

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE DEPORTES

TIJUANA



**Aplicación de un calentamiento activo y un calentamiento pasivo como método para
incrementar la cantidad de repeticiones en sentadilla profunda**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

PRESENTA

Martin Alexis Perez Zazueta

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jorge A. Aburto Corona

CODIRECTOR DE TESIS

Dr. Roberto Espinoza Gutiérrez

Tijuana, Baja California, Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE DEPORTES
“TIJUANA”

Tesis:

Aplicación de un calentamiento activo y un calentamiento pasivo como método para incrementar
la cantidad de repeticiones en sentadilla profunda

Que para obtener el grado:

LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

PRESENTA:

Martin Alexis Perez Zazueta

COMITÉ DE TESIS

Dr. Jorge A. Aburto Corona
Presidente

Dr. Roberto Espinoza Gutiérrez
Secretario

Dr. Juan J. Calleja Núñez
Vocal

Mtro. Isaac García Flores
Vocal

Dr. Daniel Rojas Valverde
Vocal

COPYRIGHT
DERECHOS RESERVADOS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres, Martin Perez Solano y María de los Angeles Zazueta Cota, por haberme brindado la vida, por ser un pilar en mi educación y crecimiento personal. A mi padre especialmente por mantenerme fuerte durante el transcurso de mis estudios universitarios, por haber soportado cualquier situación que me pasara para que no me diera por vencido, por ese amor que me ha brindado durante mi desarrollo profesional, darme los valores y educación con los que me identifican en la área académica, laboral y social. Mis padres y hermanos son la motivación que me hacen enfocarme en seguir aprendiendo día a día para lograr aplicar todos mis conocimientos y brindar un apoyo a la salud de los deportistas, adultos mayores y personas con discapacidad, este y muchos logros se los dedico principalmente a ustedes. Gracias papá y mamá.

De igual manera la dedico a mis familiares Cinthia Solano y Macario Reyes, por haberme brindado el apoyo sobre cualquier situación académica, que me permitieron continuar con mis estudios en los momentos difíciles, un fuerte abrazo con mucho cariño. Gracias por nunca dejarme solo.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a mi tutor, asesor y maestro, Dr. Jorge Alberto Aburto Corona, por haberme brindado la oportunidad de explorar el área de investigación, que me llevaron a un amplio aprendizaje y aventuras, por la paciencia brindada durante el transcurso universitario y por haberme brindado y apoyado con las herramientas para la elaboración y publicación de un artículo de investigación.

Así mismo, extender un agradecimiento al Dr. Roberto Espinoza Gutiérrez, por haberme encaminado en el desarrollo de un proyecto de investigación, enseñando paso a paso como elaborar y redactar cada punto importante de la metodología de investigación, por contemplarme y ofrecerme oportunidades de crecimiento personal y profesional en el ámbito de la actividad física.

De igual manera, un fuerte agradecimiento al Dr. Roberto Alejandro Reyes Martínez, por brindarme su apoyo para poder realizar mi viaje a Pachuca y poder presentar mi investigación en el Congreso Internacional de Ciencias del Deporte que, aunque no estuvo directamente relacionado a la investigación, aportó en mi formación académica y desarrollo profesional.

Contenido

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	2
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Pregunta	4
1.4 Hipótesis	4
1.5 Objetivo	4
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Calentamiento	5
2.2 Calentamiento Activo y Pasivo	5
2.3 Fuerza	6
2.4 Sentadilla	7
2.5 Calor	7
2.6 Temperatura	7
2.7 Temperatura Corporal	8
2.8 Repetición Máxima	8
2.9 Antecedentes	9
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA	13
3.1 Participantes	13
3.2 Diseño de estudio	13
3.3 Procedimiento	13
Calentamiento combinado (CC _{om})	15
Calentamiento activo (CA _{ct})	16
Calentamiento activo mas placebo (CA _{ct+P})	16
3.4 Análisis estadístico	17

CAPÍTULO 4 RESULTADOS.....	18
CAPÍTULO 5 DISCUSIÓN	22
CAPÍTULO 6 CONCLUSIÓN.....	26
REFERENCIAS	27
ANEXOS.....	32

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Descripción de los datos obtenidos.....	18
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de la ejecución de una sentadilla profunda.	15
Figura 2. Ejemplo de la almohadilla térmica utilizada para la condición CCom y CAct+P. Calentamiento Activo (CAct).	16
Figura 3. Temperatura de la piel en sentadilla profunda	19
Figura 4. Número de repeticiones en sentadilla profunda bajo diferentes condiciones de calentamiento.	20
Figura 5. Carga total levantada en sentadilla profunda bajo diferentes condiciones de calentamiento.	21

LISTA DE ABREVIATURAS

CAct	=	Calentamiento activo
CAct+P	=	Calentamiento activo y pasivo
CCom	=	Calentamiento combinado
RM	=	Repetición máxima
Rep	=	Repeticiones
AF	=	Actividad física
SPSS	=	Statistical Package for the Social Sciences
ANOVA	=	Análisis de la varianza

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar si un protocolo de calentamiento activo (ejercicios de baja intensidad) en combinación con un calentamiento pasivo (almohadilla térmica) generan un aumento en las repeticiones realizadas en sentadilla profunda (85% RM), en comparación a solo realizar calentamiento activo. Para este estudio se reclutaron 10 sujetos físicamente activos y aparentemente sanos (26.2 ± 5.9 años de edad), quienes realizaron un protocolo de cuatro sesiones con un intervalo de tres días entre sesión. En la primera sesión los sujetos ejecutaron un test para determinar la repetición máxima (1RM) en sentadilla profunda. Las siguientes tres sesiones fueron asignadas de forma aleatoria: calentamiento activo (CA_{ct} , calentamiento tradicional y cinco minutos sentados), calentamiento activo más placebo (CA_{ct+P} , calentamiento tradicional y cinco minutos sentados con almohadilla térmica apagada sobre las piernas) y calentamiento combinado (CC_{om} , calentamiento tradicional y cinco minutos con almohadilla térmica encendida sobre las piernas). Después de realizar cada uno de estos calentamientos, los sujetos debían realizar la mayor cantidad de repeticiones de sentadilla profunda con el 85% de la repetición máxima obtenida en la sesión uno. La prueba se detenía cuando el sujeto llegara al fallo o hasta perder la técnica correcta. No se hallaron diferencias ($p > 0.05$) entre la condición CA_{ct} (8.6 ± 1.8 rep) y CA_{ct+P} (8.7 ± 1.6 rep) en la cantidad de sentadillas realizadas. Sin embargo, la condición donde se implementó un CC_{om} (11.1 ± 2.0 rep; $p = 0.001$; $d = -2.107$) los sujetos realizaron mayor cantidad de repeticiones de sentadillas profundas en comparación a CA_{ct} (8.6 ± 1.8 rep) y CA_{ct+P} (8.7 ± 1.6 rep). Como conclusión, la combinación de calentamiento activo y pasivo (calentamiento tradicional y con almohadilla térmica) incrementa la cantidad de repeticiones en la sentadilla profunda en personas jóvenes físicamente activas.

Palabras clave: almohadilla térmica, calentamiento pasivo, sentadilla profunda.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

En las diversas modalidades de ejercicio físico, así como en los distintos deportes, el calentamiento forma parte fundamental de las sesiones de entrenamiento o competencias, el cual, puede considerarse incluso como una actividad imprescindible al ejercitarse o en la competencia, sin embargo, su efecto sobre el rendimiento físico permanece en controversia

Se le considera calentamiento a cualquier actividad que derive en el incremento de la temperatura corporal, pudiendo realizarse de forma activa y/o pasiva con el objetivo de mejorar la respuesta neuromuscular y disminuir la probabilidad de lesión. El calentamiento activo es aquel que se ocasiona por el ejercicio físico (aeróbico y/o anaeróbico), mientras que el pasivo hace referencia al uso de instrumentos externos para elevar la temperatura corporal (sumersión en agua caliente, aumento de la temperatura ambiental, mangas de compresión, almohadilla térmica, entre otros).

En la actualidad, es muy recomendable realizar calentamiento activo previo a una práctica deportiva debido a la mejora en el desempeño físico debido al aumento de las pulsaciones del corazón, que favorecen un incremento del flujo sanguíneo, por lo tanto llevará suficiente oxígeno al sistema muscular, así mismo el músculo aumenta su temperatura lo que favorece la contracción muscular, lo que permite realizar una mayor demanda durante la actividad, así mismo, el sistema nervioso permite al individuo tener una mayor concentración y una preparación psicológica para el esfuerzo que se realizará durante la actividad (Parra, 2012). De la misma manera, el calentamiento pasivo ha demostrado ser beneficioso para mejorar el rango articular y para disminuir el dolor asociado al entrenamiento, así como una disminución de la inflamación en deportistas lesionados. (McGorm, et al., 2018).

Debido a los beneficios en el desempeño físico, ocasionados por el calentamiento, el objetivo de este estudio es determinar si la combinación del calentamiento activo y pasivo (almohadilla térmica) genera un aumento en la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda (85% RM) en comparación a solo realizar calentamiento activo.

1.1 Justificación

Los resultados de este estudio pueden contribuir a incrementar el conocimiento de los factores que asocian a un mayor rendimiento al realizar sentadillas profundas, lo que lograría identificar estrategias y acciones pertinentes previas a la realización de este ejercicio en particular para obtener un mayor número de repeticiones en cada serie. En la población joven físicamente activa de la ciudad de Tijuana, estos resultados pueden ser una valiosa referencia que oriente de manera efectiva el calentamiento a realizar previo a una sesión de sentadilla profunda.

Por otro lado, los entrenadores de distintas disciplinas podrían incluir el calentamiento más adecuado al tipo de ejercicio a realizar con base en la evidencia científica, así como proponer alternativas basadas en estudios que propicien la reducción de los factores de riesgo existentes que pueden derivar en un rendimiento físico menor al esperado. Además, los resultados del estudio podrían identificar acciones pertinentes y oportunas para que los jóvenes, desde sus inicios en la actividad física (AF), estén informados y disminuir la probabilidad de lesión.

En el área de la AF se busca de una u otra manera mejorar el rendimiento físico con la utilización de materiales de soporte, con el fin de poder alcanzar el nivel más alto de los deportistas, por lo que implementar la combinación del calentamiento activo y pasivo puede ayudar a entrenadores a identificar métodos de bajo riesgo para el incremento de las repeticiones en determinados ejercicios y así contribuir al alcance de las metas propuestas en sus macros, meso o

micro ciclos de entrenamiento. Estos resultados podrían ser referencia para el desarrollo de nuevos proyectos de investigación que consideren el calentamiento activo y pasivo como variable independiente para analizar su efecto sobre el rendimiento físico.

1.2 Planteamiento del problema

En la realización de cualquier AF como en el entrenamiento deportivo, el calentamiento es parte fundamental para evitar lesiones, ya que suele ser una de las mayores preocupaciones tanto del entrenador como del atleta. (Olmedilla & González, 2002). Los atletas contemplan el calentamiento previo a la sesión de entrenamiento para evitar distintas afecciones en articulaciones como rodillas, tobillos, muñecas, codos, hombros y vertebras lumbares, así como lesiones musculares. Una mala ejecución de la sentadilla puede producir una serie de lesiones que pueden originarse principalmente por mala técnica, peso excesivo durante el entrenamiento, falta de fortalecimiento y una mala planificación del entrenamiento. Por ejemplo, la lumbalgia se da cuando a la hora de la ejecución hay una carga excesiva y no hay una apropiada estabilización del glúteo y pelvis provocando un desbalance mayor. (Pantoja, 2012). Por otro lado, en la rodilla se pueden presentar dos lesiones durante el ejercicio de fuerza, la condromalacia que es el dolor que se siente detrás de la rótula, y desgarrar de meniscos que es la lesión del cartílago (Tudor & Lorenzo, 2002). Otra lesión muy frecuente en deportistas y practicantes de actividad física son las hernias discales, que se presentan por la acción de compresión y flexión de las vértebras cuando a la hora de la ejecución tienen una carga excesiva y una mala posición de la espalda (Blaya-Haro et al., 2016). La mayoría de las lesiones suelen suceder por desinformación o información limitada de distintas herramientas que se pueden utilizar para mejorar el rendimiento de los deportistas, este estudio busca brindar una nueva herramienta para entrenadores y preparadores físicos para que

con una misma carga de trabajo pueda realizarse una mayor cantidad de repeticiones, evitando arriesgar al atleta a utilizar una carga excesiva y lesionarse.

1.3 Pregunta

¿Existe un aumento en la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda con la combinación del calentamiento activo y pasivo en comparación de solo realizar calentamiento activo en jóvenes aparentemente sanos?

1.4 Hipótesis

Los jóvenes físicamente activos presentan un aumento en la cantidad de repeticiones de sentadilla cuando realizan un calentamiento activo y pasivo en comparación de cuando solo realizan calentamiento activo.

1.5 Objetivo

Determinar si existen diferencias en la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda entre la condición de calentamiento activo - placebo (almohadilla térmica apagada) y una condición de calentamiento activo - pasivo (manta térmica) en sujetos aparentemente sanos.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Calentamiento

En el libro de fisiología del calentamiento previo al ejercicio físico se menciona que el calentamiento se define como una serie de ejercicios físicos generales de intensidad suave y progresiva que se realiza previamente a cualquier actividad física-deportiva para dar tono a los músculos y prepararlos para un esfuerzo más intenso (El Bakkali, 2015). El calentamiento se aplica para mejorar la dinámica muscular y la amplitud de movimiento esto disminuye la probabilidad de lesión en el músculo, además prepara al individuo para soportar las exigencias de los ejercicios de manera que actúa a nivel fisiológico, físico y psicológico (Safran, 1989). Diversos autores recomiendan que en esta fase, los estiramientos dinámicos tienen que estar presentes frente a los estiramientos estáticos para que de esta manera mejore el rendimiento deportivo debido al efecto post activación potenciación, generado en los músculos (Freitas et al., 2015).

Se han planteado muchos beneficios fisiológicos que se proporcionan con la realización de un calentamiento previo a la actividad física, ya que provoca un incremento de la velocidad y la fuerza de las contracciones musculares acelerando los procesos metabólicos. Además genera el aumento de temperatura corporal lo que provoca una concentración más alta de oxígeno plasmático, proporcionando así más oxígeno a los músculos, a nivel nervioso se ve el aumento de velocidad de contracción y reducir los tiempos de reacción, otro beneficio es que se produce la vasodilatación y un aumento del flujo sanguíneo (El Bakkali, 2015).

2.2 Calentamiento activo y pasivo

El calentamiento se puede llevar a cabo de dos maneras, una de ellas es el calentamiento activo que se puede clasificar como calentamiento general o específico. General sería cualquier

actividad que implica un movimiento no específico del cuerpo, mientras que el calentamiento específico como su nombre lo dice utiliza actividades y movimientos específicos del deporte a practicar. En el calentamiento activo se debe progresar gradualmente desde los movimientos más sencillos hasta aquellos que se consideran más complejos, es decir, que incluyan ejercicios multiplanares, multiarticulares y flexibilidad activa. Por lo cual el calentamiento activo debe estar constituido de actividades funcionales y específicas (Edgar, 2011).

En cuanto a el calentamiento pasivo es aquel que incrementa la temperatura corporal por medios externos como por ejemplo: duchas calientes, almohadillas térmicas y saunas (Bishop, 2003). No obstante, se ha demostrado que por sí solo el calentamiento activo es más efectivo para actividades de potencia a diferencia de otros tipos de calentamiento (Bishop, 2003).

2.3 Fuerza

Así como el calentamiento y su manera de implementarlo dependiendo lo esperado en el ámbito de las ciencias de la actividad física y el deporte, se pueden observar distintas interpretaciones del término fuerza. Por una parte, se define como la capacidad del ser humano para generar una resistencia exterior a través de procesos nerviosos y metabólicos de la musculatura (Campoverde, 2010). Por otra parte, Becali (2011) la describe como aquella influencia capaz de cambiar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo. Asimismo, desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse, segmentado en varios tipos de fuerza. Campoverde (2010) define los tipos de fuerza como:

1. Fuerza máxima: Capacidad de dar un esfuerzo máximo contra una resistencia.

2. Fuerza resistencia: Capacidad de mantener en esfuerzo el músculo por un tiempo prolongado.
3. Fuerza velocidad: Capacidad del sistema neuromuscular de generar elevados índices de fuerza en menor tiempo posible.

2.4 Sentadilla

La sentadilla es un ejercicio importante para entrenar el tren inferior del cuerpo humano, este ejercicio logra el desarrollo de la fuerza máxima, explosiva, resistencia, hipertrofia o fortalecimiento muscular, siendo este un ejercicio básico utilizado en el deporte y la actividad física (Cardona & Avella, 2015). Es considerado el ejercicio principal para trabajar miembros inferiores ya que incluye un gran número de grupos musculares durante su ejecución como lo son cuádriceps, gemelos, glúteos, abdomen y espalda. Siendo un ejercicio que genera buen desarrollo de fuerza y volumen muscular en estos grupos (Medina, 2003).

2.5 Calor

Energía transferida entre un sistema y su entorno debida únicamente a una diferencia de temperatura entre dicho sistema y alguna parte de su entorno. El calor puede transferirse o propagarse mediante tres mecanismos diferentes: conducción, convección y radiación (Beléndez, 2017).

2.6 Temperatura

La temperatura se describe subjetivamente en términos como “caliente” y “frío”. Al ser subjetivos podemos apreciar las variaciones de temperatura de acuerdo con la intensidad de estas

sensaciones. Esta se encuentra íntimamente relacionada con el estado del equilibrio térmico entre dos cuerpos, quiere decir que, si dos cuerpos tienen la misma temperatura y se ponen en contacto, sus variables termodinámicas comienzan a cambiar, esto significa que sus sistemas no estaban en la misma temperatura; sin embargo, cuando alcanzan el equilibrio térmico llegarán a estar a una misma temperatura (Beléndez, 2017).

2.7 Temperatura corporal

Está relacionado con el funcionamiento de un individuo, por lo cual proporciona información de todos los procesos fisiológicos que ocurren en un organismo durante su vida. En los humanos la temperatura puede variar dependiendo de la actividad física, género, edad, raza y el entorno en el que habita. Clayman (1989) en La Asociación Médica Americana indica que el rango térmico del cuerpo humano aparentemente sano va de los 36.5°C hasta los 37.2°C.

2.8 Repetición máxima

Brzycki (1993) menciona que la fuerza máxima de una persona es una medida de su capacidad que se ejerce durante una única contracción muscular, a diferencia de una resistencia anaeróbica que permite realizar contracciones continuas con una carga menor a la máxima. Por eso mismo Brzycki encontró una relación clara entre ambas donde la resistencia anaeróbica se puede determinar midiendo la fuerza, y la fuerza se puede determinar midiendo la resistencia anaeróbica por lo que la fórmula de Brzycki para estimar una repetición máxima (1RM) es:

$$\text{peso levantado} / (1.0278 - [0.0278 \times \text{Repeticiones}])$$

permite determinar la repetición máxima de un sujeto, utilizando una carga menor a su máxima.

2.9 Antecedentes

Los autores Miño et al. (2014), realizaron una investigación con el objetivo de comparar los efectos del frío y el calor a través de técnicas fisioterapéuticas (termoterapia y crioterapia) sobre la fuerza máxima del músculo bíceps braquial en sujetos que realizaron un entrenamiento de fuerza en circuito, donde 18 sujetos sanos entre 20 y 35 años, que realizan entrenamiento funcional 5 veces por semana, por un periodo mayor o igual a 3 meses, pertenecientes al gimnasio Energy Fitness y Club Balthus de Santiago, Chile; los sujetos fueron seleccionados de forma no probabilística por conveniencia. La evaluación se realizó mediante la valoración de la fuerza a través de un Curl de bíceps braquial en banco Scott con mancuerna. Se realizaron tres mediciones, con un intervalo de tres días de descanso. La primera medición se evaluó la fuerza máxima de los sujetos en condiciones normales, la segunda con la aplicación de termoterapia, a través de Infrarrojo A y la tercera con la aplicación de crioterapia, mediante el equipo de Cryoflow. Teniendo como resultados que, con la aplicación de calor, a través de Infrarrojo, la fuerza aumenta significativamente un 1.55%. Con la aplicación de frío, a través de Cryoflow, la fuerza máxima disminuyó significativamente un 4.94%.

Melo de Oliveira et al. (2017), presentó una propuesta de estudio en la que buscó comparar la influencia del calentamiento activo con y sin estiramiento estático en los valores de torque generados en el equipo isocinético para la articulación de la rodilla. Se trata de un estudio transversal, comparativo, que evaluó la fuerza máxima de los extensores y flexores de la rodilla en un dinamómetro isocinético a la velocidad de 60°/s. Se evaluaron doce militares, todos del sexo masculino, con una edad media de 25 ± 2.5 años. En relación con la masa corporal y la estatura, los valores de la media y la desviación estándar fueron: 75 ± 7.5 kg y 1.71 ± 0.1 m. Se observaron

diferencias significativas en los valores del pico medio de par de los extensores de la rodilla ($p=0.034$), flexores de la rodilla ($p=0.028$) y valores del pico máximo de torque de los flexores de la rodilla ($p=0.034$) entre las pruebas precedidas de calentamiento con estiramiento estático y aquellas precedidas de calentamiento sin estiramiento. No hubo diferencia significativa en los valores del pico máximo de torque de los extensores de la rodilla ($p=0.071$). Se puede concluir que el calentamiento activo con estiramiento estático antes de la prueba de fuerza máxima en el isocinético ($60^\circ/s$) promueve un aumento en los valores del pico de torque de los extensores y flexores de la rodilla tanto en los valores medios como máximos, en términos absolutos, aunque el pico de par máximo de los extensores no haya presentado diferencias significativas.

En un artículo de investigación realizado por Chavarría et al. (2017) llamado “Efecto del calentamiento activo en el rendimiento deportivo y el esfuerzo percibido en un grupo de nadadores en las pruebas de 50 y 400 metros Crol” se analizó el efecto del calentamiento activo sobre el rendimiento deportivo y la percepción del esfuerzo físico en pruebas de natación de 50 y 400 metros estilo crol, donde participaron 28 nadadores de categorías Infantil B, Juvenil A, Juvenil B y Mayor de la Asociación Alajuelense de Natación, dichos participantes realizaron cuatro pruebas (50 metros con calentamiento, 50 metros sin calentamiento, 400 metros con calentamiento y 400 metros sin calentamiento). Al terminar cada prueba se registraban los tiempos obtenidos de cada nadador y el esfuerzo percibido por medio de la escala de Borg CR 10 (0-10). Los resultados indicaron que en la medición de rendimiento medido en tiempo (segundos) no existió interacción significativa entre las condiciones de la ejecución o no del calentamiento y el factor sexo en la prueba de 50 m, ni en la prueba de 400 m. En la variable de esfuerzo percibido en la prueba de 50 m estilo crol no se registró interacción significativa entre las condiciones de la ejecución o no del

calentamiento y el factor sexo, en la prueba de 400 m tampoco se registró interacción significativa entre las condiciones de la ejecución o no del calentamiento y el factor sexo.

En un artículo publicado por Quirós et al. (2020), realizó un estudio el cual tuvo como propósito de determinar el efecto del calentamiento activo con diferentes intervalos de recuperación en el rendimiento deportivo, en las pruebas de 50 y 200 metros libre. En el estudio se contó con la participación de 17 atletas (edad 13.5 ± 2.18 años), inscritos ante la Federación Costarricense de Deportes Acuáticos, con experiencia de entrenamiento y competición de 4.47 ± 1.28 años. A la hora de ejecutar las pruebas 50 y 200 metros libre, se realizaron 4 condiciones experimentales: control (sin realizar calentamiento); calentamiento (960 m) + descanso 20 min; calentamiento (960 m) + descanso 10 min; calentamiento (960 m) sin descanso. Durante la ejecución se realizó primero la de 50 metros y después la de 200 metros, mientras que las ejecuciones de las condiciones experimentales fueron asignadas de forma aleatoria. Se utilizó el análisis estadístico mediante ANOVA (fórmula estadística que se utiliza para comparar las varianzas entre las medias o el promedio de diferentes grupos), $p < 0.05$. Al obtener los resultados indicaron que no existió diferencia significativa en el rendimiento en una prueba de 50 m libre ($F = 0.83$, $p = 0.48$) ni en la prueba de 200 m libre ($F = 0.88$, $p = 0.46$), al realizar un calentamiento activo respecto a no realizarlo.

Un estudio de investigación realizado por los autores Ruiz et al. (2020), que llevó por título “Influencia de dos tipos de calentamiento sobre la fuerza explosiva del tren inferior en estudiantes de educación física”, tuvo por objetivo determinar las posibles influencias de dos tipos de calentamiento (tradicional y específico) sobre la fuerza explosiva del tren inferior. Para llevarla a cabo se realizaron dos pruebas (salto con contramovimiento y sprint 5 metros) sobre tres grupos: grupo sin calentamiento y grupo de calentamiento tradicional que incluía movilidad articular,

carrera continua y estiramientos estáticos; y grupo de calentamiento específico, que incluía movilidad articular, carrera continua, estiramientos dinámicos y pliometría. Se realizó un pre y post test y se utilizó la prueba de ANOVA de medidas repetidas para comparar la influencia del tipo de calentamiento sobre las pruebas entre los diferentes grupos. Posteriormente, se calculó el tamaño del efecto a través de g de Hedges. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el pre y post test en el grupo de calentamiento tradicional y en el grupo de calentamiento específico; además, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < .05$) entre grupo sin calentamiento y el y grupo de calentamiento específico, en el post test solo en la prueba de salto. Realizar estiramientos dinámicos y pliometría como parte del calentamiento parece influir positivamente en la capacidad de salto vertical. Los datos sugieren que los profesores de educación física deberían utilizar calentamientos con estiramientos dinámicos y pliometría para mejorar el rendimiento en actividades que incluyan el salto.

CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA

3.1 Participantes

Para la realización de las pruebas, hubo participación de 10 sujetos ($n= 5$ mujeres), los sujetos eran físicamente activos y aparentemente sanos (edad 26.2 ± 5.9 años, peso 70.0 ± 11.8 kg, estatura 166.6 ± 10.9 cm), con 2.8 ± 1.4 años de experiencia realizando ejercicio de fuerza con sentadilla profunda. Los sujetos de estudio fueron seleccionados de manera no probabilística (se preguntó quiénes querían participar). Todos los participantes fueron informados de la realización de las pruebas y cuál era el objetivo y procedimiento de las mismas, implicando los posibles riesgos, lo cual quedó concretado mediante una carta de consentimiento informado, aceptando su participación de manera voluntaria. La investigación fue desarrollada con apego a los protocolos y lineamientos para las investigaciones en seres humanos establecidos en la declaración de Helsinki.

3.2 Diseño de estudio

Este estudio es de tipo experimental, tomando como variable independiente las condiciones (tipos de calentamiento) y como dependiente la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda. Además, se aleatorizó el orden de las tres condiciones (estudio de muestras relacionadas), dejando tres días de intervalo entre cada una de ellas.

3.3 Procedimiento

Los sujetos se presentaron al centro de acondicionamiento físico en cuatro ocasiones distintas. La primera sesión se realizó con el fin de estimar el peso máximo en sentadilla profunda

de cada uno de los sujetos (75.4 ± 26.9 kg), la cual se realizó con una barra olímpica de 20kg para gimnasio de la marca Wod Pro con las dimensiones de 220 cm de largo y 5 cm de ancho, los resultados se obtuvieron con la fórmula propuesta por Brzycki $1RM = \text{peso levantado} / [1.0278 - (0.0278 * \text{repeticiones})]$ (Brzycki, 1993). La técnica de la sentadilla profunda se considera correcta cuando a la hora de su ejecución las piernas se encuentran a la anchura de los hombros, los glúteos dirigidos hacia atrás, las rodillas en lo posible no sobrepasan la punta de los pies y lo más importante a la hora de bajar el ángulo es mayor a 90 grados (Rippetoe, 2011). Para esta primera sesión los sujetos previamente realizaron un calentamiento tradicional enfocado en dos aspectos principales: actividad aeróbica de baja intensidad (15 segundos de movimientos laterales de cabeza, rotación de hombros, rotación de cadera, flexoextensión de rodilla, circunducción de tobillos sostenidos en el aire y trote por tres minutos) y estiramiento muscular dinámico (pectoral mayor, dorsal ancho, isquiosurales, cuádriceps y psoas ilíaco, 15 s cada uno).

Una vez teniendo la cantidad de repeticiones se realizó la fórmula de Brzycki para obtener los resultados de cada uno de los sujetos, posteriormente se asignó de forma aleatoria el orden de las siguientes tres condiciones, las cuales consistía en realizar la mayor cantidad de repeticiones en sentadilla profunda con una carga del 85% del 1RM obtenido en la primera sesión (64.1 ± 22.9 kg) (Figura 1). Cabe mencionar que los sujetos fueron citados en el mismo horario (8:30 a 10:30 hrs) con tres días de intervalo entre cada sesión.



Figura 1. Ejemplo de la ejecución de una sentadilla profunda.

Calentamiento combinado (CC_{om})

En la siguiente condición, los sujetos realizaron principalmente el calentamiento tradicional realizado en la primera sesión que consta de una actividad aeróbica de baja intensidad y un estiramiento muscular dinámico. Paso seguido, el sujeto toma asiento y se le colocó una almohadilla térmica de la marca GAON elaborada con microfelpa y franela lavable con dimensiones de 38 cm de largo y 30 cm de ancho, este equipo trabaja con un voltaje de 110V, pudiendo regular la temperatura mediante diez niveles, en esta condición se utilizó a 42°C sobre las piernas en la zona de los cuádriceps por un tiempo de cinco minutos (Figura 2). La temperatura de la piel al retirar la almohadilla térmica fue de $37.4 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$ la cual se obtuvo con la utilización de un termómetro infrarrojo Fluke 68IS (Washington, EUA).



Figura 2. Ejemplo de la almohadilla térmica utilizada para la condición CCom y CAct+P. Calentamiento Activo (CAct).

En esta condición los sujetos realizaron el calentamiento tradicional realizado en la primera sesión, una vez terminado el calentamiento los sujetos tomaron asiento por un periodo de cinco minutos en la cual no se utilizó la almohadilla térmica. Una vez finalizado los cinco minutos, se tomó la temperatura de la piel en la zona del cuádriceps la cual fue de $32.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$.

Calentamiento activo (CAct)

En esta condición, los sujetos solamente realizaron el calentamiento tradicional siendo una actividad aeróbica de baja intensidad y un estiramiento muscular dinámico, posteriormente tomaban asiento durante 5 minutos, una vez transcurrido el tiempo se tomaba la temperatura de la zona de los cuádriceps siendo de $32.0 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$, una vez obtenida la temperatura pasaban a realizar la sentadilla profunda.

Calentamiento activo mas placebo (CAct+P)

En esta condición, los sujetos comenzaron realizando el calentamiento tradicional utilizado en la primera sesión, una vez terminado, tomaron asiento por un lapso de cinco minutos en el cual se les colocó la almohadilla térmica desconectada sobre la zona de los cuádriceps, colocando la pantalla de la almohadilla hacia abajo (para que no notaran que la almohadilla estaba apagada). En esta sesión se buscó determinar si el uso de la almohadilla térmica generaba un efecto placebo el cual se viera reflejado en el desempeño físico durante la realización de las sentadillas profundas.

Una vez pasado el lapso de cinco minutos, se tomó la temperatura de la piel de los cuádriceps, fue de $32.1 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$. Una vez tomada la temperatura de manera inmediata se le solicitó al sujeto realizar la mayor cantidad de sentadillas con una carga del 85% del 1RM hasta el fallo técnico o muscular.

Se destaca que a los sujetos se les solicitó una serie de condiciones las cuales eran: no realizar ejercicio el día previo a la medición, no consumir medicamento, no consumir suplementos deportivos, bebidas o alimentos considerados diuréticos o con contenido de cafeína.

3.4 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 23. Se aplicó estadística descriptiva para las variables como: edad, talla, peso y años de experiencia realizando sentadilla profunda. Para comparar la temperatura de la piel y para la cantidad de repeticiones alcanzadas después de cada una de las condiciones (con almohadilla térmica encendida, con almohadilla apagada y sin almohadilla térmica) se realizó a través de un *ANOVA* de un factor.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

No se hallaron diferencias significativas en la temperatura ambiente durante la realización de las pruebas (CC_{om} $20.0 \pm 2.3^{\circ}C$, CA_{ct} $19.2 \pm 5.3^{\circ}C$, CA_{ct+P} $20.4 \pm 5.5^{\circ}C$; $p = 0.91$), tampoco se encontraron diferencias en la humedad relativa (CC_{om} $59.6 \pm 5.9\%$, CA_{ct} $54.0 \pm 5.6\%$, CA_{ct+P} $49.2 \pm 2.8\%$; $p = 0.41$) entre las distintas condiciones (Tabla 1). Este resultado indica que los sujetos realizaron las evaluaciones en las mismas condiciones ambientales.

Tabla 1. Descripción de los datos obtenidos.

Variable	CC_{om}	CA_{ct}	CA_{ct+P}
Temperatura de la piel ($^{\circ}C$)	$37.4 \pm 1.1^{*}$	32.0 ± 1.0	32.1 ± 0.3
Número de repeticiones (n)	$11.1 \pm 2.0^{*}$	8.6 ± 1.8	8.7 ± 1.6
Suma del peso levantado (kg)	$681.9 \pm 167.5^{*}$	445.1 ± 154.5	529.7 ± 116.4

Nota. Calentamiento combinado = CC_{om} ; Calentamiento activo = CA_{ct} ; Calentamiento activo más placebo = CA_{ct+P} . Diferencias significativas: $*p < 0.05$, $**p < 0.01$.

A través de un análisis ANOVA de una vía no se encontraron diferencias en la temperatura de la piel entre la condición CA_{ct} y CA_{ct+P} ($p > 0.05$). Sin embargo, se hallaron diferencias en la condición CC_{om} comparada a las otras dos condiciones. ($p = 0.001$). Los datos obtenidos indican que la realización del calentamiento pasivo generó un aumento de temperatura en la piel de 5.3° a comparación de las condiciones que no tenían este calentamiento (Figura 3).

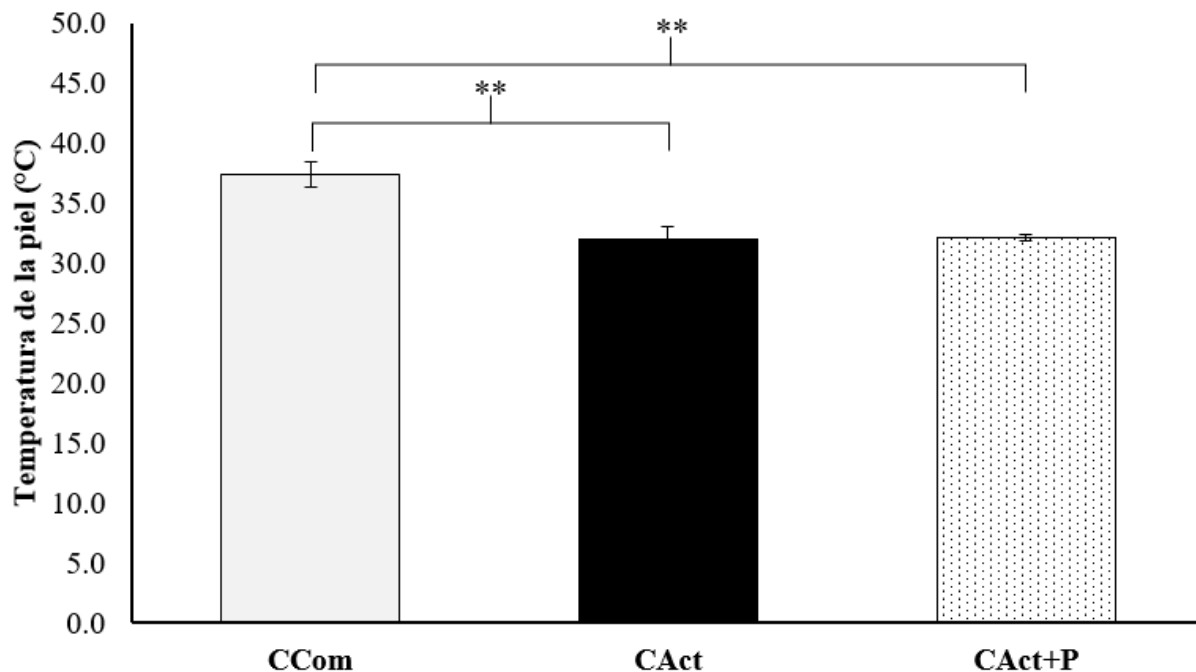


Figura 3. Temperatura de la piel en sentadilla profunda bajo diferentes condiciones de calentamiento. Nota. Calentamiento combinado = CCom; Calentamiento activo = CAct; Calentamiento activo más placebo = CAct+P. Diferencias significativas: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

No se mostraron diferencias significativas a través de un análisis de varianza ($p > 0.05$; IC 95% -1.294, 1.094; $d = -0.079$) en la cantidad de repeticiones realizadas entre la condición CA_{ct} y CA_{ct+P}. Sin embargo, si se encontraron diferencias ($p < 0.001$; IC95% -3.182, -1.618; $d = -2.107$) entre CC_{om} y CA_{ct} y entre CC_{om} y CA_{ct+P} ($p = 0.001$; IC 95% 1.407, 3.593; $d = -2.683$) (Figura 3). Estos resultados proyectan que realizar un calentamiento combinado previo al ejercicio, genera una mayor cantidad de repetición en sentadilla profunda (Figura 4).

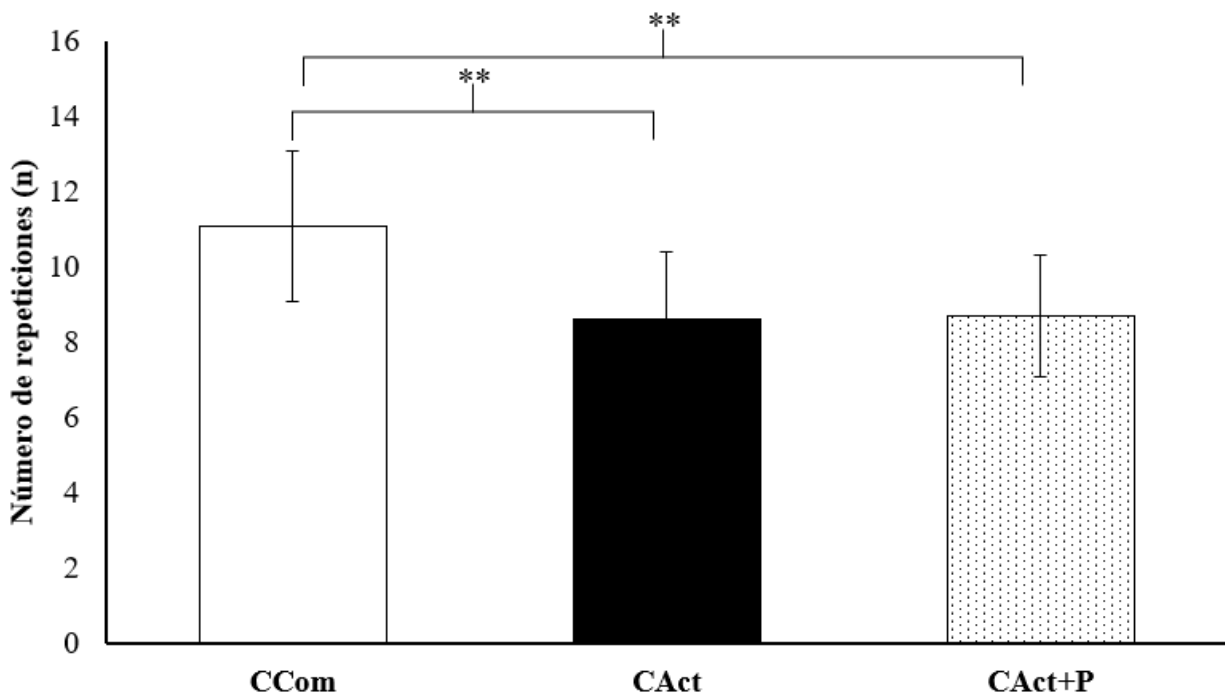


Figura 4. Número de repeticiones en sentadilla profunda bajo diferentes condiciones de calentamiento. Nota. Calentamiento combinado = CCom; Calentamiento activo = CAct; Calentamiento activo más placebo = CAct+P. Diferencias significativas: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Relacionado a la suma del peso levantado (peso por repeticiones), no se observaron diferencias ($p > 0.079$; IC95% -178.329, 8.993; $d = -0.618$) entre la condición CA_{ct} y CA_{ct+P}. Por otra lado, se encontraron diferencias entre CC_{om} y CA_{ct} ($p = 0.001$; IC95% 137.497, 336.115; $d = 1.469$) y entre CC_{om} y CA_{ct+P} ($p = 0.001$; IC 95% 91.215, 213.061; $d = 1.055$). Los datos deducen que realizar el calentamiento combinado (CC_{om}) es un método muy efectivo para cargar una mayor cantidad de peso (Figura 5).

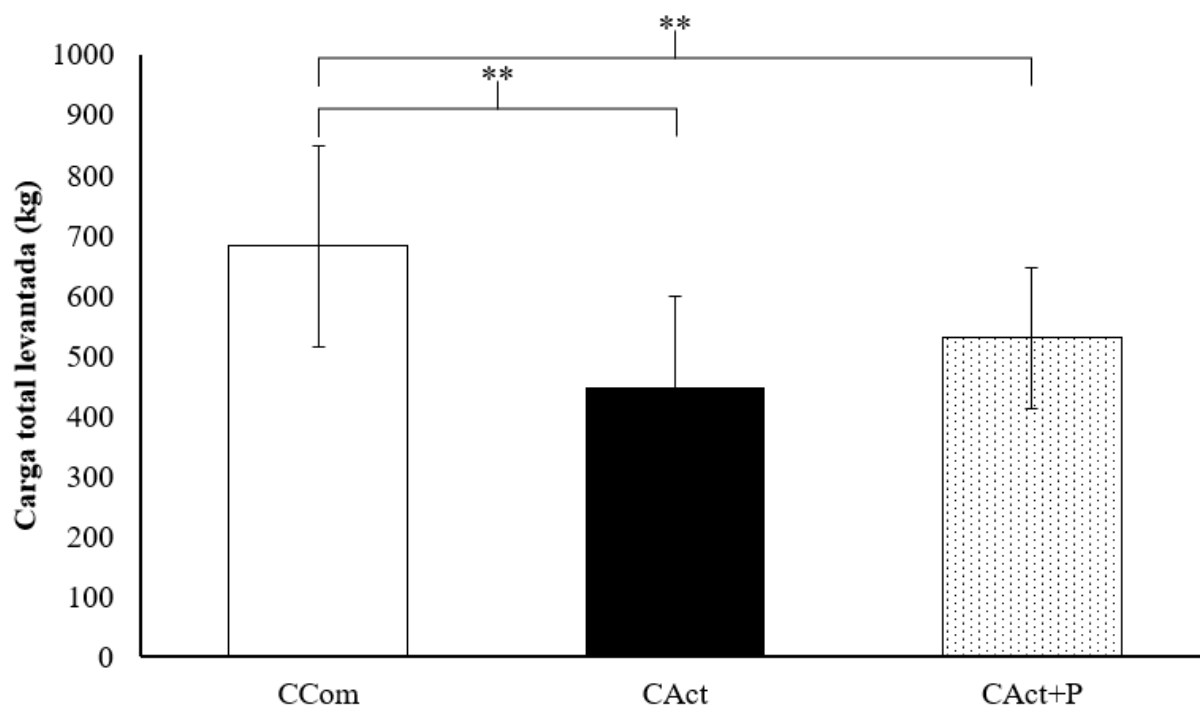


Figura 5. Carga total levantada en sentadilla profunda bajo diferentes condiciones de calentamiento. Nota. Calentamiento combinado = CCom; Calentamiento activo = CAct; Calentamiento activo más placebo = CAct+P. Diferencias significativas: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

CAPÍTULO 5 DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue para establecer si la realización de una combinación de un calentamiento activo y pasivo (almohadilla térmica) ocasiona un aumento en la cantidad de repeticiones en la ejecución de sentadilla profunda (85%RM) con relación a realizar solo calentamiento activo. Un importante hallazgo fue que en el calentamiento combinado se observó una mayor cantidad de repeticiones de sentadilla profunda en comparación con el calentamiento activo y el calentamiento activo más placebo, en otras palabras, la aplicación del calentamiento combinado mostró un mejor desempeño físico en la cantidad de repeticiones ejecutadas en sentadilla profunda.

Cabe aclarar que el solo realizar calentamiento pasivo no es idóneo para llevar al cuerpo a un esfuerzo físico a un estado de fatiga, por lo que, se recomienda aplicar un calentamiento activo para que las articulaciones y el tejido muscular se encuentre en las condiciones adecuadas para generar un esfuerzo máximo y reducir el riesgo de lesión.

Por muchos años, se ha investigado que uno de los principales resultados de realizar un calentamiento es el aumento de la temperatura corporal y muscular. De acuerdo con distintos autores, el tener 1°C de incremento, en la temperatura muscular, es suficiente para mostrar mejoras en el rendimiento durante el ejercicio en un 2.5% (Racinais & Oksa, 2010), por lo que, este estudio muestra que la condición CCom, donde, no se midió la temperatura muscular de manera directa, si se generó un incremento a través de las contracciones musculares del calentamiento activo más el calentamiento pasivo, el cual aumentó 5.3°C la temperatura de la piel.

El aumento de la temperatura corporal, generado por la realización del calentamiento activo o pasivo, puede producir un aumento del metabolismo muscular, la velocidad de conducción de la fibra muscular y del rendimiento contráctil muscular (Takeuchi et al., 2021). Por otro lado,

McGowan et al. (2015) reportaron que el calentamiento activo y pasivo influyen considerablemente en el rendimiento debido al incremento de adenosín trifosfato (un nucleótido fundamental en la obtención de energía celular), la tasa cíclica de los puentes actina-miosina y la cinética del consumo de oxígeno.

Investigaciones recientes reportan que la combinación de un calentamiento activo y pasivo aumentan el rendimiento físico en comparación cuando se realizan de forma aislada, esto independientemente de los distintos métodos y protocolos que se utilizan en el calentamiento pasivo. Así como, Baskara et al. (2019) realizaron una investigación, en la que utilizaron lámpara infrarroja para aumentar la temperatura corporal de forma pasiva en sujetos con características similares a la de esta investigación; por otra parte, McGawley et al. (2021), realizaron su estudio con protocolos de ejercicio a $-7.2 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ implementados con esquiadores alpinos, quienes vistieron una prenda térmica en el tren inferior como método de calentamiento pasivo. Sin embargo, cuando se menciona sobre qué tipo de calentamiento (activo-pasivo) se recomienda realizar previo a la práctica deportiva, los resultados de investigaciones realizadas por Takeuchi et al. (2021) y Özcan et al. (2018) señalan el calentamiento activo como el más adecuado para incrementar la fuerza, la potencia anaeróbica y los arcos de movimiento. Aunque, en gran cantidad de literatura se observa que el calentamiento, ya sea activo, pasivo o combinado, no produce una mejora o deterioro del desempeño físico, lo cual no es consistente con los resultados del presente estudio. Ahsan & Mohammad (2018) reportaron que no hubo diferencias en la fuerza muscular en ninguna de las condiciones de calentamiento utilizadas en su estudio (activo, pasivo y combinado), lo cual pudo deberse a que la fuerza fue medida con un dinamómetro isocinético que valora la fuerza en las extremidades del tren superior, cuando el protocolo de su calentamiento pasivo fue implementado en el tren inferior (glúteos, isquiotibiales, cuádriceps, gastrocnemius y soleos).

Añadiendo que, el estudio fue de muestras independientes con sujetos deportistas de voleibol, baloncesto y balonmano, deportes donde la fuerza prensil podría no tener la misma importancia que la fuerza explosiva. Por otro lado, Gogte et al. (2017) en su estudio reportaron no encontrar diferencias en ninguno de los tres tipos de calentamiento, lo cual pudo deberse a que el calentamiento activo consto de actividades muy intensas (ciclismo, prensa de piernas y saltos con sentadilla) a las que normalmente componen un calentamiento activo (carrera a baja intensidad, por ejemplo). Además, el calentamiento pasivo implementado fue a través de toallas húmedas en el tren inferior por un lapso de 20 minutos, tiempo suficiente para que haya una pérdida de calor la cual no se explica si sucedió o si se mantuvo la temperatura de alguna manera. Gray y Nimmo (2001), igual que el resto de los investigadores, no encontraron diferencias entre un calentamiento activo y uno pasivo. Este resultado pudo deberse a que, durante la sesión de calentamiento pasivo, los investigadores metieron a los sujetos a un cuarto con clima controlado (45°C y 70% humedad relativa) hasta que alcanzaran la temperatura corporal obtenida durante el calentamiento activo ($36.9 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$). Sin embargo, durante el calentamiento pasivo los sujetos estuvieron sentados, sin producir un desgaste físico como lo hicieron en el calentamiento activo. Otro inconveniente es que los estudios no reportan la temperatura muscular, corporal o piel después de inducir el calentamiento pasivo, siendo esta una variable importante para la efectividad del calentamiento. A comparación del calentamiento activo, el pasivo aumenta la temperatura corporal, así como la temperatura muscular, sin necesidad de perder sustratos energéticos. Se ha registrado que el incremento de 1°C en la temperatura muscular puede mejorar entre un 2% a 5% el desempeño físico. En la realización de este estudio la temperatura de la piel de los sujetos incrementó un $5,3^{\circ}\text{C}$ en las piernas, utilizando la almohadilla térmica, por lo cual mejoraron en un 27% el desempeño físico con la implementación del calentamiento combinado.

La aplicación del calentamiento previo a la sesión de entrenamiento se ha enfocado a lo largo del tiempo en el preparar el organismo para la actividad física y disminuir el riesgo de lesiones, con el calentamiento combinado, se busca brindar una nueva herramienta para los entrenadores deportivos, específicamente de deportes donde predomina la fuerza y la potencia, teniendo un mejor desempeño de los atletas en las sesiones de entrenamiento en las que buscan desarrollar la masa muscular y el incremento de la fuerza muscular.

CAPÍTULO 6 CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran que la combinación de calentamiento activo y pasivo (almohadilla térmica) aumentan la cantidad de repeticiones realizadas de sentadilla profunda. Sin embargo, para lograr esta mejoría, es necesario que la temperatura de la piel ronde los 37.5°C.

REFERENCIAS

- Ahsan, M. & Mohammad, A. (2018). Effects of different warm-up techniques on dynamic balance and muscular strength on players: a study. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 4(12), 29-39. doi: 10.46827/ejpe.v0i0.2004
- Baskaran, S., Seemathan, P. & Sadhasivam, S. (2019). Effect of passive, active and combined warm up on the lower limb of healthy individuals. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 10(3), 1785-1788. doi:10.26452/ijrps.v10i3.1311
- Becali, A. (2011). *La Fuerza en el judo de alto rendimiento*. Ciudad de La Habana. Cuba. Editorial Deportes.
- Beléndez A. (2017). *Calor y temperatura*. Departamento de Física, Ingeniería y Teoría de la Señal Universidad de Alicante. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10045/95287>
- Bishop D. (2003). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33(7), 483–498. doi: 10.2165/00007256-200333070-00002
- Blaya-Haro, F., San-Pedro-Orozco, P., Juanes-Méndez, J. A., Gallego-Morales, L. T., Franco-López, A., & Rodríguez-Montes, J. A. (2016). *Application of geometric and mathematical model of lumbar region in weightlifting athletes to biomechanics*. JONNPR, 1(6), 201–209. doi: 10.19230/jonnpr.2016.1.6.1075
- Brzycki, M. (1993). Strength testing: predicting a one-rep max from repetitions to fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90. doi: 10.1080/07303084.1993.10606684
- Campoverde, T. (2010). *Manual de teoría y métodos del entrenamiento de fuerza en escalada deportiva* [Tesis para obtención de título]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

- Cardona Ramírez, L. F. & Avella Chaparro, R. E. (2018). La sentadilla: un ejercicio fundamental en la actividad física y el deporte. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 1(1), 95-104. doi: 10.31910/rdafd.v1.n1.2015.300
- Chavarría V., J. A. & Valverde M., D. J. (2017). *Efecto del calentamiento activo en el rendimiento deportivo y el esfuerzo percibido en un grupo de nadadores en las pruebas de 50 y 400 metros Crol* [Tesis no publicada]. Universidad Nacional, Heredia: Costa Rica.
- Clayman, C. B. (1989). *The American Medical Association Encyclopedia of Medicine*. Random House.
- Edgar, L. (2011). Calentamiento dinámico o activo. *SaludMed*. Recuperado el 18 de febrero de 2025, de http://www.saludmed.com/articulos/Fisiologia_del_Ejercicio/Calentamiento_Dinamico.html
- El Bakkali- El gazuani, M. (2015). *Fisiología del calentamiento previo al ejercicio físico y su importancia en la prevención de lesiones musculares* [Trabajo fin de grado, Universidad de Jaén]. <https://crea.ujaen.es/items/e2acf366-1e49-43b8-8642-e289ac7d3ae0>
- Freitas, S. R., Vilarinho, D., Rocha Vaz, J., Bruno, P. M., Costa, P. B. & Mil-homens, P. (2015). Responses to static stretching are dependent on stretch intensity and duration. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(6), 478484. doi: 10.1111/cpf.12186
- Gogte, K., Srivastav, P., & Miyaru, G. B. (2017). Effect of passive, active and combined warm up on lower limb muscle performance and dynamic stability in recreational sports players. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 11(3), YC05–YC08. doi:10.7860/JCDR/2017/24766.9595

- Gray, S. & Nimmo, M. (2001). Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. *Journal of Sports Sciences*, 19(9), 693-700. doi: 10.1080/02640410152475829.
- McGawley, K., Spencer, M., Olofsson, A. & Andersson, E. P. (2021). Comparing active, passive, and combined warm-ups among junior alpine skiers in -7°C. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(8), 1140-1147. doi: 10.1123/ijsp.2020-0300
- McGorm, H., Roberts, L. A., Coombes, J. S. & Peake, J. M. (2018). Turning up the heat: An evaluation of the evidence for heating to promote exercise recovery, muscle rehabilitation and adaptation. *Sports Medicine*, 48(6), 1311-1328. doi: 10.1007/s40279-018-0876-6
- McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G. & Rattray, B. (2015). Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports Medicine*, 45(11), 1523-1546. doi: 10.1007/s40279-015-0376-x.
- Medina, J. (2003). *Actividad Física y Salud Integral*. Paidotribo. p. 167.
- Melo de Oliveira, R., Carreiro Lermen, D., Augusto Marson, R. & Borba, N. E. (2017). La influencia del calentamiento activo, con o sin estiramiento estático, sobre la fuerza muscular en militares brasileños. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(20), 157-166. doi: 10.21830/19006586.171
- Miño, J., Gallardo, A., Henriquez, I. & Sanchez, C. (2014). Comparación de los efectos del frío y el calor, a través de cryoflow e infrarrojo a, sobre la fuerza del músculo bíceps braquial. *Revista Horizonte Ciencias De La Actividad Física*, 5(1), 35-42.
- Olmedilla, A., & González, L. E. (2002). Factores psicológicos de la lesión deportiva. Intervención psicológica en los procesos de prevención y rehabilitación. *Manual de Psicología del Deporte* (pp. 212–234).

- Özcan, M., Bicer, M., Özdal, M. & Şan G. (2018). The effect of active and passive warm-up on individual and team sports athletes anaerobic power. *Biology of Exercise*, 14(1), 51-59. doi: 10.22124/jme.2023.24607.304
- Pantoja, S. (2012). Lumbar en el deportista. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 23(3), 275-282. doi: 10.1016/S0716-8640(12)70311-5
- Parra, M. J. (2012). El calentamiento. Xunta de Galicia. <https://www.edu.xunta.gal/centros/cpinaviadesuarna/system/files/EL%20%20CALENTAMIENTO.pdf>
- Quirós, A., Carpio, E. & Salazar, W. (2020). Efecto del calentamiento activo y de diferentes intervalos de recuperación sobre el rendimiento en natación. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 18(1), 95-110. doi: 10.15517/pensarmov.v18i1.40846
- Racinais, S. & Oksa, J. (2010). Temperature and neuromuscular function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 1-18. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01204.x
- Rippetoe, M. (2011). *Starting Strength: Basic barbell training* (3rd ed., pp. 2-7). The Aasgaard Company.
- Ruiz Garrigós, A., de Vicente Durán, Á. & Sánchez-Pay, A. (2020). Influencia de dos tipos de calentamiento sobre la fuerza explosiva del tren inferior en estudiantes de educación física. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 18(1), 63-76. doi: 10.15517/pensarmov.v18i1.34705
- Safran, M. R., Seaber, A. V. & Garrett, W. E., Jr (1989). Warm-up and muscular injury prevention. An update. *Sports Medicine*, 8(4), 239-249. doi: 10.2165/00007256-198908040-00004
- Takeuchi, K., Takemura, M., Nakamura, M., Tsukuda, F. & Miyakawa, S. (2021). Effects of active and passive warm-ups on range of motion, strength, and muscle passive properties in ankle

plantarflexor muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(1), 141-146. doi:
10.1519/JSC.0000000000002642.

Tudor, O. & Lorenzo, J. (2002). Musculación, entrenamiento Avanzado. 12-14.

ANEXOS

Artículo original

La combinación de calentamiento activo y pasivo como método para incrementar la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda

Martín Pérez Zazueta¹, Brandon Lira Samano¹, Alfredo Castro Flores¹, Francisco Gaspar Celis¹, Cristóbal Hernández Noriega¹, Luis M. Gómez Miranda², Roberto Espinoza-Gutiérrez², Jorge A. Aburto-Corona²

¹Facultad de Deportes Tijuana. Universidad Autónoma de Baja California. México. ²Grupo de Investigación UAABC-CA-341 Rendimiento Físico y Salud. Laboratorio de Biotecnología de la Motricidad Humana. Facultad de Deportes Tijuana. Universidad Autónoma de Baja California. México.

doi: 10.18176/archmeddeporte.00123

Recibido: 26/07/2022
Aceptado: 15/11/2022

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar si la combinación del calentamiento activo (ejercicio) y pasivo (almohadilla térmica) genera un aumento en la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda en comparación a realizar únicamente calentamiento activo. Para el estudio se reclutaron 10 sujetos físicamente activos y aparentemente sanos (26.2 ± 5.9 años de edad). Se realizaron cuatro sesiones con intervalos de tres días por sesión. En la primera sesión se estimó el peso máximo, mediante repetición máxima, en sentadilla profunda (fórmula de Brzycki), la segunda, tercera y cuarta sesión realizaron la mayor cantidad de repeticiones de sentadilla profunda con el 85% de la repetición máxima (al fallo o hasta perder la técnica). Los sujetos fueron asignados de forma aleatoria a una de tres condiciones distintas: calentamiento activo (CA_{act}), calentamiento tradicional más cinco minutos sentados, calentamiento activo más placebo (CA_{act+pl}), calentamiento tradicional más cinco minutos sentados con almohadilla térmica apagada sobre las piernas y calentamiento combinado (CC_{com}), calentamiento tradicional más cinco minutos con la almohadilla térmica encendida sobre las piernas. No se hallaron diferencias ($p > 0.05$) entre la condición CA_{act} (8.6 ± 1.8 rep) y CA_{act+pl} (8.7 ± 1.6 rep) en la cantidad de sentadillas realizadas. Sin embargo, la condición CC_{com} (11.1 ± 2.0 rep; $p = 0.001$; $d = -2.107$) mostró ser más efectiva en comparación a CA_{act} (8.6 ± 1.8 rep) y CA_{act+pl} (8.7 ± 1.6 rep). La combinación de calentamiento activo y pasivo (ejercicio y con almohadilla térmica) incrementa la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda en personas jóvenes físicamente activas.

Palabras clave:

Almohadilla térmica. Tren inferior.
Rendimiento físico.

The combination of active and passive warm-up as a method to increase the number of deep squat repetitions

Summary

The aim of this study was to determine if the combination of active (exercise) and passive warm-up (thermal blanket) generates an increase in the number of deep squat repetitions compared to only active warm-up. Ten physically active and apparently healthy subjects (26.2 ± 5.9 years of age) were recruited for the study. Four sessions, with three-days intervals were performed. In the first session the maximum weight in deep squat was estimated (Brzycki's formula), the second, third and fourth sessions performed the greatest number of deep squat repetitions with 85% maximum repetition (to exhaustion or even losing the technique). Before each condition, subjects were randomly assigned to one of three different conditions: active warm-up (CA_{act}), traditional warm-up plus five minutes sitting, active warm-up plus placebo (CA_{act+pl}), traditional warm-up plus five minutes sitting with thermal blanket placed on the legs and combined warm-up (CC_{com}) traditional warm-up plus five minutes with a thermal blanket placed on the legs. No differences ($p > 0.05$) were found between CA_{act} (8.6 ± 1.8 reps) and CA_{act+pl} (8.7 ± 1.6 reps) conditions in the number of squats performed. However, the CC_{com} condition (11.1 ± 2.0 reps; $p = 0.001$; $d = -2.107$) was more effective compared to CA_{act} (8.6 ± 1.8 reps) and CA_{act+pl} (8.7 ± 1.6 reps). A combination of active and passive heating (thermal blanket), increases the number of repetitions of deep squats in physically active young people.

Key words:

Heating pad. Lower body. Physical performance.

Correspondencia: Jorge A. Aburto-Corona
E-mail: jorge.aburto@uabc.edu.mx

Introducción

En las diversas modalidades de ejercicio físico, así como en los distintos deportes, el calentamiento forma parte fundamental de las sesiones de entrenamiento o competencias, el cual, puede considerarse incluso como una actividad imprescindible al ejercitarse o en la competencia, sin embargo, su efecto sobre el rendimiento físico permanece en controversia^{1,4}.

Se le considera calentamiento a cualquier actividad que derive en el incremento de la temperatura corporal, pudiendo realizarse de forma activa y/o pasiva con el objetivo de mejorar la respuesta neuromuscular y disminuir la probabilidad de lesión⁵. El calentamiento activo es aquel que se ocasiona por el ejercicio físico (aeróbico y/o anaeróbico), mientras que el pasivo hace referencia al uso de instrumentos externos para elevar la temperatura corporal (sumersión en agua caliente, aumento de la temperatura ambiental, mangas de compresión, almohadilla térmica, entre otros)⁶.

En la actualidad, es muy recomendable realizar calentamiento activo previo a una práctica deportiva debido a la mejora en el desempeño físico ocasionada por el metabolismo muscular y la velocidad de conducción de las fibras musculares, además de generar una mayor estabilidad emocional, confianza y preparación mental^{4,6,7}. De la misma manera, el calentamiento pasivo ha demostrado ser beneficioso para mejorar el rango articular y para disminuir la probabilidad de lesión^{8,9}.

Se ha demostrado que el incremento de la temperatura corporal, a través de calentamiento pasivo, mejora el rendimiento físico en actividades de corta y larga duración a causa del aumento del metabolismo muscular y la degradación del glucógeno, producción de adenosín trifosfato y fosfocreatina. Además, aumenta la velocidad de conducción de la fibra muscular, es decir, genera un incremento en la potencia muscular, debido a la rápida liberación de calcio por el retículo sarcoplásmico y la hiperpolarización de la membrana como resultado del aumento de la actividad de la bomba sodio-potasio. Otro aspecto que incrementa el rendimiento físico es la relajación muscular, la cual mejora a temperaturas altas (25-37 °C) debido a la eficiencia de los mecanismos de la eliminación del calcio del sarcoplasma, la disociación calcio-troponina y a la separación de los puentes actina-miosina^{10,11}.

En el caso del calentamiento activo, además de los mecanismos antes mencionados, acciona la cinética del consumo de oxígeno debido a un mayor intercambio gaseoso, al cambio en la curva de la oxihemoglobina y a la activación de las enzimas oxidativas. También, mejora la potenciación posterior a la activación, es decir cuando se realiza un trabajo muscular intenso, el ejercicio subsecuente se genera con mayor potencia. Lo anterior como resultado de un aumento de la actividad eléctrica en la médula espinal, aumento de la sensibilidad del calcio en los filamentos de actina y el aumento de las concentraciones de calcio en esas fibras musculares⁴.

Debido a los beneficios en el desempeño físico, ocasionados por el calentamiento, el objetivo de este estudio fue determinar si la combinación del calentamiento activo y pasivo (almohadilla térmica) genera un aumento en la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda (85% RM) en comparación a realizar únicamente calentamiento activo.

Material y método

Participantes

Se reclutaron 10 sujetos (5 hombres y 5 mujeres) físicamente activos y aparentemente sanos (edad $26,2 \pm 5,9$ años, peso $70,0 \pm 11,8$ kg, estatura $166,6 \pm 10,9$ cm), con $2,8 \pm 1,4$ años de experiencia realizando el ejercicio de sentadilla profunda. La selección de sujetos se hizo de manera no probabilística, por conveniencia. Todos los participantes fueron informados de manera detallada sobre los objetivos y procedimientos del estudio, haciendo énfasis en los riesgos implicados, lo que quedó establecido en una carta de consentimiento y participación voluntaria firmada por cada uno de ellos. El protocolo de investigación fue desarrollado con apego a los lineamientos para las investigaciones en seres humanos establecidos en la declaración de Helsinki¹².

Procedimiento

Se citó a los sujetos a un centro de acondicionamiento físico en cuatro ocasiones distintas. En la primera sesión se estimó el peso máximo en sentadilla profunda ($75,4 \pm 26,9$ kg) mediante la fórmula propuesta por Brzycki¹³, peso levantado en kg / $(1,0278 - (0,0278 \cdot \text{número de repeticiones}))$. Para este test los sujetos realizaron un calentamiento tradicional enfocado en dos aspectos principales: actividad aeróbica de baja intensidad (15 segundos de movimientos laterales de cabeza, rotación de hombros, rotación de cadera, flexoextensión de rodilla, circunducción de tobillos sostenidos en el aire y trote por tres minutos) y estiramiento muscular dinámico (pectoral mayor, dorsal ancho, isquiosurales, cuádriceps y psoas iliaco, 15 s cada uno)¹⁴.

Una vez estimado el peso máximo en sentadilla, se asignó de forma aleatoria el orden de las siguientes tres condiciones, las cuales consistían en realizar la mayor cantidad de repeticiones de sentadilla profunda a un 85% de su capacidad máxima estimada en la sesión uno ($64,1 \pm 22,9$ kg) (Figura 1). Cabe mencionar que cada sujeto asistió en el mismo horario (8:30 a 10:30 hrs) con tres días de intervalo entre sesión.

Calentamiento combinado (CC_{cm})

Para esta condición, los sujetos realizaron el calentamiento activo de la sesión uno. Posteriormente, se sentaron y se les colocó una almohadilla térmica a 42°C sobre las piernas (GAON Innovación, Estado de México, México) (Figura 2) por un periodo de cinco minutos. La temperatura de la piel, al final de los cinco minutos, fue de $37,4 \pm 1,0$ °C.

Calentamiento activo (CA_a)

Los sujetos realizaron el calentamiento activo tradicional de la sesión uno, seguido, se sentaron por un periodo de cinco minutos sin la almohadilla térmica. Finalizando el tiempo que debía permanecer sentado, la temperatura de la piel en la zona de los cuádriceps fue de $32,0 \pm 1,0$ °C. La temperatura de la piel fue obtenida por medio de un termómetro infrarrojo Fluke 68 (Washington, EUA), el cual tiene una resolución de 0.1°C y una precisión de ± 1 °C.

Figura 1. Ejemplo de la ejecución de sentadilla profunda.



Figura 2. Ejemplo de la implementación de almohadilla térmica para la condición CC_{on} y CA_{ct+P} .



Calentamiento activo más placebo (CA_{ct+P})

Para esta condición, los sujetos realizaron el mismo calentamiento activo de la sesión uno. Posterior a eso, se sentaron un tiempo de cinco minutos y se les colocó sobre las piernas la almohadilla térmica desconectada y con la pantalla que controla la temperatura hacia abajo (para que no vieran que estaba apagada). Esta condición se propuso para determinar si el uso de la almohadilla térmica generaba un efecto placebo en el desempeño físico. La temperatura de la piel, al final de los cinco minutos, fue de $32,1 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

La Intensidad del calentamiento activo fue medida de forma subjetiva por medio de la escala de percepción de esfuerzo de Borg (0-10). Los sujetos calificaron el calentamiento como fuerte ($5,3 \pm 1,3$). Finalizado el periodo de sedestación, independientemente de la condición, se les dio la indicación de realizar la mayor cantidad de sentadillas posibles con el 85% del peso máximo. Para todas las sesiones, se informó a los sujetos que no realizaran ejercicio físico en las 24 horas previas, así como no consumir medicamentos, bebidas o alimentos considerados diuréticos.

Análisis estadístico

Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 23 para el análisis de los datos. Se aplicó estadística descriptiva para las variables edad, talla, peso y años de experiencia realizando sentadilla profunda. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk proporcionó una distribución normal de los datos ($p > 0,05$). Se realizó un ANOVA de un factor (condiciones) de muestras relacionadas para comparar la temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura de la piel, cantidad de repeticiones realizadas y para la suma del peso levantado (peso por repeticiones) después de un calentamiento con almohadilla térmica encendida, apagada y sin almohadilla térmica.

Resultados

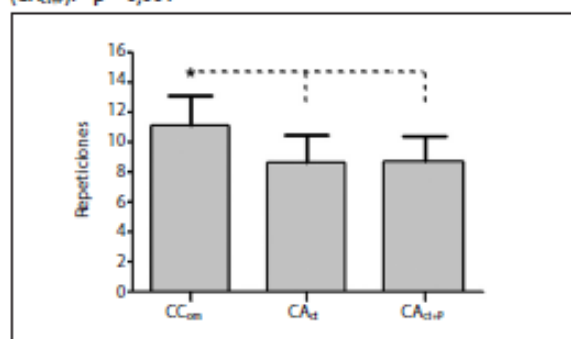
No se encontraron diferencias significativas en la temperatura ambiente (CC_{on} $20,0 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$, CA_{ct} $19,2 \pm 5,3^{\circ}\text{C}$, CA_{ct+P} $20,4 \pm 5,5^{\circ}\text{C}$; $p = 0,91$) ni en la humedad relativa (CC_{on} $59,6 \pm 5,9\%$, CA_{ct} $54,0 \pm 5,6\%$, CA_{ct+P} $49,2 \pm 2,8\%$; $p = 0,41$) entre las distintas condiciones. Este resultado indica que los sujetos realizaron las evaluaciones en las mismas condiciones ambientales.

El ANOVA de una vía no mostró diferencias en la temperatura de la piel entre la condición CA_{ct} y CA_{ct+P} ($p > 0,05$). Sin embargo, se encontraron diferencias en la condición CC_{on} comparándola con las otras dos condiciones ($p = 0,001$). Estos resultados indican que la aplicación del calentamiento pasivo generó un aumento en la temperatura de la piel de $5,3^{\circ}\text{C}$ en comparación a las condiciones que no tenían este tipo de calentamiento (Tabla 1).

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$; IC95% -1,294, 1,094; $d = -0,079$) entre la condición CA_{ct} y CA_{ct+P} en la cantidad de repeticiones realizadas en sentadilla profunda. No obstante, sí se encontraron diferencias ($p = 0,001$; IC95% -3,182, -1,618; $d = -2,107$) entre CC_{on} y CA_{ct} y entre CC_{on} y CA_{ct+P} ($p = 0,001$; IC95% 1,407, 3,593; $d = 2,683$) (Figura 3). Los datos sugieren que con el calentamiento

Tabla 1. Descripción de los datos obtenidos.

	Temperatura de la piel (°C)	Número de repeticiones	Suma del peso levantado (kg)
CC _{com}	37,4±1,1*	11,1±2,0*	681,9±167,5*
CA _{cl}	32,0±1,0	8,6±1,8	445,1±154,5
CA _{cl+P}	32,1±0,3	8,7±1,6	529,7±116,4

*Diferencias significativas en comparación a las otras dos condiciones ($p < 0,001$).Figura 3. Cantidad de repeticiones realizadas en sentadilla profunda entre las condiciones calentamiento combinado (CC_{com}), calentamiento activo (CA_{cl}) y calentamiento activo más placebo (CA_{cl+P}). * $p = 0,001$ 

combinado (CC_{com}) se generan una mayor cantidad de repeticiones de sentadilla profunda (Tabla 1).

En cuanto a la suma total de peso levantado (peso por repeticiones), no se hallaron diferencias ($p > 0,079$; IC95% -178,329, 8,993; $d = -0,618$) entre la condición CA_{cl} y CA_{cl+P}. Por otra parte, se encontraron diferencias ($p = 0,001$; IC95% 137,497, 336,115; $d = 1,469$) entre CC_{com} y CA_{cl} y entre CC_{com} y CA_{cl+P} ($p = 0,001$; IC95% 91,215, 213,061; $d = 1,055$). Este resultado sugiere que el calentamiento combinado (CC_{com}) es el método más efectivo para levantar una mayor cantidad de peso (Tabla 1).

Discusión

El objetivo de este estudio fue determinar si la combinación del calentamiento activo y pasivo (almohadilla térmica) genera un aumento en la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda (85% RM) en comparación a realizar únicamente calentamiento activo. El principal hallazgo fue que con el calentamiento combinado se observó un mayor número de repeticiones de sentadilla en comparación con el calentamiento activo y calentamiento activo con placebo, es decir, el calentamiento combinado genera un mejor desempeño físico en cuanto al número de repeticiones realizadas en sentadilla profunda.

Se ha demostrado que por sí solo el calentamiento pasivo no es suficiente para dirigir el cuerpo hacia un esfuerzo físico extenuante, por lo tanto, es necesario desarrollar un calentamiento activo para que las articulaciones y el tejido muscular se encuentren en óptimas condiciones para esfuerzos mayores.

Por décadas, se ha reportado que uno de los principales resultados del calentamiento es el aumento de la temperatura corporal y muscular. De acuerdo con distintos autores, el incremento de 1°C, en la temperatura muscular, es suficiente para observar mejoras del rendimiento en el ejercicio posterior en un 2-5%^{15,34}, lo cual, también fue observado en este estudio en la condición CC_{com}, donde, aunque no fue medida la temperatura muscular de manera directa, sí se propició su incremento a través de las contracciones musculares del calentamiento activo más el calentamiento pasivo, el cual aumentó 5,3 °C la temperatura de la piel.

El aumento de la temperatura corporal, a causa del calentamiento activo o pasivo, puede generar un aumento del metabolismo muscular, la velocidad de conducción de la fibra muscular y del rendimiento contráctil muscular⁵. Por su parte, McGowan et al.⁴, reportaron que el calentamiento activo y pasivo influyen notablemente en el rendimiento posterior a su implementación debido al incremento de adenosín trifosfato (un nucleótido fundamental en la obtención de energía celular), la tasa cíclica de los puentes actina-miosina y la cinética del consumo de oxígeno.

Recientes investigaciones reportan que la combinación entre calentamiento activo y pasivo mejora el rendimiento físico en comparación a cuando se utilizan de forma independiente, esto a pesar de que se utilicen distintos métodos y protocolos de aplicación del calentamiento pasivo. Por ejemplo, en el estudio de Baskaran, Seemathan y Sadhasivam¹⁷, utilizaron lámpara infrarroja para incrementar la temperatura corporal de manera pasiva en sujetos con características similares a las de este estudio; por otra parte, McGawley, Spencer, Olofsson y Andersson¹⁸, desarrollaron su estudio con protocolos de ejercicio a $-7,2 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ implementados con esquiadores alpinos, quienes vistieron una prenda térmica en el tren inferior como método de calentamiento pasivo. No obstante, cuando se habla sobre qué tipo de calentamiento (activo - pasivo) es mejor antes de la práctica deportiva, la evidencia señala el calentamiento activo como el adecuado para la mejora de fuerza, potencia anaeróbica y el rango de movimiento^{19,20}. Aun así, se puede observar una importante cantidad de literatura que indica que el calentamiento, ya sea activo, pasivo o combinado, no es un factor que mejore o deteriore el desempeño físico, lo cual no es consistente con los hallazgos del presente estudio. Ahsan y Mohammad²¹, reportaron que no hubo diferencia en la fuerza muscular en ninguna de las condiciones de calentamiento empleadas en su estudio (activo, pasivo y combinado), lo cual pudo deberse a que la fuerza fue medida mediante un dinamómetro isocinético que valora la fuerza en las extremidades del tren superior cuando su protocolo de calentamiento pasivo fue implementado en el tren inferior (glúteos, isquiotibiales, cuádriceps, gastrocnemius y soleos). Además, el estudio fue de muestras independientes analizando deportistas de voleibol, baloncesto y balonmano, deportes donde la fuerza prensil podría no cobrar la misma relevancia que la fuerza explosiva²²⁻²⁴. Por su parte, Gogte, Srivastav y Balthillaya²⁵, también reportaron no encontrar diferencias en los tres tipos de calentamiento, lo cual pudo deberse a que el calentamiento activo constó de actividades más intensas (ciclismo, prensa de piernas, sentadillas con salto y saltos con sentadilla) a las que comúnmente componen el calentamiento activo (carrera a baja intensidad, por ejemplo). Asimismo, el calentamiento pasivo fue implementado a través de toallas

húmedas en el tren inferior durante 20 minutos, un tiempo largo en el que no se explica si el calor se perdía durante ese tiempo o si era alimentado de alguna forma.

Gray y Nimmo², al igual que los anteriores Investigadores, no hallaron diferencias entre el calentamiento activo y pasivo. Este resultado pudo generarse debido a que, en la sesión de calentamiento pasivo, los Investigadores introdujeron a los sujetos a un cuarto con clima controlado (45°C-70%) hasta que alcanzaran la misma temperatura corporal obtenida en el calentamiento activo (36,9±0,2°C). No obstante, en el calentamiento pasivo los sujetos permanecieron sentados, sin generar un desgaste físico como en el calentamiento activo. Otra de las limitaciones de los estudios es que no reportan la temperatura muscular, corporal o de la piel después de implementar el calentamiento pasivo²¹⁻²⁵, siendo esta variable un factor importante para la efectividad del calentamiento. A diferencia del calentamiento activo, el pasivo puede aumentar tanto la temperatura corporal como muscular sin la necesidad de perder sustratos energéticos. Se ha documentado que el aumento de 1°C en la temperatura muscular mejora entre un 2 a 5% el desempeño físico⁴. En este estudio los sujetos aumentaron 5,3°C la temperatura de la piel en las piernas con la almohadilla térmica, mejoraron el desempeño físico un 2,7% con el calentamiento combinado.

Conclusión

Los resultados de este estudio demuestran que la combinación de calentamiento activo y pasivo (almohadilla térmica) aumentan la cantidad de repeticiones realizadas de sentadilla profunda. Sin embargo, para lograr esta mejoría, es necesario que la temperatura de la piel ronde los 37,5°C.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de Interés alguno.

Bibliografía

1. Faghy MA, Brown PL. Whole-body active warm-up and inspiratory muscle warm-up do not improve running performance when carrying thoracic loads. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42:810-5.
2. Gray S, Nimmo M. Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. *J Sports Sci*. 2001;19:693-700.
3. McCarty JM, Ackermann BJ, Halaki M. A systematic review of the effects of upper body warm-up on performance and injury. *Br J Sports Med*. 2015;49:935-42.
4. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports Med*. 2015;45:1523-46.
5. Takauchi K, Takamura M, Nakamura M, Tsukuda F, Miyakawa. Effects of active and passive warm-ups on range of motion, strength, and muscle passive properties in ankle plantarflexor muscles. *J Strength Cond Res*. 2018;35:141-6.
6. Silva LM, Nêiva HP, Marques MC, Izquierdo M, Marinho DA. Effects of warm-up, post-warm-up, and re-warm-up strategies on explosive efforts in team sports: A systematic review. *Sports Med*. 2018;48:2285-99.
7. Park H, Jung M, Park E, Lee C, Jee Y, Eun D, Cha J, Yoo J. The effect of warm-ups with stretching on the isokinetic moments of collegiate men. *J Exerc Rehabil*. 2018;14:78-82.
8. Carlson B, Petushak E, Moore M, Demmyer H. Effect of a sauna warm-up on overhead squat depth in elite weightlifters. 33rd International Conference on Biomechanics in Sports; 2015; Pottiers, France.
9. Singh S, Mehta A. Effect of concomitant use of PNF stretching with thermotherapy and massage on plantar flexors flexibility in young females. *Int J Health Rehabil Sci*. 2015;4:84-94.
10. Christensen P, Bangsbo J. Warm-up strategy and high-intensity endurance performance in trained cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10:353-60.
11. Gil MH, Nêiva HP, Sousa AC, Marques MC, Marinho DA. Current approaches on warming up for sports performance: A critical review. *Strength Cond J*. 2019;41:70-9.
12. Harris DJ, Macsween A, Atkinson G. Standards for ethics in sport and exercise science research: 2018 update. *Int J Sports Med*. 2018;38:1126-31.
13. Brzycki M. Strength testing: predicting a one-rep max from repetitions to fatigue. *J Phys Educ Recreat Dance*. 1993;64:88-90.
14. Jeffreys L. The warm-up. *Maximize performance and improve long-term athletic development*. Champaign, Human Kinetics; 2019.
15. Racinais S, Oksa J. Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:1-18.
16. Sargeant AJ. Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1987;56:693-8.
17. Baskaran S, Seemathan P, Sadhasivam S. Effect of passive, active and combined warm up on the lower limb of healthy individuals. *Inter J Res Pharm Sci*. 2019;10:1785-8.
18. McGawley K, Spencer M, Olofsson A, Andersson E. Active, passive, and combined warm-ups among junior alpine skiers in -7°C. *Int J Sports Physiol Perform*. 2021;16:1140-7.
19. Kosuke T, Masahiro T, Masatoshi N, Fumiko T, Shumpei M. Effects of active and passive warm-ups on range of motion, strength, and muscle passive properties in ankle plantarflexor muscles. *J Strength Cond Res*. 2021;35:141-6.
20. Özcan M, Bicer M, Ördal M, Şan G. The effect of active and passive warm-up on individual and team sports athletes anaerobic power. *Biol Exerc*. 2018;14:51-9.
21. Ahsan M, Mohammad A. Effects of different warm-up techniques on dynamic balance and muscular strength on players: a study. *Eur J Phys Educ Sport Sci*. 2018;4:29-39.
22. da Costa JV, da Costa JV, Oliveira M, Pires GP. Efectos del entrenamiento pliométrico e isométrico en la fuerza explosiva de miembros superiores de atletas de balonmano. *Rev Cienc Act Fís UCM*. 2020;16:49-54.
23. González Y, Gálvez AY, Mendoza D. Comparación antropométrica, fuerza explosiva y agilidad en jugadoras jóvenes de baloncesto de Bogotá-Colombia. *Retos*. 2020;38:406-10.
24. Moreno CJ, Hemera IG. La fuerza explosiva y rápida como capacidades físicas determinantes en el entrenamiento de voleibol contemporáneo. *Rev Cub Med Dep Cul*. 2013;8:1-15.
25. Gogte K, Srivastav P, Balhiliya MG. Effect of passive, active and combined warm up on lower limb muscle performance and dynamic stability in recreational sports players. *J Clin Diagnostic Res*. 2017;11:5-8.

Original article

Combined active and passive warm-ups as a technique to increase the number of deep squat repetitions

Martín Pérez Zazueta¹, Brandon Lira Samano¹, Alfredo Castro Flores¹, Francisco Gaspar Celis¹, Cristóbal Hernández Noriega¹, Luis M. Gómez Miranda², Roberto Espinoza-Gutiérrez², Jorge A. Aburto-Corona²

¹Facultad de Deportes Tijuana. Universidad Autónoma de Baja California. México. ²Grupo de Investigación UABC-CA-341 Rendimiento Físico y Salud. Laboratorio de Biotecnología de la Motricidad Humana. Facultad de Deportes Tijuana. Universidad Autónoma de Baja California. México.

doi: 10.18176/archimeddeporte.00123

Received: 26/07/2022
Accepted: 15/11/2022

Summary

The aim of this study was to determine if the combination of active (exercise) and passive warm-up (thermal blanket) generates an increase in the number of deep squat repetitions compared to only active warm-up. Ten physically active and apparently healthy subjects (26.2 ± 5.9 years of age) were recruited for the study. Four sessions, with three-days intervals were performed. In the first session the maximum weight in deep squat was estimated (Brzycki's formula), the second, third and fourth sessions performed the greatest number of deep squat repetitions with 85% maximum repetition (to exhaustion or even losing the technique). Before each condition, subjects were randomly assigned to one of three different conditions: active warm-up (CA_{1-5}) traditional warm-up plus five minutes sitting, active warm-up plus placebo ($CA_{1-5}P$) traditional warm-up plus five minutes sitting with thermal blanket placed on the legs and combined warm-up (CC_{1-5}) traditional warm-up plus five minutes with a thermal blanket placed on the legs. No differences ($p > 0.05$) were found between CA_{1-5} (8.6 ± 1.8 reps) and $CA_{1-5}P$ (8.7 ± 1.6 reps) conditions in the number of squats performed. However, the CC_{1-5} condition (11.1 ± 2.0 reps; $p = 0.001$; $d = -2.107$) was more effective compared to CA_{1-5} (8.6 ± 1.8 reps) and $CA_{1-5}P$ (8.7 ± 1.6 reps). A combination of active and passive heating (thermal blanket), increases the number of repetitions of deep squats in physically active young people.

Key words:

Heating pad. Lower body. Physical performance.

La combinación de calentamiento activo y pasivo como método para incrementar la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar si la combinación del calentamiento activo (ejercicio) y pasivo (almohadilla térmica) genera un aumento en la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda en comparación a realizar únicamente calentamiento activo. Para el estudio se reclutaron 10 sujetos físicamente activos y aparentemente sanos ($26,2 \pm 5,9$ años de edad). Se realizaron cuatro sesiones con intervalos de tres días por sesión. En la primera sesión se estimó el peso máximo, mediante repetición máxima, en sentadilla profunda (fórmula de Brzycki), la segunda, tercera y cuarta sesión realizaron la mayor cantidad de repeticiones de sentadilla profunda con el 85% de la repetición máxima (al fallo o hasta perder la técnica). Los sujetos fueron asignados de forma aleatoria a una de tres condiciones distintas: calentamiento activo (CA_{1-5} , calentamiento tradicional más cinco minutos sentados), calentamiento activo más placebo ($CA_{1-5}P$, calentamiento tradicional más cinco minutos sentados con almohadilla térmica apagada sobre las piernas) y calentamiento combinado (CC_{1-5} , calentamiento tradicional más cinco minutos con la almohadilla térmica encendida sobre las piernas). No se hallaron diferencias ($p > 0,05$) entre la condición CA_{1-5} ($8,6 \pm 1,8$ rep) y $CA_{1-5}P$ ($8,7 \pm 1,6$ rep) en la cantidad de sentadillas realizadas. Sin embargo, la condición CC_{1-5} ($11,1 \pm 2,0$ rep; $p = 0,001$; $d = -2,107$) mostró ser más efectiva en comparación a CA_{1-5} ($8,6 \pm 1,8$ rep) y $CA_{1-5}P$ ($8,7 \pm 1,6$ rep). La combinación de calentamiento activo y pasivo (ejercicio y con almohadilla térmica) incrementa la cantidad de repeticiones de sentadilla profunda en personas jóvenes físicamente activas.

Palabras clave:

Almohadilla térmica. Tíen inferior. Rendimiento físico.

Correspondence: Jorge A. Aburto-Corona
E-mail: jorge.aburto@uabc.edu.mx

Introduction

Regardless of the type of physical exercise or sport, warming up is a fundamental part of the training session or competition and can even be considered to be an essential activity during exercise or competition. However, its effect on physical performance is still at issue¹⁻⁴.

Warming up is considered to be any activity that results in an increase in body temperature. It may be performed actively and/or passively in order to improve neuromuscular response and reduce the probability of injury⁵. Active warm-up is achieved through physical exercise (aerobic and/or anaerobic) while passive warm-up refers to the use of some external means to raise the body temperature (hot water immersion, increase of environmental temperature, compression sleeves, heating pads, among others)⁶.

Today, it is highly recommended to perform an active warm-up routine prior to a sports activity due to the improvement in physical performance caused by the muscular metabolism and the muscle fibre conduction velocity, as well as generating greater emotional stability, confidence and mental preparation^{6,7}. Likewise, passive warming-up has been shown to be beneficial in improving the joint range of motion and reducing the probability of injury^{8,9}.

It has been demonstrated that the increase in body temperature, through a passive warm-up, improves physical performance in activities of short and long duration due to the increase in the muscular metabolism and the degradation of glycogen, production of adenosine triphosphate and phosphocreatine. Furthermore, it increases the muscle fibre conduction velocity. In other words it generates an increase in muscle power caused by the rapid release of calcium from the sarcoplasmic reticulum and the hyperpolarization of the membrane as a result of the increased activity of the sodium-potassium pump. Another factor that increases physical performance is muscle relaxation, which improves at high temperatures (25-37 °C) due to the efficiency of the mechanisms for the removal of calcium from the sarcoplasm, calcium-troponin dissociation and the separation of the actin-myosin bridges^{10,11}.

In the case of an active warm-up, apart from the mechanisms mentioned above, it also drives the oxygen uptake kinetics due to a greater gas exchange, to a change in the oxyhemoglobin curve and to the activation of the oxidative enzymes. It also improves post-activation potentiation. In other words, intense muscle activity generates greater force in the subsequent exercise. The above is the result of an increase in the electrical activity in the spinal cord, increased actin filament calcium sensitivity and an increase in the calcium concentrations in these muscle fibres⁴.

Considering the benefits of warming up on physical performance, the purpose of this study was to determine whether the combination of an active and passive warm-up (heating pad) leads to an increase in the number of deep squat repetitions (85%RM) compared to solely active warm-up.

Material and method

Participants

10 subjects were recruited (5 men and 5 women), who were physically active and apparently healthy (age 26.2 ± 5.9 years, weight $70.0 \pm$

11.8 kg, height 166.6 ± 10.9 cm), with 2.8 ± 1.4 years of experience performing deep squat exercises. Subjects were selected non-probabilistically for convenience. All participants were informed in detail with regard to the objectives and procedures of the study, emphasising the risks involved. This was set out in a letter of informed consent and voluntary participation signed by each participant. The investigation protocol was developed in compliance with the guidelines for investigations on human beings established in the declaration of Helsinki¹².

Procedure

The subjects attended a fitness centre on four separate occasions. At the first session, an estimation was made of the maximum deep squat weight (75.4 ± 26.9 kg) using the formula proposed by Brzycki¹³, weight lifted in kg / $(1.0278 - 0.0278)$ * number of repetitions). For this test the subjects performed a conventional warm-up focussed on two key aspects: low-intensity aerobic activity (15 seconds of sideways head movements, shoulder rotation, hip rotation, knee flexion-extension, ankle circling in the air and jogging for 3 minutes) and dynamic muscle stretching (pectoralis major, latissimus dorsi, hamstrings, quadriceps and iliopectas, 15 sec. each)¹⁴.

Once the maximum squat weight had been estimated, the order of the following three conditions was randomly assigned, consisting in performing the greatest number of deep squat repetitions at 85% of their estimated maximum capacity in session one (64.1 ± 22.9 kg) (Figure 1). It should be mentioned that all the subjects attended together at the same time (8:30 to 10:30 h) with a 3-day interval between sessions.

Combined warm-up (CC_{oa})

For this condition, the subjects performed the active warm-up indicated in session one. They subsequently sat down and a pad heated to 42°C was placed on their legs (GAON Innovación, State of Mexico, Mexico) (Figure 2) for a period of five minutes. At the end of the five minutes, the skin temperature was 37.4 ± 1.0 °C.

Active warm-up (CA_a)

The subjects performed the conventional active warm-up of session one, they then sat down for a five-minute period without the heating pad. At the end of this seated period, the skin temperature at the quadriceps was 32.0 ± 1.0 °C. The skin temperature was taken with an infrared thermometer, Fluke 68 (Washington, USA), which had a resolution of 0.1°C and an accuracy of ± 1 °C.

Active warm-up plus placebo (CA_{a+p})

For this condition, the subjects performed the same active warm-up as for session one. Subsequent to this, they sat down for a five-minute period and a disconnected heating pad was placed on their legs with the temperature control display facing downwards (so that they were unable to see that it was off). This condition was proposed in order

Figure 1. Example of a deep squat.



Figure 2. Example of the application of the heating pad for condition CC_{com} and CA_{cl,r}.



to determine whether the use of the heating pad created a placebo effect on physical performance. At the end of the five minutes, the skin temperature was $32.1 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$.

The active warm-up intensity was measure subjectively by the Borg Rating of Perceived Exertion (0-10). The subjects rated the warm-up as hard (5.3 ± 1.3). At the end of the seated period, irrespective of the condition, the subjects were instructed to perform the greatest possible number of squats at 85% of maximum weight. For all sessions, the subjects were informed that they should not do any physical exercise in the 24 hours prior to the session, and that they should refrain from consuming medication, drinks and food considered to be diuretic.

Statistical analysis

The SPSS version 23 statistical analysis package was used for the data analysis. Descriptive statistics were used for the variables of age, height, weight and years of experience performing deep squats. The Shapiro-Wilk test of normality gave a normal data distribution ($p > 0.05$). A one-way ANOVA was performed (conditions) on related samples in order to compare the ambient temperature, relative humidity, skin temperature, number of repetitions made and for the sum of the lifted weight (weight multiplied by repetitions) following a warm-up with a heating pad turned on, off and without a heating pad.

Results

No significant differences were found in ambient temperature (CC_{com} $20.0 \pm 2.3^{\circ}\text{C}$, CA_{cl} $19.2 \pm 5.3^{\circ}\text{C}$, $CA_{cl,r}$ $20.4 \pm 5.5^{\circ}\text{C}$; $p = 0.91$) or in relative humidity (CC_{com} $59.6 \pm 5.9\%$, CA_{cl} $54.0 \pm 5.6\%$, $CA_{cl,r}$ $49.2 \pm 2.8\%$; $p = 0.41$) between the different conditions. This result indicates that the subjects performed the assessments in the same ambient conditions.

The one-way ANOVA showed no skin temperature differences between condition CA_{cl} and $CA_{cl,r}$ ($p > 0.05$). However, differences were found for condition CC_{com} compared to the other two conditions ($p = 0.001$). These results indicate that the application of the passive warm-up generated an increase in the skin temperature of 5.3°C in comparison to those conditions without this type of warm-up (Table 1).

The variance analysis showed no significant differences ($p > 0.05$; CI95% -1.294, 1.094; $d = -0.079$) between conditions CA_{cl} and $CA_{cl,r}$ in the number of deep squat repetitions made. However, differences were found ($p = 0.001$; CI95% -3.182, -1.618; $d = -2.107$) between CC_{com} and CA_{cl} and between CC_{com} and $CA_{cl,r}$ ($p = 0.001$; CI95% 1.407, 3.593; $d = -2.683$) (Figure 3). The data suggest that the combined warm-up (CC_{com}) leads to a greater number of deep squat repetition (Table 1).

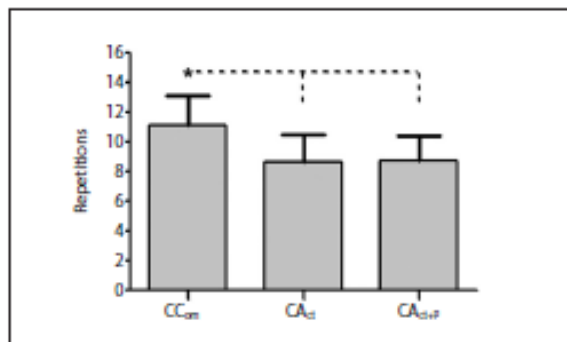
With regard to the total sum of the lifted weight (weight multiplied by repetitions), no differences were found ($p > 0.079$; CI95% -178.329, 8.993; $d = -0.618$) between conditions CA_{cl} and $CA_{cl,r}$. On the other hand, differences were found ($p = 0.001$; CI95% 137.497, 336.115; $d = 1.469$) between CC_{com} and CA_{cl} and between CC_{com} and $CA_{cl,r}$ ($p = 0.001$; CI95% 91.215, 213.061; $d = 1.055$). This result suggest that the combined warm-

Table 1 Description of the data obtained.

	Skin Temperature (°C)	Number of repetitions	Sum of lifted weight (kg)
CC _{on}	37.4±1.1*	11.1±2.0*	681.9±167.5*
CA _{ct}	32.0±1.0	8.6±1.8	445.1±154.5
CA _{ct+P}	32.1±0.3	8.7±1.6	529.7±116.4

*Significant differences compared to the other two conditions ($p = 0.001$).

Figure 3. Number of deep squat repetitions made, comparing the combined warm-up (CC_{on}), active warm-up (CA_{ct}) and active warm-up plus placebo (CA_{ct+P}). * $p = 0.001$



up (CC_{on}) is the most effective technique for achieving a greater number of squat repetitions (Table 1).

Discussion

The purpose of this study was to determine whether or not the combination of an active and passive warm-up technique (heating pad) leads to an increase in the number of deep squat repetitions (85%RM) compared to solely active warm-up. The key finding was that, with the combined warm-up there was a greater number of squat repetitions compared to the active warm-up and active warm-up with placebo. In other words, combined warm-up enhances physical performance with regard to the number of deep squat repetitions made.

Given that passive warm-up by itself has been demonstrated to be insufficient to put the body through strenuous physical effort, it is therefore necessary to perform active warm-up in order to ensure that the joints and muscle tissue are in optimal condition for greater effort.

For decades it has been reported that one of the principal results of a warm-up session is the increase in body and muscle temperature. According to different authors, a 1°C increase in muscle temperature is sufficient to observe improvement in the subsequent exercise of between 2–5%^{15,16}, which was also observed in this study in condition CC_{on}, whereby, although the muscle temperature was not directly measured, a temperature increase was propitiated through the muscle

contractions of the active warm-up plus the passive warm-up, increasing the skin temperature by 5.3 °C.

The increase in body temperature through an active or passive warm-up can lead to an increase in the muscular metabolism, muscle fibre conduction velocity and muscle contractile performance⁵. For their part McGowan *et al.*⁴, reported that active and passive warm-ups exert a considerable influence on subsequent performance due to an increase in adenosine triphosphate (a nucleotide that is essential in obtaining cellular energy), the actin–myosin cross bridge cycling rate and oxygen uptake kinetics.

Recent investigations report that the combination of active and passive warm-ups improves physical performance compared to when used separately, despite the use of different passive warm-up techniques and application protocols. For example, in their study, Baskaran, Seemathan and Sadhasivam¹⁷ used an infrared lamp to passively increase the body temperature of their subjects, with similar characteristics to those of this study; on the other hand, McGawley, Spencer, Olofsson and Andersson¹⁸, conducted a study with exercise protocols at $-7.2 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ implemented with Alpine skiers who wore a lower-body heated garment as a passive warm-up method. However, when discussing which is the best type of warm-up (active - passive) prior to practising a sport, evidence points to an active warm-up as the most suitable for improving strength, anaerobic power and the range of motion^{18,20}. Even so, there is a considerable amount of literature that reports that a warm-up exercise, whether active, passive or combined, is not a factor that improves or negatively affects physical performance, something that is not consistent with the findings of this study. Ahsan and Mohammad²¹ reported that there was no difference in muscular strength in any warm-up technique used in their study (active, passive and combined). This could be due to the fact that muscle strength was measured using an isokinetic dynamometer, which measures the strength in the upper extremities, yet the passive warm-up protocol was implemented in the lower body (Gluteus, Hamstrings, Quadriceps, Gastrocnemius, and soleus). Furthermore, the study was on independent samples, analysing volleyball, basketball and handball players, sports in which grip strength may not hold the same importance as explosive strength^{22–24}. For their part, Gogte, Srivastav and Balhailaya²⁵ also reported that they had found no differences in the three different types of warm-up. This could be due to the fact that the active warm-up comprised more intense activities (cycling, leg press, jump squats, squat jumps) than those that are normally part of active warm-up (low-intensity running, for example). Likewise, passive warm-up was implemented through the application of moist towels on the lower limbs for 20 minutes, which is a long period of time in which they do not explain whether the heat was lost or topped up in some way.

Just like the above investigators, Gray and Nimmo² found no differences between the active and passive warm-up techniques. This result may have been obtained due to the fact that, in the passive warm-up session, the investigators left the subjects in a climate-controlled room (45°C–70%) until they reached the same body temperature as that

obtained in the active warm-up ($36.9 \pm 0.2^\circ\text{C}$). However, the subjects remained seated during the passive warm-up, with no physical exertion, unlike the active warm-up. A further limitation of the studies is that they did not report the muscle, body or skin temperature on completion of the passive warm-up²¹⁻²⁵, which is an important variable for the effectiveness of the warm-up. Unlike the active warm-up, the passive one can increase both the body and muscle temperature without depleting energy substrates. It has been documented that a 1°C increase in muscle temperature improves physical performance by 2 to 5%. In this study, the subjects increased their leg skin temperature by 5.3°C with the heating pad, improving their physical performance by 2.7% with the combined warm-up.

Conclusion

The results of this study demonstrate that the combination of an active and passive (heating pad) warm-up technique increases the number of deep squat repetitions made. However, in order to achieve this improvement, the skin temperature needs to be around 37.5°C .

Conflict of interest

The authors have no conflict of interest at all.

Bibliography

1. Faghy MA, Brown PL. Whole-body active warm-up and inspiratory muscle warm-up do not improve running performance when carrying thoracic loads. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42:810-5.
2. Gray S, Nimmo M. Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. *J Sports Sci*. 2001;19:693-700.
3. McCrory JM, Ackermann BJ, Hales M. A systematic review of the effects of upper body warm-up on performance and injury. *Br J Sports Med*. 2015;49:935-42.
4. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports Med*. 2015;45:1523-46.
5. Takeuchi K, Takemura M, Nakamura M, Tsukuda F, Miyakawa. Effects of active and passive warm-ups on range of motion, strength, and muscle passive properties in ankle plantarflexor muscles. *J Strength Cond Res*. 2018;35:141-6.
6. Silva LM, Nalva HP, Marques MC, Izquierdo M, Marinho DA. Effects of warm-up, post-warm-up, and re-warm-up strategies on explosive efforts in team sports: A systematic review. *Sports Med*. 2018;48:2285-99.
7. Park H, Jung M, Park E, Lee C, Joo Y, Eun D, Cha J, Yoo J. The effect of warm-ups with stretching on the isokinetic moments of collegiate men. *J Exerc Rehabil*. 2018;14:78-82.
8. Carlson B, Petushek E, Moore M, Derrmyer, H. Effect of sauna warm-up on overhead squat depth in elite weightlifters. 33rd International Conference on Biomechanics in Sports; 2015; Poitiers, France.
9. Singh S, Mehta A. Effect of concomitant use of PNF stretching with thermotherapy and massage on plantar flexors flexibility in young females. *Int J Health Rehabil Sci*. 2015;4:84-94.
10. Christensen P, Bangsbo J. Warm-up strategy and high-intensity endurance performance in trained cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10:353-60.
11. Gil MH, Nalva HP, Sousa AC, Marques MC, Marinho DA. Current approaches on warming up for sports performance: A critical review. *Strength Cond J*. 2019;41:70-9.
12. Harris DJ, Macswain A, Atkinson G. Standards for ethics in sport and exercise science research: 2018 update. *Int J Sports Med*. 2018;38:1126-31.
13. Brzycki M. Strength testing: predicting a one-rep max from repetitions to fatigue. *J Phys Educ Recreat Dance*. 1993;64:88-90.
14. Jeffreys L. The warm-up. *Maximize performance and improve long-term athletic development*. Champaign, Human Kinetics; 2019.
15. Radnals S, Oles J. Temperature and neuromuscular function. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20:1-18.
16. Sargent AJ. Effect of muscle temperature on leg extension force and short-term power output in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1987;56:693-8.
17. Baskaran S, Seemathan P, Sathasivam S. Effect of passive, active and combined warm up on the lower limb of healthy individuals. *Inter J Res Pharm Sci*. 2019;10:1785-8.
18. McGawley K, Spencer M, Olafsson A, Andersson E. Active, passive, and combined warm-ups among junior alpine skiers in -7°C . *Int J Sports Physiol Perform*. 2021;16:1140-7.
19. Kosuke T, Masahito T, Masatoshi N, Fumiko T, Shumpel M. Effects of active and passive warm-ups on range of motion, strength, and muscle passive properties in ankle plantarflexor muscles. *J Strength Cond Res*. 2021;35:141-6.
20. Öcan M, Bicer M, Özdal M, Şan G. The effect of active and passive warm-up on individual and team sports athletes anaerobic power. *Biol Exerc*. 2018;14:51-9.
21. Ahsan M, Mohammad A. Effects of different warm-up techniques on dynamic balance and muscular strength on players: a study. *Eur J Phys Educ Sport Sci*. 2018;4:29-39.
22. da Costa JV, da Costa JV, Oliveira M, Pires GP. Efectos del entrenamiento pliométrico e isométrico en la fuerza explosiva de miembros superiores de atletas de balonmano. *Rev Cienc Act Ps UCM*. 2020;16:49-54.
23. González Y, Gálvez AY, Mendoza D. Comparación antropométrica, fuerza explosiva y agilidad en jugadoras jóvenes de baloncesto de Bogotá-Colombia. *Refos*. 2020;38:406-10.
24. Moreno CJ, Herrera IG. La fuerza explosiva y rápida como capacidades físicas determinantes en el entrenamiento de voleibol contemporáneo. *Rev Cub Med Dep Cui*. 2013;8:1-15.
25. Gogte K, Srivastav P, Balhithaya MG. Effect of passive, active and combined warm up on lower limb muscle performance and dynamic stability in recreational sports players. *J Clin Diagnostic Res*. 2017;11:5-8.

Anexo 3. Presentación en 11vo. Congreso Internacional en Ciencias del Deporte, Pachuca, Hidalgo, México.

11

**CONGRESO INTERNACIONAL
EN CIENCIAS DEL DEPORTE**
"Negocio, Política y Ciencia en el Deporte"

UNIVERSIDAD DEL FUTBOL Y
CIENCIAS DEL DEPORTE

OTORGA LA PRESENTE

Constancia
Por su compromiso profesional de excelencia,
como ponente, en los trabajos de investigación
del 11º congreso internacional en ciencias del
deporte:

Pérez Zazueta Martín
Pachuca Hidalgo 8 de Noviembre 2022


Lto. Jesús Martínez Patiño
Presidente Grupo Pachuca


Dra. Gabriela Murguía Cárnovas
Presidenta del Consejo de Gobierno
Universitario


Dr. José María Busto Villareal
Director Médico de CEMIA



XVIII Congreso Internacional de
Traumatología, Medicina del
Deporte y Rehabilitación.





43

Anexo 4. Presentación en 1er Congreso Internacional de Cultura Física y Ciencias aplicadas al Deporte, Tijuana, B.C., México.

