


Efecto inmediato de la crioterapia sobre la excitabilidad refleja en personas con espasticidad post-ECV

Immediate effect of cryotherapy on the spastic reflex excitability in people with spasticity post-stroke

Mayerly C. Anaya N.¹, Esperanza Herrera V.¹

Forma de citar: Anaya MC, Herrera E. Efecto inmediato de la crioterapia sobre la excitabilidad refleja en personas con espasticidad post-ECV. Rev. Univ Ind Santander Salud 2016; (48)(4):496-507. DOI: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v48n4-2016008> 

RESUMEN

Introducción: Existe controversia sobre los efectos terapéuticos de la crioterapia en el músculo espástico y las implicaciones clínicas que fundamentan su uso como coadyuvante en el proceso de rehabilitación. **Objetivo:** Evaluar el efecto inmediato de la aplicación del paquete de hielo sobre la excitabilidad refleja en la musculatura plantiflexora espástica en personas post-ECV. **Métodos:** Estudio experimental de mediciones repetidas con asignación aleatoria a dos grupos de intervención: Grupo Experimental (n=10) y Grupo Control (n=5). Se registró latencia (ms), duración (ms) y amplitud (mV) de las ondas M y H y el índice de amplitud Hmáximo/Mmáximo (%) antes y después de la crioterapia o reposo. Los participantes fueron quince individuos de ambos géneros con hemiparesia espástica post-ECV, edad media de 60,7±10,7años, mediana tiempo de evolución 36 meses (RIC17-49). No hubo diferencias significativas en las características basales entre los grupos de intervención. **Resultados:** La crioterapia induce un aumento estadísticamente significativo en la latencia de la onda H (32,9±3,3 vs. 34,9±3,6ms, p<0,001) y M (8,0±1,9 vs. 9,4±2,4ms, p<0,05) y en la duración de la onda M (6,3±1,3 vs. 9,8±2,2ms, p<0,001) y H (7,2±1,6 vs. 9,9± 2,0ms, p<0,001). No se determinaron cambios significativos en la amplitud, ni en el índice Hmáx/Mmáx. **Conclusiones:** Nuestros hallazgos sugieren que el enfriamiento puede ser útil para el tratamiento de la espasticidad, pues retrasa la respuesta muscular evocada por estimulación eléctrica directa y refleja. A su vez, prolonga el período refractario del potencial de acción, por lo cual se requeriría más tiempo para activar las fibras musculares.

Palabras clave: Espasticidad, reflejo H, crioterapia, electromiografía, conducción nerviosa.

ABSTRACT

Introduction: There is controversy about the therapeutic effects of cryotherapy on spasticity and clinical implications underlying its use as an adjunct in the rehabilitation process. **Objective:** To evaluate the immediate effect of the application of ice pack on the H-reflex excitability in spastic muscles post-stroke people. **Methods:** A randomized experimental study of repeated measurements, with two intervention groups, was performed: Experimental group (n=10) and control group (n=5). Latency (ms) duration (ms) and amplitude (mV) of M and H waves and the amplitude index Hmáximo / Mmáximo (%) were recorded before and after cryotherapy or rest. The participants were fifteen

1. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia

Correspondencia: Mayerly Anaya. Dirección: Carrera 32 No. 29-31 Laboratorio 103.
Teléfono: Correo electrónico: caritoanaya@gmail.com. Teléfono: +7 6344000 Ext. 3147.

subjects with spastic hemiparesis post-stroke were screened, mean age 60.7 ± 10.7 years, median of injury duration 36 months (IQR17-49). There were no significant differences in baseline characteristics between the intervention groups. **Results:** Cryotherapy induces a statistically significant increase in the H wave latency (32.9 ± 3.3 vs. 34.9 ± 3.6 ms, $p < 0.001$) and M wave (8.0 ± 1.9 vs. $2.4 \text{ms} \pm 9.4$, $p < 0.05$); as well as, increase was observed in the duration of the M wave (6.3 ± 1.3 vs. 9.8 ± 2.2 ms, $p < 0.001$) and H (7.2 ± 1.6 vs. 9.9 ± 2.0 ms, $p < 0.001$). No significant changes in the amplitude or the Hmax/Mmax ratio were determined. There were no differences between the H-reflex or the M-wave variables recorded before and after in the control group. **Conclusions:** Our findings suggest that cooling may be useful for the treatment of spasticity, due to it delays muscle response evoked by direct and reflects electrical stimulation. Simultaneously, cooling prolongs the refractory period of the action potential, whereby more time is required to activate the muscle fibers.

Keywords: spasticity, H reflex, cryotherapy, electromyography, nerve conduction.

INTRODUCCIÓN

La Enfermedad Cerebro Vascular (ECV) es definida por la Organización Mundial de la Salud como una afección neurológica focal (o a veces general), de aparición súbita, que perdura más de 24 horas (o causa la muerte), la cual es de presunto origen vascular^{1,2}. Los estudios epidemiológicos muestran que la ECV es un problema de salud pública importante, siendo estimado que para el año 2020 será la cuarta causa de discapacidad ajustada por años de vida y en el 2030 encabezará la carga mundial de morbilidad por enfermedades crónicas no transmisibles, debido a las consecuencias de su padecimiento como la discapacidad, caracterizada por diversas deficiencias estructurales, fisiológicas y psíquicas que implican una variedad de limitaciones en las actividades de la vida diaria y restricciones en la participación del individuo^{3,4}.

Dentro de las deficiencias post-ECV, la espasticidad juega un rol importante pues se presenta entre 19 y 39% de los personas con esta enfermedad⁵⁻⁷. La espasticidad es un desorden en el control sensoriomotor que ocurre como consecuencia de una lesión de Neurona Motora Superior (NMS) y consiste en la activación involuntaria de los músculos en forma intermitente o sostenida^{8,9}.

Entre las modalidades frecuentemente empleadas para inhibir la espasticidad se encuentra la crioterapia, cuyo efecto ha sido estudiado previamente mediante la aplicación de diferentes mediciones que muestran resultados contradictorios. En la literatura¹⁰⁻²⁰ se informa que la crioterapia disminuye temporalmente la espasticidad, así como los reflejos tendinosos profundos y el clonus, debido a la disminución en la sensibilidad de los mecanoreceptores cutáneos, el enlentecimiento de la transmisión de las fibras nerviosas sensoriales y motoras (alfa)²¹ o la disminución en la sensibilidad al estiramiento del huso neuromuscular (HNM) y consecuentemente, de la actividad del sistema gamma.

De otro lado, estudios más recientes²²⁻²⁶ han establecido que la aplicación de la crioterapia en la persona espástica causa un aumento de la amplitud máxima de la respuesta H, en relación con la amplitud máxima de la onda M (Hmáximo/Mmáximo), sugiriendo hiperexcitabilidad refleja derivada de los efectos competitivos de las motoneuronas (MNs) alfa y gamma, causados por el enfriamiento periférico^{23,27,28}.

Si se tiene en cuenta que el aumento del tono se acompaña de hiperexcitabilidad refleja, las anteriores investigaciones²²⁻²⁶ ponen en controversia el efecto tradicionalmente aceptado de inhibición de la espasticidad por medio de la crioterapia. Sin embargo, en la literatura relacionada con crioterapia y espasticidad existen importantes diferencias en cuanto a las mediciones utilizadas, el tipo de modalidad de enfriamiento aplicada, el tiempo de aplicación del enfriamiento y las características de los participantes en los estudios.

Debido a las controversias encontradas en la literatura revisada, acerca del efecto de la crioterapia en el músculo espástico y las implicaciones clínicas que fundamentan su uso como coadyuvante en el proceso de rehabilitación, se plantea una nueva investigación para analizar el efecto inmediato (momento de la retirada de la modalidad) sobre la excitabilidad refleja del músculo espástico y sus antagonistas en personas post-ECV.

METODOLOGIA

Diseño del estudio

Se realizó un estudio experimental de mediciones repetidas con asignación aleatoria a dos grupos de intervención: Grupo Experimental (GE) que recibió aplicación de Paquete de Hielo (PH) en cubos sobre los plantiflexores durante 20 minutos y Grupo Control (GC) que permaneció en reposo en decúbito prono durante

20 minutos. Las variables explicatorias fueron: grupo de intervención (GE y GC) y tiempo de intervención (pre y post-intervención). Las variables de salida fueron: temperatura de la piel ($^{\circ}$ centígrados), grado de resistencia de los músculos plantiflexores al movimiento pasivo (Escala de Ashworth Modificada, EAM) y los parámetros del Reflejo H: latencia (milisegundos), amplitud (milivoltios), duración (milisegundos) e índice normalizado de amplitud Hmáximo/Mmáximo (%).

Participantes

Se evaluó un total de 47 voluntarios para elegibilidad en el estudio, de las cuales 21 cumplieron los criterios de inclusión; sin embargo seis personas no pudieron completar su participación, pues no fue posible obtener el registro del reflejo H. Finalmente, 15 participantes fueron asignados aleatoriamente a los dos grupos de intervención. El tamaño de muestra para cada grupo de intervención fue determinado a través de la aplicación del comando sampsi del software Stata 12,0, teniendo en cuenta un poder del 80%, nivel de significancia del 5%, razón GE:GC 2:1, criterio para el análisis de la información según el método ANCOVA para mediciones repetidas y correlación entre la medición inicial y final de 0,7. Este método definió un tamaño de muestra de 10 participantes para el GE y 5 para el GC.

Se incluyeron personas con diagnóstico de ECV de ambos géneros, evolución mínima de 6 meses, hipertonia de la musculatura plantiflexora, capacidad cognitiva preservada e independencia en la marcha, con o sin ayuda mecánica. Los individuos se excluyeron en caso de presentar hipersensibilidad y/o intolerancia al hielo^{29,30}, hiperestesia o hiperalgesia del grupo muscular por evaluar, aplicación de inyección de toxina botulínica cuatro meses antes del estudio³¹⁻³⁴, fenómeno de Raynaud^{29,35}, coagulopatía o enfermedad vascular periférica²⁹, lesiones músculo esqueléticas o procedimientos quirúrgicos en cuello de pie, heridas abiertas, infecciones o alergias en el miembro inferior³⁶, enfermedades degenerativas que involucren los miembros inferiores, enfermedades metabólicas, polineuropatía diabética, consumo de fármacos agonistas del ácido gamma aminobutírico (GABA)^{31,37}, historia de tabaquismo pesado^{38,39} o alcoholismo, individuos con marcapasos o temor exagerado al uso del frío y la corriente. Adicionalmente, los participantes fueron instruidos para evitar el consumo de caféina, alimentos y bebidas 2 horas antes de la evaluación y la realización de ejercicio físico cuatro horas previas; se sugirió no aplicar cremas humectantes en los miembros inferiores.

La investigación fue aprobada por el Comité de Ética en Investigación Científica (CIENCI) de la UIS (Registro D13-16096). Todos los participantes fueron informados sobre los procedimientos experimentales y los riesgos del estudio y antes de su participación firmaron el consentimiento informado.

Procedimientos

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a los grupos de intervención, mediante el método de sobres sellados. Se realizaron las mismas mediciones en los dos grupos de intervención, antes e inmediatamente después de la intervención. Inicialmente se registraron las variables sociodemográficas, antropométricas (peso, talla, IMC y pliegue de la pantorrilla) y clínicas de la ECV (tiempo de evolución, presencia de clonus, babinsky, hiperreflexia osteotendinosa). La temperatura del laboratorio se mantuvo constante a $22,2 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$.

El protocolo inició con un período de 15 minutos de aclimatización, tiempo durante el cual los participantes permanecieron sentados y se demarcó la zona de enfriamiento y de registro de la temperatura de la piel; también se realizó limpieza con alcohol de los sitios de ubicación de los electrodos. Al finalizar el período de aclimatización se aplicó la EAM en los músculos plantiflexores y se obtuvo el primer registro del reflejo H en el sóleo. Una vez finalizada la medición, se retiraron los electrodos de registro y estimulación, señalando su ubicación con un marcador de tinta indeleble, para su re posicionamiento en el mismo sitio para la segunda medición, disminuyendo así esta fuente de variabilidad técnica del estudio. Posteriormente, cada participante recibió la intervención a la cual fue asignado aleatoriamente. Finalmente, se realizó la segunda medición de las variables del estudio. El orden de medición de las variables fue aleatorizado.

Modalidades de intervención: La crioterapia fue aplicada durante 20 minutos por el mismo fisioterapeuta, mientras el participante permanecía en decúbito prono. Para la aplicación del PH se determinó el punto central de distancia entre el maléolo lateral y la cabeza de la fibula, lugar que coincidió con el centro de una bolsa plástica de 25x35 cm sin aire, que contenía aproximadamente 1000 gramos de hielo picado en cubos^{21,26,40}. El PH fue fijado con una venda elástica sin realizar compresión, durante 20 minutos; este tiempo es usado en el ámbito clínico y se considera suficiente para inducir los efectos fisiológicos y seguro para evitar efectos adversos del frío sobre la piel y los nervios periféricos⁴¹. Al GC no se le practicó ninguna intervención; sin embargo el

participante permaneció en decúbito prono durante 20 minutos.

Registro del Reflejo H: fue obtenido con un equipo de electrodiagnóstico Nicolet Compass Meridian, mediante método de registro bipolar usando electrodos de superficie sobre el músculo sóleo por estimulación del nervio tibial en la fosa poplítea. El reflejo fue evocado con pulsos submáximos de 2 ms de duración generados manualmente cada dos a cinco segundos sobre el nervio tibial. La sensibilidad fue ajustada en 2 a 5 mv/división, el tiempo de base fue de 10 ms/división, con filtros de baja frecuencia y alta frecuencia de 2Hz y 10 KHz, respectivamente. El electrodo activo, fue un electrodo tipo placa con distancia interelectrodos de aproximadamente diez milímetros. El participante permaneció en posición decúbito prono con la pierna de la extremidad comprometida sobre una cuña que permitió una flexión de rodilla de aproximadamente 20°. Posteriormente, el participante realizó una contracción isométrica en el arco máximo de plantiflexión, para ubicar las dos cabezas de los gastrocnemios y la unión miotendinosa del gastrocnemio, en donde justo dos centímetros por debajo se ubicó el cátodo del electrodo de registro. El electrodo a tierra se ubicó en la región anterior de la pierna, sobre el tercio medial de la espina tibial. El sitio óptimo para ubicar el electrodo de estimulación fue determinado en cada sujeto, moviéndolo hasta lograr una contracción visible del músculo sóleo en plantiflexión^{42,43}. Durante el registro se instruyó al participante a permanecer lo más relajado posible, con los ojos cerrados y la cabeza girada hacia la derecha⁴³⁻⁴⁵. Para cada registro, la intensidad de la corriente fue graduada hasta obtener la máxima onda M; posteriormente se disminuyó la intensidad hasta obtener la máxima respuesta H. Las respuestas con la mayor amplitud fueron seleccionadas para cada trazado^{42,43}.

Escala de Ashworth Modificada: La resistencia al movimiento pasivo de los músculos plantiflexores fue realizada antes y después de la intervención. El participante se posicionó en decúbito supino, con la cabeza en la línea media, brazos a lo largo del tronco, la extremidad inferior en extensión y la contralateral en flexión de cadera y rodilla con el pie en contacto con la camilla; con lo anterior se garantizó la disminución del efecto de los reflejos tónico cervicales^{46,47}. El examinador se ubicó del lado del segmento a evaluar, ubicando una mano por debajo del antepie, mientras que con la otra estabilizó la extremidad en la articulación de cuello de pie⁴⁶. Como lo recomendaron originalmente

Bohannon y Smith, la extremidad fue movilizada a una velocidad controlada con un metrónomo, en el cual se ajustaron dos segundos para completar el movimiento a través de todo el rango de movimiento; el movimiento se repitió un máximo de tres veces, con un periodo de reposo de aproximadamente un minuto entre cada prueba⁴⁷. Finalmente, el evaluador asignó una valoración a la resistencia encontrada, teniendo en cuenta la valoración de 0 a 4.

Registro de la temperatura de la piel: fue obtenida inmediatamente antes y después de la intervención, mediante un termómetro infrarrojo marca Raytek, en el centro de la zona de enfriamiento. El termómetro fue ubicado perpendicularmente y lo más cercano posible a la piel, pero sin contactarla.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis univariado para cada grupo de intervención para describir las características sociodemográficas, antropométricas y las variables de control de la población de estudio a través de medidas de tendencia central y de dispersión, o medidas de posición y porcentaje, según la naturaleza y distribución de cada variable.

Las características de la línea de base de los grupos de intervención fueron comparadas usando la prueba t student o la suma de rangos de Wilcoxon para mediciones independientes. Para determinar cambios entre las mediciones del Reflejo H (antes y después de la intervención), se aplicaron las pruebas estadísticas t de student apareada o la suma de rangos apareados de Wilcoxon, según la distribución de la variable. Para determinar la respuesta del participante a la crioterapia en las variables de estudio se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) ajustando por el tiempo inicial. El análisis estadístico se realizó en el software Stata 12, aceptando un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS

Se evaluó un total de 47 personas para elegibilidad en el estudio, de las cuales 21 cumplieron los criterios de inclusión; sin embargo seis personas no pudieron completar su participación, pues no fue posible obtener el registro del reflejo H. Finalmente, 15 participantes de ambos géneros (11 hombres), con hemiparesia espástica post ECV, fueron asignados aleatoriamente a los dos grupos experimentales. En la figura 1 se presenta el flujograma del estudio.

Efecto inmediato de la crioterapia sobre la excitabilidad refleja en personas con espasticidad post-ECV

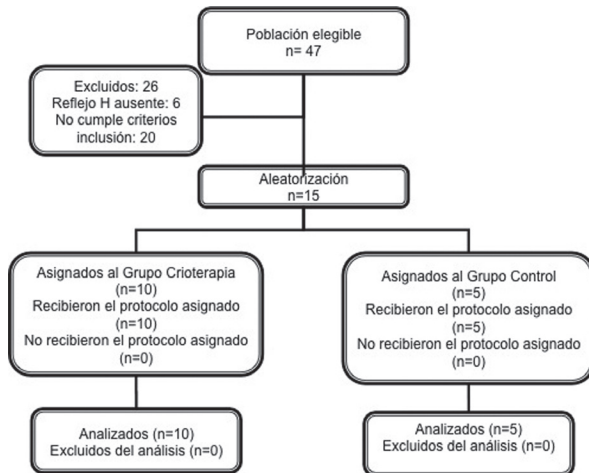


Figura 1. Flujograma de participantes a través del estudio.

En las tablas 1 y 2 se presentan las características sociodemográficas y clínicas de los participantes, las cuales no mostraron diferencias significativas entre los grupos ($p > 0,05$). El 80% de los participantes presentó ECV de tipo isquémico, 60% con compromiso de hemisferio izquierdo y mediana de tiempo de evolución de 36 meses. La edad media fue $60,7 \pm 10,7$ años, IMC de $26,1 \pm 2,9$ y $13,5 \pm 3,2$ mm del pliegue de la pantorrilla. El 80% de los participantes presentó hipertensión grado 2, según valoración con la EAM. Todos los participantes evidenciaron hiperreflexia aquiliana y reflejo de babinsky positivo; el 60% presentó clonus.

Tabla 1. Variables sociodemográficas y antropométricas de los participantes.

Variable	GE (n:10)	GC (n:5)	Total	p
Género masculino	8 (80)	3 (60)	11 (73,3)	0,56
Edad (años)	$60,8 \pm 7,9$ (48-71)	$60,4 \pm 16,1$ (39-78)	$60,7 \pm 10,7$ (39-78)	0,94
Talla (cm)	$1,67 \pm 0,09$ (1,50-1,85)	$1,62 \pm 0,09$ (1,48-1,72)	$1,66 \pm 0,9$ (1,48-1,85)	0,37
Peso (kg)	$73,9 \pm 11,3$ (55-96)	$68,4 \pm 14,3$ (50-80)	$72,1 \pm 12,2$ (50-96)	0,42
IMC	$26,3 \pm 2,5$ (22,6-30,8)	$25,7 \pm 4,01$ (21,1-31,3)	$26,1 \pm 2,9$ (21,1-31,2)	0,71
Pliegue de la pantorrilla	$13,9 \pm 3,14$ (10-19)	$12,8 \pm 3,5$ (9-17)	$13,5 \pm 3,2$ (9-19)	0,54

Datos presentados como Media \pm Desviación Estándar (Min-Max), excepto para el género que corresponde al número (porcentaje) de participantes masculinos.

Tabla 2. Variables clínicas de la población.

Variable	GE (n:10)	GC (n:5)	Total	p
Hemisferio dominante				0,09
• Derecho	10 (60)	3 (60)	13 (86,7)	
• Izquierdo	---	2 (40)	2 (13,2)	
Tipo ECV				1,00
• Isquémico	8 (80)	4 (80)	12 (80)	
• Hemorrágico	2 (20)	1 (20)	3 (20)	
Hemisferio afectado				1,00
• Derecho	4 (40)	2 (40)	6 (40)	
• Izquierdo	6 (60)	3 (60)	9 (60)	
Fisioterapia previa	10 (100)	5 (100)	15 (100)	
Tono muscular				0,35
• 1	2 (20)	0	2 (13,3)	
• 1+	3 (30)	0	3 (20)	
• 2	4 (40)	4 (80)	8 (53,4)	
• 3	1 (10)	1 (20)	2 (13,3)	
Clonus positivo	5 (50)	4 (80)	9 (60)	0,58
Babinsky positivo	10(100)	5(100)	15 (100)	
Hiperreflexia	10 (100)	5(100)	15 (100)	
Tiempo de evolución	41,5 (18-50)	27 (12-36)	36 (17-49)	0,14

Datos presentados como número (porcentaje), excepto para el tiempo de evolución presentado como mediana (rango intercuartílico).

Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las variables de excitabilidad refleja obtenidas en ambos grupos, inmediatamente antes de la intervención ($p > 0,05$). La mediana de intensidad del estímulo para evocar la onda H fue 103mV (RIC 77-131) y para la onda M de 165 (RIC 152-195) mV.

Las mediciones de la temperatura de la piel obtenidas antes y después de la intervención mostraron cambios significativos para el GE ($30,9 \pm 0,9$ vs $4,4 \pm 1,4$; $p < 0,001$), los cuales no fueron observados en el GC ($31,8 \pm 0,3$ vs $31,6 \pm 0,2$; $p > 0,05$). Después del protocolo se presentó cambio en el grado de hipertensión determinado mediante la EAM en tres participantes del GE.

Al establecer la comparación de los parámetros obtenidos en la onda M y H en los dos tiempos de medición se encontró que la crioterapia induce un aumento estadísticamente significativo en la latencia de la onda H ($p < 0,001$) y M ($p < 0,05$) y en la duración de la onda M y H ($p < 0,001$). No se determinaron cambios significativos en los índices $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$. En el grupo control no se encontraron diferencias (Tabla 3).

TABLA 3. Parámetros del Reflejo H antes (T0) e inmediatamente (T1) después de cada

VARIABLE	GRUPO EXPERIMENTAL (n=10)			GRUPO CONTROL (n=5)		
	T0	T1	DIF T1-T0	T0	T1	DIF T1-T0
ONDA M						
Latencia (ms)	8,0 ± 1,9	9,4 ± 2,4	1,4 ± 1,4 ^a	7,8 ± 0,8	7,9 ± 0,9	0,1 ± 0,3
Amplitud (mV)	5,5 ± 1,7	5,8 ± 2,4	0,3 ± 2,2	5,2 ± 2,4	4,8 ± 2,8	-0,4 ± 0,9
Duración (ms)	6,3 ± 1,3	9,8 ± 2,2	3,5 ± 1,1 ^b	6,0 ± 0,96	5,8 ± 0,9	-0,2 ± 0,2
ONDA H						
Latencia (ms)	32,9 ± 3,3	34,9 ± 3,6	2,0 ± 0,3 ^b	33,4 ± 2,68	33,4 ± 2,7	0,04 ± 0,3
Amplitud (mV)	3,1 ± 1,9	3,4 ± 2,6	0,3 ± 1,7	3,4 ± 2,4	3,6 ± 2,6	0,2 ± 0,9
Duración (ms)	7,2 ± 1,6	9,9 ± 2,0	2,7 ± 2,1 ^b	6,4 ± 0,79	6,5 ± 0,9	0,1 ± 0,8
Hmáx/Mmáx	0,7 (0,68-0,82)	0,86 (0,30-1,02)	0,14 (-0,38 a 0,2)	0,69 (0,68-0,77)	0,81 (0,80-0,85)	0,12 (0,12 a 0,08)

Los datos de latencia, amplitud y duración de la onda H y M son presentados como Media ± Desviación Estándar. El índice Hmáx/Mmáx es presentado como Mediana (Rango Intercuartilico).

^a p<0,05

^b p<0,001

El ANCOVA demostró que la latencia (p=0,000) y duración de la onda H (p=0,008) tienen una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos de intervención al ajustar la medición inmediatamente después de la intervención por la medición inicial (Tabla 4). La latencia aumentó dos milisegundos en el GE en comparación con el GC; este aumento se mantiene

cuando se ajusta por edad, tiempo de evolución, valoración del tono, tipo de ECV y hemisferio afectado. La duración del reflejo H aumentó 3,12 milisegundos en el GE, en comparación con el GC. Al ajustar por edad y valoración del tono según la EAM, se observa que existe un cambio del valor crudo de más del 10%.

Tabla 4. Análisis del efecto de la crioterapia sobre la latencia y duración de la onda H inmediatamente después de la intervención (T1) ajustada por la medición inicial (T0) y el grupo de intervención (ANCOVA).

Variable	Efecto del grupo	β	IC95%	Valor p
Latencia de la onda H.	Efecto crudo	2,00	1,33 – 2,67	0,000
	Ajustado por edad	1,89	1,07 – 2,71	0,001
	Ajustado por tiempo de evolución	1,98	1,10 – 2,86	0,001
	Ajustado por valoración del tono	1,96	1,22 – 2,70	0,000
	Ajustado por tipo de ECV	1,99	1,31 – 2,68	0,000
	Ajustado por hemisferio afectado	2,00	1,31 – 2,69	0,000
Duración del reflejo H	Efecto crudo	3,12	0,99 – 5,24	0,008
	Ajustado por edad	4,02	1,61 – 6,42	0,004
	Ajustado por tiempo de evolución	3,30	0,18 – 6,42	0,04
	Ajustado por valoración del tono	3,92	1,69 – 6,15	0,003
	Valoración del tono en 2	3,08	0,22 – 5,95	0,037
	Ajustado por tipo de ECV	2,98	0,82 – 5,14	0,011
	Ajustado por hemisferio afectado	3,06	0,95 – 5,17	0,009

DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el efecto inmediato de la crioterapia sobre la excitabilidad espinal de los músculos plantiflexores espásticos, en personas post ECV. Encontrando que la aplicación de 20 minutos del PH en cubos sobre la musculatura plantiflexora

espástica generó inhibición en la respuesta refleja, evidenciable en el aumento de la latencia y duración del reflejo H.

El tiempo de evolución de la ECV (36 meses) sugiere la instauración definitiva de la espasticidad, en la cual existe influencia del componente neural como así como

los cambios musculares intrínsecos³⁷. En relación con la valoración del tono, en el grupo control se ubicaron los participantes con mayor severidad en la EAM (Grado 2 y 3), producto de la aleatorización. Sin embargo, al establecer las diferencias por grupo con la prueba exacta de Fisher no se encontraron diferencias significativas, por lo cual los grupos fueron comparables en la línea de base.

Efecto del paquete de hielo en cubos sobre la temperatura de la piel

La crioterapia ha demostrado ser efectiva para disminuir la espasticidad, producto de la disminución de la temperatura y su consecuente disminución de la descarga de impulsos aferentes del HNM y del OTG. En el grupo que recibió crioterapia la temperatura superficial de la piel mostró una disminución significativa de $26,5 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$ inmediatamente después de retirado la modalidad. Este cambio en la temperatura se corresponde con lo encontrado por Belitsky, et al.⁴⁹, McMeeken, et al.⁵⁰, Herrera, et al.^{21,40} y Lima, et al.⁵¹ quienes demostraron que la aplicación entre 15 y 30 minutos del PH picado puede lograr una disminución de la temperatura entre $12,1^{\circ}\text{C}$ hasta $25,6^{\circ}\text{C}$.

A pesar que en este estudio no se determinó la temperatura intramuscular, se ha reportado que tanto la temperatura de la piel como la del músculo disminuyen con la aplicación del frío y permanece disminuida aun cuando el tratamiento ha terminado. Jutte, et al.⁵² mediante un modelo de regresión múltiple demostraron que la temperatura superficial de la piel es un predictor pobre de los cambios de la temperatura intramuscular, porque solo explica el 21% de la varianza de la temperatura en el músculo. Sin embargo, diversos estudios electrofisiológicos han demostrado un relación lineal y directa entre la temperatura de la piel y la VCN y una relación inversa con la latencia, amplitud y duración del Potencial de Acción Compuesto (PAC), cambios que son más significativos en los nervios sensoriales que en los motores.

Efecto del paquete de hielo en cubos sobre el tono muscular

Teniendo en cuenta que uno de los principales componentes de la espasticidad post-ECV es el aumento del tono muscular, diversos estudios han encaminado la evaluación de las intervenciones sobre la resistencia al movimiento pasivo mediante la aplicación de la EAM. En el presente estudio se encontró que tres participantes del grupo crioterapia disminuyeron su valoración de la EAM en un grado, inmediatamente después de retirar

la modalidad. Sin embargo, en el grupo control se encontró que el reposo, por sí mismo, favoreció la disminución del tono muscular en un participante.

Estos hallazgos se corresponden con los postulados por Allison y Abraham²³, Martins, et al.²², El-Maksoud, et al.¹³, Sipavicene, et al.²⁴, Akinbo, et al.¹⁶, Pasternak-Mladzka, et al.⁵³, Boyraz, et al.¹⁷ y Souza, et al.⁵⁴, quienes encontraron una tendencia a la disminución del tono muscular (disminución en una categoría en la EAM), luego de aplicar 15 a 20 minutos de crioterapia.

Se han propuesto dos posibles mecanismos que actuarían en forma secuencial para producir este efecto: primero, una respuesta rápida que genera disminución de la actividad de las MN gamma, como reacción refleja a la estimulación de los receptores cutáneos de frío. Posteriormente, se presenta una disminución de la actividad aferente del HNM y del OTG, que conlleva a la disminución de la resistencia al movimiento pasivo y a su vez del clonus y la hiperreflexia del tendón de Aquiles^{29,55}.

Harlaar³⁵ evaluó 16 personas con espasticidad antes y después de la aplicación de crioterapia, encontrando que el frío disminuye la hiperactividad refleja y el clonus de cuello de pie por aproximadamente dos horas. Price⁵⁶ encontró resultados contradictorios, pues demostró que la crioterapia disminuye la espasticidad en 11 de 17 participantes y la aumenta en dos participantes. Chiara⁵⁴ aplicó inmersión en agua helada en individuos con espasticidad y encontró que el tono aumentaba ligeramente después de la intervención. Allison, et al.²³ encontraron que la valoración de la EAM disminuyó en 28 de los 52 participantes sometidos a terapia con frío, mientras que en los 24 participantes restantes no se registró un cambio en la valoración de la EAM.

Efecto del paquete de hielo en cubos sobre las variables del reflejo H

Desde la literatura clásica, la crioterapia ha demostrado un efecto positivo para disminuir la espasticidad, dado que el frío produce un retardo en la aparición de la espasticidad después del tratamiento. Evaluando el componente neurofisiológico de la espasticidad, este efecto ha sido asociado a la disminución de la conducción nerviosa motora y sensorial, así como a la disminución en la excitabilidad del circuito espinal.

Los cambios producidos por la crioterapia se presentan en función de la cantidad de enfriamiento y el tejido tratado. En este estudio se escogió el PH en cubos para generar una disminución de la temperatura en

los músculos plantiflexores espásticos, dado que esta modalidad ha demostrado ser efectiva para disminuir la VCN y prolongar la latencia y duración del PAC tanto muscular como sensorial.

En personas espásticas la disminución de la temperatura sobre los músculos agonistas, puede generar cambios en la estructura de la membrana axonal y de la conductancia sensible al voltaje de los canales de sodio y potasio; por tanto, genera cambios en la conducción del nervio y del circuito espinal. A su vez, el frío ha demostrado ser efectivo para disminuir la sensibilidad del HNM^{21,40,35}.

En este estudio la aplicación de una sesión de crioterapia sobre la musculatura espástica generó un aumento estadísticamente significativo de la latencia y duración de la onda H y M. Sin encontrar cambios significativos en el índice de normalización de la amplitud, Hmax/Mmáx.

Aumento de la latencia después del enfriamiento

Producto de la aplicación del PH en cubos se encontró un aumento de la latencia de la onda M y H, las cuales tuvieron un cambio de $1,4 \pm 1,4$ y $2,0 \pm 0,3$ ms inmediatamente después de retirada la modalidad.

Fisiológicamente, la latencia es el tiempo que tarda en conducirse el impulso nervioso desde el sitio de aplicación del estímulo hasta el sitio de registro, la cual evidencia la excitabilidad de las MN alfa y provee información sobre la velocidad de conducción del arco reflejo. En otras palabras, la latencia indica el momento en el cual las fibras de mayor excitabilidad comienzan a responder al estímulo eléctrico.

Los resultados presentados concuerdan con los publicados por Martins, et al.²² quienes encontraron que en espásticos, la crioterapia genera una disminución de la VCN, expresada por el aumento estadísticamente significativo de la latencia del reflejo H ($30,41 \pm 1,87$ vs $33,24 \pm 2,19$ $p=0,0001$). Así mismo, Boyraz, et al.¹⁷ encontraron que la inmersión en agua helada (15°C) de la extremidad inferior espástica por 20 minutos conlleva a un aumento de la latencia tanto de la onda H ($31,31 \pm 2,58$ vs $33,34 \pm 3,41$ $p=0,002$), como de la onda M ($4,59 \pm 0,84$ vs $6,25 \pm 2,11$ $p=0,003$).

El aumento de la latencia post enfriamiento representa un retardo en la aparición de la respuesta refleja (onda H) y directa (onda M), dado que el enfriamiento aumenta el tiempo de conducción nerviosa. Por tanto,

este aumento de la latencia podría establecer que la crioterapia produce la respuesta de fibras menos excitables en personas espásticas.

Adicionalmente, estos resultados han sido explicados en la literatura partiendo de la premisa que la crioterapia disminuye la sensibilidad del HNM y la hiperexcitabilidad del arco reflejo. Por tanto, podría relacionarse con el aumento de la latencia. Sandoval y Herrera^{21,40,22} hipotetizaron que un cambio en la temperatura altera el tiempo de apertura de los canales de sodio a lo largo del axón, por tanto, el enfriamiento disminuye la velocidad de despolarización permitiendo la entrada de más sodio a la célula, lo que genera un aumento de la latencia del potencial de acción.

Cambios en la amplitud del reflejo H después del enfriamiento

La amplitud del reflejo H es el parámetro más variable en la evaluación del efecto de la crioterapia en la excitabilidad refleja. En este estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos de medición y los grupos de intervención en la amplitud y el índice Hmáx/Mmáx. Sin embargo, se observó una tendencia al aumento en la medición inmediatamente después de la crioterapia.

Teóricamente, la amplitud representa el número de fibras que responden a un estímulo eléctrico apropiado, por tanto, representa la excitabilidad de las MNs alfa que se activan con la información excitatoria de las fibras **Ia** aferentes. Aunque la amplitud no está relacionada linealmente con la excitabilidad, sí se encuentra influenciada por la inhibición presináptica de las aferencias **Ia**^{28,57}. Por tal motivo, la disminución de este parámetro después de la aplicación de frío podría sugerir un aumento del umbral de activación de las fibras nerviosas, así como un bloqueo de las fibras que son más sensibles al enfriamiento.

Estudios del efecto crio terapéutico sobre el arco monosináptico han encontrado que la respuesta en la amplitud no presenta un patrón característico, pues puede disminuir¹⁷, aumentar^{22,23} o mantenerse sin cambio^{58,59}.

Wolf y Knuttson⁶⁰ desarrollaron el primer estudio experimental para evaluar el efecto de la crioterapia sobre la actividad refleja del tríceps sural en gatos descerebrados. Ellos encontraron que un descenso de la temperatura de $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ produce un 11% de la disminución en el componente tónico del reflejo

de estiramiento del tríceps sural, sin una alteración significativa en la amplitud del componente fásico. Esta división fisiológica de las MN del tríceps sural fue realizada por Burke, quien estableció que un gran porcentaje de la respuesta tónica es provista desde las MN del sóleo. Por tanto, podría establecerse que la crioterapia afecta en mayor proporción al sóleo.

La amplitud del reflejo H logra diferenciar el tipo de unidades motoras que se están activando con la estimulación eléctrica. Por consiguiente, al aumentar la amplitud se hacen más excitables aquellas fibras con menor excitabilidad, por tanto, podría aumentarse el número de fibras activadas con el mismo nivel de estimulación. Knight⁶¹ estableció que la disminución de la temperatura conlleva a hiperactividad de estructuras aisladas, así como a la modificación de los patrones de reacción; por tal motivo, el aumento de la amplitud en la excitabilidad refleja resulta en respuestas repetitivas y en un mayor número de interneuronas y MN envueltas en el reflejo, dado que en el músculo espástico existe un cambio en la acomodación de las neuronas espinales que las mantiene en un estado hiperactivo.

Lima⁵¹ plantea que el aumento de la amplitud post enfriamiento podría relacionarse con la respuesta nociceptiva que se genera con el enfriamiento por debajo de los 20°C, la cual conlleva a una facilitación de la actividad refleja. Funase, et al.⁸ y Pacheco⁶² argumentaron que el aumento de la amplitud del reflejo H en el personas con espasticidad se da por un aumento de la excitabilidad de la MN alfa, generada por el impulso asincrónico de las fibras tipo **Ia**, que al llegar al nivel segmentario podrían perder influencias inhibitorias.

De acuerdo con Kwolek, et al.⁶³ y Wolf, et al.⁶⁰ el uso de la crioterapia en personas con espasticidad genera un cambio en las aferencias desde la piel, inducido por el enfriamiento local, de intensidad relativamente moderada, las cuales pueden ser consideradas como una fuente potencial de modulación refleja, pues la crioterapia podría facilitar la MN alfa e inhibir la MN gamma, en relación con una disminución de la conducción nerviosa de las fibras tipo **Ia** y **II**.

Martins, et al.²² reportaron un aumento estadísticamente significativo en la razón $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ después de la aplicación de 30 minutos de la bolsa de hielo picado ($0,58 \pm 0,15$ vs. $0,77 \pm 0,13$) en pacientes espásticos post-ECV, llegando a la conclusión que la crioterapia aumenta la excitabilidad refleja en los individuos con espasticidad.

Singh y Sinha⁵⁹ investigaron el efecto de la inmersión en agua helada (6 minutos) sobre la excitabilidad espinal en individuos espásticos y no encontraron diferencias significativas para la amplitud del reflejo H entre la medición pre y post inmersión. Esto fue atribuido a una variación inter sujeto en la respuesta al frío, donde el 31% de los participantes demostraron una disminución de la amplitud del reflejo H y el 69% restante un aumento. Urbscheit, et al. estudiaron el efecto del frío sobre el reflejo H en seis hemipléjicos y observaron que la amplitud disminuyó en tres sujetos, aumentó en dos y no tuvo cambios en un participante.

Aumento en la duración de la onda M y el reflejo H

Uno de los resultados más significativos en este estudio fue el aumento de la duración de la onda M ($3,5 \pm 1,1$) y la onda H ($2,7 \pm 2,1$), causado por el enfriamiento. Un efecto similar fue observado por Herrera, et al. en hombres jóvenes saludables, en quienes se encontró que la crioterapia produjo un aumento en la duración de la respuesta motora de $4,56 \pm 1,4$ ms y en la onda H de $4,03 \pm 1,03$ ms (datos no publicados). Sin embargo, no se disponen de datos previos en población espástica.

El aumento de la duración es un indicador de la alteración en la sincronización de descarga de las fibras nerviosas⁴⁵. Por tanto, el frío ha demostrado ser eficaz para disminuir la corriente de membrana que prolonga el período refractario; en consecuencia, la duración del PAC aumenta, y disminuye la tasa de transmisión del impulso^{21,40}, haciendo necesario un mayor tiempo para volver a activar otras fibras musculares.

Por todo lo anterior, podría concluirse que el enfriamiento puede ser útil para el tratamiento de la espasticidad, pues retrasa la respuesta muscular evocada por estimulación eléctrica directa y refleja. A su vez, prolonga el período refractario del potencial de acción, por lo cual se requeriría más tiempo para activar las fibras musculares.

Finalmente, es importante mencionar algunas limitaciones metodológicas del presente estudio que restringen la generalización de los resultados. La muestra fue seleccionada por conveniencia, por lo cual el sesgo potencial de selección estuvo presente. Considerando que el estudio del reflejo H se realizó inmediatamente antes y después de la intervención, el evaluador no fue enmascarado al grupo de tratamiento, lo cual puede limitar la validez interna del estudio.

Se requieren nuevos estudios que incluyan mediciones del hemicuerpo menos comprometido, las cuales puedan aportar información relevante para caracterizar la excitabilidad refleja en personas con espasticidad post-ECV. Se requieren nuevos estudios que determinen la relevancia clínica y terapéutica de los cambios obtenidos en la excitabilidad refleja y la resistencia al movimiento pasivo en esta población.

CONCLUSIONES

El estudio aquí presentado es el primero en establecer el efecto inmediato de la crioterapia sobre la espasticidad, considerando todos los parámetros evaluados por el reflejo H. Los resultados permiten concluir que veinte minutos de enfriamiento sobre los músculos de la pantorrilla son útiles para retrasar la respuesta muscular evocada por estimulación eléctrica directa y refleja, por tanto, el PH en cubos puede ser una modalidad prescrita por los fisioterapeutas para la disminución temporal de la espasticidad.

REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. Manual de la OMS para la vigilancia paso a paso de accidentes cerebrovasculares de la OMS: Estrategias paso a paso de la OMS para la vigilancia de accidentes cerebrovasculares/ Enfermedades no Transmisibles y Salud Mental.
2. Asociación Colombiana de Neurología. Silva F, Quintero C, Zarruk J. Comportamiento Epidemiológico de la Enfermedad Cerebrovascular en la población Colombiana. En: Guía Neurológica: Enfermedad Cerebrovascular.
3. Suarez-Escudero J, Restrepo S, Ramírez E, Bedoya C, Jiménez I. Descripción clínica, social, laboral y de la percepción funcional individual en pacientes con ataque cerebrovascular. *Act Neurol Col.* 2011; 27: 97-105.
4. World Health Organization. World Health Statistics 2008.
5. Burrige J, Wood D, Hemens H, Voerman G, Johnson G, Van Wijck F, et al. Theoretical and methodological considerations in the measurement of spaticity. *Disabil Rehabil.* 2005; 27: 69-80.
6. Welmer AK, Arbin M, Holmqvist L, Sommerfeld D. Spasticity and its association with functioning and health-related Quality of Life 18 months after stroke. *Cerebrovasc dis.* 2006; 21: 247-253.
7. Wissel J, Schelosky L, Scott J, Christie W, Faiss J, Mueller J. Early development of spasticity following stroke: a prospective, observational trial. *J Neurol* 2010;257:1067-72.
8. Ward A. A literatura review of the pathophysiology and onset of post-stroke spasticity. *Eur J Neurol.* 2012; 19: 21-27. DOI: 10.1111/j.1468-1331.2011.03448.x.
9. Bhimani R, Anderson L, Henly S, Stoddard S. Clinical measurement of limb spasticity in adults: state of the science. *J Neurosci Nurs* 2011;43:104-115.
10. Galea M. Physical modalities in the treatment of neurological dysfunction. *Clin Neurol Neurosurg.* 2012; 114: 483-488. DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.01.009.
11. Parziale J, Akelman E, Herz D. Spasticity: pathophysiology and management. *Orthopedics.* 1993; 16: 801-811.
12. Lee S, Bang M, Han T. Effect of cold air therapy in relieving spasticity: applied to spinalized rabbits. *Spinal Cord* 2002; 40(4): 167-173.
13. Abd El-Maksoud G, Sharaf M, Rezk-Allah S. Efficacy of cold therapy on spasticity and hand function in children with cerebral palsy. *J Adv Res* 2011; 2: 319-325. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2011.02.003>.
14. Macias A, Aguila A. Efectos de la crioterapia en la espasticidad. *Fisioterap.* 2003; 25(1): 15-22. DOI: 10.1016/S0211-5638(03)73032-6.
15. Mead S, Knott M. Topical Cryotherapy: Use for relief of pain and spasticity. *Calif Med* 1966; 105(3): 179-181.
16. Akinbo S, Tella B, Otunla A, Temiye E. Comparasion of the effect of neuromuscular electrical stimulation and cryotherapy on spasticity and hand function in patients with spastic cerebral palsy. *Niger Med Pract.* 2007; 51(6): 128-132.
17. Boyraz I, Oktay F, Celik C, Akyuz M, Uysal H. Effect of cold application and tizanidine on clonus: clinical and electrophysiological assessment. *J Spinal Cord Med.* 2009; 32: 132-139.
18. Da Silva D, Lacerda A, Oliveira M, Silva F, Takeshi S, Vilela D, et al. Resistance to movement and electromyographic activity of the elbow flexor and extensor muscles in spastic hemiparetic patients following cryotherapy and electrical stimulation. *Braz J Biomed Eng.* 2012; 28(3): 248-260. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rbeb.2012.025>.
19. Santuzzi C, Goncalves W, Rocha S, Castro M, Gouvea S, Abreu G. Efeitos da crioterapia, estimulacao elétrica transcutanea e da sua associacao na atividade elétrica do nervo femoral em ratos. *Rev Bras Fisioter.* 2008; 12: 441-446. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-3552008005000007>.
20. Westerlund T, Oksa J, Smolander J, Mikkelsen

- M. Thermal responses and after whole-body cryotherapy. *J Therm Biol* 2003; 28: 601-608.
21. Herrera E, Sandoval M, Camargo D, Salvini T. Motor and sensory nerve conduction are affected differently by ice pack, ice massage, and cold water immersion. *Phys Ther.* 2010; 90: 581-591. DOI: 10.2522/ptj.20090131.
 22. Martins F, Carvalho L, Silva C, Brasileiro J, Souza T, Lindquist A. Immediate effects of TENS and cryotherapy in the reflex excitability and voluntary activity in hemiparetic subjects: a randomized crossover trial. *Rev Bras Fisioter.* 2012; 16: 337-344.
 23. Allison S, Abraham L. Sensitivity of qualitative and quantitative spasticity measures to clinical treatment with cryotherapy. *Int J Rehabil Res.* 2001; 24(1): 15-24.
 24. Sipaviciene S, Damasauskas A, Kliziene I, Krutulyte G, Karpaviciene A, Cesnaitis T. The influence of cryotherapy on the lower limb spasticity for children with cerebral palsy. *Educ Phys Train Sport.* 2012; 85: 69-74.
 25. Dewhurst S, Riches P, Nimmo M, De Vito G. Temperature dependence of soleus H-reflex and M wave in young and older women. *Eur J Appl Physiol.* 2005; 94(5-6): 491-499.
 26. Sandoval MC, Herrera E, Camargo D. Efectos fisiológicos de la crioterapia. *Rev Univ Ind Santander Salud.* 2007; 39: 59-70.
 27. Phadke C, Robertson C, Condliffe E, Patten C. Upper-extremity H reflex measurement post-stroke: reliability and inter-limb differences. *Clin Neurophysiol.* 2012; 123: 1606-1615. DOI: 10.1016/j.clinph.2011.12.012.
 28. Funase K, Higashi T, Yosimura T, Imanaka K, Nishihira Y. Evident difference in the excitability of the motoneuron pool between normal subjects and patients with spasticity assessed by a new method using H reflex and M response. *Neurosci Lett.* 1996; 203(2): 127-130.
 29. Cameron M. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice.* 2 ed. USA: Saunders; 2003.
 30. Sanchez J, Ramirez R, Tamayo L, Chinchilla C, Cardona R. Urticaria por frío: serie de casos y revisión de tema. *Biomédica* 2011; 31: 168-177.
 31. Shilt J, Sibert P, Kadyan V. Optimal management for people with severe spasticity. *Degen Neurol Neuromusc Disease.* 2012; 2: 133-140.
 32. Barnes M. Management of spasticity. *Age ageing.* 1998; 27: 239-245.
 33. Quiñones S, Paz C, Delgado C, Jimenez F. Espasticidad en adultos. *Rev Mex Neurocién.* 2009; 10(2): 112-121.
 34. Chin T, Duncan J, Jonhstone B, Graham H. Management of the upper limb in cerebral palsy. *J Pediatr Orthop B.* 2005; 14(6): 389-404.
 35. Harlaar J, Ten J, Prevo AJ, Vogelaar TW, Lankhorst GJ. The effect of cooling on muscle coordination in spasticity: assessment with the repetitive movement test. *Disabil Rehabil* 2001; 23: 453-461.
 36. Michlovitz, S. *Thermal Agents in Rehabilitation: 3 Ed.* Philadelphia: F.A. Davis; 1996.
 37. Aydin G, Tomruk S, Keles I, Ozbudak S, Orkun S. Transcutaneous electrical nerve stimulation versus baclofen spasticity: clinical and electrophysiologic comparison. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005; 84: 584-592.
 38. Herrera E, Camargo DM. Factores que afectan la conducción nerviosa central y periférica. *Rev Univ Ind Santander Salud.* 1998; 29: 57-64.
 39. Adán A. Influencia del consumo del tabaco en las variaciones diurnas de parámetros bioquímicos fisiológicos y de performance. [dissertation]. Barcelona: Universidad de Barcelona; 1993.
 40. Herrera E, Sandoval MC, Camargo D. Effect of walking and resting after three cryotherapy modalities on the recovery of sensory and motor nerve conduction velocity in healthy subjects. *Rev Bras Fisioter.* 2011; 15: 233-240.
 41. Sions JM, Tyrell E, Knarr B, Jancosko A, Binder S. Age- and stroke- related skeletal muscle changes: a review for the geriatric clinician. *J Geriatr Phys Ther.* 2012; 35(3): 155-161. DOI: 10.1519/JPT.0b013e318236db92.
 42. Huang CY, Wang CH, Hwang IS. Characterization of the mechanical and neural components of spastic hypertonia with modified H reflex. *J Electromyogr Kinesiol.* 2006; 16: 384-391.
 43. Bakheit AM, Maynard VA, Curnow J, Hudson N, Kodapala S. The relation between Ashworth scale scores and the excitability of the alpha motor neurones in patients with post-stroke muscle spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2003; 74(5): 646-648.
 44. Kimura J, Daube J, Burke D, Hallet M, Cruccu G, Ongerboer B, et al. Human reflex and late responses. Report of an IFCN committee. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1994; 90(6): 393-403.
 45. Oh S. Reflex test. En: *Clinical electromyography: Nerve conduction studies.* 3 ed. USA: Lippincott Williams & Wilkins; 2006 p.390-419.
 46. Ghotbi N, Ansari N, Naghdi S, Hasson S. Measurement of lower limb muscle spasticity: intrarater reliability of Modified Modified Ashworth scale. *J Rehabil Res Dev.* 2011; 48(1): 83-88.
 47. Clopton N, Dutton J, Featherston T, Grigsby

- A, Mobley J, Melvin J. Interrater and intrarater reliability of the modified ashworth scale in children with hypertonia. *Pediatr Phys Ther.* 2005; 17(4): 268-274.
48. Kohan AH, Abootalebi S, Khoshnevisan A, Rahgozar M. Comparison of modified Ashworth scale and Hoffmann reflex in study of spasticity. *Acta Med Iran.* 2010; 48(3): 154-157.
49. Belitsky R, Odum S, Hubble-Kozey C. Evaluation of the effectiveness of wet ice, dry ice, and cryogen packs in reducing skin temperature. *Phys Ther.* 1987; 67(7): 1080-1084.
50. McMeeken, J, Murray, L, Cocks, S. Effects of cooling with simulated ice on skin temperature and nerve conduction velocity. *Aust J Physiother.* 1984; 30: 111-114. DOI: 10.1016/S0004-9514(14)60682-6.
51. Lima S. Estudo do comportamento do músculo solar do paciente hemiplégico espástico, submetido a um resfriamento por gelo, através do EMG superficial. Joao Pessoa; 2005. Maestría [Disertación en Ingeniería Biomedica]. UFPB.
52. Jutte L, Merrick M, Ingersoll C, Edwards J. The relationship between intramuscular temperature, skin temperature, and adipose thickness during cryotherapy and rewarming. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82(6): 845-850.
53. Pasternak I, Dobaczewska R, Otreba D, Mladzki Z. Selection of physiotherapeutic methods and their effectiveness in rehabilitation of spastic hand in post-stroke patients. *Med Rehabil.* 2006; 10: 15-28.
54. Souza A, Santos J, Carvalho L, Araujo D, Dantas E. Crioterapia e cinesioterapia no membro superior espástico no acidente vascular cerebral. *Fisioter Mov.* 2010; 23(4): 555-563. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502010000400006>.
55. Kowal MA. Review of physiological effects of cryotherapy. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1983; 5(2): 66-73
56. Price R, Lehmann J, Boswell-Bessette S, Burleigh A, deLateur BJ. Influence of cryotherapy on spasticity at the human ankle. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993; 74(3): 300-304.
57. Voerman GE, Gregoric M, Hermens HJ. Neurophysiological methods for the assesment of spasticity: The Hoffmann reflex, the tendon reflex, and the stretch reflex. *Disabil Rehabil.* 2005; 27(1-2): 33-68.
58. Urbsheit N, Johnston R, Bishop B. Effects of cooling on ankle jerk and H-response in hemiplegic patients. *Phys Ther.* 1971; 51(9): 983-990.
59. Singh S, Sinha A. Cold induced modulation of motoneuronal excitability in spastics. *Int J Ther Rehabil Res.* 2015; 4(4): 172-176.
60. Wolf S, Knutsson E. Effects of skin cooling on stretch reflex activity in triceps surae of the decerebrate cat. *Exper Neurol.* 1975; 49(1) : 22-34.
61. Knight K. Sport injury management. USA: Human Kinetics; 1995.
62. Pacheco W, Lourenco M. Utilizacao da crioterapia na cefaléia tensional. *Lato & Sensus.* 2003; 4(1): 3-5.
63. Kwolek A, Kolodziej K, Pop T, Przysada G, Rusek W, Szpunar P. Cryotherapy of the hand in patients with spastic paresis after stroke. *Adv Rehabil.* 2005;(1): 55-59.