



UGR Universidad
del Gran Rosario

TESINA

**Presentado para acceder al título de grado de la carrera de LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA
Y FISIATRÍA**

Título:

**“Análisis bio-musculo-esquelético del entrenamiento en artes marciales sobre los huesos
metacarpianos”**

Autor:

Bazán, Jorge Andrés - 40164679

Director:

Lic. Intelangelo, Leonardo.

Fecha de Presentación:

Firma de Autor

RESUMEN:

Las artes marciales son disciplinas que involucran al entrenamiento mental, espiritual y principalmente físico. En este sentido, las estructuras óseas son un componente esencial.

Las actividades como los golpes de puños, entran en contacto sobre diferentes tipos de superficies, tanto inanimadas o viva, rígida o blanda. Gran parte de esa energía es absorbida por el tejido óseo. El mecanostato óseo, es un sistema de retroalimentación que sensa microdeformaciones, traduciéndolas a señales que inician procesos de acumulación y resorción ósea para mantener el balance óseo. El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la práctica de artes marciales sobre la estructura cortical y trabecular sobre los metacarpianos en practicantes de diferentes estilos de artes marciales y sujetos control. Se incluyeron 30 sujetos entre 18 a 40 años (15 practicantes de artes marciales y 15 sujetos de grupo control), de género masculino, residentes en la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina. Se realizaron escaneos utilizando tomografía periférica cuantitativa (pQCT) desde el 2do al 5to metacarpiano de mano dominante. Los principales resultados mostraron diferencias significativas en la resistencia ósea en los metacarpianos 2 y 3 contra fracturas y deformaciones bajo compresión y torsión. Por otro lado, los metacarpianos 4 y 5 mantienen una flexibilidad útil para absorber fuerzas laterales y distribuir el impacto. Este balance de rigidez en metacarpianos centrales y flexibilidad en los laterales es fundamental para la resistencia ósea integral de la mano en los golpes de alto impacto de las artes marciales alineándose con las adaptaciones específicas descritas en la teoría del mecanostato.

Palabras clave.

Artes marciales= "Martial arts" [MeSH]; Mecanostato oseo= "Mechanostat" [Término libre]; Fuerza de prensión= Hand strenght [MeSH], "Hand-grip" [Término libre]; Metacarpianos = Metacarpal bone [MeSH]; Tomografía= Tomography [MeSH], "pQTC" [Término libre]; Osteoporosis =Osteoporosis [DeCS /MeSH]

Presentaciones en congresos y publicaciones

Los resultados de este trabajo final dieron lugar a las siguientes publicaciones y premios:

- 1) Jorge Bazán; Intelangelo L; Cointry Gustavo; Lüscher Sergio; Ferreti José Luis; Capozza Ricardo. Análisis tomográfico de metacarpianos de entrenados en artes marciales como evidencia inédita de efectos del ejercicio sobre el diseño óseo, independientes de la rigidez del tejido cortical. 6° Congreso Argentino de Osteología, Córdoba, Argentina. 2do Mejor trabajo libre, categoría "Ciencias Básicas)
- 2) J. Bazán, G. Cointry, S. Lüscher, J. Ferretti, L. Intelangelo, R. Capozza. Tomographic analysis of metacarpals in martial arts practitioners as unprecedented evidence of exercise effects on bone design, independent of cortical tissue stiffness. *Aging Clinical and Experimental Research*.2024. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40520-024-02766-y#Sec3707>

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
II.a. General:.....	3
II.b. Específicos:	4
II.c. Hipótesis:.....	4
III. MARCO TEÓRICO.....	4
III.a Artes marciales y su uso de las estructuras musculoesqueléticas.....	4
III.b Mecanostato óseo y su rol sobre las estructuras óseas, a partir de estímulos musculares.....	5
III.c.El uso pQCT como método confiable para analizar las interacciones músculo- hueso.....	7
III.d.Influencia de la fuerza de prensión y las mediciones antropométricas.....	8
IV. JUSTIFICACIÓN.....	9
V. MÉTODOS.....	9
V.a Trabajo de campo.....	9
V.a.a .Criterios de selección de sujetos.....	9
V.a.a.a. Criterios de inclusión.....	10
V.a.a.b. Criterios de exclusión.....	10
V.a.b. Procedimientos de evaluación.....	10
V.a.b.a.Nivel de actividad física.....	10
V.a.b.b.Fuerza de prensión manual.....	12
V.a.b.c.Procedimiento de Medición de pQCT.....	12
V.a.b.d. Datos resultantes utilizados de las siguientes mediciones.....	14
VI. ANÁLISIS DE DATOS Y ESTADÍSTICAS.....	14
VII. RESULTADOS.....	15
VIII. DISCUSION.....	18
IX.CONCLUSIÓN.....	23
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
XI. ANEXOS.....	28

I. Introducción

Las artes marciales son disciplinas originadas en el oriente desde tiempos remotos, y aluden a las prácticas de autodefensa y a la militarización de las culturas antiguas. En general, son ejercicios para el cuerpo, la mente y el espíritu donde se ramifican diferentes estilos de artes marciales con sus propias filosofías. El rasgo común de todas ellas, es que comparten el objetivo de mantener a la persona a salvo de un ataque físico.⁽¹⁾

En este contexto, todas las partes del cuerpo pueden ser usadas para el ataque y la defensa, pero los golpes, bloqueos y agarres suelen realizarse con los miembros superiores e inferiores.⁽¹⁾ En general, los miembros superiores suelen usarse para golpear, agarrar o bloquear siendo la estructura de la mano la herramienta empleada en flexión o extensión completa de los dedos, en forma de puño o extendida respectivamente, aunque hay una gran variedad de maneras en las que puede posicionarse para atacar o defender. Por su lado, los dedos también se utilizan para golpear, siendo su posición en “punta de lanza” la más común para alcanzar este objetivo.⁽¹⁾

El entrenamiento en las artes marciales es un camino que conforme se avanza, más exigente se vuelve la disciplina; debiéndose adaptar al entrenamiento que le exija. Esta exigencia preparará a la persona para una situación de peligro o una situación controlada como una pelea competitiva. Las consecuencias de estas prácticas constituyen micro traumas repetitivos, que con el tiempo generan cambios tisulares.

Los diferentes tejidos musculoesqueléticos y en especial el hueso responde ante estímulos mecánicos, gracias a que, estos tienen la forma adecuada para enfrentarse a las necesidades mecánicas y cada sección transversal presenta la cantidad de hueso necesaria para someterse sobradamente a las tensiones locales.⁽²⁾ Ante el inminente escenario un de impacto directo, la estructura blanco devuelve la misma fuerza en sentido opuesto (3era Ley de Newton, acción-reacción), por lo que, el esqueleto evita los momentos flectores mediante la geometría de su forma longitudinal, la variación del área en cada sección y la actuación de los músculos, de los ligamentos y el material óseo se distribuyen proporcionales al valor de las tensiones; sólo cuando se sobrepasa el límite máximo de tensión se produce una fractura.⁽²⁾

Solo un mecanismo para evitar este desenlace sería insuficiente, por lo que para mantener la indemnidad y una adaptación positiva de la homeostasis del hueso, cuenta con

un mecanismo de remodelación osteonal; un mecanismo reparativo que reorienta su dirección en función de las sollicitaciones mecánicas, respondiendo a los potenciales eléctricos, a las presiones hidrostáticas del fluido extracelular y a las alteraciones en la difusión de la membrana celular.⁽²⁾

Este proceso se conoce como mecanostato óseo, “sistema de retroalimentación encargado del correspondiente control biomecánico y funciona a partir del sensado de las micro deformaciones locales del tejido mineralizado, a través de la activación de los osteocitos que liberan mediadores hacia los osteoblastos y osteoclastos vecinos, direccionalmente orientados para disparar o modular localmente la formación o la destrucción de tejido mineralizado”.⁽²⁾ De esa forma, el sistema añade o quita tejido duro en distintos sitios según corresponda, adecuando el diseño del hueso a su deformabilidad ideal.

Esta regulación direccional, mecánicamente inducida, sería suficiente para controlar la resistencia ósea per se; pero el entorno endocrino-metabólico del esqueleto puede perturbarla en forma no direccional (sistémico) en función del equilibrio mineral.⁽²⁾ Frost en los años 1960, fue pionero en jerarquizar la relevancia de las contracciones musculares regionales como componentes del entorno mecánico que determina las propiedades estructurales de cada hueso móvil.⁽³⁾ Hoy en día, se sabe que la masa ósea no solo depende de la masa muscular, sino también del uso que se hace de ella (input del mecanostato), y que esta relación es hormono-dependiente (setpoint del sistema).⁽²⁾

Paralelamente, la forma externa de un hueso también juega un papel importante en las inserciones musculares, así en las personas con una mayor actividad física, laboral o deportiva, poseen inserciones más hipertróficas con la apariencia de un hueso más desarrollado. Siguiendo ésta línea, se ha demostrado claramente que existe un vínculo estrecho entre los parámetros óseos y musculares: la unidad funcional músculo-hueso. El hueso se adapta a los requisitos mecánicos que se definen principalmente por la función muscular, destacando a la masa y la fuerza muscular como posibles piedras angulares, a la hora de identificar parámetros con influencia directa, sobre aspectos arquitectónicos y de la fuerza ósea. Hasegawa y cols, realizaron un estudio destinado a estimar la relación de algunas características mecánicas derivadas de forma no invasiva del hueso radial, incluidos los parámetros arquitectónicos de la fuerza ósea con la fuerza de prensión manual (FPM) y el área de sección transversal del músculo (ASTM) mediante tomografía computarizada cuantitativa periférica (pQCT), que detallaremos más adelante, concluyendo que los parámetros arquitectónicos en el radio distal estaban mejor relacionados con la fuerza de

presión que con el área muscular transversal tanto en hombres como en mujeres. El ASTM arrojaba no ser un fuerte predictor de la fuerza de presión o de los parámetros de la arquitectura ósea.⁽⁴⁾

El ASTM del antebrazo es un predictor comparable a los pares de FPM y también es un buen sustituto de estos tipos de contracciones. Una mayor FPM se asoció con una mayor fuerza ósea del radio distal. La fuerza de presión se asoció positivamente con el área transversal total de antebrazo tanto en hombres como en mujeres, y con la fracción de área cortical en mujeres, pero no con la densidad ósea o la microarquitectura, lo que indica que la relación con la fuerza ósea puede deberse principalmente a la asociación positiva con el tamaño del hueso”.^(5,6)

Si tomamos al hueso como estructuras resistivas, “biológicamente servo controladas”⁽²⁾, el mecanostato óseo es una herramienta destinada a la constante búsqueda de mejorar la resistencia ósea, “reflejando la integración de la densidad ósea (valor máximo de masa ósea y magnitud de su pérdida) y la calidad ósea (arquitectura, recambio óseo, cúmulo de microlesiones y mineralización) que predispone a sufrir menor riesgo de fracturas”.⁽²⁾ Clínicamente, la resistencia ósea se evalúa en función de la densidad mineral ósea (DMO) habiendo diferentes maneras, los más tradicionales los métodos 2D como la absorciometría de rayos X dual (DXA) o radiogrametría de rayos X digital (DXR), aunque, a diferencia de los métodos bidimensionales anteriormente nombrados, el pQCT permite la determinación de la geometría ósea de la sección transversal del hueso independientemente del tamaño del hueso.^(7,8)

En línea con lo expuesto, surge la pregunta de investigación:

¿Cuáles son los efectos del entrenamiento en artes marciales sobre la estructura ósea de los huesos metacarpianos en manos de practicantes de artes marciales de la ciudad de Rosario con respecto a sujetos control?

II. Objetivos

II.a Objetivos generales:

Determinar datos bio-musculo-esqueléticos y dinamométricos relevantes para definir los posibles efectos de la práctica de artes marciales sobre la estructura cortical y trabecular sobre los metacarpianos en practicantes de diferentes estilos de artes marciales y sujetos

control.

II.b Objetivos específicos:

- o Indagar acerca de la relación entre el estímulo causado por los impactos y fuerzas en forma de puño generadas en el entrenamiento, y sus efectos sobre el sistema musculoesquelético a partir de la bibliografía disponible.
- o Analizar distintos indicadores estructurales y materiales del tejido óseo y parámetros dinámicos musculares que se compararon entre las diferentes disciplinas y con controles.
- o Describir la posible asociación entre la fuerza de prensión y las variables bio-musculoesqueléticas y antropométricas.

II.c Hipótesis

El impacto en el entrenamiento en sujetos practicantes de artes marciales influye sobre la calidad ósea trabecular y cortical de los huesos metacarpianos en comparación con los sujetos control.

III. MARCO TEÓRICO.

III.a. Artes marciales y su uso de las estructuras musculoesqueléticas.

Las artes marciales son disciplinas originadas en el oriente desde remotos tiempos, que aluden convencionalmente a las prácticas de autodefensa y a la militarización de las culturas antiguas. En general, son ejercicios para el cuerpo, la mente y el espíritu donde se ramifican miles de estos llamados estilos de artes marciales con sus propias estructuras y fundamentos.

El entrenamiento en las artes marciales es un camino que conforme se avanza, más exigente se vuelve la disciplina para el cuerpo del practicante, debiéndose adaptar a lo que el entrenamiento le exija, para luego ser puesto en práctica a la hora de una situación de peligro o una situación controlada como una pelea competitiva.

En este contexto, los miembros superiores, comprendiendo desde los dedos de la mano, utilizados para golpes siendo su posición en “punta de lanza”, para agarres, en forma de puño o extendida (utilizando las eminencias tenar e hipotenar, interfalángicas en posición

de nudillos, el dorso y canto de la mano), hasta hombro, codo y antebrazo, en sus contactos radiales y cubitales, derivando desde golpes y contraataques a bloqueos, de acuerdo a lo que las circunstancias dispongan.

Los artistas marciales de estas disciplinas comúnmente asumen la existencia de diferencias técnicas que distinguen sus respectivas disciplinas, pero este concepto no ha sido explorado en la literatura científica. Normalmente, los estudios que han informado datos cinemáticos tridimensionales se limitan a descripciones simples de los rangos de movimiento articular (ROM siglas en inglés) y/o la orientación segmentaria en fases clave.⁽⁹⁾

Cada arte tiene su propia forma de lograrlo; o al menos algunos estilos y rutinas de entrenamiento de artes marciales, se ajustan perfectamente a las recomendaciones para el cuidado óseo.⁽¹⁰⁾ Uno podría asociar intuitivamente que el practicante marcial solo es considerado como tal cuando alcanza o supera cierta graduación o cierto tiempo exhaustivo de práctica, como así también no se consideraría como tal a quién apenas inició en un arte marcial, dando pie a creer que existe un sesgo como el de que sólo los profesionales con huesos fuertes continúan participando en artes marciales, esto es muy poco probable ya que resultados similares también se han encontrado en otros deportes.⁽¹⁰⁾

Contrario a lo que pueda estimar, los beneficios en la fuerza y salud ósea no están dependientemente relacionados la disciplina en práctica, ni con las capacidades innatas del individuo, sino que también las cualidades y actitudes formadas por la disciplina a través entrenamiento intenso. Entonces no es realmente una gran noticia que las artes marciales puedan, de hecho, ayudar a fortalecer los huesos.⁽¹⁰⁾

Sin embargo, durante la edad adulta, la salud ósea se ve afectada por la inactividad física y el envejecimiento, ya que ambos afectan la estructura ósea, sumado a eso; el ejercicio físico produce bajos incrementos en la masa ósea, por tanto, la infancia y la adolescencia parecen ser los periodos más importantes para mejorar la DMO (densidad mineral ósea).⁽¹¹⁾

III.b. Mecanostato óseo y su rol sobre las estructuras óseas, a partir de estímulos musculares.

Estas disciplinas vienen enlazadas a micro traumas repetitivos, que con el correr del tiempo generan cambios tisulares. La ley de Wolff publicada en 1892 establece las bases de que; si aumenta la carga sobre un hueso en particular, el hueso se remodelará a sí mismo a lo largo del tiempo. ⁽¹²⁾ Estos cambios tienen una respuesta adaptativa, que no implica que los fenómenos de reparación puedan fallar; un ejemplo claro de esto son las lesiones ⁽²⁾ ante la pérdida de la homeostasis de la estructura inmersa en continuas demandas.

Desde practicantes, recreativos hasta élite, como así también en personas no practicantes, el cuerpo humano en sus diferentes tejidos musculoesqueléticos y en especial el hueso, responde ante estímulos mecánicos, ya que estos tienen la forma adecuada para enfrentarse a las necesidades mecánicas y sobradamente a las tensiones locales, evitando los momentos flectores mediante la geometría de su forma longitudinal, la variación del área en cada sección y la actuación de los músculos, de los ligamentos y el material óseo se distribuyen proporcionales al valor de las tensiones; sólo cuando se sobrepasa el límite máximo de tensión se produce una fractura. ⁽²⁾

Paralelamente, la forma externa de un hueso también juega un papel importante en las inserciones musculares ⁽²⁾, así en las personas con una mayor actividad física, laboral o deportiva, existen inserciones más hipertróficas con la apariencia de un hueso más desarrollado. Se adapta a las modificaciones mecánicas con la remodelación ósea, que funge como mecanismo reparativo, sobre hueso cortical fatigado por acumulación de fracturas trabeculares y reorienta su dirección en función de las sollicitaciones mecánicas, respondiendo a los potenciales eléctricos, a las presiones hidrostáticas del fluido extracelular y a las alteraciones en la difusión de la membrana celular. ⁽²⁾

Este proceso se conoce como mecanostato óseo, sistema de retroalimentación encargado del correspondiente control biomecánico y funciona a partir del sensado osteocítico de las micro deformaciones locales del tejido mineralizado, a través de la activación de los osteocitos que liberan mediadores hacia los osteoblastos y osteoclastos vecinos, direccionalmente orientados para disparar o modular localmente la formación o la destrucción de tejido mineralizado. La masa ósea no solo depende de la masa, sino también de la fuerza de la musculatura regional y del uso que se hace de ella (input del mecanostato), y que esta relación es hormono-dependiente (set point del sistema). ⁽²⁾

Según los últimos estudios volumétricos, la DMO, la densidad mineral ósea volumétrica (vBMD) o la densidad mineral ósea areal (aBMD) podrían no ser los mejores

marcadores de la resistencia ósea, pero son más precisos podría ser una mayor área ósea total.”⁽¹³⁾ Por lo tanto, no hay certezas sobre si los estudios han estado midiendo los indicadores correctos para evaluar la resistencia ósea; “aunque la tomografía computarizada aún parecería confirmar la suposición de que la actividad física es un factor importante.”⁽¹⁰⁾

III. c. El uso pQCT como método confiable para analizar las interacciones músculo-hueso.

Siguiendo ésta línea, las investigaciones consultadas de las últimas décadas han demostrado que existe un vínculo estrecho entre los parámetros óseos y musculares: la unidad funcional músculo-hueso.

La importancia de los factores biofísicos direccionales en la determinación de la eficiencia arquitectónica de la estructura ósea, se evidencia que esa direccionalidad está mucho más fuertemente orientada por las contracciones de los músculos que afectan a los huesos que por la carga pasiva del cuerpo.⁽²⁾

Como se ha mencionado con antelación, es difícil valorar las modificaciones que tienen lugar con el aumento de solicitudes; en los artículos de investigación, la resistencia o la calidad de los huesos se evalúa midiendo la DMO, la densidad mineral ósea área (aDMO), g/cm²) y la densidad de contenido mineral óseo (BMC), marcadores séricos de resorción y formación ósea y/o pQCT para calcular la resistencia ósea.⁽¹⁰⁾

La pQCT es una técnica de medición tridimensional que permite la evaluación de la geometría ósea transversal y la vBMD. A diferencia de métodos bidimensionales como DXA (absorciometría de rayos X de energía dual) y DXR (rayos X digitales), pQCT permite la determinación de la geometría ósea de la sección transversal del hueso independientemente del tamaño del hueso.⁽⁷⁾

La limitación decisiva de todos los estudios existentes es el hecho de que se han utilizado métodos 2D, que en el mejor de los casos permiten una estimación de la masa ósea y una evaluación burda de la geometría ósea.⁽⁸⁾

La investigación de la interacción entre músculos y huesos fue encarada, al principio, analizando las relaciones antropométricas entre las masas muscular y ósea determinadas por DXA.⁽²⁾ Luego se complementa ese análisis mediante el estudio de las “relaciones biomecánicas estáticas entre descriptores tomográficos de la calidad mecánica ósea y de las áreas de las secciones musculares adyacentes, determinados empleando pQCT complementándolos con determinaciones directas, dinamométricas, de la fuerza muscular”.

⁽²⁾

En este sentido, el hueso se adapta a los requisitos mecánicos que se definen principalmente por la función muscular, destacando a la masa y la fuerza muscular como posibles piedras angulares, a la hora de identificar parámetros con influencia directa, sobre aspectos arquitectónicos y de la fuerza ósea.

III. d. Influencia de la fuerza de prensión y las mediciones antropométricas.

Otros condicionantes importantes son, la fuerza de prensión, “como medida estandarizada, es un estimador ampliamente aceptado de la carga en el radio” ⁽⁴⁾. Es una prueba sencilla con alta fiabilidad y validez para evaluar a personas de todos los grupos socioeconómicos, nacionalidades, etnias o grupos culturales, que mide la fuerza ejercida por los músculos flexores-extensores de la muñeca. ⁽¹⁴⁾ Se ha demostrado que un HGS bajo se asocia con una variedad de resultados de salud deficientes, incluidas morbilidades crónicas, discapacidades funcionales y mortalidad por todas las causas. ⁽¹⁵⁾

Como se podría anticipar, los luchadores exhiben una mayor fuerza de prensión de la mano que las personas no entrenadas durante los años de desarrollo, y presentan un desarrollo simétrico de la fuerza de prensión de la mano en ambas manos al final de la adolescencia y en la edad adulta. ⁽¹⁶⁾ Como se mencionó anteriormente sobre cómo la mejora de calidad ósea está íntimamente relacionada con el estímulo físico y como las artes marciales cumplen con los requisitos para llevarlo a cabo, la mejora en la fuerza no está causada estrictamente por el desarrollo biológico, ya que algunas evidencias muestran una relación entre la práctica deportiva y las ganancias de fuerza en jóvenes. ^(16,17) De igual manera, así como cada deporte y disciplina son diferentes, también lo son los objetivos e intensidades a la hora del entrenamiento. Algunas actividades de resistencia no promueven ganancias de fuerza, probablemente debido a las bajas demandas de fuerza de la tarea. ⁽¹⁶⁾

En el ámbito competitivo la organización por categorías es a través del peso, lo cual en conjunto lleva en algunos casos a malas prácticas de pérdida de peso extrema para obtener una ventaja sobre el oponente (...) por lo que patrones antropométricos permiten tener un adecuado conocimiento sobre lo que se necesita para un adecuado desempeño en el deporte ⁽¹⁸⁾ en especial en los periodos previos a un pesaje para un torneo o pelea pactada.

En deportistas competidores de Judo, disciplina que no se estudió por falta de estímulo de impacto directo sobre las estructuras metacarpianas pero que posee un gran interés para la literatura científica, “la fuerza de prensión está correlacionada positivamente con la estatura, los componentes del somatotipo y las medidas antropométricas” ⁽¹⁹⁾ e incluso

“han observado porcentajes de grasa corporal más bajos y mayor fuerza en atletas de combate de élite en comparación con los de sub-élite”⁽¹⁸⁾, dando dimensión que incluso dentro de una misma disciplina, el nivel categoría de competición es proporcional a la intensidad del estímulo, desempeñando un papel marcado en la señalización para que mecanostato óseo, por medio de las contracciones musculares in situ y micro deformaciones locales del tejido mineralizado en las disciplinas que sí poseen impactación de puño.

IV. Justificación.

Al momento de consultar por antecedentes de referencia en las bases de datos científicos, nos encontramos con que los efectos del entrenamiento de las artes marciales están escasamente estudiados, por lo que se desconoce los potenciales hallazgos que se pueden implementar en el campo de la prevención y la rehabilitación para grupos candidatos a ser beneficiados.

Actualmente, la línea de investigación centrada en el impacto de la actividad física sobre el sistema musculoesquelético es de continuo interés. Es por esta razón, que este estudio pretende recoger evidencias bio-musculoesqueléticas y dinamométricas relevantes, para definir el impacto real de la práctica de artes marciales sobre la estructura cortical y trabecular sobre los huesos metacarpianos de sujetos que practican diferentes estilos de disciplinas marciales, en los cuales el uso de la mano varía de una disciplina a otra.

Mediante la evaluación de distintos indicadores estructurales, materiales del tejido óseo y parámetros dinámicos musculares comparando entre los practicantes y sujetos control, permitirá dimensionar los efectos fisiológicos del entrenamiento de las artes marciales sobre las estructuras metacarpianas.

Las conclusiones de este estudio buscan ampliar los conocimientos sobre la temática y proporcionar información que permita despertar la curiosidad de la comunidad profesional de la salud, como así también, incentivar a futuras investigaciones cuyos resultados se puedan extrapolar y aplicar en el área clínica de la prevención y la rehabilitación.

V. Métodos.

V.a Trabajo de campo.

Se realizará un estudio con diseño observacional, transversal y controlado.

V.a.a Criterios de selección de los sujetos.

Los datos se extraerán del proyecto de investigación “Análisis tomográfico - dinamométrico original de los efectos biomecánicos del entrenamiento en artes marciales sobre la estructura cortical y trabecular de los huesos metacarpianos, radio y cúbito”. Resolución Rectoral N° 176/2017 UGR). El proyecto se desarrolla en el marco del Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación (CUADI). Se incluirán aquellas personas que sean residentes en la ciudad de Rosario, Santa Fe, durante el periodo febrero-mayo del año 2023.

V.a.a.a Criterios de inclusión.

Se incluirán adultos mayores a partir de 18 a 40 años de sexo masculino con un desempeño en la disciplina de mínimo 5 años ininterrumpidos con una frecuencia de entrenamiento de al menos 3 estímulos semanales.

V.a.a.b Criterios de exclusión.

Se excluirán del estudio aquellos individuos que en el periodo de 5 años hayan abandonado la práctica por al menos 6 meses consecutivos. Con patologías articulares incapacitantes de las extremidades superiores, enfermedades neurológicas, enfermedades desmielinizantes y pérdida de peso significativa reciente. Personas que no tengan interés en participar.

V.a.b Procedimientos de evaluación.

Todos los individuos de la muestra serán sometidos a una única instancia de evaluación, la cual se realizará en el CUADI luego de firmar un consentimiento informado (Anexo 1). La evaluación comenzó mediante la recolección de datos personales y antecedentes, a través de un formulario auto administrado (Anexo 2). A continuación, se siguió con los procedimientos de evaluación mediante diferentes estaciones dentro de una misma sala.

V.a.b.a Nivel de actividad física.

El nivel de actividad física se evaluó mediante la recolección de datos a través del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) autoadministrado (Anexo 3)⁽²⁰⁾. El Cuestionario IPAQ fue desarrollado en 1998 como un instrumento para facilitar el seguimiento de la actividad física y la inactividad basada en un estándar global. La validez de su contenido es alta, porque se evalúan la frecuencia, intensidad y duración de la actividad física, así como el comportamiento sedentario, que es una preocupación emergente.⁽²¹⁾ El IPAQ procede de la adaptación a personas mayores de 18 a 65 años y consta de 7 preguntas abiertas referidas a las actividades realizadas por las personas mayores en la última semana. La primera y segunda pregunta evalúa el tiempo que se realizan actividades intensas. La tercera y cuarta evalúan las actividades moderadas, la quinta y sexta evalúan la caminata de al menos 10 minutos y la última examinan el tiempo que permanecen sentados. Estas preguntas determinan la intensidad (leve, moderada o vigorosa), la frecuencia (días por semana) y la duración o tiempo empleado en cada una de estas actividades. Una vez obtenidos estos valores, se sumaron entre sí, para hallar la AF total realizada. Con este resultado, se distribuyó a los sujetos en 3 categorías de nivel de actividad: bajo (no registraron actividad o no alcanzaron los valores de las categorías media y alta), medio (al menos uno de estos criterios: 3 o más días de AF vigorosa al menos 20 min/día, 5 o más días de AF moderada o caminar al menos 30 min, 5 o más días de cualquier combinación de AF leve, moderada o vigorosa que alcancen 600 MMS) y alto (al menos uno de estos criterios: 3 o más días de AF vigorosa o que acumule 1500 MMS y 7 o más días de cualquier combinación de AF leve, moderada o vigorosa que alcance un registro de 3000 MMS).

Este cuestionario considera actividades moderadas a aquellas con una duración de al menos 10 minutos continuos que producen un incremento leve de la respiración, la frecuencia cardíaca y la sudoración. Un incremento alto de dichas variables, las refiere como actividades vigorosas.

En el presente estudio, los adultos evaluados debieron completar el cuestionario y, la puntuación del mismo, se realizó por sub-escalas. La actividad física semanal se midió en METs-min-semana (MMS), considerando METs a los múltiplos de la tasa del gasto metabólico. Los MMS se calcularon de la siguiente manera: una vez completado el cuestionario, se calculó el índice de AF semanal utilizando unos valores METs de referencia de intensidad (Caminar: 3,3 METs, AF moderada 4 METs y AF vigorosa 8 METs) que se multiplicaron por los minutos y días empleados en caminar, realizar actividades moderadas y

actividades

V.a.b.b Fuerza de presión manual

En la última década, el uso de FPM ha logrado adquirir una aceptación creciente como un marcador clínico simple y económico de bienestar entre las poblaciones mayores, sanas y enfermas. En un estudio, Bohannon y cols, describió la relación entre la HGS con la fuerza general, la función de las extremidades superiores, las fracturas, las caídas, la multimorbilidad, mortalidad, hospitalización y calidad de vida. ⁽²²⁾

Para realizar medición de la FPM se utilizó un dinamómetro manual hidráulico. Esta evaluación se lleva a cabo con el individuo sentado en una silla, con hombro y antebrazo en posición neutra y codo en 90 grados de flexión. El participante realiza una fuerza de presión máxima durante 3 segundos, con reposo de 1 minuto entre cada repetición, realizando dos intentos, donde el mejor de ambos se utiliza para el estudio. (Imagen 1)

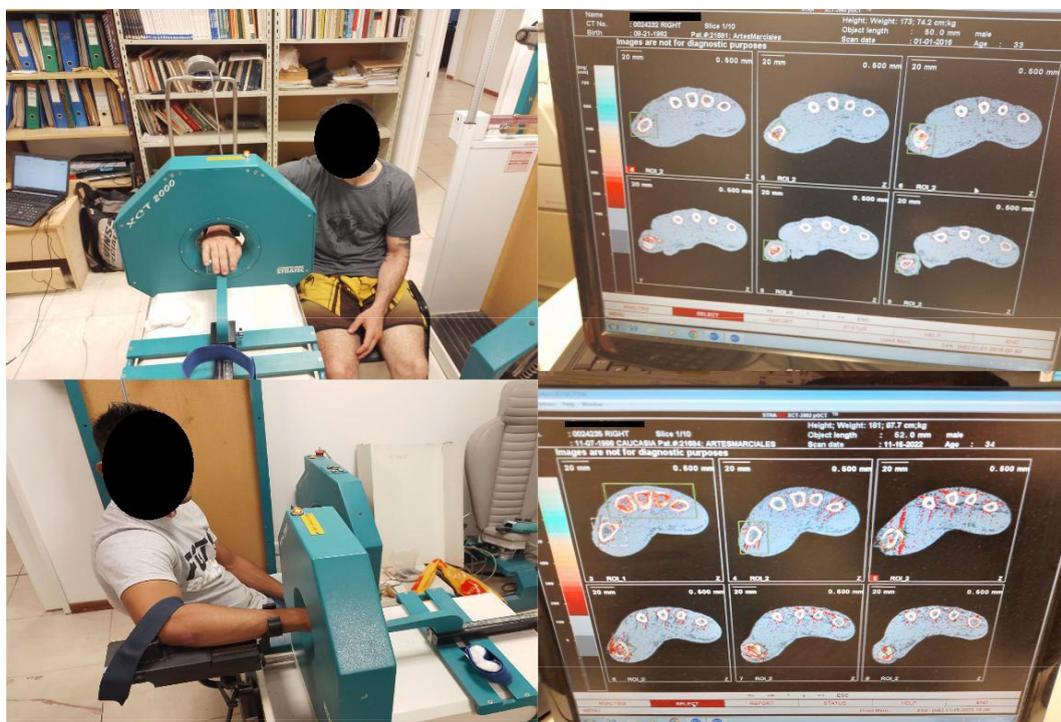


Imagen 1.

V.a.b.c Procedimiento de Medición de pQCT

Las mediciones óseas se realizaron utilizando tomografía periférica cuantitativa (pQCT) mediante el dispositivo Stratec XCT 2000. Para cada participante, se obtuvieron 10 escaneos en cada uno de los metacarpianos 2 a 5, posicionados cada 10% de la longitud total del metacarpiano 3, desde el extremo proximal hasta el distal. Esta estrategia permitió un análisis detallado de la distribución del contenido mineral óseo y del momento de inercia en diferentes regiones de los huesos, tanto en las secciones proximales como distales. (Imagen 2)

Imagen 2.



Variables Medidas

1. Contenido Mineral Óseo Cortical (CtC): Expresado en miligramos por centímetro (mg/cm), representa la cantidad de mineral óseo en la corteza del hueso. Es un indicador de la densidad y calidad del tejido óseo cortical, especialmente importante para la resistencia estructural.

2. Densidad Mineral Ósea Volumétrica Cortical (CtD): Expresada en miligramos por centímetro cúbico (mg/cm³), esta variable mide la densidad mineral del hueso en una unidad de volumen específica, lo cual proporciona información sobre la solidez y compacidad del hueso.

3. Momento de Inercia para Torsión (pCSMI): Medido en milímetros a la cuarta potencia (mm⁴), el momento de inercia refleja la resistencia del hueso a la torsión. Un mayor valor de esta variable indica que el hueso tiene una estructura más favorable para soportar cargas de torsión, crucial en deportes que requieren movimientos intensos de los miembros superiores, como en las artes marciales.

4. Índice de Resistencia Ósea (Bone Strength Index, BSI): Los índices (xBSI) e (y BSI) representan indicadores de la capacidad del hueso para soportar fuerzas aplicadas en diferentes direcciones, proporcionando una estimación de la resistencia ósea en función de la densidad y geometría ósea. Estos índices no tienen unidades y se utilizan para comparar la resistencia ósea relativa entre individuos y grupos.

V.a.b.d Datos resultantes utilizados de las siguientes mediciones:

- Longitud: se realizó la medición de cada individuo mediante una cinta métrica desde pies a cabeza.
- Masa corporal: se instruyó al paciente para una correcta posición sobre la balanza de bioimpedancia Tanita InnerScan V BC-601, en la cual se posicionó descalzo, parado sobre ella, con una correcta ubicación de los pies en la zona de captación. Además, se le indicó tomar los electrodos con sus manos colocando los codos en extensión y los hombros en flexión de 90°. A continuación, se tomó registro de los datos arrojados.

VI. ANÁLISIS DE DATOS Y ESTADÍSTICA.

Se realizaron análisis ANOVA factoriales para cada uno de los indicadores óseos (BMCc, vBMDc, pCSMI, xBS), y BSI), con el fin de evaluar los efectos de la posición del corte (del 1 al 10) y del grupo (Ctrl vs. AM) en los distintos parámetros óseos evaluados. Estos análisis factoriales permitieron identificar si existían interacciones significativas entre la posición y el grupo, lo que reflejaría cómo la estructura ósea varía en función de la posición del escaneo y el efecto de la actividad física (Artes marciales).

Posteriormente, se calcularon las correlaciones de Pearson (r) para evaluar la relación entre el contenido y la densidad mineral ósea cortical y el momento de inercia para torsión en las diferentes regiones (proximal y distal) de los metacarpianos. Las diferencias entre los grupos Ctrl y AM se analizaron mediante un análisis de covarianza (ANCOVA), comparando las ordenadas al origen entre los grupos y controlando por el contenido o densidad mineral ósea cortical. Este enfoque permitió identificar si la actividad física influía significativamente en las propiedades óseas, independientemente del contenido mineral.

Los análisis fueron considerados significativos con un valor de $p < 0.05$. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron utilizando el software estadístico: R Core Team

(2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

VII. RESULTADOS

Se incluyeron treinta sujetos sanos. Quince practicantes de artes marciales (Muay thai y Karate) y quince sujetos control. Las características antropométricas y funcionales de los voluntarios se muestran en la Tabla 1. Todos los voluntarios completaron el protocolo y no informaron efectos secundarios adversos de la intervención.

Tabla 1. Características de los participantes

Variables	Grupo control	Grupo Artes Marciales	P	TE
<i>n</i>	15	15	1.00 ^a	.00 ^d
Edad (años)	25 (24 - 25)	29.5 (26 - 32)	.002 ^{b*}	.67 ^e
Peso (Kg)	73.1±7.74	76.5±8.11	.24 ^c	-.43 ^f
Altura (Cm)	177±6.3	175±5.9	.29 ^c	.39 ^f
IMC (Kg/m ²)	23.2± 2.87	25.1± 2.01	.050 ^{c*}	-.74 ^f
Brazo dominante D/I	13/2	10/5	.19 ^a	.23 ^d
% grasa corporal	15.1±4.55	15.5±5.52	.86 ^c	-.006 ^f
Masa muscular (Kg)	58.3±5.52	61.3±6.02	.12 ^c	-.57 ^f
Masa ósea (Kg)	3.07±0.21	3.21±0.30	.13 ^c	-.55 ^f
% grasa corporal MS derecho	14.4 (12.9-16.9)	13 (10.5-15.2)	.19 ^c	.48 ^f
% grasa corporal Ms izquierdo	13.8 (12.2-16.6)	13.2 (12.2-15.8)	.39 ^c	.31 ^f
Masa muscular (Kg) MS derecho	3.40 (3.20-3.50)	3.60 (3.40-4)	.016 ^c	-.93 ^f
Masa muscular (Kg) MS izquierdo	3.40 (3.20-3.65)	3.60 (3.50-4.20)	.012 ^c	-.98 ^f
Nivel de actividad física (IPAQ-SF) (n)	Moderado (6)	(-)	.006 ^{a*}	.50 ^d
	Alto (9)	(15)		
Fuerza de Presión derecha (Kgf)	44.3±8.76	47.4±5.81	.26 ^c	-.41 ^f
Fuerza de Presión izquierda (Kgf)	45.4±9.02	45.6±5.05	.93 ^c	-.03 ^f

Notas: Los valores son media \pm DE o mediana (rango intercuartil) según la distribución de los datos; ^a Prueba de Chi-cuadrado; ^b Prueba de Mann-Whitney; ^c Prueba t; ^d V de Cramér, ^e Correlación biserial de rango, ^f d Cohen; *Significancia al nivel 0.05.

Abreviaciones: IMC, índice de masa corporal; D, derecha; I, izquierda; MS, miembro superior; TE, tamaño de efecto; IPAQ-SF, Cuestionario del nivel de actividad física versión corta.

Resultados la evolución de los Indicadores tomográficos vs sitio del scan (Anexo 4).

1. CtC (Contenido Mineral Cortical, mg/cm):

- Metacarpianos 2 y 3 presentan valores F altos y significativos en la región proximal (F = 14.94, p < 0.001) para el metacarpiano 2 y (F = 9.51, p < 0.01) para el metacarpiano 3), indicando una mayor adaptación en el contenido mineral cortical en esta región, que puede estar relacionado con la respuesta a compresión.

2. CtD (Densidad Mineral Ósea Volumétrica Cortical, mg/cm³):

- En el metacarpiano 2, tanto en las regiones proximal como distal, se observan valores F significativos (F = 4.18, p < 0.05) y (F = 4.00, p < 0.05), lo que sugiere adaptaciones a mejorar la densidad mineral ósea en respuesta a las cargas repetitivas de impacto.

3. pCSMI (Momento de Inercia Polar, mm⁴):

- En el metacarpiano 5, el momento de inercia polar es significativo en la región distal (F = 6.80, p < 0.05), lo cual indica una especialización geométrica mayor en el metacarpiano 5 para resistir fuerzas de torsión y flexión lateral, un hallazgo coherente con su mayor libertad de movimiento y la falta de alineación axial en los golpes de puño.

4. xBSI e yBSI (Índices de Resistencia a la Flexión en X y Y):

- Los valores F de xBSI e yBSI en los metacarpianos 4 y 5 reflejan una resistencia a la flexión distinta entre los ejes X y Y, especialmente en la región distal del metacarpiano 4, lo cual podría ser adaptaciones a flexiones laterales y cargas de desplazamiento.

Resultados de las curvas de “distribución / masa” y “distribución / calidad” en Metacarpianos 2 y 5 (Anexo 4):

Las relaciones entre el contenido mineral óseo cortical (M2 y M5 región proximal) y la densidad mineral ósea volumétrica cortical (M2 y M5 región distal) con el momento de inercia para torsión en los metacarpianos 2 y 5 (M2 y M5, respectivamente) en participantes

de los grupos control (Ctrl) y de Artes Marciales (AM) mostraron los siguientes resultados

Región Proximal

1. M2 (Metacarpiano 2):

- La correlación entre el contenido mineral óseo cortical (mg/cm) y el momento de inercia para torsión fue alta en ambos grupos (Ctrl: $r=0.860$, $p<0.001$; AM: $r=0.923$, $p<0.001$), indicando que un mayor contenido mineral se asocia con un aumento del momento de inercia.
- La prueba de covarianza (ANCOVA) muestra una diferencia significativa en las ordenadas al origen ($F = 5.46$, $p = 0.03$), lo que sugiere que la actividad física de las artes marciales tiene un efecto diferenciador sobre el momento de inercia en la región proximal del M2, aun cuando los niveles de contenido mineral óseo sean similares.

2. M5 (Metacarpiano 5):

- La correlación en M5 también fue significativa en ambos grupos (Ctrl: $r=0.824$, $p<0.001$; AM: $r=0.821$, $p<0.001$), aunque en este caso, el análisis de covarianza no muestra una diferencia significativa en las ordenadas ($p = n.s.$), indicando que la actividad de artes marciales no impacta de manera diferenciada el momento de inercia en la región proximal del M5.

Región Distal

1. M2 (Metacarpiano 2):

- En la región distal del M2, la relación entre la densidad mineral ósea volumétrica y el momento de inercia sigue un comportamiento no lineal, observándose una fuerte correlación negativa en ambos grupos (Ctrl: $r=-0.864$, $p<0.001$; AM: $r=-0.965$, $p<0.001$).
- La ANCOVA indica que no hay diferencias significativas en las ordenadas ($p = n.s.$), sugiriendo que la densidad volumétrica en esta región no se ve afectada de manera diferencial por la actividad física.

2. M5 (Metacarpiano 5):

- En el M5, se observa una correlación negativa significativa entre densidad mineral ósea y momento de inercia en ambos grupos (Ctrl: $r=-0.834$,

$p < 0.001$, $r = -0.834$, $p < 0.001$, $r = -0.834$, $p < 0.001$; AM: $r = -0.954$, $p < 0.001$, $r = -0.954$, $p < 0.001$, $r = -0.954$, $p < 0.001$, $r = -0.954$, $p < 0.001$).

- El ANCOVA muestra una diferencia significativa en las ordenadas ($F = 4.11$, $p = 0.05$), lo que indica que la actividad física de las artes marciales podría contribuir a un mayor momento de inercia en la región distal del M5 en comparación con el grupo control, aunque la densidad mineral ósea sea similar.

VIII. DISCUSIÓN

El objetivo general fue analizar la influencia de la práctica de las artes marciales a través de escaneos tomados a partir de pQCT sobre los huesos metacarpianos en dos grupos, un grupo control y un grupo de practicantes de artes marciales, entre 18 a 40 años, en la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina. Los resultados obtenidos concluyeron que la práctica de las artes marciales influye positivamente sobre la calidad ósea trabecular y cortical de los huesos metacarpianos en comparación con el grupo control. Por otra parte, no hubo asociaciones estadísticamente significativas entre la fuerza de presión junto a las mediciones antropométricas en relación a la calidad ósea de los huesos metacarpianos. A su vez, fue de interés observar la similitud entre ambos grupos a partir de las variables de fuerza de presión y datos antropométricos.

Estos resultados tienen implicaciones importantes para la resistencia ósea de los metacarpianos, especialmente en relación con la capacidad de resistir fracturas y deformaciones bajo las fuerzas repetitivas en las artes marciales. La resistencia ósea en este contexto está influenciada por cómo se adaptan diferentes regiones de los metacarpianos, en especial los metacarpianos 2 y 3, a las cargas axiales y compresivas que ocurren durante los golpes. A continuación, explicamos cómo las adaptaciones observadas impactan la resistencia:

Resistencia a la Compresión

- Metacarpianos 2 y 3 (Proximales): Las adaptaciones en el contenido mineral cortical (CtC) y la densidad mineral ósea (CtD) en las regiones proximales de los metacarpianos 2 y 3 sugieren un aumento en la resistencia a la compresión. Esto significa que estos huesos pueden soportar mejor las fuerzas axiales durante el impacto del golpe. La mayor densidad y contenido mineral refuerzan la estructura ósea en estas regiones, disminuyendo el riesgo de microfracturas y aumentando la resistencia general a la fractura.

- Metacarpianos 4 y 5 (Distales): Los menores cambios en CtC y CtD en estos metacarpianos, especialmente en las zonas distales, indican que no están tan adaptados para resistir la compresión directa. En su lugar, estos huesos podrían compensar con mayor flexibilidad y resistencia a fuerzas que no son puramente axiales, lo cual es útil en golpes donde la mano experimenta movimientos laterales.

Resistencia a la Flexión y Torsión

- Momentos de Inercia Polar (pCSMI) y Resistencia a la Flexión (xBSI y yBSI): Las regiones proximales de los metacarpianos 2 y 3 muestran un mayor momento de inercia polar y resistencia a la flexión, lo que sugiere que están mejor equipadas para resistir tanto las fuerzas de torsión como de flexión. Esto es relevante, ya que, durante el impacto, no solo se aplican fuerzas compresivas sino también torsionales. El aumento en pCSMI permite que estas áreas sean más rígidas frente a la torsión, reduciendo el riesgo de torsión excesiva y posibles fracturas en espiral.

- Flexibilidad en Metacarpianos 4 y 5: La menor variación en los índices de flexión (xBSI y yBSI) en estos metacarpianos, especialmente en las zonas distales, podría indicar que estas áreas se adaptan a fuerzas no axiales, manteniendo una flexibilidad relativa que ayuda a absorber las fuerzas laterales y distribuye mejor el impacto en la mano.

Impacto General en la Resistencia a la Fractura

- Estrategias Diferenciadas de Adaptación: Los metacarpianos 2 y 3 desarrollan una mayor rigidez en sus regiones proximales, que están directamente involucradas en la absorción de fuerzas de impacto. Esto aumenta la resistencia a la fractura, particularmente en golpes de alto impacto como en las artes marciales, al disminuir el riesgo de compresión excesiva y de microfracturas por impacto repetido.

- Rol de los Metacarpianos 4 y 5 en la Distribución de Fuerzas: La menor densidad ósea y los cambios limitados en los índices de flexión en metacarpianos 4 y 5 indican una función de distribución de fuerzas y absorción de energía. Al ser menos rígidos, estos metacarpianos pueden ayudar a amortiguar los impactos, disminuyendo el estrés directo sobre los metacarpianos más axiales.

Fuerza de prensión, datos antropométricos y su incidencia sobre los huesos metacarpianos.

Uno de los objetivos de este estudio fue determinar la asociación entre la fuerza de

presión y los huesos metacarpianos en sujetos practicantes de artes marciales y control. Los autores mostraron que hubo una asociación estadísticamente significativa entre estas variables. Complementariamente, Edwards y cols, ⁽²³⁾ analizaron la fuerza prensil, el rendimiento físico a través de la marcha, antropometría y asociaciones de la estructura ósea a través de pQCT de la pantorrilla y el antebrazo en hombres y mujeres mayores. Mostraron que el tamaño muscular está fuertemente asociado con la fuerza ósea en ambos grupos y que la velocidad de la marcha no se asoció con medidas de tamaño. Estas conclusiones pueden no coincidir con nuestros resultados ya que estos autores realizaron escaneos en antebrazo, donde hay una influencia directa de las inserciones musculares sobre el radio y un área de sección transversal mucho más grande que los que se pueden encontrar a nivel de mano, adicionalmente su muestra fue realizada en personas adultos mayores donde su criterio de nivel de actividad es inferior al que estandarizamos que en nuestra muestra.

Aún así la fuerza o densidad ósea en sus datos respalda la hipótesis del mecanostato con asociaciones entre el tamaño muscular y la fuerza de presión con el tamaño óseo que probablemente no solo surjan a través de la carga dinámica, sino que también los cambios en las circunferencias periósticas (PC) y endósticas (EC). En las extremidades que soportaban peso y en las que no lo soportaban, encontraron que un mayor tamaño muscular se asocia invariablemente con un mayor PC y tamaño óseo.

En cuanto a la fuerza de presión y datos antropométricos, nuestros resultados no concordaron con el estudio de Trivic y cols,⁽¹⁸⁾ que analizaron la relación del somatotipo (a través de medidas antropométricas) y la fuerza prensil en 97 atletas masculinos y femeninos cadetes élites de Sambo. Encontraron un aumento en la fuerza prensil relacionada con la categoría de peso, atribuyendo que categorías de peso probablemente estén relacionadas con las diferencias en la masa muscular. Creemos que ésta discrepancia se puede deber a que, a diferencia del presente estudio, los autores realizaron un muestreo basado en diversas categorías de peso, mientras que, nuestra muestra tuvo un número reducido de sujetos practicantes donde las fuerzas de presión y datos antropométricos era muy similares con los sujetos control.

De manera similar, Caldas y cols, ⁽²⁴⁾ se interesaron en las diferencias en la fuerza prensil, la resistencia y la activación muscular entre atletas de judo jóvenes y personas no entrenadas en donde la fuerza prensil relativa fue mayor en los judokas en ambas manos en comparación con los jóvenes varones no entrenados encontrando que los atletas de judo presentan un mayor rendimiento en fuerza máxima absoluta y relativa y en fuerza-

resistencia, concomitantemente con una menor co-activación muscular, a través de ganancias durante su desarrollo madurativo en comparación con aquellos que no participan, expresado como una adaptación esperada al entrenamiento relacionado a una tarea específica del deporte. Si bien, nuestros resultados de fuerza de prensión y objetivos no coinciden con los de los autores, dejan sentado que la influencia de la fuerza muscular puede estar influenciada por el uso en la práctica de específica de una disciplina, disminuyendo su co-activación muscular en comparación a sujetos control.

Biomecánica de los huesos metacarpianos y condiciones patológicas

Según nuestro conocimiento, este es el primer estudio que examina las relaciones biomecánicas de los huesos metacarpianos a través del método pQCT en practicantes de artes marciales. Sin embargo, queremos destacar algunos informes realizados con similares metodologías, pero con condiciones patológicas. Por ejemplo; Aeberli y cols,⁽⁸⁾ estudiaron la geometría y densidad óseas tridimensionales en la epífisis y el eje del tercer hueso metacarpiano, radio y tibia de pacientes femeninos con artritis reumatoide (AR) en comparación con controles sanos con pQCT, documentando que la DMO trabecular los segmentos anteriormente mencionados fue menor en los pacientes con AR que en los controles, las diáfisis de los metacarpianos en los pacientes con AR eran más delgadas y tenían un diámetro óseo externo mayor los cuales no pudieron explicarse mediante el ajuste del área de sección transversal del músculo (CSA), lo que indica que el déficit óseo en pacientes con AR fue mayor de lo que cabría esperar como resultado de la atrofia muscular, aunque describieron que puede haber más de un mecanismo implicado en el contexto de AR, como la aposición ósea considerada como un mecanismo compensatorio para contrarrestar la inflamación con el adelgazamiento cortical inducido o formación de hueso perióstico como un proceso de reparación en el aumento del recambio óseo inducido por la inflamación, dando independientemente como resultado una mejor resistencia ósea contra la flexión y la torsión.

Similarmente, Eser y cols,⁽⁷⁾ también se interesó en analizar la geometría y densidad óseas tridimensionales en la diáfisis y el eje del tercer hueso metacarpiano, de pacientes con artritis reumatoide (AR) en comparación con controles sanos con pQCT, obteniendo que la sección transversal de la diáfisis del metacarpiano se alteró en los pacientes con AR porque la corteza era más delgada pero la circunferencia externa del hueso era mayor en los pacientes con AR en comparación con los controles sanos, sugiriendo que la formación de hueso perióstico puede ser un mecanismo compensatorio para aumentar la resistencia del

hueso contra la flexión y la torsión. Si bien estos informes están lejos, de poder contrastar con nuestros resultados, destacamos el aporte a la fisiopatología ósea para una mayor comprensión de esta enfermedad en ese segmento.

Transferencia clínica

En el campo de la práctica clínica, el paradigma de las enfermedades óseas, enfermedades como la osteoporosis, deberían comenzar a interpretarse como 'enfermedades del diseño' de cada hueso⁽²⁵⁾. A la hora de diagramar la rehabilitación en la salud ósea, hay que comprender que antes de hablar de "cargas o intensidades" se debe tener en claro que la direccionalidad y el tipo de estímulo (tracción o compresión) son la piedra angular para que los huesos respondan naturalmente a la organización biológica natural. Luego pensar en estrategias progresivas e individuales que incluyan la planificación de cargas e intensidades progresivas y/o cambiantes para alcanzar el estímulo y la consecuente adaptación buscada.⁽²⁶⁾ Y por último, reivindicando los beneficios de la actividad física y su impacto positivo en la calidad de vida, fomentando el concepto de "disciplina" que las artes marciales pregonan, al campo de la rehabilitación como una disciplina de la salud para su práctica habitual, aclarando de que esto se puede lograr mediante un manejo óptimo del dolor si así lo hubiese.

Este trabajo tiene sus limitaciones y fortalezas, como fortalezas podemos reconocer la originalidad de la investigación, mediante la cual se aportan valores de referencia de una temática poco estudiada en la comunidad científica y de la salud, como así también la posibilidad de haber realizado los escaneos a través de pQCT, método que supera las limitaciones técnicas de sus antecesores bidimensionales, siendo hasta donde sabemos, el primer trabajo en que utiliza esta herramienta en estudiar los huesos metacarpianos con el objetivo de estudiar el mecanostato óseo. La principal limitación fue la muestra que solo se limitó a un rango etario de persona jóvenes.

IX. CONCLUSIÓN

En resumen, las adaptaciones estructurales observadas refuerzan la resistencia ósea en los metacarpianos 2 y 3, especialmente en sus zonas proximales, incrementando la resistencia contra fracturas y deformaciones bajo compresión y torsión. Por otro lado, los metacarpianos 4 y 5, especialmente en sus regiones distales, mantienen una flexibilidad útil para absorber fuerzas laterales y distribuir el impacto. Este balance de rigidez en metacarpianos centrales y flexibilidad en los laterales es fundamental para la resistencia ósea integral de la mano en los golpes de alto impacto de las artes marciales alineándose con las adaptaciones específicas descritas en la teoría del mecanostato.

X. Referencias bibliográficas.

- 1)García S. Lesiones en artes marciales chinas frente a otros deportes de lucha e individuales [tesis doctoral]. Madrid (España): UCM; 2013

- 2)José Luis F, Gustavo Roberto C, Ricardo Francisco C. De la osteología a la osteomiología: tres décadas de aportes originales continuos al análisis biomecánico osteomuscular. Actualizaciones en osteología. 2005; 14 (2): 125-147. Disponible en: http://www.osteologia.org.ar/files/pdf/rid58_125-147-ost2-4-ferretti-a.pdf

- 3)Harold M. Frost, M.D.– His Contributions –.2004; 4(4):348-356 Disponible en: <https://www.ismni.org/jmni/pdf/18/04TRIBUTETOFROST.pdf>

- 4) Yusuke H, Peter S, Christoph R. Age, sex, and grip strength determine architectural bone parameters assessed by peripheral quantitative computed tomography (pQCT) at the human radius. 2001; 34 (4): 497-503. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00211-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00211-6)

- 5) Frank A, Lorbergs A, Chilibeck P, Farthing J, Kontulainen S. Muscle cross sectional area and grip torque contraction types are similarly related to pQCT derived bone strength indices in the radii of older healthy adults. 2010. Disponible: http://femede.es/documentos/Les_carpo_karate_17_21.PDF

- 6) Robert M, Elizabeth S, Amanda L, et al. Higher Hand Grip Strength Is Associated With Greater Radius Bone Size and Strength in Older Men and Women: The Framingham Osteoporosis Study. 2021; 5 (5). Disponible en: https://doi:10.1002/jbm4.10485_

- 7) Prisca E, Harald B, Michael S, Peter V, Daniel A. Patients with diffuse idiopathic skeletal hyperostosis do not have increased peripheral bone mineral density and geometry. 2010; 49 (5):977–981. Disponible en:

<https://doi:10.1093/rheumatology/keq014>

8) Daniel A, Prisca E, Harald B. Reduced trabecular bone mineral density and cortical thickness accompanied by increased outer bone circumference in metacarpal bone of rheumatoid arthritis patients: a cross-sectional study.2010; 12 (3): R119. Disponible en: <https://doi:10.1186/ar3056>

9) Colin J. Gavagan, Mark GL Sayers. A biomechanical analysis of the roundhouse kicking technique of expert practitioners: A comparison between the martial arts disciplines of Muay Thai, Karate, and Taekwondo.PLOS ONE.2017 ;12(8): pe182645. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182645>

10) Leinonen, Hannu & Mälkiä, Esko. Are martial arts good for bone strength?. IMAS Quarterly.2013;(2)2.35-48. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/248386553_Are_martial_arts_good_for_bone_strength

11) Igor Hideki Ito, Alessandra Madia Mantovani, Ricardo Ribeiro Agostinete. Practice of martial arts and bone mineral density in adolescents of both sexes. 2016; 34 (2): 210-215. Disponible en: [10.1016/j.rpped.2015.09.001](https://doi.org/10.1016/j.rpped.2015.09.001)

12) Rowe P, Koller A, Sharma S. Physiology, Bone Remodeling. [Updated 2023 Mar 17]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499863/>

13) Angela M. Cheung, Lora Giangregorio. Mechanical stimuli and bone health: what is the evidence? 2012; 24 (5):561-566. Disponible en: <https://doi:10.1097/BOR.0b013e3283570238>

14) Jordan Hernandez-Martinez, María Castillo-Cerda, Tiago Vera-Assaoka. Warm-Up and Handgrip Strength in Physically Inactive Chilean Older Females According to Baseline Nutritional Status. Res. Public Healt. 2022; 19, 13335. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph192013335>

15) McGrath, R.P., Kraemer, W.J., Snih, S.A. et al. Handgrip Strength and Health in Aging Adults. Sports Med.2018; 48: 1993–2000. Disponible en:

<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0952-y>

16) Honorato, R. de C., Franchini, E., Lara, J. P. R., Fonteles, A. I. Differences in Handgrip Strength-Endurance and Muscle Activation Between Young Male Judo Athletes and Untrained Individuals. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2020; 92(1), 1–10. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1699233>

17) Halin R, Germain P, Bercier S, Kapitaniak B, Buttelli O, et.al. Neuromuscular response of young boys versus men during sustained maximal contraction. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(6):1042-8. Disponible en: [h10.1249/01.MSS.0000069407.02648.47](https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000069407.02648.47).

18) Trivic, Tatjana PhDa; Eliseev, Sergey PhDb; Tabakov, et al. Somatotypes and hand-grip strength analysis of elite cadet sambo athletes. *Medicine*. 2020; 99(3): p e 18819. Disponible en: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000018819>

19) Gomez DF. Caracterización Antropométrica De Peleadores De Muay-Thai En Cali, Colombia. 2023; 3(1):10-6. Disponible en: <https://doi.org/10.34256/ijk2312>

20) Hurtig-Wennlöf A, Hagströmer M, Olsson LA, et al. The International Physical Activity Questionnaire modified for the elderly: aspects of validity and feasibility. *Public Health Nutr.* 2010;13(11):1847-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/s1368980010000157>

21) Craig CL, Marshall AL, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International Physical Activity Questionnaire: 12-Country Reliability and Validity: *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(8):1381-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB>.

22) Bohannon RW. Grip Strength: An Indispensable Biomarker For Older Adults. *Clin Interv Aging.* 2019; Volume 14:1681-91. Disponible en: [http://doi.org/10.2147/CIA.S194543](https://doi.org/10.2147/CIA.S194543).

23) Mark H Edwards, Celia L Gregson, Harnish P Patel, et.al. Muscle size, strength, and physical performance and their associations with bone structure in the

Hertfordshire Cohort Study. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2013; 28 (11):2295–2304, Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jbmr.1972>

24) Honorato, R. de C., Franchini, E., Lara, J. Differences in Handgrip Strength-Endurance and Muscle Activation Between Young Male Judo Athletes and Untrained Individuals. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2020; 92(1): 1–10. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.169923311>

25) José L. Ferretti, Ricardo F. Capozza, Laura M. Nocciolino Sergio H. Lüscher, et al. Evidencia original directa (dinamométrica- tomográfica) de la influencia sitio-específica de la musculatura sobre la estructura ósea. *Actualizaciones en Osteología*. 2018; 14(3): 178-183. Disponible en: <https://osteologia.org.ar/revista/2018/14/3#>

26) José L. Ferretti, L. Pisani, N. Pilot, et al. El peroné: mal alumno, pero buen profesor (¿Qué tiene prioridad biológica: ¿la integridad, o la supervivencia?). *Actualizaciones en Osteología*. 2021; 17 (2): 78-91. Disponible en: <https://osteologia.org.ar/articulo/3179/el-peron-mal-alumno-pero-buen-profesor-qu-tiene-prioridad-biol-gica-la-integridad-o-la-supervivencia->

XI. Anexos

Anexo 1: Carta de aceptación del director

Rosario, 09 de agosto de 2022

Sr. Director de la
Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría
Prof. Carlos Cagnone

S_____ / _____ D

De mi mayor consideración:

Me dirijo a Ud. con motivo de poner en su conocimiento mi aceptación a la solicitud del alumno Jorge Andrés Bazán para desempeñarme como Director de la Tesina de graduación de la Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría titulada "Análisis bio-musculo-esquelético del entrenamiento en artes marciales sobre los huesos metacarpianos".

Sin otro particular, lo saluda atte.



Firma:

Aclaración: Prof. Leonardo Intelangelo

Anexo 2: Ficha de datos personales

Datos personales

Nombre y apellido:				Fecha:
Edad:	Altura:	Peso:	E-mail:	Tel:

Antecedentes

Deporte / disciplina realizada (si no realiza deporte o disciplina, omite el casillero inferior):	HTA: Sí/No
Años de trayectoria:	Cardiacos: Si/No
Dominancia en mano: D / Z	Vestibulares: Sí/No
	Diabetes : Sí/No / Tipo:
	Visuales-auditivos: Sí/No
	Neurológicos: Sí/No
	Hipo/Hipertiroidismo: Si/No
	Respiratorios: Sí/No
Traumatológicos: Sí/No (si responde no, omite casillero inferior)	Otros:
Dolor (VAS): 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Tabaquismo: Si / No
	Alcohol: Si/ No
Uso de medicamentos: Si / No (si responde sí, mencionar):	

Bioimpedancia

% grasa	Masa M	Masa O	BMI	DCI	Edad M	%Agua	Grasa V

Variables	MSD	MSI	MII	MID	TRONCO
% GRASA C					
MASA M					

Fuerza de prensión

Dominante	No dominante
-----------	--------------

Anexo 3: Cuestionario

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA

Estamos interesados en averiguar acerca de los tipos de actividad física que hace la gente en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que usted destinó a estar físicamente activo en los **últimos 7 días**. Por favor responda a cada pregunta aún si no se considera una persona activa. Por favor, piense acerca de las actividades que realiza en su trabajo, como parte de sus tareas en el hogar o en el jardín, moviéndose de un lugar a otro, o en su tiempo libre para la recreación, el ejercicio o el deporte.

Piense en todas las actividades **intensas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades físicas **intensas** se refieren a aquellas que implican un esfuerzo físico intenso y que lo hacen respirar mucho más intensamente que lo normal. Piense *solo* en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.

- 1. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos realizó actividades físicas **intensas** tales como levantar pesos pesados, cavar, hacer ejercicios aeróbicos o andar rápido en bicicleta?

_____ **días por semana**

_____ Ninguna actividad física intensa (**Vaya a la pregunta 3**)

2. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **intensa** en uno de esos días?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

_____ No sabe/No está seguro

Piense en todas las actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Las actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado que lo hace respirar algo más intensamente que lo normal. Piense *solo* en aquellas actividades físicas que realizó durante por lo menos **10 minutos** seguidos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿en cuántos días hizo actividades físicas **moderadas** como transportar pesos livianos, andar en bicicleta a velocidad regular o jugar dobles de tenis? **No** incluya caminar.

_____ **días por semana**

_____ Ninguna actividad física moderada (*Vaya a la pregunta 5*) 4.
Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física **moderada** en uno de esos días?

_____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

_____ No sabe/No está seguro

- Piense en el tiempo que usted dedicó a **caminar** en los **últimos 7 días**. Esto incluye caminar en el trabajo o en la casa, para trasladarse de un lugar a otro, o cualquier otra caminata que usted podría hacer solamente para la recreación, el deporte, el ejercicio o el ocio.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿En cuántos **caminó** por lo menos **10 minutos** seguidos?

_____ **días por semana**

_____ Ninguna caminata (*Vaya a la pregunta 7*)

6. Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos

días? _____ **horas por día**

_____ **minutos por día**

_____ No sabe/No está seguro

La última pregunta es acerca del tiempo que pasó usted **sentado** durante los días hábiles de los **últimos 7 días**. Esto incluye el tiempo dedicado al trabajo, en la casa, en una clase, y durante el tiempo libre. Puede incluir el tiempo que pasó sentado ante un escritorio, visitando amigos, leyendo, viajando en ómnibus, o sentado o recostado mirando la televisión.

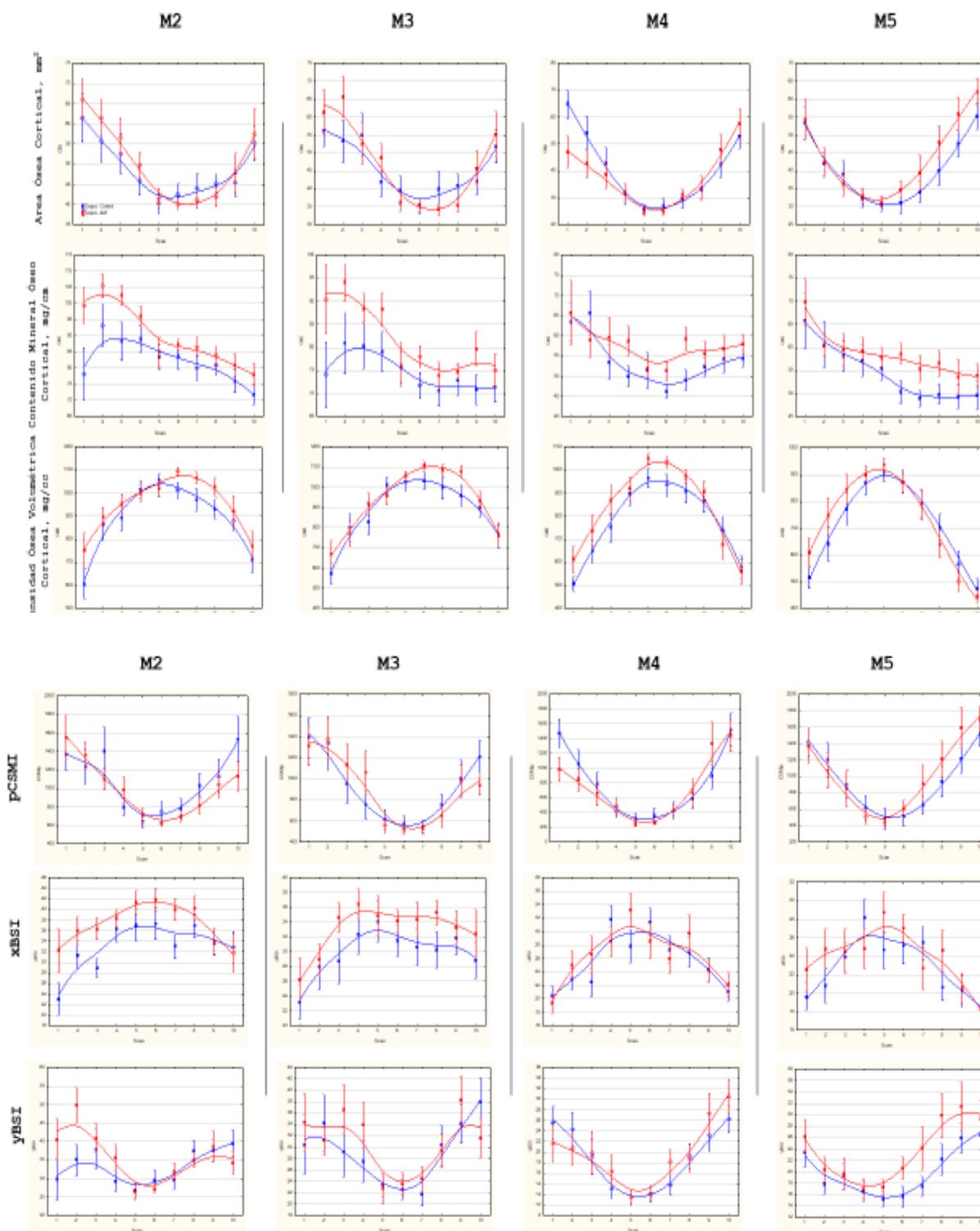
7. Durante los **últimos 7 días** ¿cuánto tiempo pasó **sentado** durante un

día hábil? _____ **horas por día**

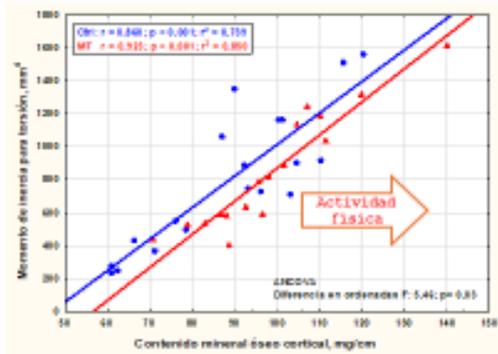
_____ **minutos por día**

_____ **No sabe/No está seguro**

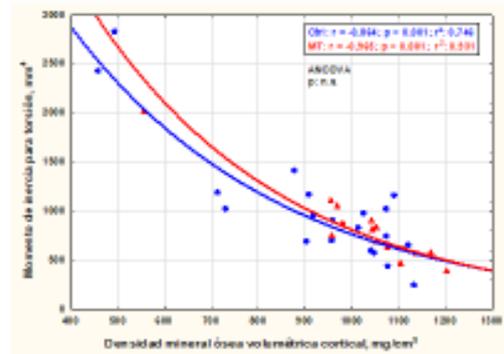
Anexo 4: Gráficas de escaneos pQCT.



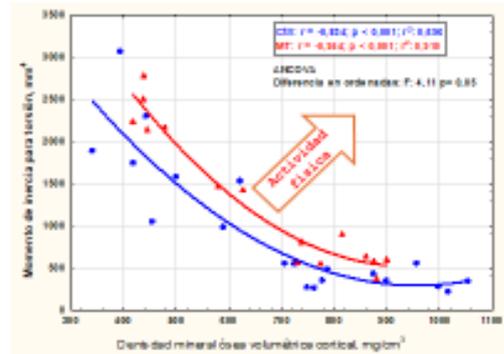
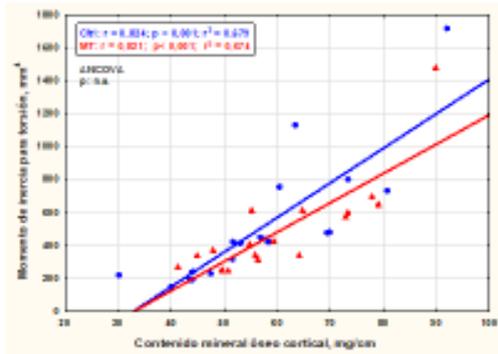
REGION PROXIMAL



REGION DISTAL



M2



M5

Variable	Metacarpiano 2				Metacarpiano 3				Metacarpiano 4				Metacarpiano 5			
	Proximal		Distal		Proximal		Distal		Proximal		Distal		Proximal		Distal	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
CtA	2,216	0,139	0,019	0,889	2,607	0,109	0,108	0,743	-5,073	0,026	0,901	0,344	0,002	0,966	6,801	0,010
CtC	14,941	0,000	4,225	0,039	9,507	0,003	3,708	0,050	0,517	0,473	6,386	0,013	0,347	0,557	7,748	0,006
CtD	4,180	0,043	4,006	0,047	0,500	0,481	4,610	0,033	4,916	0,028	0,031	0,861	3,902	0,050	2,081	0,152
Peri	4,452	0,037	0,252	0,617	3,689	0,050	1,495	0,224	3,280	0,072	1,981	0,162	0,005	0,946	4,254	0,041
Endo	0,145	0,705	0,352	0,989	1,549	0,216	0,700	0,404	-4,128	0,044	1,078	0,301	0,587	0,445	1,284	0,259
Thk	4,422	0,037	0,286	0,987	4,091	0,045	0,213	0,645	0,489	0,485	0,152	0,697	0,178	0,674	6,121	0,015
pCMI	1,360	0,385	0,636	0,427	1,456	0,313	1,417	0,236	2,063	0,153	0,103	0,749	0,624	0,431	3,666	0,050
xBSI	11,270	0,001	7,368	0,008	6,728	0,010	7,111	0,007	0,140	0,709	0,107	0,744	0,041	0,840	0,456	0,501
yBSI	6,598	0,011	1,226	0,270	1,564	0,213	0,002	0,966	0,213	0,645	2,643	0,107	0,876	0,351	7,449	0,007

Anexo 5: Consentimiento informado validado por el comité de ética enmarcado sobre proyecto de investigación y desarrollo.

En el marco del Proyecto de Investigación Titulado “Análisis tomográfico - dinamométrico original de los efectos biomecánicos del entrenamiento en artes marciales sobre la estructura cortical y trabecular de los huesos metacarpianos, radio y cúbito” que se desarrolla en la Universidad del Gran Rosario, se acuerda que:

1. El acceso a la información recabada en el estudio contará con los recaudos establecidos por las normas éticas y legales que la protegen (Ley 25326/00 de Protección de Datos Personales).
2. Los datos obtenidos no podrán utilizarse con fines distintos a los que motivaron su obtención.
3. El equipo de investigación (Investigador principal y colaboradores) preservará la identidad de los titulares de los datos mediante mecanismos de disociación (la información no podrá asociarse, fuera de motivos científicos, a persona determinada ni determinable). En el caso de la publicación o presentación de los resultados, no serán divulgados los datos sensibles provenientes de los sujetos que formaron parte de la investigación.
4. Toda persona que el investigador principal incluya en el equipo de investigación para este trabajo está obligada a respetar las normativas expuestas y los recaudos éticos y legales resultantes del proceso.
5. Quien suscribe, Ricardo Francisco Capozza. DNI 18074419, rcaozza@gmail.com Se compromete a respetar este Acuerdo haciéndose responsable de la guarda, privacidad y confidencialidad de los datos aquí obtenidos



FIRMA: -.....ACLARACIÓN: Ricardo F Capozza.....
FECHA:9/5/2022

Anexo 6: Consentimiento informado para el paciente

DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

A. Información para el participante

Título del Trabajo: “Análisis bio-músculoesquelético del entrenamiento en artes marciales sobre los huesos metacarpianos”.

Profesional responsable: Lic. Intelangelo, Leonardo.

Estamos invitando a participar en el estudio “Análisis bio músculo- esquelético del entrenamiento en artes marciales sobre los huesos metacarpianos. Un estudio transversal” a realizarse en Centro Universitario de Asistencia, Docencia e Investigación (CUADI) de la Universidad Gran Rosario (UGR), con dirección en Buenos aires 1575, Santa Fe, Rosario, que tiene como objetivo recabar datos bio-músculoesqueléticos y dinamométricas relevantes para definir los posibles efectos de la práctica de artes marciales sobre la estructura cortical y trabecular sobre los metacarpianos, en sujetos hombres entre 18 a 40 años, que practican diferentes estilos de artes marciales y sujetos control, que puede ser beneficiosa para determinar si el hecho de realizar un entrenamiento, con estímulos de impacto, influye de alguna manera o no sobre las estructuras óseas de los huesos metacarpianos de mano, y a su vez, el participante se le dará a conocer sus datos bio-músculoesqueléticos propios obtenidos de las pruebas con la interpretación de los mismos y números de referencia en escala global.

Como parte del estudio se le harán mediante un formulario administrado se recolectarán datos personales y antecedentes, se medirá la altura en bipedestación del participante con un centímetro, se medirá el peso y la composición muscular de ambos miembros superiores e inferiores con balanza de bioimpedancia (Tanita InnerScann V BC- 601), se le realizará un cuestionario de fácil resolución sobre el nivel de actividad física auto administrado (IPAQ), se medirá la fuerza de prensión con dinamómetro de cada miembro superior y por último se tomarán escaneos de la mano derecha

medidos a través de tomografía periférica cuantitativa (pQCT). El estudio que se le realizará no implica riesgos ni molestias para usted.

La participación en esta investigación puede ser beneficiosa para usted y se espera que los resultados que se obtengan con el estudio sean beneficiosos para las personas con el problema de salud en estudio.

Su participación es voluntaria; usted tiene el derecho de retirarse del estudio en cualquier momento si así lo decide, sin que se resienta la atención que se le brinda en el efector. Si usted tiene dudas acerca del estudio o por los estudios realizados puede concurrir cualquier día al hospital y contactar al profesional responsable del estudio para aclarar sus dudas; los datos de los profesionales a cargo figuran en la Hoja de firmas.

La información que se recabe es estrictamente confidencial y se aplicará para dar respuesta a los objetivos del trabajo. En consecuencia, la información que se elabore como resultado de la presente investigación será enunciada en un sentido general y no habrá ninguna referencia a cuestiones individuales o personales. Los resultados que se logren podrán ser presentados en congresos y/o publicaciones y la identidad del paciente y de su familia no será revelada y su privacidad será preservada.

DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

B. Hoja de firmas.

Me explicaron y leí antes de firmar sobre la participación en este trabajo de investigación. Entendí que se trata "Análisis bio-músculoesquelético del entrenamiento en artes marciales sobre los huesos metacarpianos. Un estudio transversal". Sé que puedo decidir libremente mi participación en este estudio y que, aunque decida no participar más en algún momento, continuaré recibiendo la atención habitual. La participación es voluntaria y entendí que toda información personal que se recolecte es confidencial, y que no se me identificará en ningún momento. He leído y comprendido la información contenida en este formulario; he podido hacer todas las preguntas que creí necesarias. Acepto y doy mi consentimiento a que mi hijo participe del mismo. Se firman dos ejemplares iguales y se le entrega uno al firmante.

Firma del participante:

Lugar y Fecha.....

Aclaración.....

DNI N°.....

Firma de testigo.....

Lugar y Fecha.....

Aclaración.....

DNI N°.....

Profesional que participó del proceso de Consentimiento informado:

Firma.....

Aclaración.....

Lugar y Fecha.....

Para preguntas o información usted puede tomar contacto con:

Nombre y apellido.....

Lugar de contacto.....

Teléfono.....