



UNIVERSIDAD
Finis Terrae

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE KINESIOLOGÍA

**FACTIBILIDAD DE UN ENTRENAMIENTO CONTRALATERAL
EXCÉNTRICO-ACENTUADO Y CONCÉNTRICO-EXCÉNTRICO
SOBRE LA FUNCIÓN MUSCULAR DE LA EXTREMIDAD
INMOVILIZADA EN INDIVIDUOS JÓVENES SANOS. UN ESTUDIO
PILOTO.**

MATÍAS JACOB FUENTES ESPINOSA
DAVID ANTONIO OLIVARES MENDIETA
SEBASTIAN IGNACIO URRALUNA

Tesis para ser presentada en la Escuela de Kinesiología de la Universidad Finis
Terrae para optar al grado académico de Licenciado en Kinesiología

Profesor guía: Kigo. MCs. Omar Valdés Tapia.
Santiago de Chile.
2021

DEDICATORIA

A nuestras familias, que fueron un apoyo fundamental no solo durante la realización de esta tesis, sino que a lo largo de toda la carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer especialmente a los profesores Omar Valdés Tapia y Luis Peñailillo, primero por haber aceptado ser nuestros tutores y estar comprometidos y preocupados en todo momento de que la investigación se pudiera llevar a cabo, proporcionándonos los instrumentos necesarios para lograr el desarrollo de esta tesis; segundo, por habernos apoyado durante este proceso y, sobre todo, la disposición y ayuda en cuanto a conocimiento y equipos de medición que fueron parte importante del desarrollo de esta investigación..

A los participantes, que invirtieron tiempo importante durante el desarrollo de la investigación y siguieron al pie de la letra las instrucciones que se les iba entregando, teniendo que, incluso, postergar tareas de su vida cotidiana para poder cumplir.

A la universidad Finis Terrae, por facilitarnos un espacio para poder llevar a cabo el entrenamiento de los sujetos.

Agradecer, sobre todo, a nuestros amigos y familia, que fueron un sostén fundamental durante este tiempo y el apoyo que necesitábamos cuando las cosas no resultaban como esperábamos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
ABREVIATURAS	X
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades del Estudio	1
1.2 Justificación del estudio	4
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Función Neuromuscular	6
2.2 Inmovilización	7
2.3 Ejercicio Excéntrico Acentuado	8
2.4 Educación Cruzada y Entrenamiento Contralateral	10
2.6 Pregunta de investigación, hipótesis y objetivos	15
Pregunta de investigación	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	16
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	17
3.1 Características y diseño del estudio	17
3.4 Muestra	18
3.5 Reclutamiento de la muestra	19
3.6 Criterios de Inclusión y Exclusión	21
3.7 Descripción de la Muestra	21
3.8 Variables del estudio	22
3.10 Protocolo de procedimientos de evaluación.	28
3.11 Protocolos de evaluación.	29
3.11.1 Evaluación de la función neuromuscular	29
3.11.1.1 Fuerza máxima (1RM CON, CIVM, CVDM CON y CVDM EXC)	29
3.11.1.2 Sensación de posición articular	30
3.11.2 Evaluación de la Composición corporal y Antropometría	31
3.11.3 Evaluación del dolor, carga física y mental y funcionalidad de miembro superior	32
3.13 Descripción de las intervenciones	33
3.14 Análisis estadístico	35

CAPÍTULO 4. RESULTADOS	36
4.1 Descripción de la Muestra	36
4.2 Tiempo de Inmovilización mediante el uso del cabestrillo	37
4.3 Asistencia a las sesiones de entrenamiento	37
4.4 Demanda Física y Mental	38
4.4.1 Cuestionario NASA TLX	38
4.4.2 Funcionalidad de Extremidad Superior, cuestionario DASH	40
4.5 Función Neuromuscular	41
4.5.1. Una repetición máxima (1-RM) concéntrica de los flexores de codo	41
4.5.2 CVIM de los flexores de codo (CIVM FLEX)	44
4.5.3 CVDM concéntrica de los flexores de codo (CVDM CON FLEX)	47
4.5.4 CVDM excéntrica de flexores de codo (CVM EXC FLEX)	50
4.6 Sensación de posición articular en flexo-extensión de codo	53
4.6.1 Sensación de posición articular en extensión al 30% de ROM disponible (SPA EXT 30%)	53
4.6.2 Sensación de posición de flexión al 30% de ROM disponible (SPA FLEX 30%)	56
4.7 Dolor	59
4.8 Antropometría	59
4.8.1 Perímetro de Brazo Corregido	60
4.8.2 Composición corporal	63
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	64
5.1 Principales Hallazgos	64
5.2 Efectos de la inmovilización	67
5.3 Efectos del entrenamiento contralateral en relación a la Fuerza muscular	69
5.3.1 Fuerza muscular en la extremidad no dominante, inmovilizada y no entrenada.	69
5.3.2 Fuerza muscular en la extremidad dominante, entrenada y no inmovilizada.	70
5.4 Efectos del entrenamiento contralateral en relación a la Sensación de posición articular	72
5.4.1 Sensación de posición articular en la extremidad no dominante, inmovilizada y no entrenada.	72
5.4.2 Sensación de posición articular en la extremidad dominante, no inmovilizada y entrenada.	72
5.5 Efectos del entrenamiento contralateral en relación al Perímetro de brazo corregido	74
5.5.1 Perímetro de brazo corregido en la extremidad no dominante, inmovilizada y no entrenada.	74
5.5.1 Perímetro de brazo corregido en la extremidad dominante, no inmovilizada y entrenada.	75
5.6 Dolor	76

5.7 Carga Física y Mental	76
5.8 Funcionalidad de Extremidad Superior.	77
5.9 Educación Cruzada	78
5.9.1 Características de la educación cruzada	78
5.9.2 Mecanismos Neurales de la educación cruzada	78
5.9.3 Mecanismos musculares de la educación cruzada	79
5.9.4 Posibles adaptaciones neurales y musculares diferenciadas en el entrenamiento excéntrico y concéntrico para inducir educación cruzada.	79
5.10 Limitaciones	80
5.11 Proyecciones	81
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	83
REFERENCIAS	85
ANEXOS	95
Anexo 1: Consentimiento Informado	95
Anexo 2: Protocolo de entrenamiento de Fuerza (1-RM)	106
Anexo N°3: Protocolo de entrenamiento de fuerza (CVIM)	107
Anexo 4: Protocolo de medición de Propiocepción (JPS)	109
Anexo 5: Protocolo de medición de composición corporal	111
Anexo N°6: Planilla de Monitorización de Inmovilización	113
Anexo N° 7. Instrumento de recolección de datos	115
Anexo 8: Autorización del Comité de Ética	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

TABLA 1. VARIABLES DEL ESTUDIO	22
TABLA 2. PROTOCOLOS DE INTERVENCIÓN	34
TABLA 3. CARGAS EXTERNAS UTILIZADAS EN LOS ENTRENAMIENTOS	34
TABLA 4. CARACTERISTICAS BASALES DE LA MUESTRA	36
TABLA 5. PROMEDIO SEMANAL DE HORAS INMOVILIZADAS	37
TABLA 6. RESULTADOS DASH	40
TABLA 7. COMPOSICION CORPORAL.	63
FIGURA 1. GRÁFICO DE NASA-TLX	39
FIGURA 2. GRÁFICOS DE 1RM	43
FIGURA 3. GRÁFICOS DE CIVM	46
FIGURA 4. GRÁFICOS DE CDVM CON FLEX	49
FIGURA 5. GRÁFICOS DE CDVM EXC FLEX	52
FIGURA 6. GRÁFICOS DE SPA EXT – FLEX 30%	55
FIGURA 7. GRÁFICO DE SPA FLEX – EXT 30%	58
FIGURA 8. GRÁFICO DE DOLOR	59
FIGURA 9. GRÁFICO DE PERIMETRO DE BRAZO CORREGIDO	62

RESUMEN

La inmovilización ha sido planteada como parte del tratamiento en algunas lesiones musculoesqueléticas en etapas agudas, como las luxaciones glenohomerales, fractura de húmero o clavícula y disyunciones acromioclaviculares. Sin embargo, la inmovilización genera efectos deletéreos sobre el sistema neuromuscular, como la pérdida de fuerza, disminución del perímetro de brazo, alteración de la sensación de posición articular (SPA), aumento de la atrofia muscular, etc. Se propone aplicar un método para contrarrestar dichos efectos deletéreos y optimizar el tiempo de intervención. De este modo, surge el entrenamiento contralateral, que consiste en transferir las ganancias neuromusculares de un hemicuerpo al otro, siendo el ejercicio excéntrico acentuado quien genera un mayor resultado de estas ganancias. Este estudio piloto, tiene como propósito describir los efectos de la inmovilización, del entrenamiento excéntrico acentuado (EXC-ACC) y del entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado (EXC-CON) sobre la extremidad contralateral, mediante la educación cruzada (EC). Se utilizaron 4 participantes divididos en 4 grupos: Control (CTRL); solo inmovilización (INMOV); INMOV + ejercicio EXC-CON e INMOV + EXC-ACC, donde el sujeto entrenado con ejercicio EXC-ACC obtuvo las mayores ganancias asociadas a la función neuromuscular en el brazo no dominante inmovilizado, con 1RM +20%, CIVM +69%, CVDM CONC de flexores +18,2%, SPA -90%. Parece ser que este protocolo, con esta metodología, es factible para su desarrollo con un N mayor, porque se cumplieron los estándares establecidos, en cuanto al uso del cabestrillo por 8 horas diarias y asistencia a todas las sesiones de entrenamiento y, por lo tanto, los resultados que muestra cada sujeto es esperable y lógico en base a la intervención.

Palabras claves: Inmovilización; Entrenamiento Contralateral; Educación Cruzada; Ejercicio Excéntrico; Ejercicio Excéntrico Acentuado.

ABSTRACT

Immobilization has been considered as a part of the treatment in some musculoskeletal injuries specifically in acute stages, such as glenohumeral dislocations, humerus or clavicle fractures and acromioclavicular disjunctions. However, this treatment generates deleterious effects on the neuromuscular system such as loss of strength, decreased arm perimeter, termination of joint position sensation (SPA), increased muscle atrophy. An applied method is proposed to counteract these deleterious effects and optimize the intervention time. In this way, contralateral training arises which consists of transferring neuromuscular gains from one hemibody to the other, with the accentuated eccentric exercise generating a greater result of these gains. This pilot study pretends to describe the effects of immobilization, accentuated eccentric training (EXC-ACC) and coupled eccentric concentric training (EXC-CON) on the contralateral limb, through cross-education (CE). Four participants divided into four groups were used: Control (CTRL); immobilization only (INMOV); INMOV + EXC-CON exercise and INMOV + EXC-ACC exercise, where the subject trained with EXC-ACC exercise obtained the greatest gains associated with neuromuscular function in the immobilized non-dominant arm, with 1RM +20%, CIVM +69%, CVDM flexor CONC +18.2%, SPA -90%. It seems that this protocol with this methodology is feasible for its development with a higher number of subjects, because the established standards were clearly observed: use the sling for eight hours and complete assistance in all training sessions. Thus, the results shown by each subject are expected and logical based on the intervention characteristic.

Keywords: Immobilization; Contralateral Training; Cross Education; Eccentric Exercise; Accentuated Eccentric Exercise.

ABREVIATURAS

AST	Área de sección transversal
CIVM	Contracción Isométrica Voluntaria Máxima
CIVM FLEX	Contracción Isométrica Voluntaria Máxima de flexores de codo.
EC	Educación Cruzada
CON-EXC	Grupo de intervención, que recibió entrenamiento concéntrico - excéntrico acoplado.
CVDM	Contracción Voluntaria Dinámica Máxima
CVDM CON FLEX	Contracción Voluntaria Dinámica Máxima Concéntrica de flexores de codo.
CVDM EXC FLEX	Contracción Voluntaria Dinámica Máxima Excéntrica de flexores de codo.
DM	Diabetes Mellitus
EVA	Escala Visual Análoga
EXC-ACC	Grupo de intervención, que recibió entrenamiento excéntrico acentuado.
HTA	Hipertensión Arterial.
INMOV	Inmovilización.
INM	Grupo de intervención, que recibió inmovilización.
SPA	Sensación de Posición Articular
SPA EXT - FLEX 30%	Sensación de Posición Articular desde extensión a flexión al 30% del rango de movimiento.
SPA FLEX - EXT 30%	Sensación de Posición Articular desde flexión a extensión al 30% del rango de movimiento.
RPA	Reposicionamiento Activo
RPA EXT - FLEX 30%	Reposicionamiento Activo desde extensión a flexión al 30% del rango de movimiento.

RPA FLEX - EXT 30%	Reposicionamiento Activo desde flexión a extensión al 30% del rango de movimiento.
1 RM	Repetición Máxima

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades del Estudio

Un recurso terapéutico médico tradicionalmente utilizado durante la estabilización de algunas lesiones agudas sobre el sistema musculoesquelético, como fracturas de húmero y/o clavícula junto con las disyunciones acromioclaviculares, es la inmovilización con cabestrillo. Este abordaje es cada vez más controversial respecto a sus beneficios versus los efectos deletéreos sobre el sistema neuromuscular. Se conoce actualmente que la inmovilización genera respuestas de atrofia muscular sobre la extremidad superior en la cual es aplicada e incluso altera la función neural asociada a los procesos de excitabilidad cortical, espinal y del nervio periférico de los músculos inmovilizados (DeYulis, 2020). Paralelo a ello, existen varias condiciones agudas que requieren indiscutiblemente el uso de este abordaje terapéutico para estimular las fases de reparación tisular de los tejidos bajo injuria, sin embargo, existe la necesidad de innovar respecto a los abordajes clínicos de cómo enfrentar y disminuir los efectos deletéreos de la inmovilización sobre la función muscular (DeYulis, 2020).

Una estrategia que se ha descrito hace más de 100 años ha tomado relevancia durante el último tiempo para disminuir y minimizar los deterioros asociados a la inmovilización utilizando el entrenamiento contralateral, también denominado “educación cruzada” o “transferencia entre miembros” (Barss T. 2016).

El entrenamiento contralateral o educación cruzada (CE) se basa en el fenómeno de transferencia de la función neuro-muscular que ocurre al entrenar sólo una extremidad, pudiendo transferir hasta un 50% de la función ganada en la extremidad entrenada hacia la no entrenada en sus músculos homólogos entrenados (Hendy & Lamon, 2017). El modelo de entrenamiento contralateral de la extremidad “no inmovilizada” ha mostrado su efectividad clínica durante periodos de inmovilización unilaterales aplicados sobre sujetos jóvenes sanos (Valdés O. 2020) y sobre participantes agudos con fracturas de muñeca. (Magnus, 2017). El principal mecanismo sobre el cual se basa y actúa el entrenamiento contralateral es la neuroplasticidad, logrando transferir adaptaciones neuromusculares como: Fuerza, activación muscular, coordinación y control neuromuscular desde una extremidad entrenada hacia la no entrenada. (Hendy & Lamon, 2017). En cuanto a la temporalidad de aparición de estas adaptaciones generadas por el entrenamiento contralateral, la evidencia sugiere que las ganancias de función muscular pueden establecerse en periodos que abarcan desde 3 a 4 semanas de entrenamiento (Hendy & Lamon, 2017).

Ha sido reportado que el entrenamiento contralateral puede diferir en cuanto a la “magnitud” de transferencia de la función neuromuscular desde la extremidad entrenada a la no entrenada, dependiendo de factores como la intensidad del ejercicio, complejidad de la tarea motora y de la acción muscular utilizada (Manca, 2017). En un meta-análisis de Ciser-Sastre et al. (2017) se ha reportado que la manifestación de fuerza entrenada, tanto isométrica, concéntrica, excéntrica y/o mixta, tienen influencia en el efecto contralateral (prueba Q de homogeneidad = 6.266 y $p < 0.05$) siendo el tipo de entrenamiento excéntrico el que genera un efecto mayor y es estadísticamente significativo ($p < 0.01$), esto debido a las adaptaciones neuromusculares que genera. Es posible que el entrenamiento excéntrico potencie la educación cruzada en mayor medida que el entrenamiento concéntrico convencional debido a su mayor capacidad de generación de fuerza y

torque (Douglas, 2017), mayor activación cortical (Yao, 2017) y mayor demanda cognitiva (Kan, 2019).

A pesar de los múltiples beneficios de los protocolos excéntricos, se debe considerar que el aislamiento de la acción muscular excéntrica generalmente se realiza mediante instrumentos clínicos especializados como los dinamómetros isocinéticos. En el último tiempo se ha estudiado una nueva modalidad de este tipo de entrenamiento enfocado en la acción muscular excéntrica: el ejercicio “excéntrico acentuado”. El ejercicio excéntrico acentuado consiste en el desarrollo de una acción muscular concéntrica seguida consecutivamente de una acción muscular excéntrica con la aplicación de una fuerza de resistencia mayor en esta última fase (Walker, 2016). Se ha teorizado que este método de ejercicio excéntrico acentuado potencia el rendimiento concéntrico y excéntrico del grupo muscular entrenado mediante la sobrecarga excéntrica (Walker, 2016; Wagle, 2017). Un reciente estudio de Maroto-Izquierdo et al. (2021) ha demostrado que el entrenamiento de 6 semanas con dinamometría isoinercial de sobrecarga excéntrica de la extremidad inferior es capaz de inducir aumentos de la fuerza de $22.4 \pm 30.2\%$, potencia $8.8 \pm 21.7\%$ y masa muscular $2.5 \pm 2.8\%$ de la extremidad no entrenada.

Debido a la necesidad de indagar en los efectos del entrenamiento contralateral sobre la función neuromuscular durante los periodos de inmovilización y la aplicación innovadora de nuevas modalidades de entrenamiento con acciones musculares excéntricas acentuadas para potenciar el efecto de transferencia contralateral, el objetivo de este estudio fue evaluar la factibilidad y describir los efectos del entrenamiento contralateral excéntrico acentuado y el entrenamiento contralateral concéntrico-excéntrico convencional sobre personas sanas con inmovilización de la extremidad superior no dominante con un cabestrillo durante 4

semanas, realizando entrenamiento contralateral 3 veces por semana durante este periodo de inmovilización (12 sesiones en total) en la extremidad superior dominante para comparar los efectos de transferencia de función muscular en lo que respecta a la fuerza, propiocepción y masa muscular, desde la extremidad dominante entrenada a la extremidad no dominante inmovilizada.

1.2 Justificación del estudio

Considerando los efectos negativos de la inmovilización como recurso terapéutico, es necesario optimizar su uso y dosificación, para así asegurar un buen reintegro a las actividades de la vida diaria de los pacientes que la requieran. Es por eso que surge la necesidad práctica de innovar respecto al abordaje clínico sistemático al momento de aplicar este recurso.

Bajo estas necesidades kinésicas, nace el concepto de educación cruzada; un fenómeno sostenido en la neuroplasticidad y en sus efectos sobre el tejido muscular periférico (Hendy & Lamon, 2017). Está validado y demostrado que el ejercicio de tipo excéntrico obtiene grandes beneficios respecto a la funcionalidad general del músculo, es por esto, que las nuevas investigaciones han descrito el tipo de Ejercicio Excéntrico Acentuado (EXC-AC) como una gran novedad funcional para optimizar las ganancias de un entrenamiento muscular focalizado. Se ha evidenciado, que el protocolo de entrenamiento EXC-ACC genera mayores efectos en ganancias de fuerza, propiocepción, actividad muscular, y mantención de componentes antropométricos (Walker, et al 2016).

Actualmente, solo existen 2 estudios que evidencian la efectividad de entrenamientos de resistencia dinámica sobre la inmovilización, que utilizan sólo protocolos de entrenamiento concéntrico-excéntrico convencionales mediante la educación cruzada (Valdés, 2020). Pearce y col. (2012), informaron que el

entrenamiento de resistencia, que consiste en contracciones concéntricas acopladas al 50-70% de una repetición máxima (1-RM) aumentó la fuerza de la contracción isométrica voluntaria máxima (CIVM) (5,8%) así como la fuerza dinámica (1-RM concéntrica) (13,9%) de los flexores del codo en el brazo entrenado y mantuvo la fuerza CIVM y 1-RM del brazo no entrenado contralateral después de 3 semanas de inmovilización con cabestrillo. En otro estudio realizado por Andrushko y col, (2018), se observó un aumento del 33% en la fuerza CIVM en el brazo dominante (BD) y conservó la CIVM del brazo no dominante (BND), luego de un periodo de inmovilización de 4 semanas con un protocolo de entrenamiento excéntrico isocinético máximo contralateral de los flexores de muñeca.

Debido a esto, el presente estudio piloto pretende unir los conocimientos actuales sobre educación cruzada e inmovilización, pero con especial énfasis en otro tipo de entrenamiento, el excéntrico acentuado, que no ha sido estudiado mediante la educación cruzada bajo protocolos de resistencia dinámica manual y así, a través de la medición y evaluación de diferentes variables, como la CIVM, SPA, circunferencia de brazo, el cumplimiento de los protocolos de horas de inmovilización, la asistencia a las sesiones de entrenamiento, la carga física-mental mediante la escala NASA-TLX posterior a cada sesión de entrenamiento y la percepción que tienen respecto al dolor en el día a día, evaluar la factibilidad de poder realizar este tipo de intervención en el futuro con un reclutamiento de participantes más amplio y poder concluir mediante estadística inferencial sobre un protocolo u otro para potenciar las ganancias neuromusculares, disminuyendo así, los efectos deletéreos de la inmovilización.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Función Neuromuscular

El sistema neuro-musculoesquelético está compuesto de una variedad de funciones y estructuras, que en su trabajo conjunto permiten planificar y ejecutar movimientos, actividades y tareas. Dentro de los componentes del sistema, se considera relevante la función neuromuscular, organizada por múltiples componentes interdependientes entre sí, que son fuerza y propiocepción (Hendy & Lamon, 2017). La fuerza está definida según Suchomel et al. (2016) como la capacidad que tiene el músculo de generar tensión y así vencer una resistencia externa, dependiendo de la magnitud de la carga externa y considerando las demandas que presente la actividad, se reclutará una cantidad necesaria de fibras musculares para generar la fuerza requerida. Como subcomponente de un sistema neuroplástico, es posible someter la fuerza a desafíos, entrenamientos y evaluaciones. Dentro de estas últimas, existen evaluaciones objetivas numéricas ordinales, como la medición de la repetición máxima (RM), que corresponde, valga la redundancia, a la máxima carga externa que puede movilizar un grupo muscular en un rango de movimiento completo (Buschmann, 2017). Otra forma objetiva y exacta de medir la fuerza, es el análisis de Contracciones Voluntarias Máximas, evaluable en momentos isocinéticos (CVM) y en posiciones isométricas (CIVM) (Park, 2013).

Un segundo subcomponente importante es la propiocepción, definida como la capacidad propia de un sujeto de percibir la posición articular respecto al espacio en el que está inmerso, además de la conciencia interna de las

sensaciones de movimiento y fuerza realizadas por su propio sistema musculoesquelético (Rand, 2008). Al igual que la fuerza, la propiocepción es evaluable de manera concreta y objetiva mediante la evaluación de “Reposicionamiento Activo”, que evalúa los grados de error respecto a la posición definida previamente por el evaluador.

2.2 Inmovilización

La práctica clínica y kinésica de los tratamientos que abordan las lesiones del sistema musculoesquelético, definen este recurso como la restricción del movimiento de una articulación en específico para favorecer la reparación, regeneración y/o mejora de alguna condición perdida mediada por un elemento ortopédico externo (DeYulis, 2020). La evidencia demostró en estudios clínicos que su correcto uso en condiciones específicas, permite obtener grandes beneficios en torno a la recuperación de estructura y función. Paralelo a ello, se han discutido constantemente los efectos negativos que tiene la aplicación de la inmovilización sobre la extremidad superior que se aplica.

Un ensayo clínico, demostró que la aplicación del protocolo de inmovilización de 10 horas por 3 días sobre una extremidad superior, generará una dependencia importante de la extremidad contralateral, teorizando que el uso y actividad de este aumentaría hasta un 50% respecto a la condición inicial (Webber, 2020). Estos indicadores señalan que la dependencia funcional se debe a cambios biomecánicos, musculares y neuromusculares que se favorecen con el desuso sustancial de una extremidad (DeYulis, 2020). Los cambios biomecánicos se asocian principalmente a la atrofia muscular, disminución del tamaño de las fibras musculares, disminución importante del área de sección transversal y disminución

de la fuerza muscular. En relación a los cambios neurales, se demostró que la disminución de la excitabilidad neuronal, la disminución en la velocidad de conducción del impulso nervioso y la disminución en el número de fibras reclutadas, son las responsables de generar atrofia neuromuscular (Manca, et al.2015).

Los efectos de la inmovilización, como se mencionó anteriormente, genera cambios importantes en la función neuromuscular de la extremidad superior donde se aplica este recurso. En una revisión sistemática de Campbell. et al. (2019) se demostró que la fuerza y el tamaño de los músculos disminuye conforme aumentan los días de inmovilización, sin embargo, la fuerza es la que evidenció mayores cambios negativos.

Es por eso, que actualmente se crea la necesidad de innovar respecto a los abordajes clínicos de las lesiones musculoesqueléticas que no puedan prescindir de la inmovilización, para así optimizar su periodo de descarga y minimizar los deterioros funcionales asociados.

2.3 Ejercicio Excéntrico Acentuado

Dentro de las funciones y acciones músculo-esqueléticas, existen las contracciones y sus tipos, realizadas por el propio músculo. Dentro de las principales contracciones musculares y de interés para este estudio se encuentran: La contracción concéntrica, que ocurre cuando el músculo contraído se acorta y acerca sus puntos de inserción; la contracción excéntrica, contrario a la concéntrica, es cuando la musculatura contraída se alarga y separa sus puntos de inserción y, por último, la contracción isométrica, que ocurre cuando un músculo se contrae sin producir un cambio de longitud de las fibras musculares (Brockett et al. 1997).

Si se habla de entrenamientos de la capacidad muscular, existen nuevas innovaciones que han demostrado que el ejercicio de tipo excéntrico tiene múltiples beneficios para optimizar el rendimiento del músculo, la fuerza de torque, la resistencia a la fatiga, la activación organizada electromiográfica, la organización arquitectónica intrínseca de la estructura muscular y en el aumento del tamaño de las fibras musculares, evaluada en el Área de sección transversal (AST) (Walker et al, 2016; Douglas, Pearson, Ross & McGuigan, 2018).

La literatura actual describe una nueva forma de dosificación y modalidad de entrenamiento denominado “Ejercicio Excéntrico Acentuado” (EXC-ACC). Dentro de los parámetros de prescripción de este tipo de entrenamiento, se ha descrito que su fundamento principal consiste en la aplicación de una fuerza de resistencia mayor en la fase excéntrica que en la fase concéntrica, siendo la principal diferencia con el entrenamiento CON-EXC acoplado que mantiene una carga constante, enfatizando así en la optimización de los resultados y beneficios que tiene una contracción excéntrica. Se ha evidenciado que mantener la misma carga en ambos tiempos contráctiles, no obtendrá los máximos beneficios posibles de la contracción excéntrica, esto porque, funcionalmente, se ejercen mayores fuerzas de resistencia en fases excéntricas del músculo, principalmente en la mantención de posturas fásicas (Douglas, Pearson, Ross & McGuigan, 2018).

La evidencia clínica ha demostrado que las contracciones de tipo excéntrica generan una mayor transferencia de ganancias neuromusculares hacia la extremidad contralateral. En un estudio de Manca et al. (2017) se estimó que cerca del 30% de los participantes intervenidos con protocolos excéntricos vieron una mejora significativamente importante en la transferencia de habilidades hacia la extremidad contralateral, a diferencia de los resultados con protocolos CONC-

EXC, en el que solo se vio una efectividad de transferencias leves en un 15% de los participantes.

2.4 Educación Cruzada y Entrenamiento Contralateral

El modelo de la educación cruzada se ha definido como una técnica clínica que mejora el rendimiento de la fuerza o la habilidad de la extremidad afectada después del entrenamiento unilateral de la extremidad homóloga opuesta, obteniendo así beneficios tanto en la extremidad entrenada como la no entrenada (Barss, 2016).

La magnitud de la transferencia de fuerza difiere en los diferentes estudios analizados, debido a las diferencias existentes en las variables de entrenamiento, tales como: El tipo de ejercicio, tipo de contracción, volumen, intensidad y duración del entrenamiento. Asimismo, las características propias del músculo entrenado y el estado previo de entrenamiento de los participantes también pueden influir en la magnitud de las transferencias neuromusculares obtenidas. La magnitud promedio de ganancia de fuerza en la extremidad no entrenada es del 7.6% en comparación con la evaluación pre entrenamiento tanto en pacientes sanos como inmovilizados, lo que se traduce en en aproximadamente el 50% de ganancia de fuerza en la extremidad entrenada (Hendy & Lamon, 2017).

En sujetos sanos, donde se ha intervenido con este método clínico, se han evidenciado efectos significativos de mantención y mejora en la funcionalidad neuromuscular asociada a las extremidades contralaterales (Hendy & Lamon, 2017). Protocolos de entrenamientos unilaterales de flexores de codo con contracción concéntrica - excéntrica acoplada, al 70% de 1-RM, evidenciaron una

mejora importante en las capacidades funcionales de generación de fuerza en ambas extremidades superiores, mejorando el RM, la CIVM y la CVDM en la extremidad entrenada y manteniendo los valores basales de estos componentes neuromusculares en la extremidad no entrenada (Pearce, 2013).

Se ha demostrado que la transferencia sobre el sistema músculo esquelético, en relación a la prevención de la atrofia muscular en sujetos inmovilizados, han sido positivos (Hendy & Lamon, 2017). Estudios previos han descrito que en un programa de entrenamiento de 4 semanas de flexo-extensión isométricos máximos, sumado a la inmovilización de una extremidad superior por el mismo tiempo, produce una adaptación efectiva de la extremidad inmovilizada. Estos cambios no se deben considerar como un cambio neto de masa muscular, sin embargo, sí se pudo evitar de forma significativa la pérdida de masa muscular en comparación al grupo control (Hendy & Lamon, 2017).

En cuanto al tipo de adaptación generada, la evidencia ha sugerido que las adaptaciones neuronales son mejores candidatas para la explicación de los resultados que las adaptaciones musculares (Barss, 2016). Se ha teorizado que la educación cruzada es mediada por dos fenómenos: La activación cruzada, que es un desbordamiento del impulso neuronal del hemisferio activo al no activo (corteza motora primaria) y el acceso bilateral, que es la formación de engramas motores que pueden tener origen en ambos hemisferios. Además, se ha observado que los beneficios son de ambas cortezas motoras primarias, tanto de la extremidad entrenada como la no entrenada (Barss, et al. 2016).

Según los protocolos realizados por Cirer Sastre en el año 2017, las ganancias neuromusculares asociadas a la fuerza, observadas en la extremidad

inmovilizada son del $39,2 \pm 7,8\%$ respecto a las ganancias de la extremidad entrenada (100%). Estas ganancias se evidencian bajo un entrenamiento con protocolos excéntrico - concéntrico acoplado.

Considerando los cambios observados en el sistema nervioso, se ha visto que pueden ocurrir a nivel periférico, medular, subcortical y cortical. A nivel periférico y medular, se ha observado, que al igual que en el lado entrenado, existen alteraciones en la sincronización de unidades motoras y de conductividad neural, principalmente mejoras en la velocidad de conducción y excitabilidad espinal. A nivel subcortical y niveles corticales, existe evidencia que confirma la existencia de una interacción neuronal entre los dos hemisferios, fortaleciendo y facilitando la transmisión nerviosa entre las fibras comisurales interhemisféricas, apoyando así, el modelo de activación cruzada y su transmisión de eferencias hacia el hemisferio contralateral (Cirer-Sastre, et al. 2017).

Como se mencionó anteriormente, se han propuesto dos posibles causas de los efectos del entrenamiento cruzado, el “acceso bilateral” y la “activación cruzada”. El primero explica que existe una formación de engramas motores al momento de realizar movimientos unilaterales, en donde el estímulo de activación puede venir desde la extremidad entrenada, como desde la inmovilizada. La segunda causa es la “activación cruzada” que explica que al realizar contracciones unilaterales por la extremidad entrenada se va a producir una activación cortical bilateral tanto en corteza motora de la extremidad entrenada como de la extremidad inmovilizada. Uno de los fenómenos de la “activación cruzada”, es el concepto de “irrigación motora”; que se basa en un traspaso de la activación motora hacia la extremidad inmovilizada provocada por la contracción unilateral de la otra extremidad. En base a lo anterior, se logró observar que las actividades que

requieren de una fuerza máxima y un mayor reclutamiento de fibras musculares están comandadas por activaciones cruzadas (Hendy & Lamon, 2017).

Por otro lado, un estudio realizado por Zult et al. (2014) sugiere que las neuronas espejo cumplen un rol importante en la potenciación de los efectos de la educación cruzada. Esto basado en la evidencia neuroanatómica que sugiere una superposición de las áreas cerebrales al momento de realizar una tarea unilateral con espejo. Este sistema de neuronas conecta con las neuronas sensoriales, que responden a las propiedades visuales de una acción observada por las personas. Además, las neuronas motoras presentan descargas de potenciales de acción durante la realización de una tarea, potenciando los efectos de la educación cruzada.

Se plantea que los mejores efectos del entrenamiento contralateral se verían mucho más favorecidos en los protocolos de entrenamiento excéntricos, debido al aumento de la tasa de descarga de los receptores de estiramiento sensorial (aférentes Ia), por lo tanto, se verían aumentados los estímulos nerviosos sobre las cortezas motoras involucradas. Además, las contracciones excéntricas inducen a una mejora en la excitabilidad y el timing de activación coordinada de las motoneuronas. Además, se ha evidenciado que los mejores efectos del ejercicio excéntrico se ven beneficiados por el aumento de liberación hormonal endocrina estimulado por este tipo de acción muscular (Hendy & Lamon, 2017).

Otro factor importante que se ve influenciado por este tipo de entrenamiento, son los componentes estructurales asociados a la arquitectura propia del músculo. Se sabe que el tejido muscular al igual que el nervioso, es un componente dinámico y versátil, muy dependiente de los estímulos a los cuales se someta la estructura.

En este sentido, se ha evidenciado que el trabajo muscular sobre un músculo específico tiene efectos positivos sobre el anabolismo muscular de su contralateral, esto se puede explicar por varios mecanismos. Protocolos de entrenamiento sobre una extremidad no inmovilizada, han evidenciado disminuciones leves sobre el diámetro de la extremidad que si cuenta con restricción de movimiento. Esto se podría explicar por el mecanismo neuroplástico que modula la acción nerviosa de activación paralela de cortezas ipsi y contralaterales, considerando que una buena activación de las motoneuronas, mantendrá activo el funcionamiento del músculo de la extremidad inmovilizada (Hendy & Lamon, 2017).

2.6 Pregunta de investigación, hipótesis y objetivos

Pregunta de investigación

¿Es factible aplicar un protocolo de entrenamiento contralateral excéntrico acentuado y entrenamiento contralateral concéntrico-excéntrico acoplado para mantener y/o mejorar la función neuromuscular de la extremidad contralateral inmovilizada mediante el efecto de la educación cruzada en individuos jóvenes sanos?

Hipótesis

Es factible aplicar un protocolo de entrenamiento contralateral excéntrico acentuado y entrenamiento contralateral concéntrico-excéntrico para mantener y/o mejorar la función neuromuscular de la extremidad inmovilizada a través de la educación cruzada en individuos jóvenes sanos.

Objetivo General

Evaluar la factibilidad de un protocolo de entrenamiento contralateral excéntrico acentuado y entrenamiento contralateral concéntrico-excéntrico acoplado y describir los efectos de estas dos modalidades de entrenamiento sobre la función neuromuscular de la extremidad superior no dominante inmovilizada por cuatro semanas mediante cabestrillo en individuos jóvenes sanos.

Objetivos Específicos

1. Probar la factibilidad del cumplimiento del protocolo de inmovilización (consistente en el uso del cabestrillo 8 horas al día) de la extremidad superior no dominante de los participantes del estudio.
2. Probar la aplicabilidad y factibilidad del cumplimiento de asistencia a las sesiones de entrenamiento en la extremidad superior dominante de los participantes del estudio.
3. Estimar la percepción física y mental durante todas las sesiones de entrenamiento de la extremidad superior dominante de los participantes del estudio.
4. Evaluar la función neuromuscular a través de la fuerza muscular, masa muscular y funcionalidad de la extremidad entrenada y no entrenada inmovilizada en sujetos jóvenes sanos posterior a un periodo de intervención con inmovilización de la extremidad superior no dominante y entrenamiento excéntrico acentuado o concéntrico-excéntrico acoplado de la extremidad superior dominante en un período de 4 semanas en individuos jóvenes sanos.
5. Describir los efectos de transferencia contralateral hacia la extremidad no entrenada inmovilizada del entrenamiento con acción muscular excéntrica acentuado y los efectos del entrenamiento con acción muscular concéntrica-excéntrica acoplada sobre la función neuromuscular en individuos jóvenes sanos.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 Características y diseño del estudio

El alcance de este estudio es de tipo experimental, mediante un pilotaje. Este estudio piloto tiene un alcance experimental debido a que se expuso a los participantes del estudio bajo una variable independiente controlada, que afectó las variables dependientes del estudio (Fuerza, Sensación de Posición Articular, Composición corporal y Carga física y Mental). El enfoque fué cuantitativo, porque se midieron variables con escalas numéricas, como la fuerza (1-RM, CIVM), sensación de posición articular (Reposicionamiento Activo), circunferencia de brazo (Antropometría), carga física y mental (NASA- TLX) y dolor (EVA). Los elementos de diseño de nuestra investigación son con finalidad descriptiva, porque se aplica un método estadístico descriptivo posterior a la observación y análisis de las variables dependientes. Asimismo, es también un estudio longitudinal y prospectivo, debido a que se realizó una evaluación inicial de todos los participantes que determinó el inicio del seguimiento hasta 4 semanas posterior a la exposición de la variable independiente (entrenamiento contralateral EXC- ACC y CONC- EXC), con una evaluación final al término de este periodo.

3.2 Universo

El universo de este estudio piloto son jóvenes sanos de 18 a 30 años, que sean residentes de la Región Metropolitana

3.3 Población

La población de este estudio piloto son jóvenes sanos de 18 a 30 años de la Universidad Finis Terrae.

3.4 Muestra

El presente estudio realizó un cálculo de tipo probabilístico para estimar el tamaño de la muestra suficiente para el pilotaje. El método del cálculo del tamaño de la muestra se encuentra basado en un método para estudios pilotos validado por Viechtbauer et al. (2015), considerando un nivel de confianza del 95% y una probabilidad de respuesta a la intervención del 50%, teniendo en cuenta además una tasa de abandono del 50% debido al tiempo de intervención (4 semanas) considerado para desarrollar los cuatro modelos de estudio en la presente investigación (control, inmovilización, inmovilización más entrenamiento contralateral excéntrico acentuado e inmovilización más entrenamiento contralateral concéntrico-excéntrico acoplado). Según estos antecedentes el tamaño total de la muestra calculado es de 8 participantes. El tipo de muestreo es probabilístico consecutivo, porque las personas que demostraron interés por participar, fueron asignadas aleatoriamente a medida que iban cumpliendo con los criterios de inclusión y firmaron el consentimiento informado (Anexo 1) para participar del estudio. La fórmula de un N muestral que considera una prevalencia de la población para realizar un cálculo estimativo se utiliza para estudios observacionales, debido a que necesitan evaluar la incidencia de una condición y, por lo tanto, la muestra tiene que ser representativa. Sin embargo, para esta investigación, aunque no se correlacionó el tamaño muestral a un N de personas inmovilizadas en la Región Metropolitana, se normalizó la cantidad de sujetos en base a una potencia estadística. Este cálculo de Viechtbauer validado para calcular el N muestral mínimo para realizar estadística descriptiva, estima el N final necesario para considerar las características de la población.

Además, también se realizó un cálculo probabilístico del tamaño muestral de participantes voluntarios, en caso de desarrollo futuro de este estudio experimental de manera completa. Para este cálculo se utilizó el programa G * Power (Versión 3.1, Alemania) y un tamaño de efecto de transferencia de fuerza contralateral de 0.6 en base a un estudio de metanálisis de Manca, A., et al, 2017, considerando un nivel alfa de 0.05 y una potencia estadística de 0,8. Con estos datos resultó una estimación que indica que se requieren 10 participantes por cada grupo de intervención (40 en total).

3.5 Reclutamiento de la muestra

Para este estudio se reclutaron aleatoriamente 4 personas. Este proceso se llevó a cabo a través de afiches publicitarios, que fueron instalados en la Universidad Finis Terrae (con previa autorización y aprobación), y también mediante afiches digitales en redes sociales, particularmente “*Instagram*”. En estos afiches, se encontraban explícitos los criterios de inclusión, lugar en donde se realizaría la intervención y medios de contacto de los tesistas para que todos aquellos potenciales sujetos voluntarios conocieran los objetivos y condiciones de la investigación. Una vez que los participantes aceptaron participar y firmaron el consentimiento informado, fueron asignados al azar a uno de los 4 grupos de estudio; grupo control (CTRL) donde solo se midieron las variables dependientes antes y después de las 4 semanas, continuando con su rutina diaria de manera normal; grupo Inmovilizado (INMOV) quien recibió una inmovilización de la extremidad superior no dominante con cabestrillo por 8 horas al día durante 4 semanas, este participante también fue evaluado antes y después del periodo de intervención; grupo inmovilizado + entrenamiento contralateral con acción muscular excéntrica acentuada (EXC-ACC) quien recibió una inmovilización de la extremidad superior no dominante con cabestrillo por 8 horas al día durante 4 semanas y un entrenamiento de resistencia de flexores de codo de la extremidad dominante mediante ejercicio EXC-ACC; o grupo inmovilizado + entrenamiento contralateral

de acción muscular concéntrica-excéntrica acoplada (CON-EXC) quien recibió una inmovilización de la extremidad superior no dominante con cabestrillo por 8 horas al día durante 4 semanas y un entrenamiento de fuerza dinámica de flexores de codo de la extremidad dominante mediante ejercicio CON-EXC.

3.6 Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de inclusión: Hombres o mujeres sanas; sin comorbilidades asociadas como HTA, DM, obesidad u otras enfermedades crónicas de riesgo para realizar entrenamiento físico anunciadas al momento de la entrevista clínica; No haber realizado entrenamiento sistemático de fuerza (2-3 veces por semana) durante los últimos 3 meses; ser residente de la Región Metropolitana y haber firmado el consentimiento informado que fue parte de la investigación, explicitando los beneficios y posibles riesgos de haber sido partícipe de este estudio.

Criterios de exclusión: Ser deportista de alto rendimiento; mujeres con uso actual y permanente de anticonceptivos hormonales combinados por vía de administración oral u otra; tener hábito tabáquico o de drogas activo; tener familiares directos con antecedentes de algún evento trombótico; haber sufrido una lesión musculoesquelética de extremidad superior o neurológica en los últimos 6 meses.

3.7 Descripción de la Muestra

La muestra se dividió en cuatro grupos, asignados mediante un software de aleatorización (Excel). El primer grupo fue de control (CTRL) que no recibió intervención ni inmovilización. Un segundo grupo siguió un protocolo de solo inmovilización (INMOV) de la extremidad no dominante, por ocho horas al día, compuesto por 1 persona. El tercer grupo, siguió un protocolo de inmovilización de la extremidad superior no dominante y una dosificación de ejercicios de acción muscular CONC-EXC en la extremidad dominante, compuesto por 1 participante. Finalmente, un último grupo siguió un protocolo de inmovilización de la extremidad superior no dominante y una dosificación de ejercicios de acción muscular EXC-AC

en la extremidad dominante, compuesto por 1 participante. La intervención tuvo una duración temporal total de seis semanas, divididas en una semana de evaluación de las variables dependientes previa al entrenamiento, cuatro semanas de entrenamiento para quienes pertenecían a estos grupos y una semana posterior a la finalización del entrenamiento para reevaluar las variables dependientes.

3.8 Variables del estudio

Las variables de interés del presente estudio están detalladas según su metodología evaluativa en la Tabla N°1.

Tabla N° 1. “Variables de estudio”

Variable (tipo)	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador	Escala
Protocolos de entrenamiento (Independiente)	Dependiendo del grupo de aleatorización asignado, los participantes tendrán un protocolo de entrenamiento e inmovilización correspondiente a su grupo.	Grupo EXC-CON. (Protocolo anteriormente descrito) Grupo Control (Protocolo anteriormente descrito) Grupo Excéntrico Acentuado (Protocolo anteriormente descrito).	Las dosificaciones de carga externa se verán indicadas por los protocolos utilizados, y se medirán en kilos o libras en las mancuernas a utilizar para los entrenamientos.	
1-RM concéntrico (Dependiente)	Corresponde a la máxima carga que se puede mover de forma concéntrica, a través de un rango de movimiento de manera óptima y efectiva, siendo un indicador confiable de evaluación de fuerza máxima. (Buschmann,	El protocolo de medición será mediante una mancuerna en el brazo a evaluar. Consta de un calentamiento de 10 repeticiones al 50% de 1RM; luego 5 repeticiones al 70%; 3 repeticiones al	Peso máximo levantado en una repetición de forma concéntrica.	Escala ordinal Kilogramos (Kg).

	2017).	80% y finalmente 1 repetición al 90% de 1RM, seguido de 3 intentos hasta determinar 1RM real. el tiempo de descanso va entre 3-5 minutos entre cada repetición. (Ferguson, 2014)		
--	--------	--	--	--

Contracción Isométrica Voluntaria Máxima (CIVM) (Dependiente)	Corresponde a la mayor fuerza ejercida por un grupo muscular sin cambio de longitud aparente en este. (Park, et al. 2013).	El protocolo consta de evaluar el CIVM en una posición de 90° de flexión de codo y 30° de flexión de hombro, en donde el participante deberá estar en un sistema de rehabilitación y evaluación llamado Isoforce. Se debe realizar un calentamiento previo de 3 segundos al 50%, 70% y 80% del CIVM autoinformado por la persona; entre cada una de las contracciones se debe realizar un descanso de 45 segundos. Luego se debe realizar 3 CIVM de 3 segundos cada uno con 60 segundos de descanso entre contracciones de cada extremidad. (Valdés et al., 2020).	Mayor fuerza ejercida por un grupo muscular.	Escala Ordinal Newton (N).
Contracción voluntaria dinámica máxima concéntrica (CVDM CONC) (Dependiente)	Máxima fuerza ejercida por un grupo muscular al realizar un acortamiento de este. (Clos, et al. 2020).	El protocolo consta de evaluar el CVDM CONC en una posición inicial de 20% de flexión de codo y 30° de flexión de hombro, en donde el participante deberá estar en una sistema de rehabilitación y evaluación llamado Isoforce. Se debe realizar un calentamiento previo de 3	Mayor fuerza concéntrica ejercida por un grupo muscular.	Escala Ordinal Newton (N).

		repeticiones; entre cada una de las contracciones se debe realizar un descanso de 45 segundos. Luego se debe realizar 3 CVDM en un rango de 120% de extensión a flexión con 60 segundos de descanso entre contracciones de cada extremidad. (Valdés et al., 2020).		
Contracción voluntaria dinámica máxima excéntrica (CVDM EXC) (Dependiente)	Máxima fuerza muscular de un grupo muscular al realizar un alargamiento de este. (Clos, et al. 2020)	El protocolo consta de evaluar el CVDM EXC en una posición de 140% de flexión de codo y 30° de flexión de hombro, en donde el participante deberá estar en una sistema de rehabilitación y evaluación llamado Isoforce. Se debe realizar un calentamiento previo de 3 repeticiones; entre cada una de las contracciones se debe realizar un descanso de 45 segundos. Luego se debe realizar 3 CVDM en un rango de 120% de flexión a extensión con 60 segundos de descanso entre contracciones de cada extremidad. (Valdés et al., 2020).	Mayor fuerza excéntrica ejercida por un grupo muscular.	Escala Ordinal Newton (N).

Sensación de posición articular (Dependiente)	Corresponde a la capacidad que tiene el participante de percibir la posición articular, movimiento y fuerza realizada por su propio cuerpo. (Rand,2018).	Se aplicará el protocolo de la prueba de reposicionamiento activo de la articulación de codo, en donde cada participante deberá ubicarse en un sistema de rehabilitación y evaluación llamado Isoforce. Se indicará que con los ojos cerrados	Grados de diferencia con la posición inicial versus la final.	Escala ordinal Grados (°).
---	--	---	---	----------------------------

		trate de imitar los grados de posición, que pueden variar en 5° diferentes de flexión de codo (30°, 60°, 90°, 120°, 150°), midiendo el grado de error de este. (Jung & Choi, 2019)		
--	--	--	--	--

Dolor (Dependiente)	Es una sensación subjetiva sensorial y emocional desagradable asociada a una lesión tisular real o potencial, influenciada por la percepción propia de cada participante. (Puebla Díaz, 2005).	Se utilizará la Escala Visual Análoga (EVA), ya que, es considerado el instrumento de valoración de dolor más frecuente porque permite indagar en los mínimos cambios en la percepción del dolor, además de ser objetivamente aplicable sobre pacientes sin dificultad cognitiva. (Reed & Van Nostran, 2014).	EVA o escala visual análoga, la cual nos brinda la evaluación subjetiva del dolor (Turnbull et al., 2020).	Escala ordinal Milímetros (mm)
---------------------	--	---	--	--------------------------------

Antropometría (Dependiente)	Corresponde a una variable que mide la composición corporal dando un enfoque del estado nutricional de la persona. Es muy utilizado por su facilidad de aplicación y su aceptable rango de exactitud. (Rosales, 2012).	Se midió la circunferencia de brazo mediante una cinta métrica Lufkin®, entre el punto medio del acromion y el olécranon, los participantes deben estar sentados o de pie. (Benítez et al. 2016). Para la medición de Pliegues Bicipital y Tricipital se utilizó la medición de milímetros de grasa subcutánea en pliegues, mediante caliper básico. Además se midió el porcentaje de grasa, el porcentaje de masa libre de grasa tanto del BND y BD, la masa grasa en kilogramo y el IMC,	Perímetro de brazo con cinta métrica Lufkin®. Caliper básico para Pliegues Bicipital y Tricipital. Para análisis antropométrico, se utilizó un sistema de Bioimpedancia tetrapolar, de marca Inbody®.	Escala ordinal Centímetros para Perímetro de brazo corregido(cm).
-----------------------------	--	--	---	---

		a través de un sistema de Inbody.		
--	--	-----------------------------------	--	--

Carga física y mental (Dependiente)	Es el grado de esfuerzo físico y mental que presenta la persona para lograr realizar una actividad.	La escala NASA TLX evalúa las exigencias mentales, exigencias físicas, exigencias temporales, rendimiento, esfuerzo y nivel de frustración de las personas.	Puntuación escala NASA-TLX.	Escala ordinal o categórica de la unidad arbitraria (u.a).
-------------------------------------	---	---	-----------------------------	--

Funcionalidad de la extremidad superior (Dependiente)	Grado de funcionalidad de la extremidad superior que se observa en la persona al realizar una actividad o movimiento.	El DASH es un cuestionario autoadministrado que permite su aplicación no concurrente (por correo) reduciendo así la posibilidad de sesgo de observador. (García Gonzalez, et al.2017)	Puntuación Dash.	Escala ordinal o categórica. Unidad arbitraria (u.a).
---	---	---	------------------	---

3.9 Variables Desconcertantes

Como variables desconcertantes de este estudio, se encuentran la alimentación, específicamente el contenido y consumo excesivo o, en su defecto, deficitario de los macronutrientes presentes en la dieta, debido a que esta puede afectar directamente la composición corporal y, por lo tanto, la evaluación pre y post entrenamiento de los participantes. Los hidratos de carbono y las grasas son las principales fuentes de energía para nuestro cuerpo y de ambos, los hidratos de carbono nos proporcionan la energía necesaria para mantener una óptima y adecuada contracción muscular. Las proteínas, no son una fuente de energía, sin embargo, posterior al ejercicio se incrementa en forma significativa la síntesis

proteica, aspecto que mantiene un balance nitrogenado positivo. Por lo tanto, la dieta debe fundamentarse en aportar la energía apropiada, otorgar nutrientes para la mantención y reparación de los tejidos, especialmente el muscular y regular el metabolismo muscular. (Olivos, et al. 2012).

Además, se encuentra la regularidad y la calidad del sueño, porque pueden alterar el rendimiento de los participantes durante los entrenamientos y las evaluaciones. Las dos variables mencionadas anteriormente están íntimamente relacionadas. Reverter-Masia, et al. 2017 demostraron que la calidad del sueño influía directamente en la conducta alimentaria, debido a que la reducción del sueño acrecienta la producción de ghrelina, hormona que aumenta el apetito y, por otro lado, reduce la secreción de leptina, hormona que disminuye el apetito y, en consecuencia, aparece un incremento de la ingesta calórica generalmente en la noche, provocando un cansancio que reduce la actividad física, disminuyendo así, el rendimiento durante en el entrenamiento.

Por último, la forma de evaluación de la inmovilización fue de forma autoevaluada, por lo que también es un factor desconcertante, porque no se dispone de una forma de corroborar directamente (por ejemplo mediante electromiografía de superficie continua u acelerometría directa) el registro de las horas de uso diario del cabestrillo.

3.10 Protocolo de procedimientos de evaluación.

Posterior a la firma del consentimiento informado (Adjunto en el Anexo N°1) a los participantes que pertenecieron a los grupos de entrenamiento, se les realizó una familiarización una semana previo al comienzo de la intervención, donde se les explicó en qué consistían las mediciones, se presentaron los implementos a utilizar, firmaron el consentimiento informado y se les hizo entrega del cabestrillo de inmovilización de hombro, utilizado durante el periodo de intervención (Adjunto en Anexo 2). Además, se sugirió que continuaran con sus actividades de la vida diaria de manera normal, evitando el consumo de fármacos e ingesta de suplementos nutritivos y, por sobre todo, se hizo especial énfasis en no realizar ningún tipo de entrenamiento fuera del que se centra este estudio (Valdés et al, 2020).

Los procedimientos de evaluación fueron realizados pre y post intervención, siempre medidas por el mismo evaluador, en las mismas condiciones y en el mismo lugar. Para llevar a cabo esto, se citó a los participantes en horario AM con la condición de un ayuno de 8 horas, para así evaluar los componentes de antropometría y composición corporal. Luego de estas mediciones, los participantes eran autorizados a consumir un snack , enfatizando en la no ingesta de cafeína, para la medición de la fuerza dinámica (CVDM), fuerza isométrica (CIVM) y SPA. Al día siguiente, se convocó a los participantes para realizar la medición de 1-RM. Los protocolos de medición de cada una de las variables dependientes, se describen detalladamente en los anexos adjuntos y señalados para cada variable.

3.11 Protocolos de evaluación.

3.11.1 Evaluación de la función neuromuscular

3.11.1.1 Fuerza máxima (1RM CON, CIVM, CVDM CON y CVDM EXC)

Para evaluar la fuerza dinámica máxima se utilizó la evaluación de 1RM concéntrico de manera directa y evaluación de dinamometría en acción muscular concéntrica y excéntrica.

Para la prueba de 1RM concéntrico, se utilizó una mancuerna en el brazo a evaluar, para así realizar el protocolo de medición. Este protocolo consta de un calentamiento de 10 repeticiones al 50% del RM estimado por la persona, seguido de 5 repeticiones al 70%, luego 3 repeticiones al 80% y, para finalizar, 1 repetición al 90% de 1RM, seguido de 3 intentos para así determinar el RM real (Ferguson, 2014). El protocolo de evaluación se encuentra adjunto en el Anexo 3.

Para la prueba de dinamometría concéntricas, excéntrica e isométrica se implementó el uso de un sistema de evaluación clínica denominado Dinamómetro de Fuerza Isoforce ®. Este sistema de evaluación permitió medir Contracciones Isométricas Voluntarias Máximas (CIVM) en flexores de codo y Contracciones Dinámicas Concéntricas y Excéntricas (CVDM) en flexores de codo. Para cada una de estas mediciones, se consideraron 3 intentos, utilizando el Peak de Torque (Nm) para su posterior análisis (Park, et al. 2013). El protocolo de evaluación se encuentra adjunto en el Anexo 4.

3.11.1.2 Sensación de posición articular

Se midió a través del uso del protocolo de la prueba de posicionamiento activo de la articulación de codo, en donde los participantes se ubicaron sedentes en un sistema de rehabilitación y evaluación clínica denominado Dinamómetro de Fuerza Isoforce®. A cada uno se le indicará que con los ojos cerrados logre imitar la posición propuesta al 50 y 30% del rango de movimiento previamente descrito de 120° de flexoextensión de codo (Jung & Choi, 2019). Primero se realizó un ajuste del rango completo de flexoextensión de codo en el dinamómetro de Isoforce® de 120°. Luego, se calculó el 50 y 30% de este rango completo de flexoextensión de codo, logrando así 60 y 36° respectivamente. Después de esto, se midió la SPA en flexión. Se le pidió a los participantes, con los ojos abiertos, observar la posición que el tesista llevaba la Isoforce® a los rangos previamente descritos de flexión de codo; esto se realizó 3 veces con descansos de 60 segundos entre cada intento. Finalmente, se les pidió realizar 3 intentos en donde el paciente debía imitar la posición anterior, pero ahora con los ojos cerrados y él llevar la Isoforce®, también con descansos de 60 segundos entre cada intento, registrando los grados alcanzados para su posterior análisis. Se realizó en ambos brazos y el mismo procedimiento se llevó a cabo para la extensión. Entre cada medición de los dos movimientos existió un descanso de 180 segundos.

El protocolo de evaluación se encuentra explícito adjunto en el Anexo 5. Para el posterior análisis, se utilizó la mediana de tres intentos agrupados.

3.11.2 Evaluación de la Composición corporal y Antropometría

Para la medición de estas variables se determinó el Perímetro de brazo Corregido como la variable de mayor interés, evaluado a través de una cinta métrica Lufkin ® las circunferencias y mediante un caliper básico los pliegues Bicipital y Tricipital (Benítez et al. 2016). Además se evaluaron más componentes de la antropometría, como los porcentajes de grasa y masa libre de grasa, tanto de el BND y BD, la masa grasa en kilogramo y el IMC. Estos indicadores se evaluaron mediante un sistema de bioimpedancia tetrapolar, de marca Inbody ®. El protocolo de evaluación se encuentra adjunto en el Anexo 6, donde se encuentra paso a paso el procedimiento.

3.11.3 Evaluación del dolor, carga física y mental y funcionalidad de miembro superior

Dolor: Se implementó el uso de la escala visual análoga (EVA), que permitió evaluar los mínimos cambios de la percepción del dolor de los sujetos. (Reed & Van Nostran, 2014). Se evaluó posterior a cada sesión en los sujetos que recibieron entrenamiento. Para el posterior análisis, se utilizó el promedio de los valores semanales de entrenamiento como indicador de dolor semanal.

Carga física y mental: Se aplicó la escala NASA-TLX, que tiene el fin de evaluar la carga física y mental de la persona, donde se midieron las variables de exigencias mentales, exigencias físicas, exigencias temporales, rendimiento, esfuerzo y nivel de frustración y, dependiendo del puntaje obtenido por la persona, se categorizó entre bajo, medio y alto después de cada sesión de entrenamiento. Se evaluó posterior a cada sesión en los sujetos que recibieron entrenamiento. Para el posterior análisis, se utilizó el promedio de los valores semanales de entrenamiento como indicador semanal.

Funcionalidad de la extremidad superior: Se midió a través de la “Escala de funcionalidad de la extremidad superior” (DASH) en donde se usó como indicador la puntuación total DASH, que consiste en cuatro componentes, que son movilidad de hombro y fuerza, actividades manuales, síntomas y autoimagen. Esta escala presenta una fiabilidad test-retest y una coherencia interna que supera el valor de 0,95, según estudios realizados para determinar la fiabilidad y validez en diferentes zonas de la extremidad superior. Además, presenta una alta sensibilidad al cambio con diferentes patologías, tales como, manguito rotador, osteoartritis de hombro, síndrome del túnel carpiano, etc. (Garcia Gonzalez, et al. 2017).

3.13 Descripción de las intervenciones

A los participantes que pertenecieron a los grupos de entrenamiento, se realizó una familiarización dos semanas previas al comienzo de la intervención, donde se explicó en qué consistieron las mediciones, se presentaron los implementos a utilizar y firmaron el consentimiento informado. Además, se les sugirió que continuaran con sus actividades de la vida diaria normal, evitando el consumo de fármacos e ingesta de suplementos nutritivos y, por sobre todo, se hizo especial énfasis en no realizar ningún tipo de entrenamiento fuera del que se centra este estudio (Valdés et al, 2020).

Para el grupo de Inmovilización, sólo se les indico utilizar el cabestrillo durante 8 horas al día, y consignar su uso en la planilla de registro, adjunta en el anexo 8.

Para el entrenamiento acoplado concéntrico - excéntrico, el participante sentado en un banco Scott ®, debía flexionar el codo con una mancuerna que el terapeuta situará en su mano. La fase concéntrica debía tener una duración de cuatro segundos y, una vez que llegue a los 130° de flexión, deberá bajar lentamente en un tiempo de cuatro segundos en la fase excéntrica. Para mejorar la coordinación del tiempo de movimiento se usó un metrónomo, mediante la aplicación Metrónomo Cifra Club. El peso de las mancuernas se definió según el protocolo descrito en la Tabla N° 2 y según la medición de 1 RM previa a la intervención.

Para el protocolo excéntrico acentuado el participante, sentado también en un banco Scott ®, debía realizar sin asistencia la fase concéntrica en cuatro

segundos y, cuando llegaba a los 130° de flexión, se agregaba una carga extra (un disco a cada lado de la mancuerna) que aumenta un 20% la carga en la fase excéntrica y debía bajar en un tiempo de cuatro segundos igualmente, generando el efecto de excéntrico acentuado al aumentar la fuerza de resistencia en la fase excéntrica. Para mejorar la coordinación del tiempo de movimiento se usó un metrónomo, mediante la aplicación Metrónomo Cifra Club. El peso de las mancuernas se definió según el protocolo descrito en la Tabla N° 2 y según la medición de 1 RM previa a la intervención.

Los pesos de las mancuernas utilizadas en ambos sujetos de intervención se encuentran declarados en la tabla N° 3.

Tabla N° 2. Protocolos de Intervención.

	Acoplado Concéntrico Excéntrico		Excéntrico Acentuado		
	Series/ Repeticiones	Intensidad	Series/ Repeticiones	Intensidad Fase Concéntrica	Intensidad Fase Excéntrica
Semana 1	3x10	60% 1RM	3x10	60% 1RM	80% 1RM
Semana 2	6x8	70% 1RM	4x8	70% 1RM	90% 1RM
Semana 3	5x6	80% 1RM	3x6	80% 1RM	100% 1RM
Semana 4	5x6	100% 1RM	3x5	90% 1RM	110% 1RM

Tabla N° 3. Cargas externas utilizadas en los Entrenamientos.

	Acoplado Concéntrico Excéntrico		Excéntrico Acentuado		
	Series/ Repeticiones	Intensidad	Series/ Repeticiones	Intensidad Fase Concéntrica	Intensidad Fase Excéntrica
Semana 1	3x10	4 Kg.	3x10	6 Kg.	8 Kg.
Semana 2	6x8	5 Kg.	4x8	7 Kg.	9 Kg.
Semana 3	5x6	6 Kg.	3x6	8 Kg.	10 Kg.

Semana 4	5x6	7 Kg.	3x5	9 Kg.	11 Kg.
----------	-----	-------	-----	-------	--------

3.14 Análisis estadístico

Este estudio, al ser un pilotaje, no contempla análisis estadístico inferencial. En su defecto, se realizó la descripción de resultados reportando los valores absolutos y porcentajes de cambio para cada variable en cada participante del estudio. Los resultados fueron descritos en tablas y gráficos para su fácil comprensión e interpretación respecto a la factibilidad, uso diario y correcto del cabestrillo, cumplimiento a las sesiones de evaluación y entrenamiento (NASA-TLX, dolor y DASH), y resultados obtenidos de las variables dependientes del estudio (1-RM concéntrico, CIVM, CVDM CON, CVDM EXC, SPA). Se utilizó el programa GraphPad PRISM 8 para la tabulación y diseño de los gráficos del estudio.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1 Descripción de la Muestra

Para la presente investigación y su evaluación de factibilidad del protocolo de estudio durante la pandemia del virus SARS COVID 19, se implementó un estudio piloto, donde solo se logró reclutar un N=4, aleatorizando su distribución en grupo EXC-AC, EXC-CON, INMOV y CTRL. Los participantes reclutados correspondieron a 2 hombres y 2 mujeres de edades de entre 23 - 28 años e IMC entre 21.1 a 28.3 kg/m². Las características basales de los participantes de cada grupo de intervención se muestran en la tabla N° 4.

Tabla N° 4. Características basales de la muestra.

SUJETO	EDAD	GÉNERO	TALLA	PESO	IMC
CTRL	23	MASC.	178 cm.	89.7	28.3
INM	23	FEM.	157 cm.	58.3	22.6
CON - EXC	22	FEM.	160 cm.	55	20.9
EXC - ACC	28	MASC.	174 cm.	62.7	21.1

4.2 Tiempo de Inmovilización mediante el uso del cabestrillo

El tiempo de inmovilización promedio expresado en horas diarias de utilización del cabestrillo en cada semana, se muestra para cada participante en la tabla N° 5.

Tabla N° 5. Promedio semanal de horas diarias de uso del cabestrillo

SUJETO	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
CTRL	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
INMOV	7 HORAS	8 HORAS	8 HORAS	8 HORAS
CON - EXC	7 HORAS	7 HORAS	7 HORAS	8 HORAS
EXC - ACC	8 HORAS	7 HORAS	7 HORAS	8 HORAS

4.3 Asistencia a las sesiones de entrenamiento

Los participantes del estudio, lograron el cumplimiento a todas las evaluaciones pre y post intervención y quienes recibían entrenamiento, asistieron al 100% de estos durante las 4 semanas, además de presentarse a la familiarización que se llevó a cabo una semana antes de las evaluaciones.

La asistencia a las evaluaciones y entrenamientos de los participantes se muestra en el anexo 7.

4.4 Demanda Física y Mental

4.4.1 Cuestionario NASA TLX

La carga física y mental percibida por los sujetos de los grupos CON-EXC Y EXC-ACC en cada semana, se describen de forma gráfica en la figura N° 1.

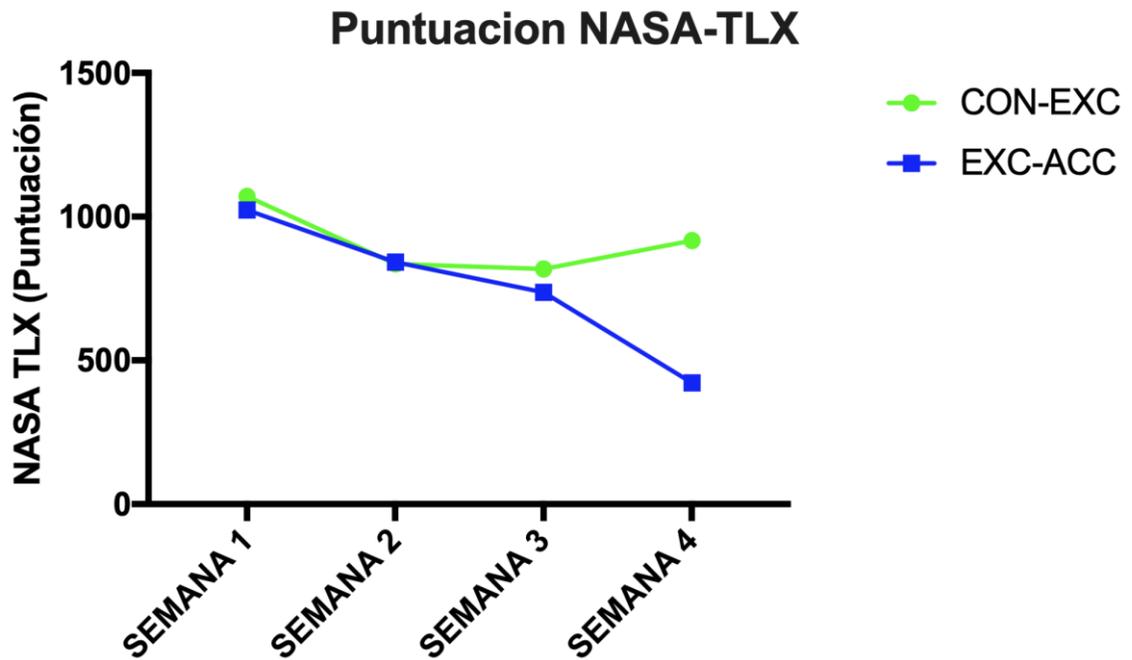


Figura 1. Gráfico de la demanda física y mental medida en el cuestionario NASA-TLX, en los grupos CON - EXC y EXC - ACC, en las 4 semanas de intervención. Considerando el valor de la mediana entre los tres días de entrenamiento semanal

4.4.2 Funcionalidad de Extremidad Superior, cuestionario DASH

La variable Funcionalidad de Extremidad Superior fue medida mediante el cuestionario DASH previo y posterior a la intervención. En esta variable, todos los sujetos presentaron un valor pre de 34/150 y un valor post de 34/150, en donde omitieron dos ítems (opcionales).

Los cambios anteriormente mencionados se describen de forma gráfica en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6. Resultados DASH

SUJETO	DASH PRE	DASH POST
CTRL	34	34
INM	34	34
CON - EXC	34	34
EXC - ACC	34	34

4.5 Función Neuromuscular

4.5.1. Una repetición máxima (1-RM) concéntrica de los flexores de codo

El sujeto control, para la variable 1-RM, del brazo dominante, mostró un valor pre de 16,5 Kg. y posterior a la intervención mostró un valor de 17,3 Kg., lo que representa una variación porcentual positiva en 1-RM de un 5% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 16,2 Kg. y posterior a la intervención mostró un valor de 16,3 Kg. , lo que representa una variación porcentual positiva de 1-RM en el brazo no dominante de un 1% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que solo recibió inmovilización, para la variable 1-RM, del brazo dominante, mostró un valor pre de 7 Kg. y posterior a la intervención mostró un valor de 8 Kg., lo que representa una variación porcentual positiva de un 14% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 8 Kg. y posterior a la intervención mostró un valor de 5 Kg., lo que representa una variación porcentual negativa de un 38% con respecto a la evaluación basal.

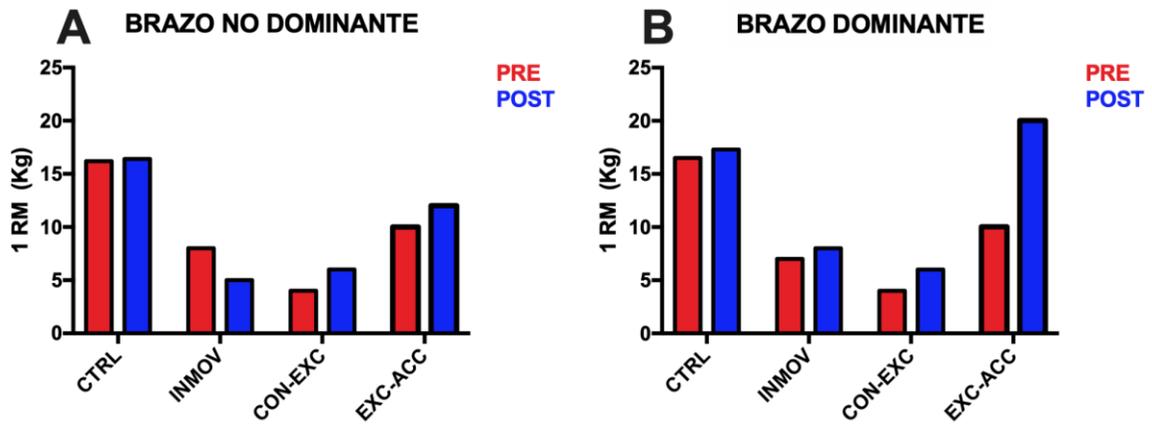
El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado, para la variable 1-RM, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 4 Kg. y posterior a la intervención mostró un valor de 6 Kg., lo que representa una variación porcentual positiva de un 50% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 4 Kg. y posterior a la intervención mostró un valor de 5 Kg., lo que representa una variación

porcentual positiva de un 25% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico acentuado, para la variable 1-RM, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 10 Kg. y posterior a la intervención mostró un valor de 20 Kg., lo que representa una variación porcentual positiva de un 100% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 10 Kg. y posterior a la intervención mostró un valor de 12 Kg., lo que representa una variación porcentual positiva de un 20% con respecto a la evaluación basal.

Los cambios anteriormente mencionados se describen de forma gráfica en la figura N° 2.

1 RM de flexores de codo



% de cambio de 1 RM de flexores de codo

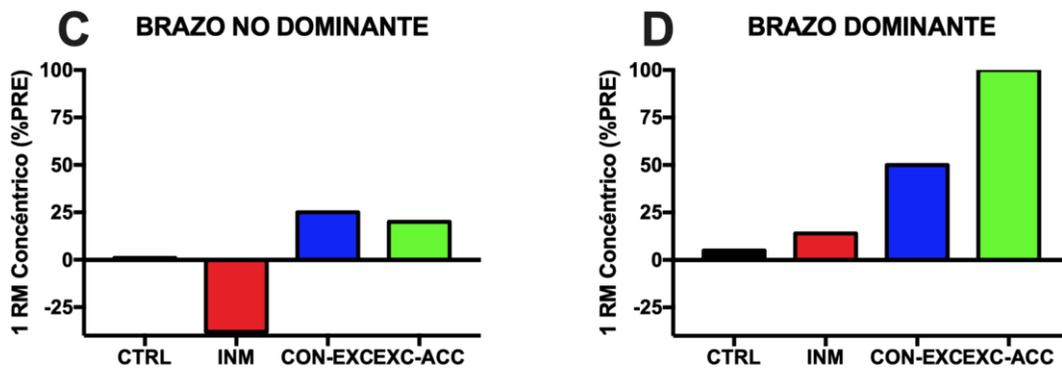


Figura 2. A: Gráfico de análisis de 1 RM pre y post intervención del brazo no dominante (Inmovilizado). B: Gráfico de análisis de 1 RM pre y post intervención del brazo dominante (Entrenado). C: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de 1 RM en el brazo no dominante (Inmovilizado). D: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de 1 RM en el brazo dominante (entrenado).

4.5.2 CIVM de los flexores de codo (CIVM FLEX)

El sujeto control, para la variable CIVM FLEX del brazo dominante, mostró un valor pre de 53,3 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 55,6 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 4,3% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 56,2 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 58 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 3,2% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que solo recibió inmovilización, para la variable CIVM FLEX , del brazo dominante, mostró un valor pre de 20 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 21,1 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 5,5% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 24,4 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 21,7 Nm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 11,1% con respecto a la evaluación basal.

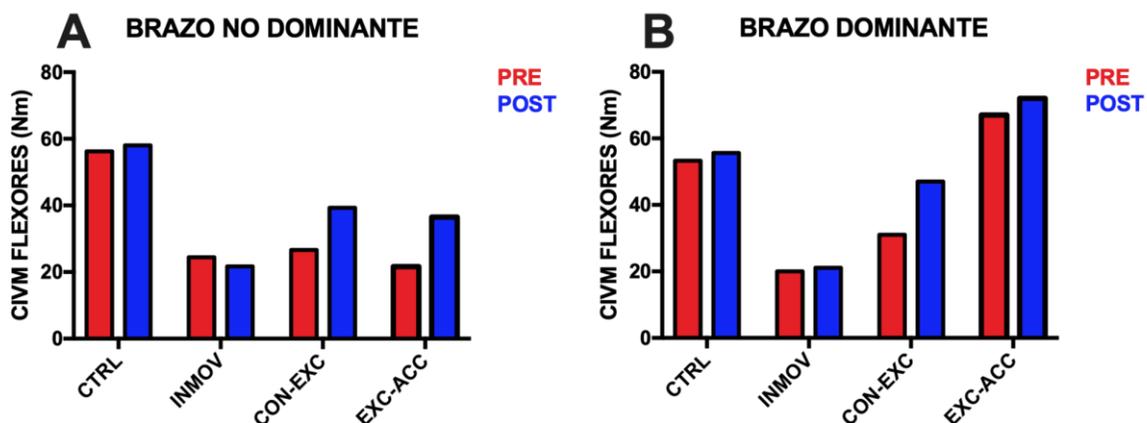
El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado, para la variable CIVM FLEX, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 31 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 47 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 51,6% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 26,6 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 39,3 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 47,7% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico acentuado, para la variable CIVM FLEX, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 67 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 72 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 7,5% con respecto a la evaluación basal. En el

brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 21,6 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 36,5 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 69% con respecto a la evaluación basal.

Los cambios anteriormente mencionados se describen de forma gráfica en la figura N° 3.

CIVM de flexores de codo



% de variación de CIVM de Flexores de codo

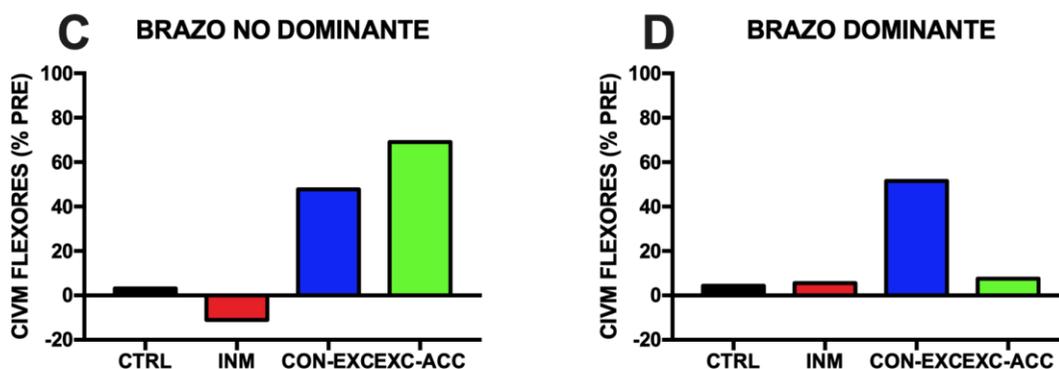


Figura 3. A: Gráfico de análisis de CIVM FLEX pre y post intervención del brazo no dominante (Inmovilizado). B: Gráfico de análisis de CIVM FLEX pre y post intervención del brazo dominante (Entrenado). C: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de CIVM FLEX en el brazo no dominante (Inmovilizado). D: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de 1 RM en el brazo dominante (entrenado).

4.5.3 CVDM concéntrica de los flexores de codo (CVDM CON FLEX)

El sujeto control, para la variable CVDM CON FLEX, del brazo dominante, mostró un valor pre de 50,9 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 48,6 Nm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 4,5% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 50,1 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 49,1 Nm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 2% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que solo recibió inmovilización, para la variable CVDM CON FLEX, del brazo dominante, mostró un valor pre de 13,3 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 17,4 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 30,8% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 16,3 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 13,3 Nm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 18,4% con respecto a la evaluación basal.

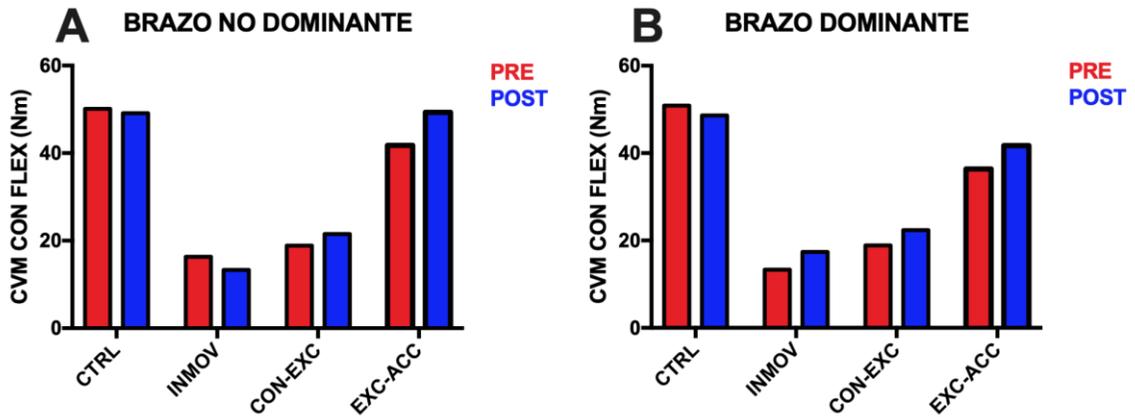
El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado, para la variable CVDM CON FLEX, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 18,9 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 22,4 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 18,5% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 18,9 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 21,5 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 13,8% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico acentuado, para la variable CVDM CON FLEX, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 36,4 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 41,7 Nm, lo que

representa una variación porcentual positiva de un 14,6% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 41,7 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 49,3 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 18,2% con respecto a la evaluación basal.

Los cambios anteriormente mencionados se describen de forma gráfica en la figura N° 4.

CVDM Concéntrica de flexores de codo



% de cambio CVDM Concéntrica de flexores de codo

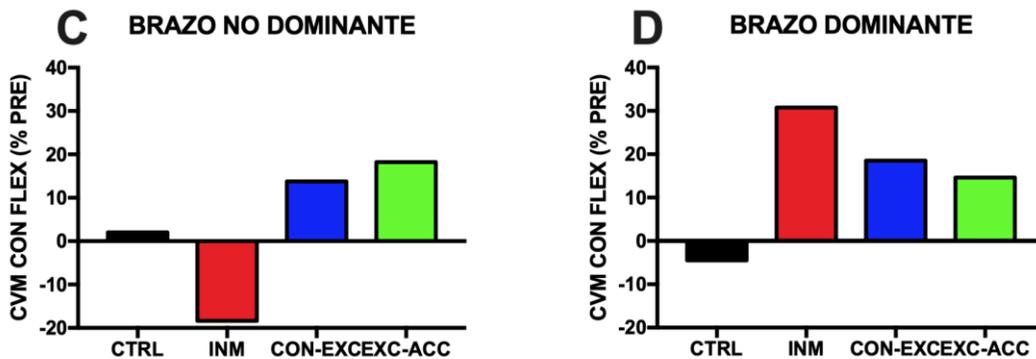


Figura 4. A: Gráfico de análisis de CVDM concéntrica de flexores pre y post intervención del brazo no dominante (Inmovilizado). B: Gráfico de análisis de CVDM concéntrica de flexores pre y post intervención del brazo dominante (Entrenado) C: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de CVDM concéntrica de flexores en el brazo no dominante (Inmovilizado). D: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de CVDM concéntrica de flexores en el brazo dominante (Entrenado).

4.5.4 CVDM excéntrica de flexores de codo (CVM EXC FLEX)

El sujeto control, para la variable CVDM EXC FLEX, del brazo dominante, mostró un valor pre de 69,4 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 68,4 Nm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 1,4% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 62,5 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 60,1 Nm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 3,8% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que solo recibió inmovilización, para la variable CVDM EXC FLEX, del brazo dominante, mostró un valor pre de 53,2 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 14,5 Nm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 72,7% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 35 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 24,1 Nm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 31,1% con respecto a la evaluación basal.

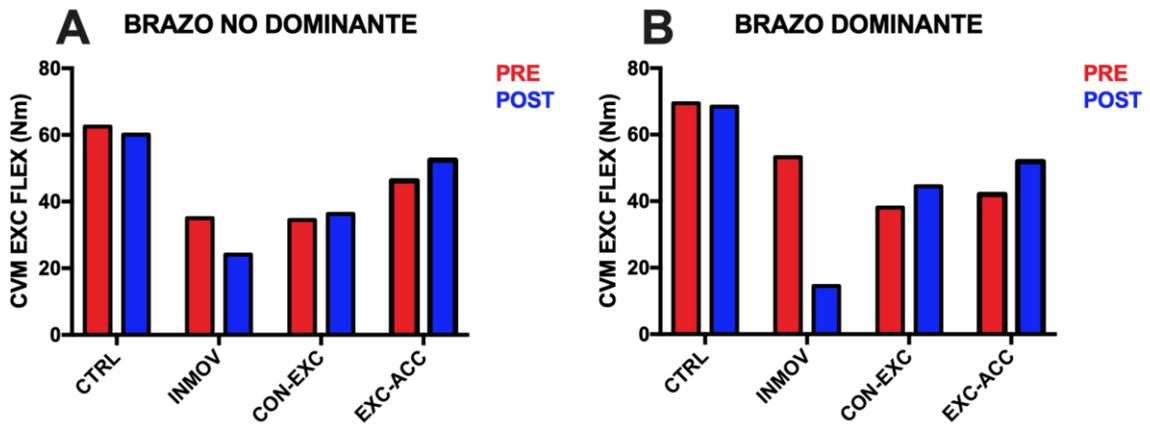
El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado, para la variable CVDM EXC FLEX, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 38,1 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 44,5 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 16,8% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 34,5 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 36,3 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 5,2% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico acentuado, para la variable CVDM EXC FLEX, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 42 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 51,9 Nm, lo que

representa una variación porcentual positiva de un 23,6% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 46,2 Nm y posterior a la intervención mostró un valor de 52,4 Nm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 13,4% con respecto a la evaluación basal.

Los cambios anteriormente mencionados se describen de forma gráfica en la figura N° 5.

CVDM Excéntrica de flexores de codo



% de cambio CVDM Excéntrica de flexores de codo

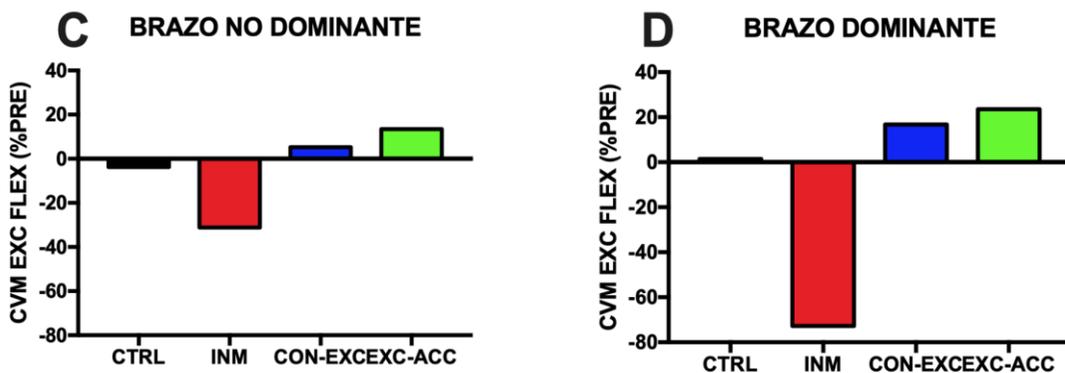


Figura 5. A: Gráfico de análisis de CVDM excéntrica de flexores pre y post intervención del brazo no dominante (Inmovilizado). B: Gráfico de análisis de CVDM excéntrica de flexores pre y post intervención del brazo dominante (Entrenado). C: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de CVDM excéntrica de flexores en el brazo no dominante (Inmovilizado). D: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de CVDM excéntrica de flexores en el brazo dominante (Entrenado)

4.6 Sensación de posición articular en flexo-extensión de codo

4.6.1 Sensación de posición articular en extensión al 30% de ROM disponible (SPA EXT 30%)

El sujeto control, para la variable SPA EXT 30%, del brazo dominante, mostró un valor pre de 3 y posterior a la intervención mostró un valor de 4, lo que representa una variación porcentual positiva de un 120% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 7 y posterior a la intervención mostró un valor de 3, lo que representa una variación porcentual negativa de un 57% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que solo recibió inmovilización, para la variable SPA EXT 30%, del brazo dominante, mostró un valor pre de 2 y posterior a la intervención mostró un valor de 6, lo que representa una variación porcentual positiva de un 200% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 2 y posterior a la intervención mostró un valor de 2, lo que representa una variación de 0 con respecto a la evaluación basal.

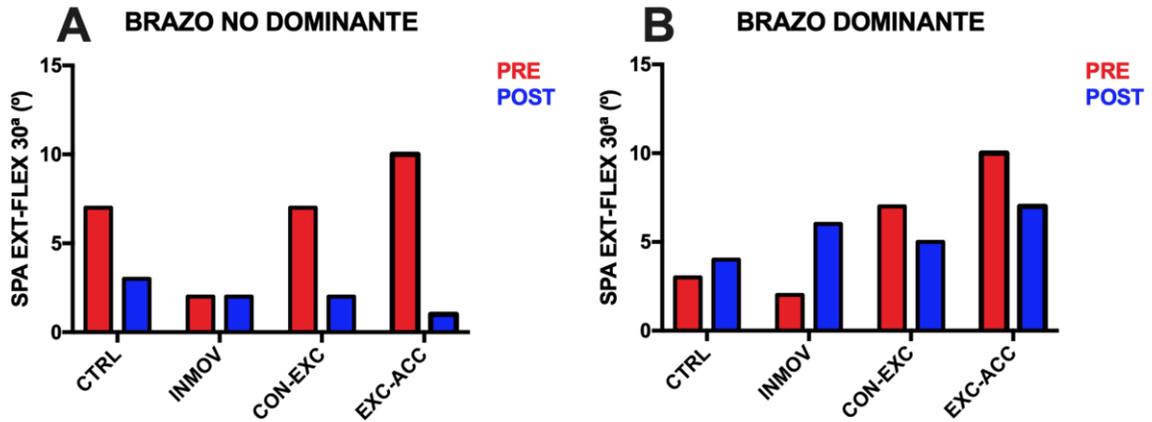
El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado SPA EXT 30%, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 7 y posterior a la intervención mostró un valor de 5, lo que representa una variación porcentual negativa de un 28% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 7 y posterior a la intervención mostró un valor de 2, lo que representa una variación porcentual negativa de un 71% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico acentuado, para la

variable SPA EXT 30%, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 10 y posterior a la intervención mostró un valor de 7, lo que representa una variación porcentual negativa de un 30% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 10 y posterior a la intervención mostró un valor de 1, lo que representa una variación porcentual negativa de un 90% con respecto a la evaluación basal.

Los cambios anteriormente mencionados se describen de forma gráfica en la figura N° 6.

SPA EXT-FLEX 30°



% de cambio SPA EXT-FLEX 30°

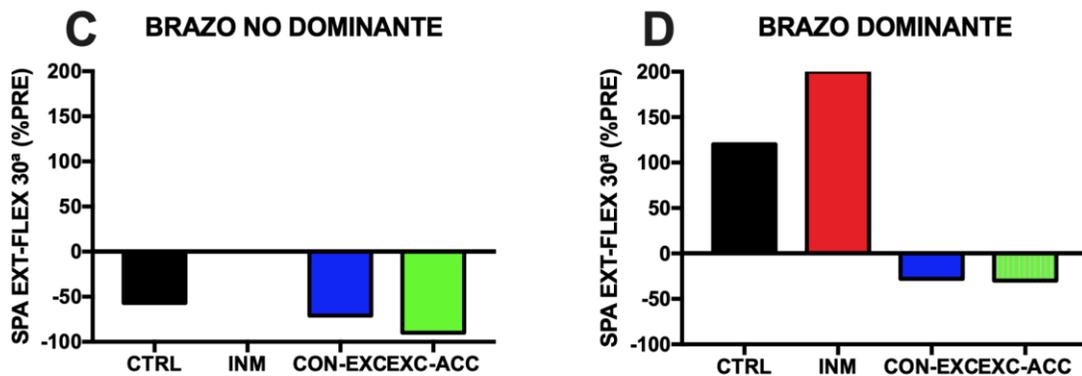


Figura 6. A: Gráfico de análisis de mediana de 3 intentos de reposicionamiento activo al 30% de rango de flexión desde los 120° pre y post intervención del brazo no dominante (Inmovilizado). B: Gráfico de análisis de mediana de 3 intentos de reposicionamiento activo al 30% de rango de flexión desde los 120° pre y post intervención del brazo dominante (Entrenado) C: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de mediana de 3 intentos de reposicionamiento activo al 30% de rango de flexión desde los 120° en el brazo no dominante (Inmovilizado). D: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de mediana de 3 intentos de reposicionamiento activo al 30% de rango de flexión desde los 120° en el brazo dominante (Entrenado)

4.6.2 Sensación de posición de flexión al 30% de ROM disponible (SPA FLEX 30%)

El sujeto control, para la variable SPA FLEX 30%, del brazo dominante, mostró un valor pre de 5 y posterior a la intervención mostró un valor de 4, lo que representa una variación porcentual negativa de un 20% con respecto a la evaluación basal. mostró un valor pre de 6 y posterior a la intervención mostró un valor de 10, lo que representa una variación porcentual positiva de un 66% con respecto a la evaluación basal

El sujeto que solo recibió inmovilización, para la variable SPA FLEX 30%, del brazo dominante, mostró un valor pre de 4 y posterior a la intervención mostró un valor de 3, lo que representa una variación porcentual negativa de un 25% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 2 y posterior a la intervención mostró un valor de 5, lo que representa una variación porcentual positiva de un 150% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado, para la variable SPA FLEX 30%, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 12 y posterior a la intervención mostró un valor de 2, lo que representa una variación porcentual negativa de un 83% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 9 y posterior a la intervención mostró un valor de 2, lo que representa una variación porcentual negativa de un 77% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico acentuado, para la variable SPA FLEX 30%, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 5 y posterior a la intervención mostró un valor de 1, lo que representa una variación porcentual negativa de un 80% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no

dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 2 y posterior a la intervención mostró un valor de 1, lo que representa una variación porcentual negativa de un 50% con respecto a la evaluación basal.

Los cambios anteriormente mencionados se describen de forma gráfica en la figura N° 7.

SPA EXT-FLEX 30°

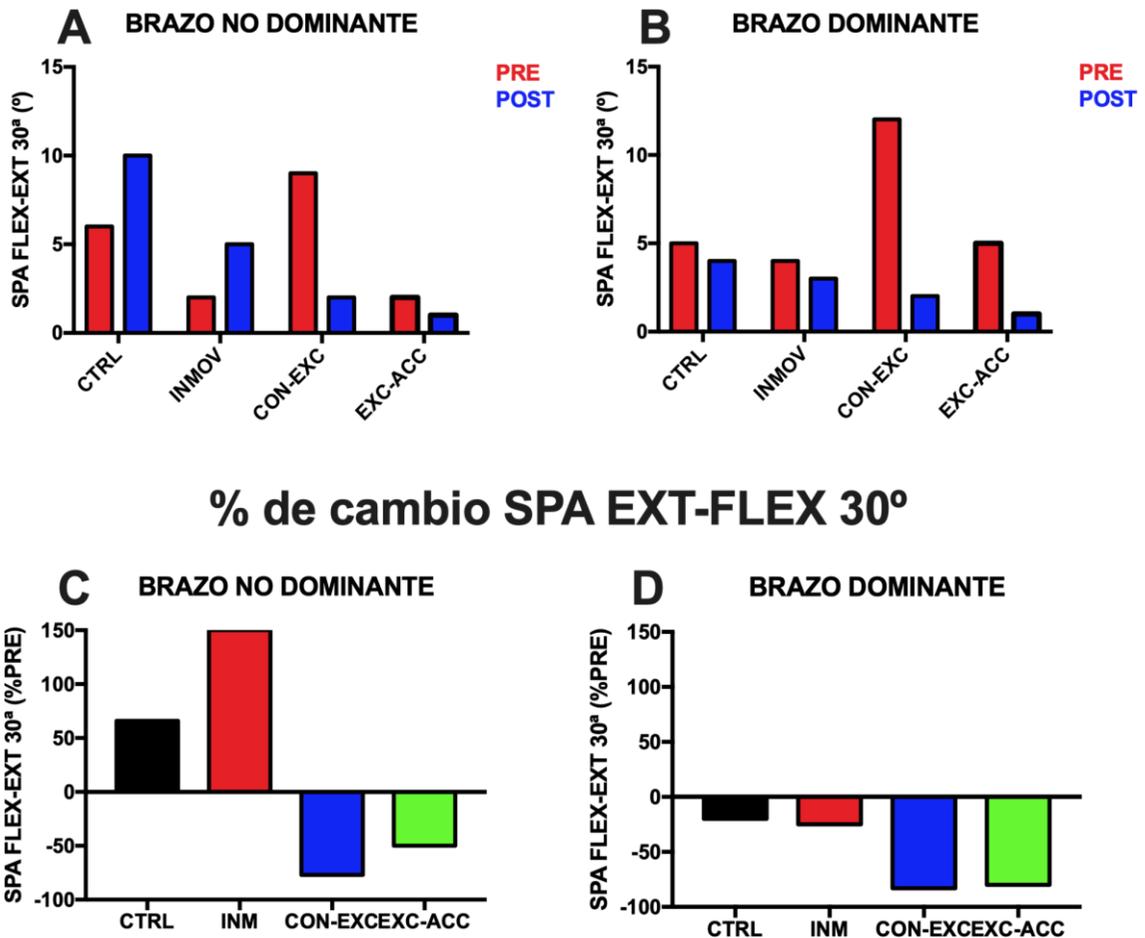


Figura 7. A: Gráfico de análisis de mediana de 3 intentos en posicionamiento activo a 30% de rango de extensión desde los 120° pre y post intervención del brazo no dominante (Inmovilizado). B: Gráfico de análisis de mediana de 3 intentos en posicionamiento activo a 30% de rango de extensión desde los 120° pre y post intervención del brazo dominante (Entrenado) C: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de mediana de 3 intentos en posicionamiento activo a 30% de rango de extensión desde los 120° en el brazo no dominante (Inmovilizado). D: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de mediana de 3 intentos en reposicionamiento activo a 30% de rango de extensión desde los 120° en el brazo dominante (Entrenado).

4.7 Dolor

El dolor percibido al final de cada sesión de entrenamiento de los participantes que recibieron entrenamiento excéntrico - concéntrico acoplado y excéntrico acentuado se muestra en la figura N° 8.

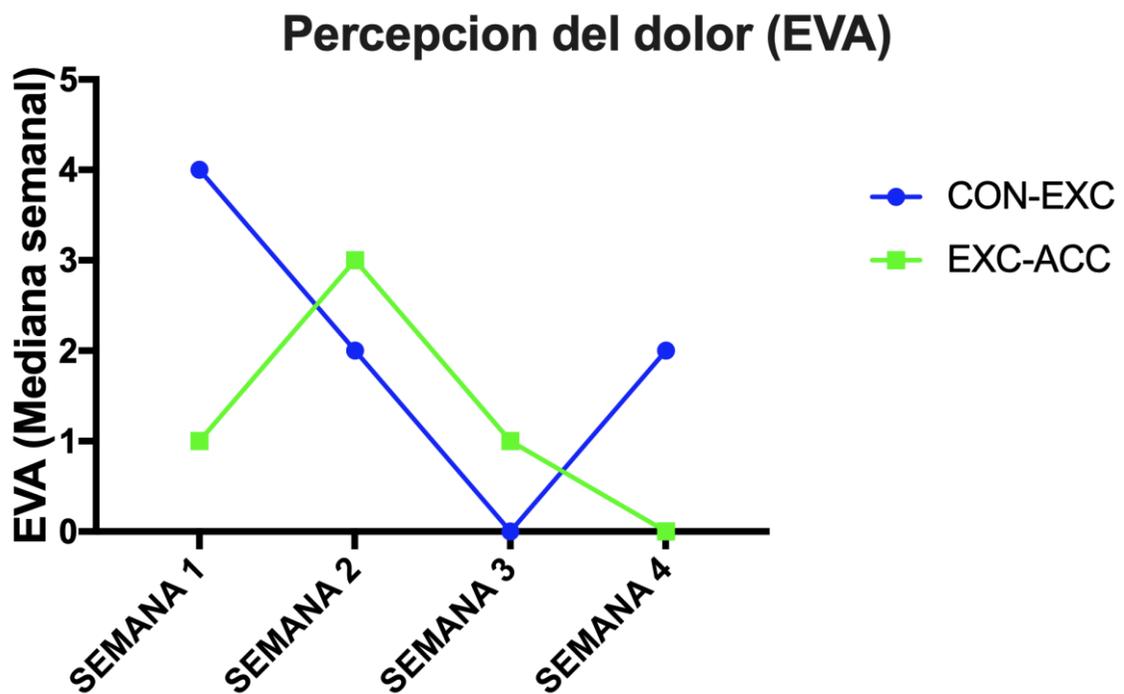


Figura 8. Gráfico de análisis de evaluación del dolor medido a través de eva, en los grupos con-exc y exc-acc, en las 4 semanas de intervención. Considerando el valor de la mediana entre los tres días de entrenamiento semanal

4.8 Antropometría

4.8.1 *Perímetro de Brazo Corregido*

El sujeto control, para la variable perímetro de brazo corregido, del brazo dominante, mostró un valor pre de 33,6 cm y posterior a la intervención mostró un valor de 32,6 cm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 3% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 32,9 cm y posterior a la intervención mostró un valor de 33 cm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 0,3% con respecto a la evaluación basal.

El sujeto que solo recibió inmovilización, para la variable perímetro de brazo corregido, del brazo dominante, mostró un valor pre de 25 cm y posterior a la intervención mostró un valor de 25,4 cm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 2% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 25,1 cm y posterior a la intervención mostró un valor de 23,5 cm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 6% con respecto a la evaluación basal.

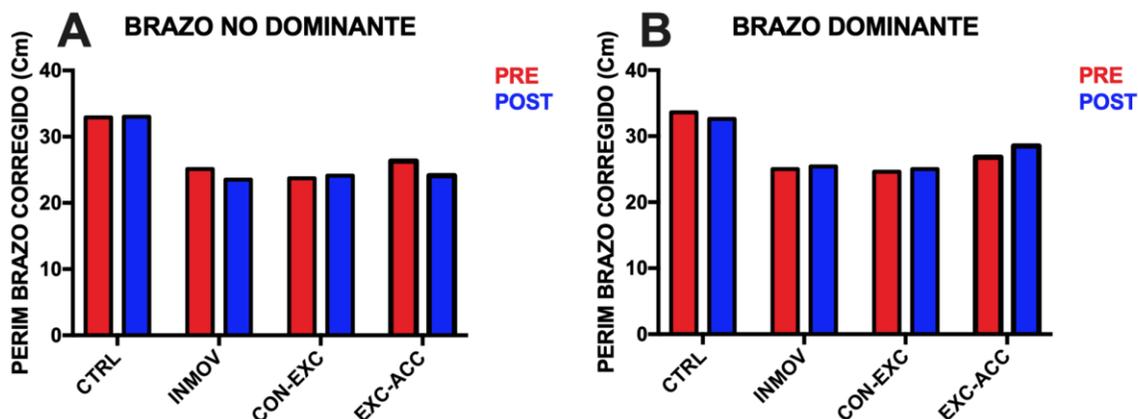
El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado, para la variable perímetro de brazo corregido, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 24,6 cm y posterior a la intervención mostró un valor de 25 cm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 2% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 23,7 cm y posterior a la intervención mostró un valor de 24,1 cm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 2% con respecto a la

evaluación basal.

El sujeto que recibió entrenamiento excéntrico acentuado, para la variable perímetro de brazo corregido, del brazo dominante entrenado, mostró un valor pre de 26,8 cm y posterior a la intervención mostró un valor de 28,5 cm, lo que representa una variación porcentual positiva de un 6% con respecto a la evaluación basal. En el brazo no dominante este mismo sujeto mostró un valor pre de 26,3 cm y posterior a la intervención mostró un valor de 24,1 cm, lo que representa una variación porcentual negativa de un 8% con respecto a la evaluación basal.

Los cambios anteriormente mencionados se describen de forma gráfica en la figura N° 9.

Perímetro de brazo corregido



% de cambio Perímetro de brazo Corregido

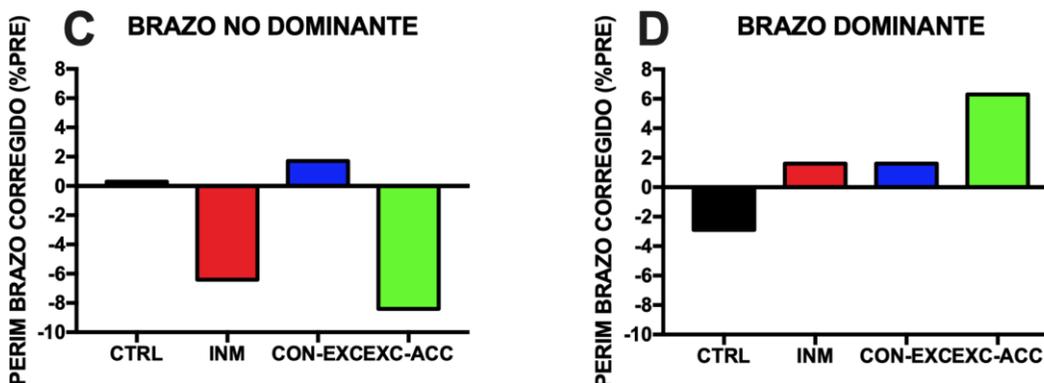


Figura 9. A: Gráfico de análisis de perímetro de brazo corregido pre y post intervención del brazo no dominante (Inmovilizado). B: Gráfico de análisis de perímetro de brazo corregido pre y post intervención del brazo dominante (Entrenado). C: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de perímetro de brazo corregido en el brazo no dominante (Inmovilizado). D: Gráfico de variación porcentual post intervención en relación al valor pre, de perímetro de brazo corregido en el brazo dominante (Entrenado).

4.8.2 Composición corporal

Los cambios en relación a la composición corporal del brazo dominante y brazo no dominante tuvieron una variación considerable, estos datos se expresan en la Tabla N° 7.

SUJETO	% MASA LIBRE DE GRASA BD		% MASA LIBRE DE GRASA BND	
	PRE	POST	PRE	POST
CTRL	102,8	105,8	102,4	105,9
INM	88,3	88,3	88,1	86,3
CON - EXC	71,7	70,3	71,3	69,3
EXC - ACC	93,9	86	89,1	83,8

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1 Principales Hallazgos

El presente estudio evaluó la factibilidad de un protocolo de entrenamiento de fuerza EXC-ACC y CONC-EXC realizado por el brazo dominante (no inmovilizado), durante una inmovilización con cabestrillo durante 4 semanas del brazo no dominante para evaluar y describir los cambios en las variables asociadas a función neuromuscular después de la inmovilización en sujetos jóvenes sanos.

Dentro de los principales hallazgos del presente estudio, hay que destacar que todos los participantes que recibieron inmovilización mediante cabestrillo, lograron cumplir con las 8 horas diarias estipuladas. Además, quienes recibieron el protocolo de entrenamiento EXC-AC y CONC-EXC se presentaron a la familiarización que se realizó una semana antes de iniciar el protocolo y también a las evaluaciones pre y post entrenamiento. Además y, en base a esto último, los participantes asistieron al 100% de las sesiones de entrenamiento durante las 4 semanas estipuladas. Estudios previos han demostrado resultados similares en relación al cumplimiento de la inmovilización y asistencia a las evaluaciones y entrenamientos, como el de Magnus et al. (2010), en donde se aplicó el método de la educación cruzada a 25 participantes, quienes recibieron un periodo de inmovilización más entrenamiento y otros solo inmovilización por un periodo de 4 semanas, para investigar los efectos sobre la fuerza, masa y activación muscular. Secundario a esto, se observó que los sujetos de este estudio asistieron a todas las sesiones de evaluación y entrenamiento, además de cumplir con las horas de inmovilización estipuladas. Otro estudio realizado por Pearce et al. (2012), usó estimulación magnética transcraneal para medir los efectos corticoespinales luego

de 3 semanas de un protocolo de entrenamiento del brazo dominante más inmovilización a través de cabestrillo. Se dividieron 28 participantes en 3 grupos: inmovilización más entrenamiento, solo inmovilización y un grupo control. Mediante una encuesta de cumplimiento autoinformada, se observó que los sujetos de los grupos que requerían el uso de cabestrillo, cumplieron con las 15 horas diarias de inmovilización; además los participantes asistieron a las 3 semanas de entrenamiento y a las evaluaciones previas y posteriores a este periodo.

El protocolo de intervención mediante el ejercicio EXC-ACC y CON-EXC fue bien tolerado por todos los participantes, según los datos rescatados por el cuestionario NASA-TLX, cuya validez y confiabilidad ha sido confirmada por varios estudios. En este cuestionario, se evaluó la carga física y mental de los participantes al realizar una tarea predispuesta que, en este caso, fue el entrenamiento. Dicho cuestionario, consta de 6 dimensiones: demanda mental, demanda física, demanda temporal, frustración, esfuerzo y rendimiento, determinando una puntuación general mediante el promedio de la puntuación total de las 6 dimensiones, categorizando los resultados en bajo (<500 puntos), medio (500-1000 puntos) y alto (>1000 puntos). Se realizó posterior a cada sesión de entrenamiento durante las 4 semanas y demostró que los sujetos obtuvieron un puntaje decreciente al paso de las semanas de intervención, demostrando así, que la carga física y mental disminuye al realizar el protocolo de entrenamiento tanto EXC-ACC como CON-EXC. Además, no existen estudios previos que analicen la CE y empleen un entrenamiento de resistencia más inmovilización, que utilicen la escala NASA-TLX y, por lo tanto, es necesario destacar que este es el primer estudio que analiza la carga física y mental con esta modalidad de entrenamiento, obteniéndose resultados que indicarían una factibilidad para el uso futuro de este protocolo.

Por otro lado y en relación a los entrenamientos de resistencia, se encuentran los siguientes hallazgos: 1) en el pilotaje se observó un aumento de la fuerza muscular en la extremidad entrenada y “ahorro” de la fuerza muscular en la extremidad inmovilizada (no entrenada), producto de los protocolos de

entrenamiento contralateral de tipo EXC-AAC y CONC-EXC; 2) se observó también una mejora en la SPA, mostrando una disminución en los grados de error de los sujetos que realizaron los programas de entrenamiento EXC-AC y CONC-EXC en el brazo inmovilizado (no entrenado); y 3) se evidenció una mantención de las variables de composición corporal de ambos brazos para los sujetos de entrenamiento EXC-ACC y CONC-EXC.

5.2 Efectos de la inmovilización

Durante las 4 semanas de inmovilización, las variaciones porcentuales del sujeto que solo recibió inmovilización fueron negativas, disminuyendo los valores de fuerza muscular (1RM: -38%, CIVM FLEX: -11,1, CVM CONC FLEX: -18,4%, CVM EXC FLEX: -31,1%), sensación de posición articular (SPS EXT 30%: 0%, SPS FLEX: +30%: +77%), perímetro de brazo corregido (-6%) en el brazo inmovilizado. Estos resultados son comparables con el estudio de Valdés et al. (2020) quien comparó los efectos del entrenamiento de resistencia contralateral excéntrico aislado y concéntrico-excéntrico acoplado, por un periodo de 4 semanas de entrenamiento, sumado a un periodo de inmovilización por el mismo tiempo, demostrando una disminución en la fuerza muscular (1RM: -14,4%, CIVM: -21,7%), circunferencia de brazo (-5,1) el cual es homólogo al perímetro de brazo corregido en este estudio y curiosamente hubo un aumento de los grados de error de la sensación de posición articular (87,4%). Estas variaciones negativas respaldan los efectos deletéreos de la inmovilización sobre la función neuromuscular de la extremidad superior. Resultados similares obtuvo el estudio de Magnus et al. (2010) quien aplicó, en un periodo de 3 semanas, un protocolo de entrenamiento contralateral mas inmovilización, para investigar los efectos sobre la fuerza muscular, masa muscular y activación muscular. Se dividieron 25 personas en 3 grupos, grupo de inmovilización más entrenamiento (n=8), solo inmovilización (n=8) y control (n=9). Se logró demostrar que los participantes del grupo que solo recibió inmovilización, obtuvieron una disminución de la masa muscular (-2,8%) y fuerza muscular (-1,6%). Pearce, et al. (2012), en su estudio reclutó a 28 participantes y los dividió en 3 grupos: inmovilización más entrenamiento, solo inmovilización y un grupo control, y también demostró una disminución de fuerza muscular isométrica (-10.0%), de 1-RM (-1.7%) y espesor muscular (-1.5%) posterior a 3 semanas de inmovilización. En relación a lo anterior, la inmovilización genera efectos desadaptativos agudos y crónicos, que incluyen pérdida de fuerza y atrofia

muscular principalmente, en donde los factores neurofisiológicos como la tasa de activación de unidades motoras, la tasa de desarrollo de fuerza y la excitabilidad neuronal contribuyen a esta rápida pérdida sobre todo, dentro de las primeras 4 semanas de inmovilización.

5.3 Efectos del entrenamiento contralateral en relación a la Fuerza muscular

5.3.1 Fuerza muscular en la extremidad no dominante, inmovilizada y no entrenada.

Para el brazo inmovilizado no entrenado, se observaron variaciones en los grupos de intervención con respecto a la fuerza 1-RM CON (CON-EXC: 25%; EXC-ACC: 20%; INMOV: -38%), CVDM CON (CON-EXC: +13,8%; EXC-ACC: +18,2; INMOV: -18,4%), CVDM EXC (CON-EXC: +5,2%; EXC-ACC: +13,4%; INMOV: -31,1%), CIVM (CON-EXC: +47,7%; EXC-ACC: +69%; INMOV: -11,1%). No es inusual que los sujetos entrenados obtengan un aumento en relación a la fuerza muscular, como lo observado en el estudio de Pearce et. al. (2012) en donde se informó que luego de 3 semanas de entrenamiento de resistencia concéntrico-excéntrico acoplado de los flexores de codo al 50-70% de su 1-RM, los sujetos obtuvieron una mantención en relación a la fuerza muscular (CVIM y 1-RM). Otro estudio de Moroto-Izquierdo et al. (2021) demostró que luego de 6 semanas de entrenamiento isoinercial EXC-ACC de extensores de rodilla, se obtuvieron ganancias en la fuerza muscular (1-RM) entre un 22-27,8%. Por último, Valdés et al. (2020) demostró que hay ganancias de un $-0,1 \pm 19\%$ en relación a la fuerza concéntrica (1-RM), no siendo significativas; posterior a 4 semanas de entrenamiento concéntrico-excéntrico acoplado y excéntrico aislado. Esto está relacionado con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se observó que ambos grupos de intervención EXC-ACC y CONC-EXC, obtuvieron una magnitud porcentual de aumento de fuerza en todos sus componentes (1RM, CIVM FLEX, CVDM CON FLEX, CVDM EXC FLEX) en el brazo inmovilizado, proponiendo que la transferencia de fuerza mediada por la educación cruzada hacia el hemicuerpo contralateral fue efectiva en los sujetos entrenados mediante ambos tipos de entrenamiento.

5.3.2 Fuerza muscular en la extremidad dominante, entrenada y no inmovilizada.

Para el brazo inmovilizado no entrenado, se observaron variaciones en los grupos de intervención con respecto a la fuerza 1-RM CON (CON-EXC: +50%; EXC-ACC: 100%; INMOV: +14%), CVDM CON (CON-EXC: +18,5%; EXC-ACC: +14,6%; INMOV: -30,8%), CVDM EXC (CON-EXC: +16,8%; EXC-ACC: +23,6%; INMOV: -72,7%), CIVM (CON-EXC: +51,6%; EXC-ACC: +7,6%; INMOV: +5,5%). Fue extraño que el grupo que solo tuvo el periodo de inmovilización obtuviera un aumento del 1-RM y CIVM, esto se podría explicar por una de las limitaciones del estudio, en donde no se regula las actividades del sujeto con el brazo no inmovilizado. Pero el aumento de la fuerza muscular en los grupos CON-EXC y EXC-ACC eran esperables, ya que estudios previos han demostrado estos aumentos, como el estudio de Valdés et al. (2020) quien comparó los efectos del entrenamiento de resistencia contralateral excéntrico aislado y concéntrico-excéntrico acoplado por un periodo de 4 semanas de entrenamiento, sumado a un periodo de inmovilización por el mismo tiempo, observando una mejora en la fuerza concéntrica (EXC $15,2 \pm 7,9\%$, CON-EXC $21,2 \pm 9,7\%$), isométrica (EXC $20,9 \pm 11,6\%$, CON-EXC $13,7 \pm 9,3\%$). Además, se concluye en base a lo evidenciado por Hortobágyi et al. (1997) que la fuerza excéntrica aumentó más en los participantes intervenidos con ejercicio EXC-ACC que en los que siguieron un protocolo CON-EXC, debido a un mayor aumento en la actividad muscular (es decir, la amplitud de sEMG) después de 12 semanas de entrenamiento de fuerza solo de ejercicio excéntrico (86%). Otro estudio realizado por Andrushko et al. (2018), en donde 16 participantes fueron inmovilizados en su brazo no dominante, sumado a un protocolo de entrenamiento de resistencia de flexores y extensores de muñeca por un periodo de 4 semanas y donde no se diferenció entre los tipos de contracción (concéntrica, excéntrica e isométrica) en cuanto a la fuerza muscular, se observó, en el brazo inmovilizado, un aumento en la fuerza muscular de un 2,4% en los

sujetos que realizaron el entrenamiento y en el grupo control, por el contrario, hubo una disminución de la fuerza muscular de un 21,6%. En relación al brazo no inmovilizado, se observó un aumento del 30,8% en el grupo que realizó entrenamiento y una disminución del 7,4% en el grupo control. Por último, Maroto-Izquierdo et al. (2020) demostró que hay ganancias en la fuerza muscular (1-RM) entre un 22,4 - 30,2% del brazo dominante posterior a un protocolo de entrenamiento isoinercial excéntrico acentuado de los extensores de rodilla. Estas ganancias de fuerza pueden estar relacionadas a que los sujetos que participaron en el presente estudio eran personas que no realizaban actividad física de manera habitual, en donde los tejidos involucrados, luego de un programa de entrenamiento excéntrico concéntrico acoplado y excéntrico acentuado, podrían presentar mayor capacidad de adaptación y así un porcentaje de cambio mayor en esta variable, en un menor tiempo.

5.4 Efectos del entrenamiento contralateral en relación a la Sensación de posición articular

5.4.1 Sensación de posición articular en la extremidad no dominante, inmovilizada y no entrenada.

Para el brazo inmovilizado no entrenado, se observaron variaciones en los grupos de intervención con respecto al margen de error de la sensación de posición articular (CON-EXC: -71% de EXT a FLEX y -77% de FLEX a EXT; EXC-ACC: -90% de EXT a FLEX y -50 de FLEX a EXT; INMOV: 0% de EXT a FLEX y +150% de FLEX a EXT). Estos resultados asombraron en su análisis, al observar una disminución del margen de error en el sujeto que realizó entrenamiento CON-EXC, por lo evidenciado en estudios previos, como el de Valdés et al. (2020) que obtuvo resultados diferentes en relación al margen de error posterior a 4 semanas de entrenamiento concéntrico-excéntrico acoplado de flexores de codo; estos resultados demostraron un aumento del margen de error ($10,3 \pm 45,0\%$) en el brazo inmovilizado. En cuanto al entrenamiento excéntrico acentuado, no se han observado los efectos que produce la educación cruzada con la inmovilización. Es posible que la educación cruzada produzca una mejora en la eficacia de los engramas motores, explicando así la mejora del margen de error de la SPA con el entrenamiento EXC-ACC. Estas especulaciones deben investigarse en investigaciones futuras.

5.4.2 Sensación de posición articular en la extremidad dominante, no inmovilizada y entrenada.

Para el brazo no inmovilizado y entrenado se observaron variaciones en los grupos de intervención con respecto al margen de error de la sensación de posición articular (CON-EXC: -28% de EXT a FLEX y -83% de FLEX a EXT; EXC-

ACC: -30% de EXT a FLEX y -80 de FLEX a EXT; INMOV: +200% de EXT a FLEX y -25% de FLEX a EXT). Cabe destacar que ningún estudio ha evaluado el efecto del entrenamiento excéntrico acentuado sobre la sensación de posición articular, pero se ha observado que el ejercicio excéntrico aislado presenta cambios positivos en esta variable. Además era esperable que el grupo CON-EXC presentará mejoras en SPA, por lo descrito por Valdés et al. (2020), que obtuvo similares resultados, observando una disminución en los grados de error de propiocepción, en el brazo no inmovilizado (EXC; BD $-34,8 \pm 33,8\%$, CON-EXC; BD $-16,9 \pm 17,8\%$). Las variaciones porcentuales del sujeto que solo recibió inmovilización fueron positivas, aumentando los valores de grados de error en el brazo inmovilizado. Las variaciones positivas en análisis de SPA demuestran el deterioro en la función neuromuscular, lo que se contrasta con la teoría.

5.5 Efectos del entrenamiento contralateral en relación al Perímetro de brazo corregido

5.5.1 Perímetro de brazo corregido en la extremidad no dominante, inmovilizada y no entrenada.

Para el brazo inmovilizado no entrenado se encontraron cambios en el perímetro de brazo corregido (CON-EXC: +2%; EXC-ACC: +6%, INMOV: -6%). Actualmente no existen estudios que muestran los efectos de la educación cruzada en el entrenamiento excéntrico acentuado en relación al perímetro de brazo corregido; sin embargo, existen publicaciones que evalúan la masa magra de brazo, que es un componente de la ecuación final del perímetro de brazo corregido, como el estudio Maroto-Izquierdo et al. (2020) que demuestra que luego de 6 semanas de entrenamiento isoinercial excéntrico acentuado, se observaron cambios positivos de la masa magra (aumento) del brazo inmovilizado (+3,5-3,8%). Además Hendy & Lamon (2017), demostraron que luego de un periodo de inmovilización por 4 semanas, sumado a un programa de ejercicios de flexión y extensión isométricos máximos, se produce una adaptación positiva de la extremidad no dominante (inmovilizada), evitando la pérdida de masa muscular.

5.5.1 Perímetro de brazo corregido en la extremidad dominante, no inmovilizada y entrenada.

Para el brazo inmovilizado no entrenado se encontraron cambios en el perímetro de brazo corregido (CON-EXC: +2%; EXC-ACC: -8%, INMOV: -6%)

En esta variable no se evidencian grandes diferencias entre los grupos de intervención concéntrico-excéntrico acoplado y excéntrico acentuado. Lo que podría sugerir que toda intervención muscular contralateral es de alta utilidad para prevenir la atrofia muscular de la extremidad homóloga inmovilizada. Sin embargo el perímetro muscular es una medida limitada para estimar la masa muscular, esto porque solo es un marcador general del volumen del brazo, sin discriminar los componentes aislados de este volumen. (Valdés O. 2020)

5.6 Dolor

Respecto al dolor percibido en el brazo entrenado, por los sujetos durante el entrenamiento EXC-AA y CON-EXC, se puede apreciar que para el sujeto que entrenó con carga excéntrica acentuada, desde la primera semana a la segunda existe un aumento del dolor que luego va disminuyendo progresivamente hasta la semana cuatro, en cambio el sujeto que realizó entrenamiento de acción muscular excéntrica-concéntrica convencional mostró un aumento del dolor percibido en el brazo entrenado durante la última semana, donde se utilizó la mayor carga de entrenamiento. Esto se puede explicar por el denominado efecto de sesión repetida o “Repeated bout effect” que se manifiesta especialmente en los protocolos de entrenamiento excéntrico aislado o acentuado generando adaptaciones de aumento del reclutamiento motor, mayor tolerancia de los componentes contráctiles y no contráctiles a la tensión y que pueden explicar la mayor tolerancia a la carga con menor sensación dolorosa. (Hylland RD, 2017).

5.7 Carga Física y Mental

Comparando los sujetos de intervención, y analizando su carga física y mental durante la ejecución de sus programas de entrenamiento, es posible inferir que las demandas físicas y mentales del sujeto que entreno mediante ejercicio EXC-ACC disminuyeron rápidamente conforme avanzó el protocolo, facilitando la tarea y permitiendo una mayor libertad de atención al momento de realizar los entrenamientos. A diferencia del sujeto que entreno mediante ejercicio CONC-EXC que tuvo una disminución en los valores semanales, pero de menor magnitud.

Kan B, et al. (2019), probó en su estudio la hipótesis que el ciclismo excéntrico (ECC) sería más exigente cognitivamente que el ciclismo concéntrico (CONC) y la atención y vigilancia mejorarían más después del ECC que el CONC.

Para esto, 30 participantes debían realizar CONC y dos episodios de ECC (ECC1 y ECC2) durante 20 minutos con una carga similar con una semana de diferencia. En su protocolo, demostró que la demanda mental fue mayor para ECC1 y ECC2 que CONC, probando así que la carga cognitiva es mayor para el ejercicio excéntrico y también, se pudo asociar que la disminución en los focos atencionales de ECC y CONC de una tarea se ven influenciados por el compromiso y el desempeño óptimo de esta. Esto respalda los resultados obtenidos en este estudio, considerando que, conforme avanzaban las semanas de intervención, la carga mental y física total disminuye para ambos grupos de entrenamiento, siendo mayor para el EXC-ACC.

5.8 Funcionalidad de Extremidad Superior.

Al analizar los resultados del cuestionario DASH, que evalúa la funcionalidad del miembro superior inmovilizado, todos los sujetos tuvieron una puntuación de 34 en las evaluaciones pre y post intervención, en donde omitieron dos ítems (opcionales). Esto se explicaría porque ningún sujeto padecía de alguna condición musculoesquelética que genere disfunción, a pesar de tener inmovilización sobre el brazo no dominante. Esta variable se logró mantener porque se le solicitó a los participantes que continuarán con su vida de forma normal, por lo que no vieron influenciadas negativamente sus actividades.

Esta variable no se puede comparar con la evidencia actual, porque este es el primer estudio que considera la funcionalidad del miembro superior mediante la variable DASH, habiendo evaluado su validez previamente. (García, 2017).

5.9 Educación Cruzada

5.9.1 Características de la educación cruzada

La magnitud de la transferencia de fuerza depende de diversos factores, entre los que se encuentran la complejidad del ejercicio, el tipo de contracción muscular empleada, que en este caso fue CONC-EXC y EXC AC; el volumen, que consistió en un entrenamiento de 3 veces por semana; la intensidad que variaba semana a semana con un aumento del RM y/o series y repeticiones; y duración del entrenamiento que no superó los 20 minutos. Asimismo, la metodología utilizada y el estado de entrenamiento de los participantes también pueden influir en el grado de fuerza obtenido en la extremidad entrenada y no entrenada, por lo mismo los participantes del estudio no debían seguir un entrenamiento sistemático de fuerza. La CE se maximiza cuando se utilizan protocolos de entrenamiento excéntrico por una mayor tasa de descarga de los receptores de estiramiento sensorial (aférentes Ia) que serían los responsables de una mayor transferencia de fuerza. Otro aspecto fundamental es la especificidad y sobrecarga del entrenamiento unilateral, al prescribir y maximizar las ganancias neuromusculares. Hendy, et al. (2017).

5.9.2 Mecanismos Neurales de la educación cruzada

Existen dos mecanismos que explican el fenómeno de CE. Uno corresponde al “acceso bilateral” que consiste en el desarrollo de engramas motores siguiendo los movimientos unilaterales, a los que se puede acceder no sólo por la extremidad entrenada, sino también por la no entrenada. En este caso, el entrenamiento de la extremidad dominante no inmovilizada, permitió obtener beneficios en la extremidad no dominante inmovilizada. El otro mecanismo corresponde a la “activación cruzada”, fundamentada en el concepto de contracciones unilaterales impulsadas por la actividad cortical bilateral en la corteza

motora contra e ipsilateral, lo que produce neuroplasticidad a largo plazo en ambas cortezas. Hendy, et al. (2017).

5.9.3 Mecanismos musculares de la educación cruzada

Existen pocas asociaciones entre los cambios en la función neuromuscular y alteraciones en la estructura y composición muscular. Cuando se somete a un programa de entrenamiento contralateral, el AST del músculo aumenta en el brazo entrenado como en el no entrenado, aunque mayor en el entrenado. Sin embargo, también existe un aumento en el diámetro del músculo de la extremidad entrenada, pero no en el desentrenado. Por el contrario y en base a lo mencionado anteriormente, el entrenamiento unilateral puede prevenir la atrofia inducida por el desuso. Hendy, et al. (2017).

5.9.4 Posibles adaptaciones neurales y musculares diferenciadas en el entrenamiento excéntrico y concéntrico para inducir educación cruzada.

Los resultados obtenidos en las variables que evalúan fuerza y propiocepción del presente estudio se explicarían mediante los posibles cambios en la activación cortical, la excitabilidad cortical motora y la excitabilidad corticoespinal que aportarían a la mejora de estas variables y sus transferencias neurales, según el modelo de la educación cruzada (Hendy, 2017).

Las principales zonas de activación cortical involucradas en la educación cruzada son estructuras frontales, las áreas premotoras, área motora suplementaria y la corteza motora primaria (M1) en ambos hemisferios, que determinan y afinan el objetivo de la acción e instaurar el mejor programa motor para lograrlo. Así como también, estructuras en lóbulo temporal y el cerebelo, este último sirviendo como

un sistema de control de referencia que regula el rendimiento motor comparando el ejecutado con el previsto. Las fibras comisurales que atraviesan la masa cortical son el medio fisiológico y neural que facilita la transferencia de impulsos nerviosos entre hemisferios cerebrales. Las contracciones musculares unilaterales que ejecutaron los participantes, aumentan la excitabilidad de M1 ipsilateral al movimiento y, la contribución de estos circuitos, sobre todo la excitabilidad corticoespinal de M1, toma más relevancia conforme avanzan las sesiones de entrenamiento, que este caso, fueron las 4 semanas; fenómeno que explicaría las variaciones positivas de propiocepción en ambos sujetos entrenados. (Hendy, 2017).

5.10 Limitaciones

La principal limitación de esta investigación fue que no se logró conseguir una muestra suficiente para aplicar la estadística inferencial y así establecer la significancia de los resultados obtenidos y poder concluir sobre la efectividad de un protocolo sobre otro. Además, otra limitación fue que no se consideraron las actividades de la vida diaria instrumentales en el cuestionario de registro de inmovilización por lo que, en ocasiones, no era posible obtener un valor certero asociado a las horas de inmovilización. Por otro lado, no se hizo un seguimiento a la alimentación e hidratación de los participantes, pero especialmente en el consumo de cafeína, que podía haber afectado el rendimiento durante las sesiones de entrenamiento y las evaluaciones pre y post intervención, debido a que no existía la certeza de si efectivamente la consumían antes de la intervención. En base a esto último, otra limitación del estudio es que, para la composición corporal, se utilizó un método indirecto, relativamente simple y no invasivo de evaluación como la antropometría y no un método directo, como es el recuento de cuerpo completo y análisis de activación de neutrones, debido también a que, el “gold estándar”, en este caso no aplicaba, porque se refiere a la utilización del análisis de cadáveres. Sanchez (2005). Además, la inmovilización de los participantes, se limitó a 8 horas

al día, sin embargo, no se siguió una monitorización constante acerca del uso del brazo inmovilizado durante las actividades de la vida diaria del paciente. Valdés, et. al. (2020). También, como se explicitó, las 8 horas preferentemente debían ser continuas, pero considerando el contexto de los participantes y sus quehaceres, podían no serlo y, en consecuencia, no se monitorizó el uso del brazo inmovilizado durante estos pequeños periodos.

5.11 Proyecciones

Se ha demostrado con claridad en diferentes estudios todos los efectos deletéreos que tiene la inmovilización sobre la función neuromuscular, principalmente la fuerza y atrofia muscular. Dichos efectos se pueden minimizar con ejercicios de resistencia de los músculos homólogos que no se inmovilizan, a través del concepto de educación cruzada. Este estudio piloto, describió los efectos que tuvo el entrenamiento mediante ejercicio EXC-ACC y CONC-EXC sobre la función neuromuscular del brazo inmovilizado no entrenado, por lo tanto, la primera proyección es lograr que, en un estudio futuro, se implementen más formas de reclutamiento de sujetos, considerando un contexto sanitario sin la presencia del COVID-19, para así aumentar la muestra de investigación suficiente para aplicar estadística inferencial y lograr una significancia de los resultados obtenidos y también para poder comparar que protocolo sería mejor para aumentar los efectos de la educación cruzada (EC). La segunda proyección, es llevar este tipo de entrenamiento a un contexto clínico, ya que solo se han evidenciado los efectos de la EC en personas sanas y se podría comenzar a examinar sobre alguna patología musculoesquelética aguda en donde se haya prescrito inmovilización, considerando la carga, tanto intensidad y volumen, como la demanda física y mental, en donde hay que enfatizar que este estudio fue el primero en utilizar la escala NASA-TLX junto a esta modalidad de entrenamiento, observando que estos modos de evaluación son seguros y bien tolerados por los participantes, evidenciando resultados prometedores para un futuro estudio. Por otro lado, la

inmovilización no solo es prescrita para extremidad superior, por lo que esta modalidad de entrenamiento podría ser replicada en la extremidad inferior, considerando las similitudes, pero de igual forma, las diferencias que existe entre la extremidad superior e inferior, sobre todo en el tipo de fibra muscular del segmento que se pretenda evaluar que podría generar adaptaciones distintas de la función neuromuscular.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

El presente estudio evidenció que es posible atenuar los efectos deletéreos de la inmovilización con cabestrillo mediante la aplicación de protocolos de entrenamientos de resistencia en la extremidad contralateral con acción muscular EXC-ACC y CONC-EXC, por lo que se puede concluir que este protocolo es factible, debido a que los participantes de esta investigación lograron una adherencia al uso del cabestrillo durante las 8 horas propuestas y, además, lograron asistir al 100% de las sesiones de evaluación y entrenamientos. También, quienes realizaron ambos tipos de intervención, tanto EXC-ACC como CONC-EXC obtuvieron resultados prometedores en cuanto a la carga física y mental evidenciados en la escala NASA-TLX, siendo una intervención bien tolerada por los participantes. Sumado a esto, se demostró que el entrenamiento a través del ejercicio EXC-ACC no genera una sensación de dolor mayor que el CONC-EXC y, por lo tanto, es plausible su utilización de manera segura.

Por otro lado, posterior a un periodo de 4 semanas de inmovilización se evidenciaron deterioros en los subcomponentes de la función neuromuscular, como la fuerza y el desempeño de la SPA en el brazo inmovilizado. Sin embargo, la mantención y optimización de estos componentes (Fuerza y SPA) en la extremidad dominante entrenada, se evidenciaron en el sujeto que recibió un protocolo de entrenamiento EXC-ACC, por sobre el sujeto que recibió un entrenamiento CONC-EXC.

Considerando lo anterior, se comprueba la hipótesis de que es factible aplicar un protocolo de entrenamiento contralateral EXC-ACC y entrenamiento contralateral CONC-EXC acoplado para evaluar los efectos de la educación contralateral posteriores a un protocolo de inmovilización de 4 semanas. Se

propone replicar este estudio con un aumento en el reclutamiento de participantes y, por lo tanto, un N mayor, para así explorar y concluir sobre los efectos de éstos entrenamientos en la inmovilización y cual genera mayores ganancias neuromusculares.

REFERENCIAS

1. Altun M. Effects of 2 Different External Loads on Joint Position Sense and the Relationship Between Muscle Strength and Force Sense. *J Sport Rehabil.* 2020 Nov 1;29(8):1115-1120. doi: 10.1123/jsr.2019-0025. Epub 2019 Dec 8. PMID: 31816596.
2. Andrushko JW, Lanovaz JL, Bjorkman KM, Kontulainen SA, Farthing JP. Unilateral strength training leads to muscle-specific sparing effects during opposite homologous limb immobilization. *J Appl Physiol* (1985). 2018;124(4):866-876.
3. Baltzopoulos V., Brodie DA.(1989) Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports Med.* ;8(2):101-16. doi: 10.2165/00007256-198908020-00003. PMID: 2675256.
4. Barss, T. S., Pearcey, G. E., & Zehr, E. P. (2016). Focus: The Aging Brain: Cross-education of strength and skill: an old idea with applications in the aging nervous system. *The Yale journal of biology and medicine*, 89(1), 81.
5. Bezerra P., Zhou S., Crowley Z., Brooks L., Hooper A. (2009). Effects of unilateral electromyostimulation superimposed on voluntary training on strength and cross-sectional area. *Muscle Nerve* 40, 430–437. 10.1002/mus.21329
6. Brockett, C., Warren, N., Gregory, J. E., Morgan, D. L., & Proske, U. (1997). A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain research*, 771(2), 251-

258.

7. Brooks, J., Allen, T. J., & Proske, U. (2013). The senses of force and heaviness at the human elbow joint. *Experimental Brain Research*, 226(4), 617-629.
8. Benítez Brito, N., Suárez Llanos, J. P., Fuentes Ferrer, M., Oliva García, J. G., Delgado Brito, I., Pereyra-García Castro, F., ... & Palacio Abizanda, E. (2016). Relationship between mid-upper arm circumference and body mass index in inpatients. *PLoS One*, 11(8), e0160480.
9. Campbell EL, Seynnes OR, Bottinelli R, et al. Skeletal muscle adaptations to physical inactivity and subsequent retraining in youngmen. *Biogerontology*. 2013;14(3):247-259.3
10. Campbell M, Varley-Campbell J, Fulford J, Taylor B, MilevaKN, Bowtell JL. Effect of immobilization on neuromuscular function in vivo in humans: a systematic review. *Sports Med*.2019;49(6):931-950.
11. Cirer-Sastre, R., Beltrán-Garrido, J. V., & Corbi, F. (2017). Contralateral effects after unilateral strength training: a meta-analysis comparing training loads. *Journal of sports science & medicine*, 16(2), 180-186.
12. Clark, N. C., Röijezon, U., & Treleaven, J. (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Manual therapy*, 20(3), 378-387.
13. Clark NC, Röijezon U, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 2: Clinical assessment and intervention. *Man Ther*. 2015 Jun;20(3):378-87. doi: 10.1016/j.math.2015.01.009. Epub 2015 Jan 29. PMID: 25787919.

14. Clos, P., Garnier, Y., Martin, A., & Lepers, R. (2020). Corticospinal excitability is altered similarly following concentric and eccentric maximal contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 120(6), 1457-1469.
15. Coombs, T., Frazer, A., Horvath, D., Pearce, A., Howatson, G., & Kidgell, D. (2016). Cross-education of wrist extensor strength is not influenced by non-dominant training in right-handers. *European Journal Of Applied Physiology*, 116(9), 1757-1769. doi: 10.1007/s00421-016-3436-5
16. DeYulis, M., & Hinson, J. W. (2020). Joint Immobilization. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
17. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Med.* 2017 May;47(5):917-941. doi: 10.1007/s40279-016-0628-4. PMID: 27647157
18. Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2018). Effects of Accentuated Eccentric Loading on Muscle Properties, Strength, Power, and Speed in Resistance-Trained Rugby Players. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 32(10), 2750-2761. doi: 10.1519/jsc.0000000000002772
19. Ferguson B. (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed. 2014. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 58(3), 328.
20. García González, L. A., Aguilar Sierra, F. J., Moreno Serrano, C., & Enciso, M. (2017). Traducción, adaptación cultural y validación de una escala de función del miembro superior: DASH. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*. doi:10.1016/j.rccot.2017.06.011

21. Hillier, S., Immink, M. y Thewlis, D. (2015). Evaluación de la propiocepción: una revisión sistemática de posibilidades. *Neurorrehabilitación y reparación neural* , 29 (10), 933-949.
22. Hendy, A. M., & Lamon, S. (2017). The cross-education phenomenon: brain and beyond. *Frontiers in physiology*, 8, 297.
23. Hyldahl RD, Chen TC, Nosaka K. Mechanisms and Mediators of the Skeletal Muscle Repeated Bout Effect. *Exerc Sport Sci Rev.* 2017 Jan;45(1):24-33. doi: 10.1249/JES.0000000000000095. PMID: 27782911.
24. Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric muscle contractions: risks and benefits. *Frontiers in physiology*, 10, 536.
25. In Bushman, B. A., & American College of Sports Medicine,. (2017). Complete guide to fitness & health.
26. Jung, K. M., & Choi, J. D. (2019). The Effects of Active Shoulder Exercise with a Sling Suspension System on Shoulder Subluxation, Proprioception, and Upper Extremity Function in Patients with Acute Stroke. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 25, 4849.
27. Juul-Kristensen, B., Lund, H., Hansen, K., Christensen, H., Danneskiold-Samsøe, B., & Bliddal, H. (2008). Test-retest reliability of joint position and kinesthetic sense in the elbow of healthy subjects. *Physiotherapy theory and practice*, 24(1), 65-72.

- 28.** Kan B, Speelman C, Nosaka K. Cognitive demand of eccentric versus concentric cycling and its effects on post-exercise attention and vigilance. *Eur J Appl Physiol.* 2019 Jul;119(7):1599-1610. doi: 10.1007/s00421-019-04149-y. Epub 2019 Apr 25. PMID: 31025096.
- 29.** Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance. *International journal of sports medicine*, 15(S 1), S11-S18
- 30.** Kasprisin, J. E., & Grabiner, M. D. (2000). Joint angle-dependence of elbow flexor activation levels during isometric and isokinetic maximum voluntary contractions. *Clinical Biomechanics*, 15(10), 743-749
- 31.** Madden, A. M., & Smith, S. (2016). Body composition and morphological assessment of nutritional status in adults: a review of anthropometric variables. *Journal of human nutrition and dietetics*, 29(1), 7-25.
- 32.** Magnus CR, Arnold CM, Johnston G, Dal-Bello Haas V, Basran J, Krentz JR, Farthing JP. Cross-education for improving strength and mobility after distal radius fractures: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2013 Jul;94(7):1247-55. doi: 10.1016/j.apmr.2013.03.005. Epub 2013 Mar 22. PMID: 23529145.
- 33.** Magnus, C. R., Barss, T. S., Lanovaz, J. L., & Farthing, J. P. (2010). Effects of cross-education on the muscle after a period of unilateral limb immobilization using a shoulder sling and swathe. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1887-1894.
- 34.** Manca, A., Pisanu, F., Ortu, E., Natale, E., Ginatempo, F., & Dragone, D. et al. (2015). A comprehensive assessment of the cross-training effect in ankle dorsiflexors of healthy subjects: A randomized controlled study. *Gait & Posture*, 42(1), 1-6.

- 35.**Manca, A., Dragone, D., Dvir, Z., & Deriu, F. (2017). Cross-education of muscular strength following unilateral resistance training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 117(11), 2335–2354. doi:10.1007/s00421-017-3720-z
- 36.**Manca A, Hortobagyi T, Rothwell J, Deriu F. Neurophysiological adaptations in the untrained side in conjunction with cross-education of muscle strength: a systematic review and meta-analysis. *J Appl Physiol* (1985). 2018;124(6):1502-1518. 18. Ministerio del trabajo y previsión social.
- 37.**Maroto-Izquierdo S, Nosaka K, Blazevich AJ, González-Gallego J, de Paz JA. Cross-education effects of unilateral accentuated eccentric isoinertial resistance training on lean mass and function. *Scand J Med Sci Sports*. 2021 Nov 30. doi: 10.1111/sms.14108. Epub ahead of print. PMID: 34851533.
- 38.**MO, M. Ó., & MR, M. R. 5.1. CLASIFICACIÓN MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL. MÉTODOS DIRECTOS, INDIRECTOS Y DOBLEMENTE INDIRECTOS.
- 39.**Niespodziński, B., Kochanowicz, A., Mieszkowski, J., Piskorska, E., & Żychowska, M. (2018). Relationship between joint position sense, force sense, and muscle strength and the impact of gymnastic training on proprioception. *BioMed research international*, 2018.
- 40.**Röijezon, U., Clark, N. C., & Treleaven, J. (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Manual therapy*, 20(3), 368-377
- 41.**Park, S. Y., & Yoo, W. G. (2013). Comparison of exercises inducing maximum voluntary isometric contraction for the latissimus dorsi using

surface electromyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(5), 1106-1110

42. Pearce AJ, Hendy A, Bowen WA, Kidgell DJ. Corticospinal adaptations and strength maintenance in the immobilized arm following 3 weeks unilateral strength training. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;23(6):740-748.
43. Proske U. Exercise, fatigue and proprioception: a retrospective. *Exp Brain Res*. 2019 Oct;237(10):2447-2459. doi: 10.1007/s00221-019-05634-8. Epub 2019 Aug 30. PMID: 31471677.
44. Proske, U. (2019). Exercise, fatigue and proprioception: A retrospective. *Experimental brain research*, 237(10), 2447-2459.
45. Proske U, Gandevia SC. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev*. 2012 Oct;92(4):1651-97. doi: 10.1152/physrev.00048.2011. PMID: 23073629.
46. Puebla Díaz, F. (2005). Tipos de dolor y escala terapéutica de la O.M.S.: Dolor iatrogénico. *Oncología (Barcelona)*, 28(3). doi: 10.4321/s0378-48352005000300006
47. Rand, D. (2018). Proprioception deficits in chronic stroke—Upper extremity function and daily living. *PloS one*, 13(3), e0195043.
48. Rangan A, Handoll H, Brealey S, Jefferson L, Keding A, Martin BC, Goodchild L, Chuang LH, Hewitt C, Torgerson D; PROFHER Trial Collaborators. Surgical vs nonsurgical treatment of adults with displaced fractures of the proximal humerus: the PROFHER randomized clinical trial.

JAMA. 2015 Mar 10;313(10):1037-47. doi: 10.1001/jama.2015.1629. PMID: 25756440.

49. Reed, M., & Van Nostran, W. (2014). Assessing pain intensity with the visual analog scale: A plea for uniformity. *The Journal Of Clinical Pharmacology*, 54(3), 241-244. doi: 10.1002/jcph.250
50. Reverter Masià, J., Hernández González, V., Jové Deltell, M. C., & De Vega Cassasas, M. (2017). Actividad física en adolescentes. ¿ Existe evidencia científica de cómo afecta el ejercicio físico al sueño en la población adolescente?. *Journal of Negative and No Positive Results*, 2017, vol. 2, núm. 7, p. 298-303.
51. Röijezon, U., Clark, N. C., & Treleaven, J. (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Manual therapy*, 20(3), 368-377
52. Rodríguez M., Alarcón N., Ruiz J. & Pérez M. (2012). INMOVILIZACIÓN DE PACIENTES Y SUJECIÓN MECÁNICA. Protocolo consensuado. Albacete.
53. Rosales Ricardo, Y. (2012). Antropometría en el diagnóstico de pacientes obesos: una revisión. *Nutrición Hospitalaria*, 27(6), 1803-1809.
54. Rubin, D. (2012). Needle Electromyography: Basic Concepts and Patterns of Abnormalities. *Neurologic Clinics*, 30(2), 429-456. doi: 10.1016/j.ncl.2011.12.009
55. Sanders, D., Arimura, K., Cui, L., Ertaş, M., Farrugia, M., & Gilchrist, J. et al. (2019). Guidelines for single fiber EMG. *Clinical Neurophysiology*, 130(8), 1417-1439. doi: 10.1016/j.clinph.2019.04.005

- 56.** Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports medicine*, 46(10), 1419-1449.
- 57.** Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports medicine*, 48(4), 765-785.
- 58.** Stasinopoulos, D., & Stasinopoulos, I. (2017). Comparison of effects of eccentric training, eccentric-concentric training, and eccentric-concentric training combined with isometric contraction in the treatment of lateral elbow tendinopathy. *Journal of hand therapy*, 30(1), 13-19.
- 59.** Turnbull, A., Sculley, D., Escalona-Marfil, C., Riu-Gispert, L., Ruiz-Moreno, J., Gironès, X., & Coda, A. (2020). Comparison of a Mobile Health Electronic Visual Analog Scale App With a Traditional Paper Visual Analog Scale for Pain Evaluation: Cross-Sectional Observational Study. *Journal of medical Internet research*, 22(9), e18284.
- 60.** Valdés, O., Ramirez, C., Perez, F., Garcia- Vicencio, S., Nosaka, K., & Penailillo, L. (2020). Contralateral effects of eccentric resistance training on immobilized arm. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*. doi: 10.1111/sms.13821
- 61.** Viechtbauer, W., Smits, L., Kotz, D., Budé, L., Spigt, M., Serroyen, J., & Crutzen, R. (2015). A simple formula for the calculation of sample size in pilot studies. *Journal of Clinical Epidemiology*, 68, 1375-1379)
- 62.** Wagle, J., Taber, C., Cunanan, A., Bingham, G., Carroll, K., & DeWeese, B. et al. (2017). Accentuated Eccentric Loading for Training and Performance: A Review. *Sports Medicine*, 47(12), 2473-2495. doi: 10.1007/s40279-017-

- 63.** Walker, S., Blazevich, A. J., Haff, G. G., Tufano, J. J., Newton, R. U., & Häkkinen, K. (2016). Greater strength gains after training with accentuated eccentric than traditional isoinertial loads in already strength-trained men. *Frontiers in physiology*, 7, 149.
- 64.** Webber, C. M., Shin, A. Y., & Kaufman, K. R. (2020). Effects of elbow immobilization on upper extremity activity. *Clinical Biomechanics*, 80, 105106.
- 65.** Yao WX, Jiang Z, Li J, Jiang C, Franlin CG, Lancaster JL, Huang Y, Yue GH. Brain Functional Connectivity Is Different during Voluntary Concentric and Eccentric Muscle Contraction. *Front Physiol*. 2016 Nov 15;7:521. doi: 10.3389/fphys.2016.00521. PMID: 27895590; PMCID: PMC5108928.
- 66.** Zavieh, M. K., Amirshakeri, B., Rezasoltani, A., Talebi, G. A., Kalantari, K. K., Nedaey, V., & Baghban, A. A. (2016). Measurement of force sense reproduction in the knee joint: application of a new dynamometric device. *Journal of physical therapy science*, 28(8), 2311-2315.
- 67.** Zult, T., Howatson, G., Kádár, E. E., Farthing, J. P., & Hortobágyi, T. (2014). Role of the mirror-neuron system in cross-education. *Sports Medicine*, 44(2), 159-178.

ANEXOS

Anexo 1: Consentimiento Informado



CONSENTIMIENTO INFORMADO



Nombre del Estudio:

Efectividad del entrenamiento contralateral de Acción Muscular Excéntrica Acentuada en comparación al de Acción Muscular Concéntrica - Excéntrica sobre la función muscular de la extremidad contralateral inmovilizada en personas jóvenes sanas.

Patrocinador/ Fuente Financiamiento

Este proyecto es autofinanciado por los tesisistas y sostenido por el Laboratorio de Fisiología Integrativa y Neuromuscular del Ejercicio de la Universidad Finis Terrae.

Investigador Responsable:

Omar Valdés Tapia	ovaldest@uft.edu	9 74082822	Profesor Guía
Luis Peñailillo Escarate	luispenailillo.e@gmail.com		Profesor Guía Co-Supervisor
Matías Fuentes Espinosa	mfuentes@uft.edu	9 76263613	Tesisista
David Olivares Mendieta	dolivaresm@uft.edu	9 99097030	Tesisista
Sebastián Urra Luna	surrall@uft.edu	9 74537499	Tesisista

Usted ha sido invitado/invitada a participar en el proyecto de investigación de estudiantes de kinesióloga de la universidad Finis Terrae.



El propósito de esta información es ayudarle a tomar la decisión de participar, o no en una investigación y, si es el caso, para autorizar el uso de información personal.

Lea cuidadosamente este documento, puede hacer todas las preguntas que necesite al investigador y tomarse el tiempo necesario para decidir.

1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la fuerza, activación y masa muscular en la extremidad superior durante un periodo de inmovilización mediante el uso de un cabestrillo en el brazo no dominante (el menos hábil) con el entrenamiento simultáneo del brazo dominante (el más hábil) sin inmovilización. Los resultados de esta investigación permitirán evidenciar nuevas estrategias de tratamiento durante los periodos de inmovilización o descarga de segmentos corporales.

2 PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN: METODOLOGÍA



Antes de su primera visita a la universidad y en cada una de las posteriores visitas, se le hará llegar una encuesta vía Google Forms que usted deberá responder. Esta encuesta consta de cuatro preguntas respectivas a la contingencia actual Covid-19, que pretenden garantizar un resguardo de su salud y de los investigadores. La información aquí declarada tendrá estricta confidencialidad y sus datos sólo se utilizarán de forma compartida con la universidad en caso de realizar procedimientos de trazabilidad de contactos estrechos de COVID-19.

Las preguntas de este cuestionario son:

- ¿Ha tenido contacto estrecho con alguna persona con sospecha y/o confirmación de Covid-19 los últimos 15 días?
- ¿Alguien de su familia o con quien vive ha tenido algún contacto estrecho?
- ¿Ha realizado algún viaje fuera del país dentro de los últimos 14 días?
- ¿Ha tenido algún síntoma respiratorio la última semana? ¿Tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta u otro?

Para el bienestar de todos, es importante que, si alguna de estas preguntas tiene una respuesta positiva antes o durante el transcurso de la investigación, usted de un aviso oportuno; de ser necesario se tomarán medidas contingentes para resguardar su estado de salud, el de los demás participantes y el de los investigadores. Luego de eso, se analizará alguna solución como reagendar el entrenamiento.

Las máquinas e implementos que se utilizarán serán desinfectados antes y después de la intervención de cada participante con Alcohol Isopropílico al 90% y/o Amonio Cuaternario. Además, tendrá a su disposición dentro del laboratorio alcohol gel y un lavamanos para higienizar sus manos constantemente.

El uso de mascarilla dentro de las instalaciones será obligatorio en todo momento tanto para los terapeutas, investigadores, estudiantes y para los participantes.

Además de esto, se le solicitarán sus datos personales, de identificación y firmar el presente consentimiento informado. Usted será evaluado en distintas mediciones de interés para los investigadores.

2.1 Procedimientos de la investigación: Metodología

Diseño general de la Investigación



Luego de que usted firme el consentimiento informado, será evaluado en su condición inicial durante las primeras 72 horas y será asignado a uno de los 3 grupos de intervención. Cuando finalice el entrenamiento de 4 semanas con inmovilización de su extremidad superior no dominante, usted será reevaluado durante las siguientes 72 horas, siguiendo el mismo orden día a día utilizado en un comienzo. Esta evaluación dará paso a las 2 siguientes semanas de reentrenamiento posterior a la intervención con inmovilización de su brazo, con el fin de asegurar que todos los participantes reciban un reacondicionamiento y también para evaluar los efectos protectores y de asegurar la mejor y total recuperación post entrenamiento contralateral.

Los estudiantes tesistas Matías Fuentes, David Olivares y Sebastián Urrea en supervisión del investigador principal Omar Valdés llevarán a cabo los procedimientos que se describen a continuación.

Día 1

El primer día los participantes recibirán una familiarización con los instrumentos de evaluación de la fuerza muscular y actividad eléctrica del músculo. Si usted es parte de uno de los grupos de entrenamiento, será familiarizado con el protocolo de entrenamiento asignado. Además, se le realizará una evaluación antropométrica que contempla una medición de su peso y talla junto con la medición de la circunferencia de ambas extremidades superiores (brazos). Esta medición, considera el contorno del brazo en un punto medio, medido con una cinta métrica convencional, estando usted de pie.

Este día, a usted le tomará un tiempo aproximado de 60 minutos para desarrollar las actividades programadas.

Día 2

En el segundo día se efectuarán las mediciones de funcionalidad del brazo, donde usted responderá un cuestionario que contempla una serie de preguntas para analizar el estado funcional de sus brazos.

Este cuestionario considera 5 componentes: movilidad, fuerza, actividades manuales, síntomas y autoimagen. De la misma forma, se le realizará una medición de la propiocepción, mediante el reposicionamiento activo de ambos brazos, que consiste en percibir la posición y fuerza de su brazo en el espacio. Es decir, el terapeuta llevará su brazo a una posición determinada y luego usted, con los ojos cerrados, deberá llevar su extremidad a la misma posición que fue situada anteriormente. Se medirá la diferencia en grados entre cada movimiento con un goniómetro.

La duración de las evaluaciones de ese día será aproximadamente de 30 a 60 minutos.

Día 3

El tercer día será el término de las evaluaciones, en donde se medirá la contracción isométrica voluntaria máxima de ambos brazos, que corresponde a la mayor fuerza que puede realizar un grupo muscular en una posición fija. Simultáneamente a esta evaluación, se realizará la medición de la actividad muscular a través de la instalación de electrodos superficiales sobre los vientres musculares de su brazo. Es importante destacar que los electrodos superficiales a ocupar no presentan polaridad, por lo que no conducirán ningún tipo de electricidad dañina para su piel ni músculos. Por último, se realizará la medición de la fuerza dinámica máxima en acortamiento muscular (flexionando el codo) y alargamiento muscular (estirando el codo) mediante el método directo con mancuernas de disco desmontables. Esta medición evalúa la carga máxima que usted puede levantar de forma fluida e ininterrumpida (como muestra la imagen) durante el movimiento de flexión de codos en una banco adaptable como el de la Figura 1.

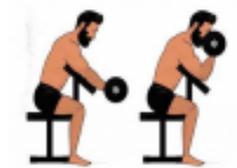


Figura 1. Ejemplo de evaluación de la fuerza dinámica máxima



El tiempo que llevará la realización de estas mediciones en la sesión 3 será de 60 a 90 minutos.

Las mediciones descritas anteriormente se realizarán en Laboratorio de Fisiología Integrativa y Neuromuscular del Ejercicio de la Universidad Finis Terrae, ubicado en Avenida Pedro de Valdivia 1509, edificio Amberes Norte, Segundo piso.

Asignación de Grupos de Estudio

Luego de la medición de las variables mencionadas, usted será asignado aleatoriamente para participar en uno de tres grupos de intervención que se describen a continuación.

- **Grupo Inmovilizado (INM):** Si usted pertenece al grupo INM, seguirá un protocolo de inmovilización de la extremidad superior no dominante. Para esta inmovilización usted tendrá que utilizar un cabestrillo de 8-12 horas diarias. Este cabestrillo será entregado por el equipo de investigación y no tendrá ningún costo para usted.
- **Grupo Inmovilizado más entrenamiento Concéntrico - Excéntrico (CON-EXC):** Si usted pertenece al grupo CON-EXC, seguirá un protocolo de inmovilización de la extremidad superior no dominante y entrenamiento concéntrico - excéntrico acoplado en la extremidad dominante. Este tipo de entrenamiento muscular contempla contracciones musculares de los flexores de codo con la misma carga externa en ambos tiempos contráctiles (contra la gravedad y a favor de la gravedad). Las sesiones de entrenamiento se llevarán a cabo en las instalaciones de la universidad Finis Terrae 3 veces por semana.
- **Grupo Inmovilizado más entrenamiento Excéntrico Acentuado (EXC-ACC):** Si usted pertenece al grupo EXC-ACC, seguirá un protocolo de inmovilización de la extremidad superior no dominante y entrenamiento excéntrico acentuado en la extremidad dominante. Este tipo de entrenamiento muscular contempla un aumento de la carga externa (asistida por los investigadores) en la fase excéntrica del ciclo contráctil muscular (a favor de la gravedad). Las sesiones de entrenamiento se llevarán a cabo en las instalaciones de la universidad Finis Terrae 3 veces por semana.



Los tres grupos seguirán sus intervenciones por un periodo de tiempo de cuatro semanas.

Al comienzo de la semana N° 1 (posterior a las sesiones de familiarización y evaluación) los participantes comenzarán sus intervenciones de entrenamiento, supervisadas por los tesistas a cargo en el Laboratorio de Fisiología Integrativa y Neuromuscular del Ejercicio de la Universidad Finis Terrae.

Luego de cada sesión de entrenamiento se implementarán dos escalas de evaluación, que son: la escala visual análoga (EVA), que corresponde a una percepción propia del participante respecto al dolor provocado por el estrés sometido y la escala NASA-TLX, que percibe la sensación de carga mental y física que tendrá posterior a realizar el entrenamiento, en donde usted deberá responder un cuestionario que abarca 6 dimensiones: exigencias mentales, exigencias físicas, exigencias temporales, rendimiento, esfuerzo y nivel de frustración.

Una vez que termine el periodo de intervención para cada grupo, todos los participantes serán re-evaluados y re-entrenados. Para el grupo INM, se realizará un protocolo mixto de entrenamiento (CON-EXC y EXC-ACC) de la extremidad inmovilizada durante dos semanas, realizando 3 sesiones de entrenamiento semanales. El grupo CON-EXC realizará un protocolo de entrenamiento CON-EXC de la extremidad inmovilizada durante dos semanas, realizando 3 sesiones de entrenamiento semanales y el grupo EXC-ACC realizará un protocolo de entrenamiento EXC-ACC de la extremidad inmovilizada durante dos semanas, realizando 3 sesiones de entrenamiento semanales. Al final de este periodo de re-entrenamiento se volverán a medir las variables basales descritas antes. Si usted aún no se logra recuperar por completo, se extenderá el periodo de re-evaluación y re-entrenamiento hasta lograr su recuperación completa.

3 BENEFICIOS

Además del aporte al conocimiento, recibirá también información importante respecto a la función muscular de ambas extremidades superiores.

4 RIESGOS



Todo entrenamiento muscular podría asociar leve dolor post ejercicio, por lo tanto, sería normal sentir algunas molestias musculares y/o tendinosas. Para controlar esto, siempre se le preguntará por sus síntomas de dolor, esperando que este sea máximo 5/10, en una escala donde 0 representa nada de dolor y 10 el máximo dolor que ha sentido en su vida. Al final del proceso de investigación, se podría encontrar una disminución del volumen muscular del brazo inmovilizado no entrenado. Además de esto, es necesario considerar un posible riesgo de caída en los procedimientos de evaluación, entrenamiento o vida cotidiana desarrollada con el uso del cabestrillo. En el caso de que usted sufra de alguna caída o de alguna molestia asociada a dolor exagerado (> 5/10), dificultad de movilidad o disminución considerable del volumen muscular de extremidad superior, los investigadores gestionaran su acceso rápido, oportuno y gratuito a la estación de enfermería en el cuarto piso del edificio amberes norte (con la enfermedad de turno del momento) o a terapia kinésica en el gimnasio de Kinesiología ubicado en el edificio Amberes Sur de la Universidad Finis Terrae.

5 COSTOS

Su participación en este estudio no presenta ningún costo directo para usted en relación con las evaluaciones o por el programa de entrenamiento a realizar. Además, en caso de existir algún dolor exacerbado a lo esperado, alguna disfunción clínica importante u otro síntoma que escape de lo esperado de la investigación, Los tesisistas y profesores supervisores ofrecerán servicio de atención kinesiológica integral gratuita a los participantes que así lo requieran.

6 COMPENSACIONES

Los participantes de la investigación no recibirán ninguna compensación económica.

6 CONFIDENCIALIDAD DE LA INFORMACIÓN

Toda la información, datos, y registros derivados de los participantes de la investigación serán conservados bajo estricta confidencialidad y anonimato para su futura publicación.



Para asegurar la confidencialidad de toda la información respectiva a los participantes, se les asignará un número de identificación (Ej.: PARTICIPANTE Nº 1). Este número de identificación, será utilizado para referirse a los registros de cada participante dentro de las evaluaciones y entrenamientos. De esta forma, solo los investigadores tendrán acceso a la verdadera identidad de los participantes.

Es posible que los resultados obtenidos sean presentados en revistas y conferencias médicas, sin embargo y bajo ninguna circunstancia, su nombre será conocido.

7 VOLUNTARIEDAD

Su participación en esta investigación es completamente voluntaria. No obstante, usted podrá realizar abandono de su protocolo de entrenamiento si así lo desea, comunicándose previamente con el investigador responsable. En caso de abandonar la investigación, el participante no perderá la opción de ser tratado por los servicios de Kinesiología previamente expuestos.

8 PREGUNTAS

Si tiene preguntas acerca de esta investigación clínica puede contactar al investigador responsable del estudio:

Omar Valdés Tapia (+56974082822)

Este estudio fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad Finis Terrae. Si tiene preguntas acerca de sus derechos como participante en una investigación médica, usted puede escribir al correo electrónico: cec@uft.cl del Comité ético Científico o al teléfono al +56 2 22420 7469, para que la presidenta, Beatriz Shand Klagges, lo derive a la persona más adecuada.

9 DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO

- Se me ha explicado el propósito de esta investigación, los procedimientos, los riesgos, los beneficios y los derechos que me asisten y que me puedo retirar de ella en el momento que lo desee.
- Firmo este documento voluntariamente, sin ser forzado/forzada a hacerlo.
- No estoy renunciando a ningún derecho que me asista.
- Se me comunicará toda nueva información relacionada con el estudio de la intervención que surja durante la investigación y que pueda tener importancia directa para mí.
- Se me ha informado que tengo el derecho a reevaluar mi participación en esta investigación según mi parecer y en cualquier momento que lo desee. En el caso de retiro, no sufriré sanción o pérdida de derechos a la atención sanitaria.



FIRMAS

Participante:

Nombre:

Firma:

Fecha:

Investigador:

Nombre:

Firma:

Fecha:

Director de la Institución o su delegado:

Nombre:

Firma:

Fecha

Anexo 2: Fotos de cabestrillo utilizado



Anexo 3: Protocolo de entrenamiento de Fuerza (1-RM)

Efectividad del entrenamiento contralateral de Acción Muscular Excéntrica Acentuada en comparación al de Acción Muscular Concéntrica - Excéntrica sobre la función muscular de la extremidad contralateral inmovilizada en personas jóvenes sanas.
Proyecto de Investigación de Tesis de Pregrado, para optar al título de Kinesiólogos, Universidad Finis Terrae, 2021.

Protocolo de Medición de fuerza

1-RM

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la fuerza, activación y masa muscular en la extremidad superior durante un periodo de inmovilización mediante el uso de un cabestrillo en el brazo no dominante (el menos hábil) con el entrenamiento simultáneo del brazo dominante (el más hábil) sin inmovilización. Los resultados de esta investigación permitirán evidenciar nuevas estrategias de tratamiento durante los periodos de inmovilización o descarga de segmentos corporales.

El siguiente protocolo, ha sido previamente probado y validado por los investigadores, enfatizando en los valores de interés e indicadores específicos para la investigación.

1. Preparación del instrumento
 - a. Limpieza de los equipos con alcohol isopropílico al 70%
 - b. Selección de implementos (Banco Scott y mancuerna con discos desmontables)

2. Medición de 1RM concéntrico
 - a. Ubicar al participante en el banco Scott
 - b. Familiarizar con el movimiento que debe realizar (flexión de codo) subiendo en 2 segundos y bajando en 2 segundos.
 - c. Primero se realizó una fase de calentamiento, que consistía en 5 repeticiones al 50% de 1RM estimado por el participante.
 - d. Luego, se realizaron 5 repeticiones al 70% de 1RM
 - e. Después, el participante debió realizar 3 repeticiones al 80% de 1RM
 - f. Finalmente, debía realizar 1 repetición al 90% de 1RM, seguido de 3 intentos hasta determinar el 1RM actual

El descanso entre serie, consistió en 3 minutos y, al minuto post término, se le preguntó por el dolor evaluado en una escala EVA de 0-10 para objetivar cómo iba sintiendo la carga.

Anexo N°4: Protocolo de entrenamiento de fuerza (CVIM)

Efectividad del entrenamiento contralateral de Acción Muscular Excéntrica Acentuada en comparación al de Acción Muscular Concéntrica - Excéntrica sobre la función muscular de la extremidad contralateral inmovilizada en personas jóvenes sanas.
Proyecto de Investigación de Tesis de Pregrado, para optar al título de Kinesiólogos, Universidad Finis Terrae, 2021.

Protocolo de Medición de fuerza Contracciones Voluntarias Máximas

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la fuerza, activación y masa muscular en la extremidad superior durante un periodo de inmovilización mediante el uso de un cabestrillo en el brazo no dominante (el menos hábil) con el entrenamiento simultáneo del brazo dominante (el más hábil) sin inmovilización. Los resultados de esta investigación permitirán evidenciar nuevas estrategias de tratamiento durante los periodos de inmovilización o descarga de segmentos corporales.

El siguiente protocolo, ha sido previamente probado y validado por los investigadores, enfatizando en los valores de interés e indicadores específicos para la investigación.

- 1) Preparación del Instrumento
 - a) Limpieza de los equipos con alcohol isopropílico al 70%
 - b) Selección de implementos (Brazaletes y brazo extensible)
 - c) Ajuste de parámetros específicos para la medición
 - i) Altura del Dinamómetro
 - ii) Rotación del Dinamómetro
 - iii) Inclinación del Dinamómetro
 - iv) Inclinación del respaldo de la silla
 - v) Rotación de la silla
 - vi) Distancia horizontal de la silla
- 2) Preparación de Electromiografía
 - a) Limpiar zona completa con alcohol y algodón.
 - b) Preparar la piel con maquina de afeitar, con técnica abrasiva para dejar la piel porosa y levemente irritada.
 - c) Volver a limpiar con alcohol y algodón.
 - d) Preparar electrodos
 - i) Cortar adhesivos.
 - ii) Instalar adhesivos en los electrodos.
 - e) Ubicar electrodos en zonas de interés (Canal 1 – Bíceps Braquial, Canal 2 – Tríceps Braquial)
 - *Bíceps Braquial:* Paciente sentado, ubicar y marcar el borde anterior del acromion con un punto, ubicar y marcar el Angulo superior de la fosa cubital, medir distancia entre ambas referencias y dividirla en 3, ubicar eje

transversal del electrodo en el punto del 1/3 distal hacia la fosa cubital, hacer coincidir el eje longitudinal del musculo con l eje longitudinal del electrodo.

- *Tríceps Braquial*: Paciente sentado, ubicar y marcar la cresta posterior con el acromion con un punto, ubicar y marcar el olecranon con un punto, medir la distancia entre ambas referencias y dividirla en dos, ubicar el eje transversal del electrodo en la mitad de la medida, desplazar 2 dedos hacia medial y hacer coincidir el eje longitudinal del electrodo con el eje longitudinal del musculo.
- f) Ubicar electrodo de referencia en reborde óseo del carpo ipsilateral
- g) Asegurar electrodo de referencia con cinta micopore.
- 3) Medición de CIVM
- a) Inicio con brazo derecho
- b) **Primera configuración**
- i) Medición de CIVM en flexión a 90° (3 intentos)
 - ii) Medición de CIVM en extensión a 90° (3 intentos)
 - iii) Medición de CIVM en flexión a 70° (3 intentos)
 - iv) Medición de CIVM en extensión a 70° (3 intentos)
- 4) Medición de CVM (Dinámica)
- a) Inicio con brazo derecho
- b) **Segunda Configuración**
- i) Medición de CVM Concéntrica de Flexores (60 rad en flexión activa y 15 rad en extensión pasiva) (3 intentos).
 - ii) Medición de CVM Concéntrica de Extensores (60 rad en extensión activa y 15 rad flexión pasiva) (3 intentos).
 - iii) Medición de CVM Excéntrica de Flexores (60 rad en extensión activa de flexores y 15 rad en flexión pasiva) (3 intentos).
 - iv) Medición de CVM Excéntrica de Extensores (60 rad en flexión activa de extensores y 15 rad en extensión pasiva) (3 intentos).
- 5) Repetición de pasos 2, 3 y 4 con el brazo izquierdo.
- 6) Considerar valores Peak y Promedio de fuerza y consignarlos en *Tabla de recolección de datos*.

Anexo 5: Protocolo de medición de Propiocepción (JPS)

1212Efectividad del entrenamiento contralateral de Acción Muscular Excéntrica Acentuada en comparación al de Acción Muscular Concéntrica - Excéntrica sobre la función muscular de la extremidad contralateral inmovilizada en personas jóvenes sanas.

Proyecto de Investigación de Tesis de Pregrado, para optar al título de Kinesiólogos, Universidad Finis Terrae, 2021.

Protocolo de Medición de propiocepción

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la fuerza, activación y masa muscular en la

extremidad superior durante un periodo de inmovilización mediante el uso de un cabestrillo en el brazo no dominante (el menos hábil) con el entrenamiento simultáneo del brazo dominante (el más hábil) sin inmovilización. Los resultados de esta investigación permitirán evidenciar nuevas estrategias de tratamiento durante los periodos de inmovilización o descarga de segmentos corporales.

El siguiente protocolo, ha sido previamente probado y validado por los investigadores, enfatizando en los valores de interés e indicadores específicos para la investigación.

- 1) Preparación del Instrumento
 - a) Limpieza de los equipos con alcohol isopropílico al 70%
 - b) Selección de implementos (Brazalete y brazo extensible)
 - c) Ajuste de parámetros específicos para la medición
 - i) Altura del Dinamómetro
 - ii) Rotación del Dinamómetro
 - iii) Inclinación del Dinamómetro
 - iv) Altura de la silla
 - v) Distancia de la silla al brazo extensible
 - d) Al finalizar la medición se realizará una limpieza
 - e) a los equipos con alcohol isopropílico al 70%
- 2) Medición de propiocepción
 - a) Ajuste de rango completo de flexo/extensión de codo
 - b) Calcular el 50% de rango completo de flexo/extensión de codo
 - c) Medición de propiocepción en flexión
 - i) Realizar 3 intentos de prueba, con el participante con los ojos abiertos, para que observe la posición en flexión de codo que debe imitar, con descansos de 60 segundos entre cada intento.
 - ii) Realizar 3 intentos en donde el paciente debe imitar la posición anterior, pero con los ojos cerrados, con descansos de 60 segundos entre cada intento.
 - d) Medición de propiocepción en extensión
 - i) Realizar 3 intentos de prueba, con el participante con los ojos abiertos, para que observe la posición en extensión de codo que debe imitar, con descansos de 60 segundos entre cada intento.

- ii) Realizar 3 intentos en donde el paciente debe imitar la posición anterior, pero con los ojos cerrados, con descansos de 60 segundos entre cada intento.
- e) Entre cada medición de los dos movimientos existe un descanso de 180 segundos.

Anexo 6: Protocolo de medición de composición corporal

Efectividad del entrenamiento contralateral de Acción Muscular Excéntrica Acentuada en comparación al de Acción Muscular Concéntrica - Excéntrica sobre la función muscular de la extremidad contralateral inmovilizada en personas jóvenes sanas.
Proyecto de Investigación de Tesis de Pregrado, para optar al título de Kinesiólogos, Universidad Finis Terrae, 2021.

Protocolo de medición de Composición Corporal Bioimpedancia, Circunferencias y Pliegues de brazo

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la fuerza, activación y masa muscular en la extremidad superior durante un periodo de inmovilización mediante el uso de un cabestrillo en el brazo no dominante (el menos hábil) con el entrenamiento simultáneo del brazo dominante (el más hábil) sin inmovilización. Los resultados de esta investigación permitirán evidenciar nuevas estrategias de tratamiento durante los periodos de inmovilización o descarga de segmentos corporales.

El siguiente protocolo, ha sido previamente probado y validado por los investigadores, enfatizando en los valores de interés e indicadores específicos para la investigación.

- 1) Preparación del participante / paciente
 - Es necesario considerar algunas condiciones requeridas para la evaluación de biomipedancia. El paciente deberá cumplir a cabalidad estos requerimientos, para asegurar la fidelidad y transparencia de las mediciones.
 - (1) No realizar ejercicio físico intenso por 24 horas previas a la evaluación
 - (2) No consumir líquidos por 1 hora previa a la evaluación
 - (3) Retirar previamente objetos metálicos del cuerpo, como cadenas, aros, piercings y otros similares.
 - (4) Orinar dentro de los 20 minutos previos a la evaluación
- 2) Preparación del Instrumento |
 - a) Limpieza de los equipos, Inbody y Tallimetro, enfatizando en los electrodos de pie y mano, con alcohol isopropilico al 70%
- 3) Medición de Bioimpedancia
 - a) Medir al paciente en el Tallimetro
 - b) Ubicar al paciente en la maquina Inbody y seguir instrucciones en pantalla
 - c) Exportar datos
- 4) Posterior a esta evaluación, el paciente podrá comer y tomar agua con libertad
- 5) Preparación del instrumento
 - a) Limpieza de la cinta métrica Lufkin y del Caliper con alcohol isopropilico al 70%

- 6) Medición de Circunferencias de Brazo
 - a) Paciente de pie con los brazos relajados al costado
 - b) Medición perpendicular al eje longitudinal del humero
 - c) Medición en el punto acromio-radial (Punto medio)
 - d) Medición a 3 cm proximal de la línea articular de codo
 - e) Medición a 6 cm proximal de la línea articular de codo
 - f) Medición a 9 cm proximal de la línea articular de codo
 - g) Repetir procedimiento con el otro brazo

- 7) Medición de Pliegue Bicipital
 - a) Ubicar el punto medio entre el acromion y la cabeza del radio por anterior
 - b) Con el dedo índice y pulgar se toma la referencia vertical, separando el regido superficial del profundo, sin pellizcar el musculo, no manteniendo la presión por mas de dos segundos.
 - c) Realizar a medición perpendicular al eje longitudinal del brazo
 - d) Repetir procedimiento con el otro brazo

- 8) Medición de Pliegue Tricipital
 - a) Ubicar el punto medio entre el acromion y la cabeza del radio por posterior
 - b) Con el dedo índice y pulgar se toma la referencia vertical, separando el regido superficial del profundo, sin pellizcar el musculo, no manteniendo la presión por mas de dos segundos.
 - c) Realizar a medición perpendicular al eje longitudinal del brazo
 - d) Repetir procedimiento con el otro brazo

Anexo N°7: Planilla de Monitorización de Inmovilización

Planilla de Monitorización de Inmovilización

Participante: _____.

Investigador a Cargo: _____.

Semana N°: _____

HORA	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
00 - 1 AM					
1- 2 AM					
2 - 3 AM					
3 - 4 AM					
4 - 5 AM					
5 - 6 AM					
6 - 7 AM					
7 - 8 AM					
8 - 9 AM					
9 - 10 AM					
10 - 11 AM					
11 - 12 AM					
12 - 1 PM					
1- 2 PM					
2 - 3 PM					
3 - 4 PM					
4 - 5 PM					
5 - 6 PM					
6 - 7 PM					
7 - 8 PM					

8 - 9 PM					
9 - 10 PM					
10 - 11 PM					
11 - 00 PM					

TERMINOLOGÍA

1	Uso constante del cabestrillo.
2	Uso interrumpido del cabestrillo
3	Aseo personal
4	Alimentación
5	Sueño / Vigilia
6	Trabajo / Estudio
7	Recreación
8	Entrenamiento Proyecto
9	Otras Actividades

Anexo N° 8. Instrumento de recolección de datos

Identificación del paciente

IDENTIFICACION DEL PARTICIPANTE							
ID PARTICIPANTE	DOMINANCIA	EDAD	TALLA		PESO		
			PRE	POST	PRE	POST	
2	CONTROL	D	23	177,9	177,9	89,7	89
4	CON-EXC	D	22	160.7	160.7	55	55
5	INM	Z	23	157,9	157,9	58,3	58,3
6	EXC-ACC	D	27	174.3	174.3	62,7	62,7

Valores antropometría

PERIMETRO DE BRAZO CORREGIDO BRAZO DOMINANTE				PERIMETRO DE BRAZO CORREGIDO BRAZO NO DOMINANTE			
PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
33,6	32,6	32,9	33	24,6	25	23,7	24,1
25	25,4	25,1	23,5	26,8	28,5	26,3	24,1
PERIMETRO DE BRAZO PUNTO MEDIO BRAZO DOMINANTE				PERIMETRO DE BRAZO PUNTO MEDIO BRAZO NO DOMINANTE			
PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
35	34	34	34,5	27	27,3	26	26,4
27,3	27,3	27,6	26	27,7	29,5	27	25
PLIEGUE TRICIPITAL BD				PLIEGUE TRICIPITAL BND			
PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
14	14	11	15	24	23	23	23
23	19	25	25	9	10	7	9

Valores CIVM PRE

CIVM FLEX BD 90°		CIVM EXT BD 90°		CIVM FLEX BND 90°		CIVM EXT BND 90°	
PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM
53,3	50,2	24,8	33,9	56,2	54,6	56,2	34,3
67	49,6	44,9	42	21,6	44,7	47,4	
31	30,3	32,7	29	26,6	24,1	25	30
20	18,5	21,9	21,6	24,4	15,4	24	20,4

Valores CIVM POST

CVM FLEX BD 90º		CVM EXT BD 90º		CVM FLEX BND 90º		CVM EXT BND 90º	
PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM
55,6	57,4	32,8	31,3	58	58,2	59,3	40,1
72		47		36,5	17,3	48,6	24,7
47	44,5	34		39,3	37,5	29,7	
21,1	24,7	23,6	19,1	21,7	19,6	24,1	25,7

Valores CVM PRE

CVM CON FLEX BD		CVM CON EXT BD		CVM EXC FLEX BD		CVM EXC EXT BD	
PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM
50,9	49,5	37,8	33,4	69,4	66,5	54,4	49,6
36,4	41	33,9	30,3	42	31,5	31,3	19,4
18,9	17,5	22,7	16,3	38,1	26,3	33,2	22,9
13,3	12,2	12,7	12,2	53,2	14,3	33,4	22,8
CVM CON FLEX BND		CVM CON EXT BND		CVM EXC FLEX BND		CVM EXC EXT BND	
PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM
50,1	45,1	30,5	29,2	62,5	62,5	36,2	34,3
41,7	45,5	23,3	22,1	46,2	35	63,9	62,2
18,9	19,4	20,6	19,8	34,5	23,7	37,3	27,1
16,3	12,2	20,6	24,1	35	23,3	30,4	19,7

Valores CVM POST

CVM CON FLEX BD		CVM CON EXT BD		CVM EXC FLEX BD		CVM EXC EXT BD	
PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM
48,6	46,4	30	29,3	68,4	30	50,4	45,4
41,7	32,5	57,1	23,9	51,9	23,7	55,2	
22,4	19,8	31,1	28,5	44,5	24,4	36,7	33,5
17,4	17	15,2	12,9	14,5	27,2	33,4	21,9

CVM CON FLEX BND		CVM CON EXT BND		CVM EXC FLEX BND		CVM EXC EXT BND	
PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM	PEAK	PROM
49,1	46,6	31,3	39,3	60,1	34,3	39,1	46,6
49,3	20,7	30,6	19,9	52,4	20,3	67,4	22
21,5	18,7	23,4	18,2	36,3	26,5	40	29,1
13,3	12,8	13,9	12,1	24,1	17,1	26,5	17,1

Valores RM

1 RM BD		1 RM BND	
PRE	POST	PRE	POST
16,5	17,3	16,2	16,3
10	20	10	12
4	6	4	5
7	8	8	5

Valores propiocepción PRE

PROPIOCEPCIÓN BD EXT-FLEX		PROPIOCEPCIÓN BD FLEX-EXT	
PROMEDIO 30%		PROMEDIO 30%	
3		5	
6		4	
7		12	
7		1	
PROPIOCEPCIÓN BND EXT-FLEX		PROPIOCEPCIÓN BND FLEX-EXT	
PROMEDIO 30%		PROMEDIO 30%	
7		6	
2		2	
7		9	
10		2	

Valores propiocepción POST

PROPIOCEPCIÓN BD EXT-FLEX		PROPIOCEPCIÓN BD FLEX-EXT	
PROMEDIO 30%		PROMEDIO 30%	
6		4	
2		3	
5		2	
7		5	
PROPIOCEPCIÓN BND EXT-FLEX		PROPIOCEPCIÓN BND FLEX-EXT	
PROMEDIO 30%		PROMEDIO 30%	
3		10	
2		5	
2		2	
1		1	

Valores NASA TLX

SEMANA 1													
		DÍA 1				DÍA 2				DÍA 3			
Nº	ID PARTICIPANTE	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX
1	CON-EXC	23 nov	0	4	1080	24 nov	3	4	1080	26 nov	2	5	1050
2	EXC-ACC	22 nov	0	0	1110	24 nov	0	1	965	26 nov	0	2	995

SEMANA 2													
		DÍA 1				DÍA 2				DÍA 3			
Nº	ID PARTICIPANTE	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX
1	CON-EXC	30 nov	0	4	955	2 dic	0	2	880	3 dic	0	1	620
2	EXC-ACC	30 nov	0	6	830	2 dic	0	3	900	3 dic	0	3	795

SEMANA 3													
		DÍA 1				DÍA 2				DÍA 3			
Nº	ID PARTICIPANTE	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX
1	CON-EXC	6 dic	0	2	760	9 dic	0	0	1010	10 dic	0	0	740
2	EXC-ACC	6 dic	0	2*	670	9 dic	0	1	710	10 dic	0	0	830

SEMANA 4													
Nº	ID PARTICIPANTE	DÍA 1				DÍA 2				DÍA 3			
		FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX	FECHA	EVA PRE	EVA POST	NASA-TLX
1	CON-EXC	13 dic	0	4	943	15 dic	2	2	1255	17 dic	0	0	555
2	EXC-ACC	13 dic	0	2	410	15 dic	0	0	415	17 dic	0	0	440

Anexo 9: Autorización del Comité de Ética



Emitido por el Comité Ético Científico Acreditado
Resolución exenta No.002681/2021 Seremi de Salud del 24 de febrero del 2021

Santiago, 13 de septiembre de 2021

Vistos y considerando la revisión del Comité Ético Científico de la Universidad Finis Terrae, de documentos presentados para el proyecto titulado **"Efectividad del entrenamiento contralateral excéntrico acentuado en comparación al entrenamiento acoplado concéntrico-excéntrico, sobre la función muscular de la extremidad contralateral inmovilizada en personas jóvenes sanas"** No. 44-13-2021 de D. Omar Valdés, D. David Olivares, D. Matías Fuentes y D. Sebastián Urra; a saber, anexos solicitados por el comité, instrumento de investigación y presentación del proyecto de investigación, se determinó que su valor social, los objetivos de la investigación y la metodología, han sido valorados positivamente.

El proyecto es de riesgo mínimo, atendiendo su temática y metodología. Se preserva en todo momento y mediante procedimientos adecuados los derechos de los participantes así como la confidencialidad de la información producida.

Se ha revisado el formulario de Consentimiento Informado y se considera que está redactado conforme a los estándares éticos y procedimentales establecidos. Se adjunta timbrado.

Por lo anteriormente expuesto, el Comité lo declara como **aprobado**.

El investigador responsable se obliga a cumplir con la Carta de Compromiso suscrita. Esta aprobación tiene vigencia de un año, después de lo cual, el investigador responsable debe solicitar la renovación de la misma.

Atentamente,

Dra. Beatriz Shand Klagges
Presidente
Comité Ético Científico
Universidad Finis Terrae



Anexo 10: Carta de respaldo Director de Carrera



ANEXO III

Carta de respaldo del Director Unidad Académica (pre-grado) o

Director de Investigación (en Postgrado)

Lunes 7 de junio de 2021

Yo Claudio Villagrán en mi calidad de Director de la Unidad Académica de pregrado declaro conocer el proyecto de investigación titulado *"Efectividad del entrenamiento contralateral de Acción Muscular Excéntrica Acentuada en comparación al de Acción Muscular Concéntrica - Excéntrica, sobre la función muscular de la extremidad contralateral inmovilizada en sujetos jóvenes sanos"* y sus documentos anexos, los cuáles serán presentados al Comité de Ética Científico. A este respecto:

- Certifico que Luis Peñailillo Escórate y Omar Valdés Tapia tienen la experiencia y conocimientos necesarios para dirigir este proyecto de investigación.
- Certifico que el proyecto ha sido revisado en su valor social, metodología y validez científica, al interior de la Unidad Académica, por lo que es considerado metodológicamente correcto, original y que puede aportar al conocimiento.
- En consecuencia, doy el apoyo para la realización de dicho proyecto en nuestra Unidad y estoy de acuerdo a que sea presentado para la revisión y eventual aprobación por el CEC UFT.

Sin otro particular, saluda atentamente a Usted,

Claudio Villagrán
Director de Investigación de la Unidad Académica

Firma

c.c. Dr. Luis Peñailillo Escórate y Klgo. Omar Valdés Tapia

Anexo 11: Carta aprobacion profesor guia Klgo. Omar Valdes



Kinesiología
FACULTAD DE MEDICINA

Aprobación Tesis Profesor Guía

Yo, OMAR ESTEBAN VALDÉS TAPIA , en mi calidad de Profesor Guía, apruebo la entrega del trabajo titulado:

FACTIBILIDAD DE UN ENTRENAMIENTO CONTRALATERAL EXCÉNTRICO-ACENTUADO Y CONCÉNTRICO-EXCÉNTRICO SOBRE LA FUNCIÓN MUSCULAR DE LA EXTREMIDAD INMOVILIZADA EN INDIVIDUOS JÓVENES SANOS. UN ESTUDIO PILOTO.

De los autores: Matías Jacob Fuentes Espinoza
 David Antonio Olivares Mendieta
 Sebastián Ignacio Urra Luna

Mediante firma de la presente carta, declaro:

- Haber leído la tesis en su totalidad.
- Estar de acuerdo con el contenido de ésta.
- Que el trabajo cumple a cabalidad con el formato de entrega de tesis de la Escuela de Kinesiología.
- Que el trabajo cumple con las exigencias establecidas en la Normativa de tesis y su calidad es adecuada para pasar al proceso de revisión.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Firma
Profesor Tutor

Santiago, 20 de MARZO de 2022