

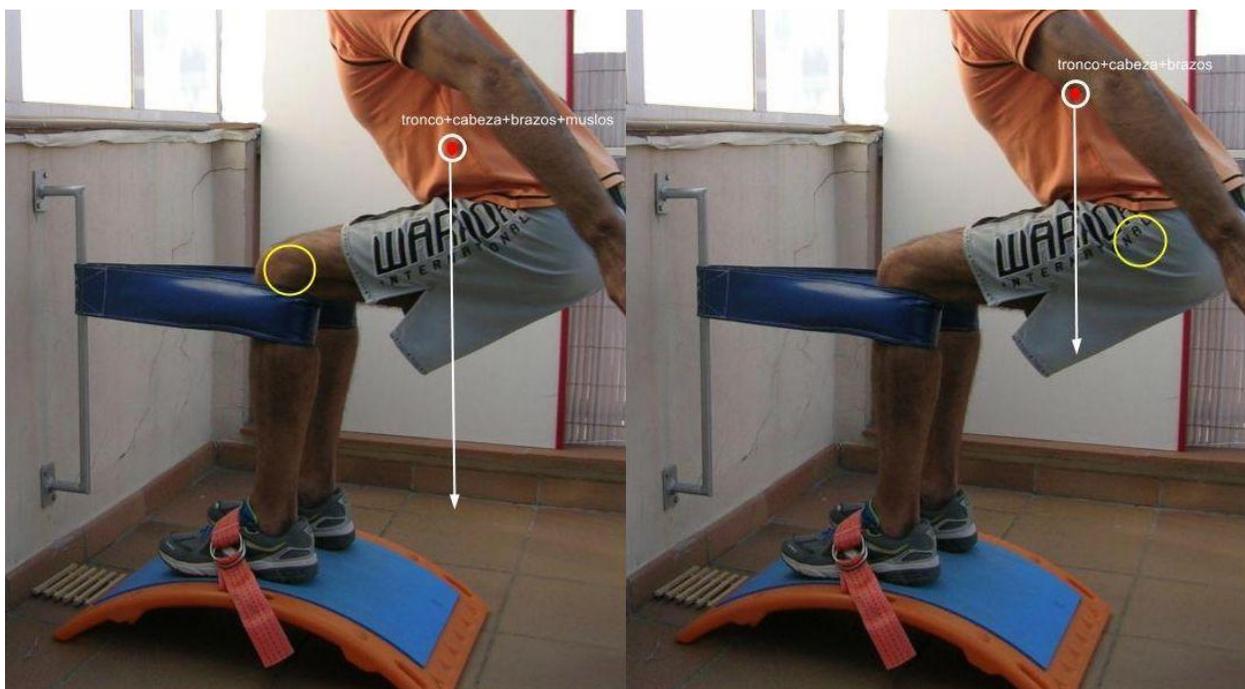
Implicaciones Musculares en los Ejercicios de Squat o Sentadilla con el TMR Tirante Musculador Ruf o Cinturón Ruso

by

David Ribera-Nebot (Sports Performance Institute at SantCugat-Barcelona, 2016)
with the review of J Dapena (emeritus professor of sports biomechanics at Indiana University, USA)

Durante la ejecución de los ejercicios de squat o sentadilla con el cinturón ruso TMR, la posición de los segmentos corporales hace variar los momentos de fuerza (en el sentido del reloj y en contra del sentido del reloj) que se ejercen sobre las articulaciones de la cadera y de la rodilla. Dichos momentos de fuerza pueden superarse, equilibrarse o no llegarse a equilibrar con las fuerzas de los respectivos músculos que actúan en cada articulación. De esta manera, en cada postura estática o durante cada fase del movimiento la situación biomecánica concreta requiere un reclutamiento diferencial y selectivo de la musculatura.

Centrándonos en las implicaciones musculares en relación a la cadera y a la rodilla, se limita el estudio a métodos de predicción de la actividad muscular para situaciones estáticas o casi estáticas (no válidos cuando hay aceleraciones de tamaño mediano y grande que requieren un análisis biomecánico más complejo). Para investigar los momentos de fuerza de los músculos de la cadera hay que tener en cuenta la posición del centro de gravedad del sistema tronco+cabeza+brazos y el peso de este sistema; y para investigar los momentos de fuerza de los músculos de la rodilla hay que tener en cuenta la posición del centro de gravedad del sistema tronco+cabeza+brazos+muslos y el peso de este sistema.



Las posiciones de los centros de gravedad (puntos rojos con círculos blancos alrededor) de ambos sistemas se han calculado a partir de las imágenes de las fotos; aunque no son perfectamente precisos porque hay partes del cuerpo que no se ven completamente bien (como la cabeza). También se han dibujado las flechas del vector peso en proporción a los pesos de los dos sistemas. El sistema tronco+cabeza+brazos (usado para los cálculos de la cadera) acapara el 60% de la masa de todo el cuerpo. El sistema tronco+cabeza+brazos+muslos (usado para los cálculos de la rodilla) acapara el 90% de la masa de todo el cuerpo (1,5 veces mayor que el anterior).

El análisis se desarrolla diferenciando tres posiciones del tronco:
(a) vertical, (b) inclinado y (c) declinado o extendido hacia atrás.

En las alternativas que se presentan, se considera que la cadera se mantiene siempre con cierta anteversión que facilita el mantenimiento de la curvatura anatómico-fisiológica saludable de la columna vertebral.

El análisis de las implicaciones musculares se basa en los conocimientos kinesiológicos y en las sensaciones experimentadas durante los entrenamientos en los ámbitos de la fisioterapia motriz y del entrenamiento deportivo; donde aparte de las variaciones propias del tipo de ejecución y de las posibles sobrecargas adicionales (como por ejemplo los pesos libres en distintas zonas del cuerpo), se experimentan diferencias según los niveles de equilibrio y desequilibrio musculares de cada individuo.

Los aspectos biomecánicos se basan en los apuntes de clase tomados del profesor Jesús Dapena (Dapena, J. (1994-1995). *Class Notes on Mechanical Analysis of Human Performance*. Kinesiology Department and Human Performance Labs of Indiana University at Bloomington) y en sus excepcionales enseñanzas a lo largo de todos estos años.

<http://sportbiomechanics.com/>

MÚSCULOS DE LA CADERA

Si el sujeto tuviera los brazos apuntando en dirección lateral (posición de cristo en gimnasia artística), se observaría una situación de referencia en que el centro de gravedad del sistema tronco+cabeza+brazos estaría alineado con la articulación de la cadera, con lo cual el momento de fuerza del peso en relación a la cadera sería cero. Por lo tanto, los músculos que pasan anteriores y posteriores a la cadera tampoco necesitan hacer ningún momento de fuerza neto. Puede que no haya activación de estos músculos, o puede haber algo de activación de los músculos motores anteriores (psoas-íliaco y recto anterior del cuádriceps), pero solamente si también se activan simultáneamente a nivel similar los músculos motores posteriores (glúteo mayor-mediano e isquiotibiales).

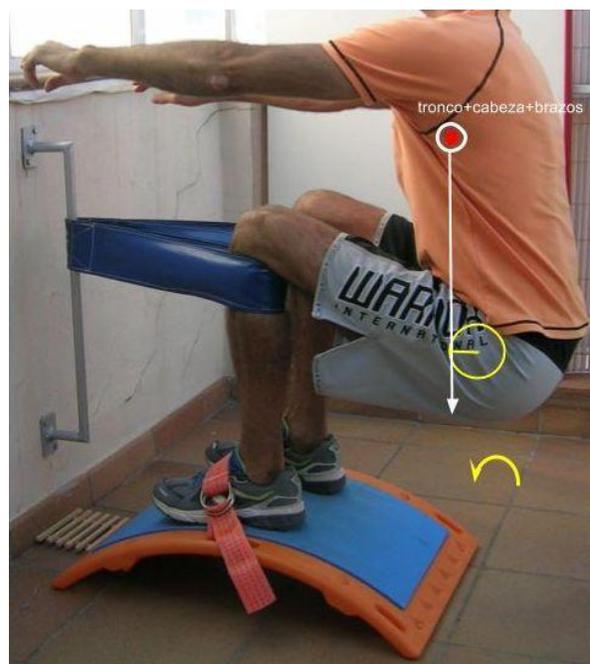
En realidad, con los brazos apuntando hacia delante el centro de gravedad del sistema tronco+cabeza+brazos está un poco por delante de la articulación de la cadera, por lo que el peso crea un pequeño momento de fuerza en contra del sentido del reloj en relación a la cadera, momento de fuerza que debe contrarrestarse con una acción de los músculos posteriores de la cadera (glúteos prioritariamente), estando los músculos anteriores en tono postural bajo, con la excepción del recto anterior del cuádriceps, que al ser biarticular, participa activamente para la extensión de la rodilla, como veremos a continuación.

MÚSCULOS DE LA RODILLA

El peso del sistema tronco+cabeza+brazos+muslos ejerce un importante momento de fuerza en el sentido del reloj en relación a la rodilla, que se contrarresta con una acción muscular en contra del sentido del reloj del cuádriceps como motor primario (crural y los vastos interno-externo, junto a la acción menos intensa del recto anterior).

Los isquiotibiales en su acción retroversora están en tono postural de reposo o pre-acción.

TRONCO VERTICAL



Momento de fuerza en contra del sentido del reloj del sistema tronco+cabeza+brazos en relación a la cadera.



Momento de fuerza en el sentido del reloj del sistema tronco+cabeza+brazos+muslos en relación a la rodilla.

MÚSCULOS DE LA CADERA

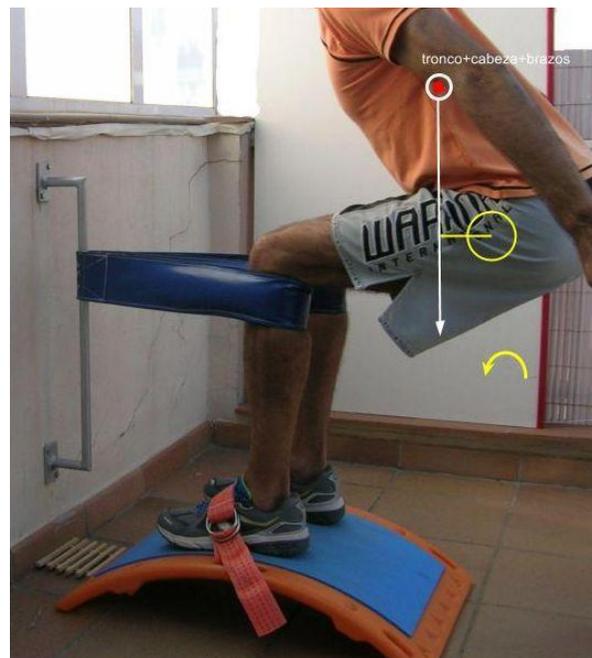
A mayor inclinación del tronco, el centro de gravedad del sistema tronco+cabeza+brazos se desplaza más hacia delante de la articulación de la cadera; y así se crea un momento de fuerza mayor en contra del sentido del reloj en relación a la cadera, que debe ser compensado mediante un reclutamiento del glúteo mayor-medio (motor principal) y de los isquiotibiales (en su función retroversora). Los músculos anteriores de la cadera están en tono postural bajo, a excepción del recto anterior del cuádriceps, que al ser biarticular, participa para la extensión de la rodilla.

MÚSCULOS DE LA RODILLA

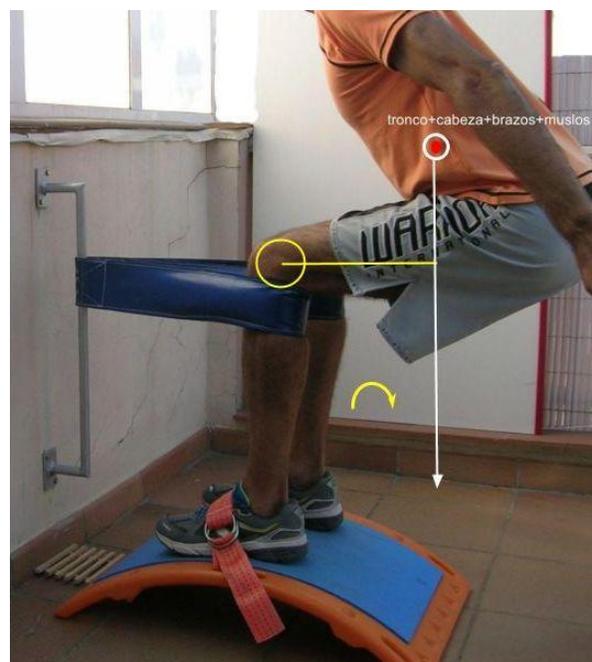
A mayor inclinación del tronco, el centro de gravedad del sistema tronco+cabeza+brazos+muslos se desplaza más hacia delante y se acerca más a la articulación de la rodilla, creando un momento de fuerza menor en el sentido del reloj en relación a la rodilla; que debe ser compensado con la acción muscular en contra del sentido del reloj del cuádriceps como motor primario (con relevancia del crural y los vastos interno-externo, junto a la activación menos predominante del recto anterior).

Los isquiotibiales en su acción flexo-retroversora están prácticamente en tono postural sin participación relevante; aunque con el tronco inclinado, al estar más extendidos, su activación es mayor que con el tronco vertical.

TRONCO INCLINADO



Momento de fuerza en contra del sentido del reloj del sistema tronco+cabeza+brazos en relación a la cadera.



Momento de fuerza en el sentido del reloj del sistema tronco+cabeza+brazos+muslos en relación a la rodilla.

MÚSCULOS DE LA CADERA

El centro de gravedad del sistema tronco+cabeza+brazos está bastante por detrás de la articulación de la cadera, por lo que se crea un momento de fuerza en el sentido del reloj en relación a la cadera que debe ser contrarrestado principalmente con las acciones del psoas-ilíaco y recto anterior del cuádriceps, y en menor medida con las acciones del tensor de la fascia lata y el sartorio. Se requiere una potente acción de la musculatura abdominal (recto anterior del abdomen como motor primario, oblicuos interno-externo como sinergistas y transversos como accesorio-estabilizador), cuya labor no se puede explicar sólo con la mecánica de la cadera. Este ejercicio puede ser apropiado para individuos con un excelente tono muscular abdominal (para su acción retroversora de la pelvis) que compense la potente acción directa y bilateral del psoas en las vértebras lumbares (en su acción lordótica o enderezadora de la columna vertebral en sinergia con los músculos paravertebrales) e indirecta y accesorio del ilíaco, sartorio, tensor de la fascia lata y recto anterior del cuádriceps (en su acción anteversora de la pelvis).

MÚSCULOS DE LA RODILLA

El centro de gravedad del sistema tronco+cabeza+brazos+muslos está muy alejado de la articulación de la rodilla (mayor cuanto más horizontal esté el tronco y más extendidos atrás los brazos), creándose así un potentísimo momento de fuerza en el sentido del reloj en relación a la rodilla, que debe ser contrarrestado con la acción de los músculos cuádriceps (como motor primario y con cierta prioridad del recto anterior).

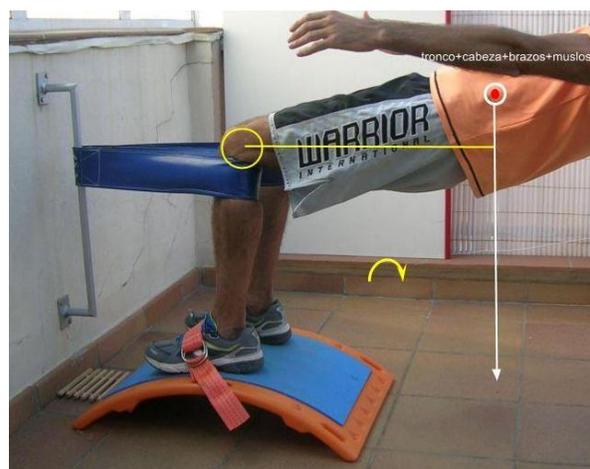
La biomecánica de esta situación crea una gran tensión en el tendón rotuliano.

Del análisis de las dos articulaciones se deduce que tanto los glúteos mayor-mediano, isquiotibiales y músculos de la espalda baja están en la tensión justa de tono postural.

TRONCO DECLINADO O EXTENDIDO HACIA ATRÁS



Momento de fuerza en el sentido del reloj del sistema tronco+cabeza+brazos en relación a la cadera.



Momento de fuerza en el sentido del reloj del sistema tronco+cabeza+brazos+muslos en relación a la rodilla.

SQUAT O SENTADILLA CON UNA PIERNA

En el squat o sentadilla con una pierna, el sistema tronco+cabeza+brazos+pierna-libre (80% de la masa de todo el cuerpo) ejerce un momento de fuerza en relación a la cadera y el sistema tronco+cabeza+brazos+pierna-libre+muslo-izquierdo (más del 94% de la masa de todo el cuerpo) ejerce un potentísimo momento de fuerza en relación a la rodilla. Dichos momentos de fuerza son contrarrestados con la musculatura de la cadera y de la pierna ejecutante, por lo que este ejercicio es de altísima exigencia muscular; especialmente en relación a la rodilla, donde se debe vencer el momento de fuerza creado por una masa corporal relativa muy elevada. Una posición del tronco vertical o declinado hacia atrás junto a una mayor flexión de la rodilla aleja el centro de gravedad del sistema y aumenta extraordinariamente el momento de fuerza a vencer por los músculos de la rodilla.

La musculatura implicada en la acción de squat con una pierna es muy similar a la reclutada en el squat con dos piernas; aunque exige un requerimiento muscular muchísimo mayor y una carga adicional de la musculatura estabilizadora lateral de la cadera y de la rodilla; al tener que mantener el equilibrio y contrarrestar el peso del sistema con una sola pierna ejecutante.

Las principales opciones de apoyo de pie en buen equilibrio para el squat con una pierna son: (a) apoyo en plano horizontal y (b) apoyo en plano declinado.

Con el pie en plano declinado se produce una inhibición preferente del tríceps sural, especialmente de sus músculos biarticulares: los dos gemelos y el delgado plantar (con funcionalidad muy limitada, si existe). Está especialmente indicado para prevenir o tratar lesiones del ligamento cruzado anterior.



Squat a una pierna con apoyo en plano horizontal.



Squat a una pierna con apoyo en plano declinado.

