelso, J. A. S.** (1991). *Behavioral and neural pattern generation: The concept of neurobehavioral dynamical systems*. In *Cardiorespiratory and motor coordination*. Estados Unidos: Springer.

**Kokstejn, J., Musalek, M., Wolanski, P., Murawska-Cialowicz, E. y Stastny, P.** (2019). *Fundamental motor skills mediate the relationship between physical fitness and soccer-specific motor skills in young soccer players. Frontiers in Physiology*, 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00596>

**Landry, S. C., McKean, K. A., Hubley-Kozey, C. L., Stanish, W. D. y Deluzio, K. J.** (2007). *Neuromuscular and lower limb biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated side-cut maneuver. The American Journal of Sports Medicine*, 35(11), pp. 1888-1900.

**Lee, H. M., Liau, J. J., Cheng, C. K., Tan, C. M. y Shih, J. T.** (2003). *Evaluation of shoulder proprioception following muscle fatigue. Clinical Biomechanics*, 18(9), pp. 843-847.

**Lephart, S. M. y Jari, R.** (2002). *The role of proprioception in shoulder instability. Operative Techniques in Sports Medicine*, 10(1), pp. 2-4.

**Liederbach, M., Kremenic, I. J., Orishimo, K. F., Pappas, E. y Hagins, M.** (2014). *Comparison of landing biomechanics between male and female dancers and athletes. Part 2: influence of fatigue and implications for anterior cruciate ligament injury. The American Journal of Sports Medicine*, 42(5), pp. 1089-1095.



**Lloyd, D. G.** (2001). *Rationale for training programs to reduce anterior cruciate ligament injuries in Australian football.* *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(11), pp. 645-654.

**López-Segovia, M., Marques, M. C., van den Tillaar, R. y González-Badillo, J. J.** (2011). *Relationships between vertical jump and full squat power outputs with sprint times in u21 soccer players.* *Journal of Human Kinetics*, 30. DOI: 10.2478/v10078-011-0081-2

**Manolopoulos, E., Katis, A., Manolopoulos, K., Kalapotharakos, V. y Kellis, E.** (2013). *Effects of a 10-week resistance exercise program on soccer kick biomechanics and muscle strength.* *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(12), pp. 3391-3401.

**Newell, K. M., Broderick, M. P., Deutsch, K. M. y Slifkin, A. B.** (2003). *Task goals and change in dynamical degrees of freedom with motor learning.* *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(2), pp. 379-387. DOI: <https://doi.org/10.1037/0096-1523.29.2.379>

**Orishimo, K. F., Kremenec, I. J., Pappas, E., Hagins, M. y Liederbach, M.** (2009). *Comparison of landing biomechanics between male and female professional dancers.* *The American Journal of Sports Medicine*, 37(11), pp. 2187-2193.

**Renshaw, I., Davids, K., Shuttleworth, R. y Chow, J.** (2009). *Insights from ecological psychology and dynamical systems theory can underpin a philosophy of coaching.* *International Journal of Sport Psychology*, 40(4), pp. 580-602.

**Robles-Palazón, F. J., López-Valenciano, A., Croix, M. D. S., Oliver, J. L., García-Gómez, A., de Baranda, P. S. y Ayala, F.** (2021). *Epidemiology of injuries in male and female youth football players: a systematic review and meta-analysis.* *Journal of Sport and Health Science*. DOI: 10.1016/j.jshs.2021.10.002

**Romero Rodríguez, D (2019).** *La fuerza y la potencia como cualidad clave en la readaptación de lesiones deportivas.* Módulo 1. Certificado en Entrenamiento de la Fuerza: de la Rehabilitación al Rendimiento. Barca Innovation Hub.

**Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D. y Hawley, J. A.** (2004). *Factors affecting running economy in trained distance runners.* *Sports Medicine*, 34(7), pp. 465-485.

**Seirullo Vargas, F.** (2017). *El entrenamiento en los deportes de equipo.* España: Mastercede.

**Serrano, J. L. A.** (2012). *La planificación actual del entrenamiento en fútbol. Análisis comparado del enfoque estructurado y la periodización táctica.* *Acciónmotriz*, 8, pp. 27-37.



**Schollhorn, W., Hegen, P. y Davids, K.** (2012). *The nonlinear nature of learning-A differential learning approach. The Open Sports Sciences Journal*, 5(1). DOI: 10.2174/1875399X01205010100

**Shalfawi, S. A. I., Haugen, T., Jakobsen, T. A., Enoksen, E. y Tønnessen, E.** (2013). *The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), pp. 2966-2972.

**Silva, J. R., Magalhães, J., Ascensão, A., Seabra, A. F. y Rebelo, A. N.** (2013). *Training status and match activity of professional soccer players throughout a season. The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(1), pp. 20-30.

**Sleivert, G. y Taingahue, M.** (2004). *The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. European Journal of Applied Physiology*, 91(1), pp. 46-52.

**Spencer, J. P. y Schöner, G.** (2003). *Bridging the representational gap in the dynamic systems approach to development. Developmental Science*, 6(4), pp. 392-412.

**Tous-Fajardo, J.** (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Editorial Hispano Europea.

**Weyand, P. G., Sandell, R. F., Prime, D. N. L. y Bundle, M. W.** (2010). *The biological limits to running speed are imposed from the ground up. Journal of Applied Physiology*, 108(4), pp. 950-961.

**Williams, G. N., Chmielewski, T., Rudolph, K. S., Buchanan, T. S. y Snyder-Mackler, L.** (2001). *Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(10), pp. 546-566.

**Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. y Hoff, J.** (2004). *Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. British Journal of Sports Medicine*, 38(3), pp. 285-288.

**Wojtys, E. M., Wylie, B. B. y Huston, L. J.** (1996). *The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees. The American Journal of Sports Medicine*, 24(5), pp. 615-621.

**Woodhouse, L. N., Tallent, J., Patterson, S. D. y Waldron, M.** (2021). *Elite international female rugby union physical match demands: A five-year longitudinal analysis by position and opposition quality. Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(11), pp. 1173-1179.

**Ziv, G. y Lidor, R.** (2010). *Vertical jump in female and male basketball players—A review of observational and experimental studies. Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), pp. 332-339. DOI: 10.1016/j.jsams.2009.02.009

