

# ENTRENAMIENTO

de FUERZA y ACONDICIONAMIENTO

## LA SENTADILLA

VALORACIÓN DE LOS FACTORES  
que limitan el rendimiento

## ANÁLISIS DE DATOS

para entrenadores  
personales



Nº2

 **NSCA®** | SPAIN  
NATIONAL STRENGTH AND  
CONDITIONING ASSOCIATION

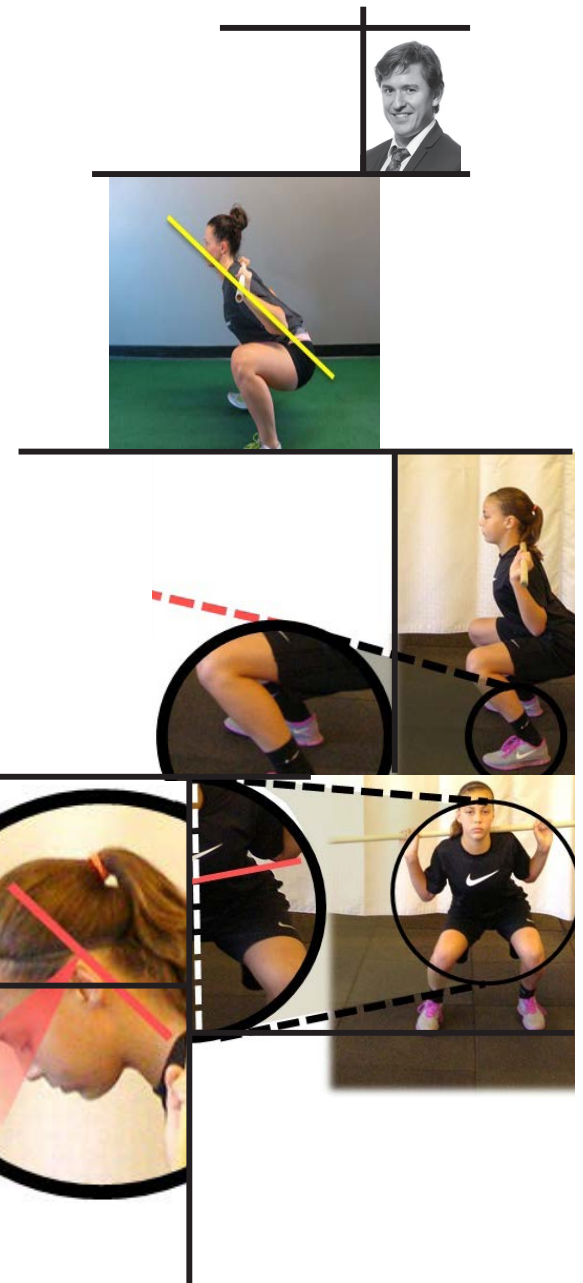
Bridging the gap between  
science and application

# ÍNDICE

## 04 CARTA DEL EDITOR

**06** LA SENTADILLA: UNA PROPUESTA DE VALORACIÓN DE LOS DÉFICITS FUNCIONALES Y FACTORES TÉCNICOS QUE LIMITAN EL RENDIMIENTO

**35** ANÁLISIS DE DATOS PARA ENTRENADORES PERSONALES: USO DE EXCEL PARA ANALIZAR LA FIABILIDAD, LAS DIFERENCIAS Y LAS RELACIONES



Editor jefe: Dr. Azael J. Herrero, CSCS, NSCA-CPT,\*D

Maquetador/impresión: Orybex

ISSN: 2445-2890

Secretaría: NSCA Spain. Zurbano N°83, 3º-A. 28003-Madrid

# WEBINARS

**NSCA CEU**  
APPROVED

Con la llegada de la primavera...



**AMPLÍA TU FORMACIÓN, OBTÉN CEU's  
EN CUALQUIER LUGAR, A CUALQUIER HORA**

 **NSCA® | SPAIN**  
**NATIONAL STRENGTH AND  
CONDITIONING ASSOCIATION**



## CARTA DEL EDITOR

En el mes de febrero de 1999 comenzaba el segundo semestre de mi segundo curso de la licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte en la Universidad de León. Una asignatura y un profesor dejaron huella en mí a partir de ese momento. La asignatura era Biomecánica, y el profesor Xavier Aguado Jódar. Xavi nos exponía de forma magistral conceptos relacionados con el análisis del movimiento y las fuerzas que lo producen, dedicando el tiempo justo a la parte teórica, pues siempre te remitía a su libro Eficacia y técnica deportiva para ampliar conceptos. Pero lo que hacía brillantes cada una de sus clases era la continua explicación de estudios científicos, muchos de ellos llevados a cabo por su grupo de investigación, en donde nos hacía ver la importancia práctica de cada concepto teórico que explicaba. Esto, junto con la pasión que transmitía cada día, hizo que muchos le considerásemos el mejor profesor que tuvimos durante la carrera. Fue en estas clases donde aprendí por primera vez la importancia de ser riguroso estableciendo los protocolos de medición, los errores que podían afectar a las mediciones o lo que implicaba que una medición fuese fiable, válida u objetiva.

Una de las habilidades que debería poseer un entrenador personal es la capacidad de establecer pruebas de valoración que sean válidas y fiables para cada uno de sus clientes o deportistas. El almacenamiento de todos estos datos que extraigamos de las valoraciones debe hacerse de manera informatizada, a ser posible en hojas de cálculo. Me consta que muchos de los entrenadores certificados por la NSCA llevan a cabo estos registros, pero no todos saben cómo explotar y utilizar semejante cantidad de información. Por este motivo, me ha parecido muy apropiado incluir en este segundo número de Entrenamiento de Fuerza y Acondicionamiento un artículo sencillo y aplicable sobre cómo analizar la fiabilidad de nuestras mediciones, cómo determinar si las modificaciones en el rendimiento son significativas, cómo cuantificar los cambios producidos y cómo establecer relaciones entre pruebas de valoración.

Hoy en día, en un grado universitario como lo es Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, carece de sentido que en la asignatura de Estadística se profundice sobre conceptos teóricos o fórmulas, que no se impartan casi todas las clases con programas informáticos delante, o que no se pongan ejemplos aplicados de cada procedimiento explicado. Como profesor de Estadística que soy, e intentando emular a los grandes profesores que tuve, profundizo lo justo en los contenidos teóricos y paso la mayor parte de las clases enseñando a los alumnos a organizar, representar, sintetizar y analizar datos de diferentes investigaciones, muchas de ellas llevadas a cabo por mi propio grupo de investigación. No sé si conseguiré transmitir el mismo entusiasmo que me transmitieron como estudiante, pero sí puedo asegurar que disfruto enormemente con cada clase que imparto. Ojalá todos tuviésemos la oportunidad de dar las gracias a esos grandes profesores que tuvimos, que nos marcaron y que contribuyeron a nuestro crecimiento personal y profesional.



**Dr. Azael J. Herrero, CSCS, NSCA-CPT,\*D**  
Editor Jefe de "Entrenamiento de Fuerza y Acondicionamiento"



# CERTIFÍCATE CON LOS MEJORES

AÑADE A TU CV UNA CERTIFICACIÓN DE DISTINCIÓN



MADRID

BARCELONA

A CORUÑA

GRANADA

MURCIA

MALLORCA

PAMPLONA

SEVILLA

TENERIFE

VALENCIA

VALLADOLID

ZARAGOZA

[www.nscaspain.com](http://www.nscaspain.com)

# LA SENTADILLA: UNA PROPUESTA DE VALORACIÓN DE LOS DÉFICITS FUNCIONALES Y FACTORES TÉCNICOS QUE LIMITAN EL RENDIMIENTO

Gregory D. Myer, PhD, CSCS\*D,1,2,3,4 Adam M. Kushner, BS, CSCS,1 Jensen L. Brent, BS, CSCS,5 Brad J. Schoenfeld, PhD, CSCS, FNCSA,6 Jason Hugentobler, PT, DPT, CSCS,1,7 Rhodri S. Lloyd, PhD, CSCS\*D,8 Al Vermeil, MS, RSCC\*E,9,10 Donald A. Chu, PhD, PT, ATC, CSCS, FNCSA,10,11,12 Jason Harbin, MS,13 and Stuart M. McGill, PhD<sup>14</sup>

<sup>1</sup>Division of Sports Medicine, Cincinnati Children's Hospital Medical Center, Cincinnati, Ohio; <sup>2</sup>Department of Pediatrics and Orthopaedic Surgery, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio; <sup>3</sup>Sports Health & Performance Institute, The Ohio State University, Columbus, Ohio; <sup>4</sup>The Micheli Center for Sports Injury Prevention, Waltham, Massachusetts; <sup>5</sup>The Academy of Sports Performance, Cincinnati, Ohio; <sup>6</sup>Department of Health Sciences, CUNY Lehman College, Bronx, New York; <sup>7</sup>Division of Occupational Therapy and Physical Therapy, Cincinnati Children's Hospital Medical Center, Cincinnati, Ohio; <sup>8</sup>Cardiff School of Sport, Cardiff Metropolitan University, Cardiff, Wales, United Kingdom; <sup>9</sup>Titleist Performance Institute, Oceanside, California; <sup>10</sup>Athercare Fitness and Rehabilitation Clinic, Alameda, California; <sup>11</sup>Rocky Mountain University of Health Professions, Provo, Utah; <sup>12</sup>Ohlone College, Newark, California; <sup>13</sup>BEAT Personal Training, Cincinnati, Ohio; and <sup>14</sup>Department of Kinesiology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario

Artículo original: "The back squat: A proposed assessment of functional deficits and technical factors that limit performance". Strength and Conditioning Journal. 36(6): 4-27. 2014

## RESUMEN

La buena ejecución técnica de los movimientos fundamentales es esencial para la realización de ejercicio físico y para reducir el riesgo de lesión, elementos clave en la promoción de la salud. El patrón de movimiento de la sentadilla es, sin duda, uno de los movimientos fundamentales más críticos para mejorar el rendimiento deportivo, para reducir el riesgo de lesión, y para dar apoyo permanente a la práctica de la actividad física. Basado en evidencias actuales, este primer informe (1/2) desgana la técnica de la sentadilla y presenta una herramienta dinámica de valoración/evaluación que incorpora técnicas que permiten identificar las deficiencias funcionales más conocidas. El informe de seguimiento señalará la metodología correctiva específica para cada uno de los déficits funcionales.

Realizar con una técnica adecuada los movimientos fundamentales es esencial para la realización de actividad física y para mitigar el riesgo

### PALABRAS CLAVE:

identificación de déficit funcional, prevención de lesiones, actividad física, herramienta de control, rendimiento deportivo, sentadilla.

de lesión, dos elementos clave en la salud a lo largo de la vida (25). Los jóvenes, por ejemplo, sin un dominio adecuado de las habilidades motoras en los primeros años del desarrollo, pueden experimentar un mayor riesgo de lesión relacionada

con el deporte durante la adolescencia y en la edad adulta (11, 32, 34). Así, el desarrollo de competencias para los movimientos fundamentales deber ser visto como un componente esencial en el entrenamiento preparatorio antes de

Nota: por motivos de operatividad, se ha traducido "back squat" como "sentadilla". De esta manera, el lector debe tener en cuenta que todo el artículo se refiere a la sentadilla con la barra colocada en la parte superior de la espalda y posterior del cuello.

realizar ejercicio intenso, y deporte competitivo organizado. Algunos patrones fundamentales de movimiento incluyen correr, lanzar, lanzarse y realizar sentadillas (25). Estos movimientos fundamentales tienen una implicación directa a nivel biomecánico y neuromuscular para garantizar un rendimiento correcto en tareas dinámicas inherentes a muchos deportes populares y actividades físicas en las cuales participan jóvenes y adolescentes (24, 35). La competencia en el movimiento, como principio, se extiende a través de la edad adulta para aquellos en los que disfrutar de una vida independiente se basa en su capacidad para mantener la fuerza y la movilidad con el fin de evitar lesiones como las caídas (44).

El patrón de movimiento que implica la sentadilla es común a actividades esenciales de la vida diaria, tales como sentarse, levantar cargas y la mayoría de actividades deportivas. Es también un ejercicio común en regímenes de entrenamiento diseñados para aumentar el rendimiento y reducir las lesiones (30-32). A pesar de las variaciones en lo que respecta a cómo la sentadilla es enseñada y ejecutada

en función del objetivo específico, casi todas las variaciones comprenden una parte estándar, básica y fundamental que resalta la biomecánica que permitirá la progresiva mejora y la disminución de lesiones asociadas al entrenamiento (3). Además, la sentadilla sin carga ha sido propuesta como un ejercicio que puede ser utilizado como herramienta de valoración útil en la detección de déficits biomecánicos que entorpecen patrones de movimiento óptimos, lo que compromete el rendimiento y la resistencia a la lesión (20). En particular, la sentadilla puede ser utilizada para valorar el control neuromuscular, la fuerza, la estabilidad y la movilidad en una cadena cinética (1, 4, 10, 31, 39, 42).

El propósito de este análisis es desgranar la ejecución técnica y la evidencia relacionada con la sentadilla, como un ejercicio básico de entrenamiento y una herramienta dinámica de control. Especialmente, se pretende describir déficits funcionales comunes que son detectados durante su ejecución y que aumentan el riesgo de lesión durante el entrenamiento y el deporte dinámico. Serán identificados déficits y mecanismos lesio-

nales junto con variaciones anatómicas que influyen en la cinemática y cinética de la sentadilla. En el siguiente texto, se pretende presentar de forma detallada ejercicios de entrenamiento que son esenciales y técnicas para corregir ciertos déficits biomecánicos (parte II), los cuales son vitales para mejorar las habilidades y competencias en la técnica de ejecución de la sentadilla (22). Adquirir esta competencia es la base para que sujetos jóvenes puedan participar en sesiones progresivas de entrenamiento que mejoren su ejecución y su resistencia a la lesión, pero también para que sujetos adultos vivan con autonomía y seguridad (25).

## EL EJERCICIO DE SENTADILLA

La sentadilla está ampliamente considerada como uno de los ejercicios más efectivos, usado para aumentar el rendimiento porque requiere de la interacción coordinada de un gran número de grupos musculares y fortalece las necesidades primarias de movimiento para soportar movimientos explosivos del deporte, como son saltos, carreras y levantamientos (7). Es más, la capacidad de ejecutar una sentadilla



**ELEMENTS**  
LIFE IS MOVEMENT, LOVE ELEMENTS

www.elementssystem.com  
info@elementssystem.com  
twitter/elementssystem  
youtube/elementssystem  
facebook/elementssystem

VIVE UNA EXPERIENCIA ELEMENTS, TU FORMACIÓN INTEGRAL

puede transferirse a movimientos y acciones de la vida diaria, como pueden ser levantamiento y desplazamiento de objetos pesados, lo que se relaciona con una mejora en la calidad de vida (43). La sentadilla se ha convertido en un recurso muy común en el ámbito clínico para fortalecer la musculatura de la extremidad inferior (especialmente la fuerza de la cadena posterior y el patrón de reclutamiento) con poco o ningún daño en el tejido conectivo después de una lesión articular (7, 43).

Especialmente, se utiliza comúnmente en ejercicios de cadena cinética cerrada durante procesos de rehabilitación para evitar una excesiva presión que tiene lugar en el ligamento cruzado anterior, haciendo de la sentadilla un ejercicio muy recomendable para su rehabilitación (7, 17, 37, 43). Es altamente recomendable que un sujeto sea capaz inicialmente de demostrar una eficiencia durante el ejercicio de sentadilla con el propio peso antes de avanzar a otras variaciones más intensas derivadas de ella, como una sentadilla con carga externa o entrenamiento pliométrico.

El ejercicio de sentadilla se prescribe a menudo con una posición inicial en donde los pies se encuentran apoyados en el suelo, las rodillas y las caderas extendidas en una posición anatómica neutra, y la columna en posición erguida con la preservación de sus curvas naturales (7,43,45). El movimiento comienza con la fase de descenso en donde las caderas, rodillas y tobillos se flexionan al mismo tiempo. Una instrucción común es descender hasta que la parte superior del muslo se encuentre al menos paralela con el suelo, y la articulación de la cadera esté al nivel o ligeramente por debajo de la articulación de la rodilla (Figura 1) (3,43). La fase ascendente se logra principalmente a través de la triple extensión de caderas, rodillas y tobillos, hasta que el sujeto vuelve a la posición inicial (3). Los músculos posteriores del torso, en particular el erector de la columna, son reclutados isométricamente para favorecer una postura erguida durante todo el movimiento de la sentadilla. Además, los músculos posteriores del torso son asistidos por la parte anterior y lateral, para dar una mayor rigidez a partir de la tensión de la pared abdominal. Antes del inicio de la fase de

descenso, se recomienda al sujeto inhalar aproximadamente el 80% del volumen equivalente a una inhalación máxima, manteniendo la respiración para aumentar la presión intra-abdominal con el fin de estabilizar la columna vertebral (es decir, la maniobra de Valsalva) (nota: esta cantidad de aire puede cambiar en función de la magnitud de la carga). Esta técnica prepara a la columna vertebral, una varilla flexible, a la hora de soportar la compresión que va a generar la carga. La maniobra de Valsalva también establece “rigidez proximal”, que permite una mayor aplicación de potencia en hombros y cadera, mejorando la producción de fuerza y velocidad.

## IDENTIFICACIÓN DE DÉFICITS BIOMECÁNICOS DURANTE LA SENTADILLA

El movimiento básico de la sentadilla es considerado por muchos profesionales como un ejercicio de evaluación primario, porque es un único movimiento, compuesto, altamente sensible para poner de manifiesto deficiencias biomecáni-

Figura 1

