

The effects of combined thermal and electrical muscle stimulation (cTEMS) on fatness and fitness

Espen Rostrup



Dissertation for the degree philosophiae doctor (PhD)
at the University of Bergen

2014

Dissertation date: 29.08.2014

Los efectos de combinar termoterapia y electroestimulación muscular en sobrepeso y fitness

Departamento de Ciencias Clínicas-Universidad de Bergen
Estudio realizado entre 2009 y 2012



OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo general de este programa de estudios fue evaluar los posibles efectos de la termoelectroestimulación muscular (cTEMS, por sus siglas en inglés) como intervención para contrarrestar el aumento del riesgo de enfermedad por inactividad y obesidad.

Trabajo 1

1. Contrastar la hipótesis según la cual la **termoelectroestimulación muscular** es mejor que la electroestimulación muscular (EEM) por sí sola para obtener **respuestas fisiológicas similares a las que se consiguen con el ejercicio físico**.
2. Explorar el **efecto sobre el consumo de oxígeno** de distintos protocolos de electroestimulación muscular, empleando diferentes tipos de pulsos eléctricos e intensidad variable de calor y corriente eléctrica.

Trabajo 2

1. Investigar los **efectos de la termoelectroestimulación** muscular prolongada en la capacidad cardiorrespiratoria **en sujetos obesos sedentarios**, medida mediante el consumo máximo de oxígeno.
2. Investigar los **efectos de la termoelectroestimulación** muscular en la composición corporal, el **tejido adiposo** y el metabolismo lipídico.

Trabajo 3

1. Evaluar los posibles **efectos de la termoelectroestimulación muscular prolongada** en la composición corporal, **la reducción de la grasa visceral** y los lípidos del organismo, cuando se emplea como complemento de una intervención en la alimentación.
2. Explorar los **efectos de una dieta hipocalórica** muy baja en hidratos de carbono y muy rica en grasas en el peso, la composición corporal, los lípidos y las lipoproteínas.

RESUMEN DE RESULTADOS

Efectos inmediatos en sujetos sanos

Los análisis multivariados mostraron que la electroestimulación **incrementa significativamente el consumo máximo de oxígeno** y los niveles de lactato, catecolaminas y hormona del crecimiento (GH). Todas las variables de valoración, salvo el índice de volumen sistólico, se incrementaron significativamente con cada aumento del 10 % en la EEM. Al aumentar el calor y pasar de una temperatura baja (38,2 °C) a alta (40,7 °C) durante la electroestimulación, se obtuvo una respuesta hemodinámica adicional y un aumento de la hormona del crecimiento. De este modo, se multiplicó por un factor de 3,2 el consumo de oxígeno en reposo, correspondiente a 2,8 equivalentes metabólicos.

Efectos prolongados en sujetos obesos sin modificación del estilo de vida

Con **8 semanas** de termoelectroestimulación muscular aumentó significativamente el $V_{O_{2\text{máx.}}}$ de $28,9 \pm 5,7$ ml/kg/min a $31,7 \pm 6,2$ ml/kg/min ($p < 0,05$), lo que correspondía a un incremento medio del 1,2 % a la semana. Asimismo, observamos un aumento del 10,8 % en la capacidad de esfuerzo máxima. **El consumo de oxígeno y la capacidad de esfuerzo también se incrementaron** en el umbral anaeróbico.

Efectos prolongados durante la pérdida de peso

Después de **10 semanas**, el grupo de DBHC (dieta baja en hidratos de carbono) y el grupo de DBHC + termoelectroestimulación muscular experimentaron **pérdidas significativas similares de peso** ($6,5 \pm 3,0$, $p < 0,001$; $8,5 \pm 3,4$ kg, $p < 0,001$), **de tejido adiposo** ($4,8 \pm 3,0$ kg, $p < 0,001$; $5,9 \pm 2,8$ kg, $p < 0,001$) **y de masa magra** ($1,3 \pm 0,8$ kg, $p < 0,001$; $1,8 \pm 2,0$ kg, $p < 0,05$). La reducción en el área de grasa visceral fue de $26,1 \pm 19,0$ cm² ($p < 0,01$) con la DBHC y de $49,2 \pm 25,6$ cm² ($p < 0,001$) con DBHC + termoelectroestimulación muscular, con una diferencia significativa entre los grupos ($p < 0,05$). En el grupo de DBHC + termoelectroestimulación muscular observamos una reducción de los triglicéridos ($0,36 \pm 0,22$, $p < 0,001$).

CONCLUSIONES

Efectos fisiológicos inmediatos de la termoelectroestimulación muscular

La termoelectroestimulación mostró respuestas fisiológicas similares a la realización regular de ejercicio. La electroestimulación muscular indujo un aumento del $\dot{V}O_2$ con una relación dosis-respuesta y el incremento de la intensidad del calor superficial provocó respuestas hemodinámicas adicionales inducidas por la vasodilatación. La estimulación más eficaz, cuando se utiliza el consumo de oxígeno como parámetro de medición del efecto, se observó con un tipo de pulso bifásico continuo a la frecuencia de 7 Hz, con independencia de la intensidad del calor y de la estimulación.

Efecto de la termoelectroestimulación muscular prolongada en sujetos obesos

Después de **8 semanas** de electroestimulación muscular prolongada con aumento del calor en **sujetos obesos sedentarios**, observamos un incremento significativo del $\dot{V}O_2$ (Cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede acumular), tanto en el momento del ejercicio máximo como en el umbral anaeróbico. Probablemente, este efecto se debió a un aumento de la extracción de O_2 arteriovenoso por un **incremento de la capacidad oxidativa en el músculo** estriado. Además, la termoelectroestimulación muscular **aumentó la actividad lipolítica**, así como el nivel de actividad mitocondrial en el tejido adiposo. La disminución del cociente respiratorio durante la prueba de esfuerzo indicó tanto una resistencia a la fatiga mayor como una oxidación más alta de la grasa corporal. Durante el periodo de estimulación relativamente corto usado en nuestro estudio, la composición corporal y el área de grasa visceral se mantuvieron sin cambios.

Efecto de la termoelectroestimulación muscular en sujetos obesos durante la pérdida de peso

Cuando la termoelectroestimulación muscular se usó **como complemento de una dieta de adelgazamiento**, observamos una **reducción de la grasa visceral significativamente mayor que con la dieta sola**. Este efecto puede atribuirse a los efectos observados con el ejercicio causados por la termoelectroestimulación muscular, lo que se tradujo en un **trabajo muscular más eficiente** y un **cambio metabólico** a

una oxidación mayor de las grasas en el músculo estriado.

Resumen de las conclusiones

Nuestros estudios aportan nueva información sobre los efectos de la electroestimulación muscular. Hemos demostrado que la termoelectroestimulación muscular desencadena respuestas fisiológicas similares al ejercicio regular cuando se analizan los parámetros habituales de sus efectos. Además, las molestias descritas a menudo asociadas a la electroestimulación no constituyeron un problema en nuestros estudios, lo que revela que el uso de electrodos relativamente grandes y la aplicación de termoterapia reducen esta restricción no deseada.

A pesar de que se ha indicado que la electroestimulación simple no es bien tolerada en sujetos obesos, observamos que la termoelectroestimulación muscular prolongada fue muy bien tolerada e incrementó tanto la capacidad aeróbica como la eficiencia metabólica cuando se utilizaba como alternativa al ejercicio físico habitual en sujetos sedentarios obesos.

Considerando que la reducción de la grasa visceral induce un beneficio mayor en los parámetros metabólicos que la reducción de la grasa subcutánea, resulta muy útil saber que la termoelectroestimulación muscular potencia significativamente la reducción del tejido adiposo visceral durante el adelgazamiento.

Como conclusión, la intervención con termoelectroestimulación muscular puede desempeñar un papel en la intervención en el estilo de vida en sujetos obesos que no quieran o no puedan realizar ejercicio físico habitualmente.