



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Enfermería

Licenciatura en Fisioterapia

“Asociación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo”

Que como parte de los requisitos para obtener el Título de

Licenciada(o) en Fisioterapia

Presenta

María de los Ángeles Romero Ramírez

Fátima Saraí Rodríguez Guerrero

Iliana Valeria Segura Freybrickmark

Dirección

M. A. Arely Guadalupe Morales Hernández

Codirección

LFT. Mayra Patricia González Hernández

Sinodales

Dr. Irving Armando Cruz Albarrán

Dr. Julio César Méndez Ávila

Dr. Carlos Andrés Pérez Ramírez

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciatario no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciatario.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

Oficio de votos aprobatorios

Santiago de Querétaro, Patrimonio de la Humanidad

Fecha

H. CONSEJO ACADÉMICO

De la Facultad de Enfermería de la U. A. Q.

P r e s e n t e:

Por este conducto, nos permitimos aprobar el trabajo “Asociación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo” elaborado por la (el) C. María de los Ángeles Romero Ramírez, Fátima Saraí Rodríguez Guerrero e Iliana Valeria Segura Freybruckmark, Pasantes de la licenciatura de fisioterapia, que reúne los requisitos de un trabajo de tesis como modalidad de Titulación.

Sin más por el momento, se extiende el presente dictamen para los fines que el comité considere pertinente.

Atentamente

“Educo en la Verdad y en el Honor”

Nombre y firma del director de tesis M. A. Arely Guadalupe Morales Hernández	Nombre y firma del codirector	Nombre y firma del vocal
Nombre y firma del suplente		Nombre y firma del suplente

Resumen

Introducción: La detección de lesiones musculares en atletas de alto rendimiento es de gran relevancia por el nivel de competencia al que deben someterse, por lo que, poseer herramientas para dicho proceso es indispensable. Motivo por el cual realizar una asociación entre la ultrasonografía (US) y la termografía infrarroja (TI) podría marcar las pautas para su utilización en atletas beneficiando a los profesionales de la salud y a los deportistas de alto rendimiento.

Objetivo: asociar la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo. **Hipótesis:** la ultrasonografía está asociada con la termografía infrarroja para el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo. **Metodología:** estudio cuantitativo, de diseño no experimental de tipo transversal con alcance de asociación. Se evaluaron a 18 atletas de taekwondo voluntarios, activos en competencia, en una edad de 10 a 20 años, previo consentimiento informado, se excluyeron a los que presentaban lesiones cutáneas en la región isquiotibial, se eliminaron a los participantes que abandonaron el estudio o que incumplieran en alguna de las evaluaciones. Se les realizó una historia clínica para identificar variables sociodemográficas y clínicas. Posteriormente, se obtuvieron termogramas y rastreo ecográfico de zona isquiotibial bilateral. **Resultados:** La asociación se aplicó la prueba de normalidad con Shapiro Wilk con resultados normales, posteriormente se realizó la prueba estadística Chi cuadrada y T de student donde los datos no fueron significativos, excepto entre el dolor y el sexo, donde si hubo una asociación encontrando una predominancia en el sexo femenino. **Conclusiones:** El estudio no pudo realizar la asociación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja, dado que únicamente 11% (n=2) presentaron lesión por ultrasonografía, impidiendo así un análisis estadístico que pudiera concluir una asociación o no entre ambas variables.

Palabras clave: Ultrasonografía, Termografía infrarroja, Isquiotibiales, Atletas, Taekwondo.

Summary

Introduction: The detection of muscle injuries in high-performance athletes is of great relevance due to the level of competition to which they must undergo, therefore, having tools for this process is essential. Reason why making an association between ultrasonography (US) and infrared thermography (IT) could set the guidelines for their use in athletes, benefiting health professionals and high-performance athletes. **Objective:** to associate ultrasonography and infrared thermography in the diagnosis of hamstring muscle injuries in high-performance taekwondo athletes. **Hypothesis:** Ultrasonography is associated with infrared thermography for the diagnosis of hamstring muscle injuries in high-performance taekwondo athletes. **Methodology:** quantitative study, with a cross-sectional non-experimental design with scope of association. 18 volunteer taekwondo athletes, active in competition, aged 10 to 20 years, were evaluated with prior informed consent. Those with skin lesions in the hamstring region were excluded. Participants who abandoned the study or who failed to comply with any of the evaluations. A medical history was taken to identify sociodemographic and clinical variables. Subsequently, thermograms and ultrasound scanning of the bilateral hamstring area were obtained. **Results:** The association was applied the normality test with Shapiro Wilk with normal results, subsequently the Chi square and student's T statistical test was performed where the data were not significant, except between pain and sex, where there was an association found. a predominance in the female sex. **Conclusions:** The study could not carry out the association of ultrasonography and infrared thermography, since only 11% (n=2) presented injury by ultrasonography, thus preventing a statistical analysis that could conclude an association or not between both variables.

Key words: Ultrasonography, Infrared thermography, Hamstrings, Athletes,Taekwondo.

Dedicatorias

Nosotras nos sentimos completamente privilegiadas de contar con el apoyo de personas tan especiales e irremplazables en la vida de cada una de nosotras, dedicamos nuestro esfuerzo y todo el trabajo que hemos realizado durante toda la investigación, a nuestras familias, la familia Romero Ramírez, la familia Rodríguez Guerrero, a toda la familia Freybrickmark, a la familia Arredondo Romero y Romero Peña, ya que sin la ayuda de todos ellos y ellas hacía con nosotras, no tendríamos el valor, la resistencia, disciplina y la perseverancia que la investigación exige a quienes deciden adentrarse en ella. A demás de nuestras familias, es muy importante hacer mención especialmente a todos quienes nos han apoyado incondicionalmente, dándonos todo su amor, su amistad y paciencia, José Antonio Rafael Guerrero Muñoz, María de Lourdes Guerrero López y Ariadna Freybrickmark Alamilla; a quienes amamos profundamente.

Todos ellos han sido, son y seguirán siendo para siempre un ejemplo para nosotras y el amor que nos impulse a seguir cumpliendo cada vez más retos.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las instituciones deportivas de taekwondo de Querétaro que prestaron toda su disponibilidad y colaboración para la realización del presente trabajo, siendo el Dr. David Andrei Ramírez Linares, quien presentó su apoyo y disposición para ser el intermediario entre el equipo de esta investigación y los atletas. Estamos agradecidas con nuestra directora de esta investigación quien ha sido nuestra guía y nos ha aportado todo el material requerido para la elaboración de esta tesis, y durante todos los largos meses de investigación estuvo presente.

Así mismo damos las gracias al Dr. Irving Armando Cruz Albarrán, al Med. Esp. Marco Túlio Albarrán Medina, y a nuestro colega Jorge Iván López por su gran aporte de conocimiento, experiencia y colaboración durante toda la elaboración de este trabajo, cada uno de ellos en lo que se requirió. Por último, agradecemos a la Universidad Autónoma de Querétaro que es nuestra alma mater, y a nuestros docentes que han aportado en nuestra formación y sembraron curiosidad y amor por la investigación.

Índice

	Contenido
Resumen	3
Summary	4
Dedicatorias	5
Agradecimientos	6
Abreviaturas y siglas	12
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
III. Fundamentación teórica	6
III.1 Alto rendimiento y fisioterapia	6
III.2 Lesión de isquiotibiales	7
III.3 Epidemiología	8
III.4 Etiología	8
III.5 Factores de riesgo	9
III.6 Sintomatología	10
III.7 Diagnóstico	10
III.8 Métodos de imagen	11
III.9 Ultrasonografía	12
III.10 Termografía Infrarroja	12
IV. Hipótesis	13
IV.1 Investigación	13
IV.2 Nula	13
V. Objetivos	13

V.1 Objetivo general	13
V.2 Objetivos específicos	14
VI. Material y métodos	14
VI.1 Tipo de investigación	14
VI.2 Población o unidad de análisis	14
VI.3 Muestra y tipo de muestra	15
VI.3.1 Criterios de selección	15
VI.3.1.1 Criterios de inclusión	15
VI.3.1.2 Criterios de exclusión	15
VI.3.1.3 Criterios de eliminación	16
VI.3.2 Variables estudiadas	16
VI.4 Técnicas e instrumentos	21
VI.4.1 Termografía Infrarroja	21
VI.4.2 Ultrasonografía	21
VI.5 Procedimientos	21
VI.5.1 Análisis estadístico	25
VI.5.2 Consideraciones éticas	26
VII. Resultados	27
VIII. Discusión	34
IX. Conclusiones	36
X. Propuestas	37
XI. Bibliografía	39
XII. Anexos	44
XI1.1 Anexo 1	44
Aprobación de revisión/registro e identificación del proyecto de investigación	44

XII.2 Anexo 2.	45
Carta de aprobación del Comité de Bioética	45
XII.3 Anexo 3.	46
FEN-INV-04 Carta de solicitud / autorización de la institución para realizar la investigación	46
XII.4 Anexo 4.	46
XII.4.1 Consentimiento informado	47
XII.4.2 Consentimiento informado para los padres o tutores de participantes	49
XII.4.3 Asentimiento informado	51
XII.5. Anexo 5	53
XII.6. Anexo 6	53
XII.6.1 Instrumentos utilizados	53
XII.6.2 Aplicación	53

Índice de tablas

Tabla 1. Variable descrita	16
Tabla 2. Asociación del sexo y la presencia de dolores en atletas de taekwondo	29
Tabla 3. Asociación encontrada por medio de la termografía infrarroja y periodo competitivo en atletas de taekwondo	30
Tabla 4. Temperatura encontrada por medio de la termografía infrarroja en atletas de taekwondo	
31	
Tabla 5. Tamaño del efecto para la temperatura de pierna derecha y pierna izquierda	33

Índice de figuras

Figura 1. Flujograma	24
Figura 2. Lesiones en isquiotibiales detectadas por termografía infrarroja	28
Figura 3. Lesiones en isqsuiotbiales detectadas por ultrasonografía	29
Figura 4. Lesiones detectadas en otras áreas del MI por ultrasonografía	32

Abreviaturas y siglas

MI: Miembros inferiores

TI: Termografía infrarroja

US: Ultrasonido

I. Introducción

Las lesiones musculares se encuentran entre las lesiones más comunes en atletas profesionales, particularmente en los deportes de contacto con patrones de movimiento explosivos como lo es el Taekwondo, donde se han detallado sobre las lesiones musculares de las extremidades inferiores (Rüther et al., 2021). Se puede señalar que las lesiones de los músculos isquiotibiales se han identificado como una causa de largos tiempos de inactividad en estos deportes. Sin embargo, todavía es muy difícil predecir la aparición de lesiones en una etapa temprana (Rüther et al., 2021). Cabe mencionar que las lesiones en el vientre muscular de los isquiotibiales tienen un buen pronóstico, pero son bastante recurrentes (Arner et al., 2019).

Es importante destacar, que tal como mencionan Thomas et al. (2017), existen diferentes factores de riesgo para sufrir lesión en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo, estos factores de riesgo están relacionados con la edad, el peso y las habilidades físicas específicas que tienen los atletas sobre su deporte, cabe mencionar que la edad en que hay mayor recurrencia es en la adolescencia y en cuanto al peso está relacionado con las divisiones de peso mayor.

Así como describe Tan et al. (2020) en la actualidad aún con los avances tecnológicos y las ventajas prácticas que se han demostrado de la termografía infrarroja (TI), se sigue teniendo poca validación de estas imágenes térmicas al momento de comparar este método con otros de imágenes avanzadas como la ecografía de alta resolución y la resonancia magnética nuclear.

Por otro lado, la ultrasonografía (US) ofrece un campo visual relativamente pequeño, requiere de un conocimiento y amplia capacitación, en cuanto a anatomía, fisiopatología y las propiedades físicas de la ultrasonografía para poder tener una interpretación adecuada de la imagen, es decir, que la efectividad y calidad del estudio dependerá mucho del operador que maneje esta herramienta (Astudillo, 2013).

La detección de las lesiones musculares resulta de gran relevancia clínica para los deportistas de alto rendimiento, motivo por el cual se han implementado diferentes herramientas. Es así como, la implementación de la termografía infrarroja en contraste con el ultrasonido es

relativamente nueva, por lo que realizar una asociación entre estas dos últimas resulta en múltiples beneficios que incluyen a los profesionales de la salud y a los deportistas de alto rendimiento.

Este proyecto servirá para sentar bases a la fisioterapia deportiva orientada a la detección o diagnóstico, e intervención temprana y de este modo prevenir lesiones o el deterioro de estas, así como promover un buen resultado para los atletas de alto rendimiento. De esta manera, esta tesis utilizó un diseño no experimental de tipo transversal con alcance de asociación, aplicado en los atletas de 4 academias del estado de Querétaro de escuelas federadas de taekwondo.

II. Antecedentes

Las lesiones musculares se encuentran entre las lesiones más comunes en atletas profesionales, particularmente en los deportes de contacto con patrones de movimiento explosivos como lo es el Taekwondo, se han encontrado datos detallados sobre lesiones musculares de las extremidades inferiores (Rüther et al., 2021). Se puede señalar que las lesiones de los músculos isquiotibiales se han identificado como una causa de largos tiempos de inactividad en estos deportes, sin embargo, todavía es muy difícil predecir la aparición de lesiones en una etapa temprana (Rüther et al., 2021). Cabe mencionar que las lesiones en el vientre muscular de los isquiotibiales tienen un buen pronóstico, pero son bastante recurrentes (Arner et al., 2019).

Así como describe Tan et al. (2020) en la actualidad aún con los avances tecnológicos y las ventajas prácticas que se han demostrado de la TI, se sigue teniendo poca validación de estas imágenes térmicas al momento de comparar este método con otros de imágenes avanzadas como la US de alta resolución y la resonancia magnética nuclear.

Por otro lado, la US ofrece un campo visual relativamente pequeño, requiere de un conocimiento y amplia capacitación, en cuanto a anatomía, fisiopatología y las propiedades físicas de la US para poder tener una interpretación adecuada de la imagen, es decir, que la efectividad y calidad del estudio dependerá mucho del operador que maneje esta herramienta (Astudillo, 2013).

La detección de las lesiones musculares resulta de gran relevancia clínica para los deportistas de alto rendimiento, motivo por el cual se han implementado diferentes

herramientas. Es así como, la implementación de la TI en contraste con el US es relativamente nueva, por lo que realizar una asociación entre estas dos últimas resulta en múltiples beneficios que incluyen a los profesionales de la salud y a los deportistas de alto rendimiento.

La TI es una herramienta que mide el espectro de energía infrarroja que libera el cuerpo estudiado, y mediante la asignación de píxeles para transformarlas en fotografías, dichas imágenes muestran distintas tonalidades de colores que equivalen a la temperatura en la que se encuentran los tejidos (Oliveira, 2017).

Por otra parte, la US gracias a los grandes avances que se han tenido en capacitación para su uso y manejo en el diagnóstico de lesiones musculares, ha permitido observar los tejidos musculoesqueléticos con una mejor calidad y a un costo relativamente bajo (Bright et al., 2017).

No obstante, las imágenes térmicas son un prospecto importante en la práctica clínica pues cada vez se van observando nuevos campos de oportunidad para esta herramienta, y en este caso una aplicación clínica tan importante como lo es el diagnóstico. Actualmente las cámaras térmicas modernas son mucho más prácticas, por su forma, tamaño y facilidad de transporte. Aparte de ello, no se ha asociado a la posibilidad de que genere algún efecto negativo o secundario al paciente, también, permite adquirir imágenes en un muy corto periodo de tiempo, lo que resulta bastante útil si lo comparamos con herramientas de imagen más laboriosas y complejas como pudiera ser la US. (Hong et al., 2020).

A través de los años con el desarrollo y la utilización de nuevas tecnologías, se han creado estudios enfocados al diagnóstico y la prevención de alteraciones musculoesqueléticas del cuerpo humano, sin embargo, los estudios donde a deportistas se les aplique US en asociación con la TI, o incluso por separado, son demasiado escasos.

No obstante, Higashino et al. (2014), estudiaron la evaluación de la TI y US, en la detección temprana de lesiones en tejidos profundos. Se realizó un estudio retrospectivo, en el cual se analizaron 28 úlceras por presión, en etapa temprana. Se obtuvieron imágenes termográficas, con la finalidad de describir la temperatura de la herida en comparación con la piel circundante. Antagónicamente, la toma de imágenes ultrasonográficas se recogió por medio de una sonda de 10 MHz, que proporciona información de 20 a 30 mm debajo de la piel. Dentro de dicho análisis, se verificó que la combinación de la TI y US, mostró efectividad para la examinación de lesiones en tejidos profundos, dado por la sensibilidad a altas temperaturas

y la observación de áreas hipoecogénicas heterogéneas. Resumiendo lo planteado, se propone que la combinación de las técnicas descritas con anterioridad, ofrecen mínimas desventajas dentro de sus procedimientos, por lo consiguiente, cuentan con una elevada precisión en la detección temprana de lesiones en tejidos profundos.

El resultado de otras investigaciones, ha dejado ver a la US como una herramienta de gran valor a la hora de realizar evaluaciones y diagnósticos de lesiones musculares tanto en etapas agudas como crónicas, donde ha sido resaltada la importancia de realizar el diagnóstico tomando imágenes de las extremidades de forma bilateral, más que nada, para poder hacer una comparación en tiempo real del estado del tejido que se está evaluando, lo que resulta favorable no solo para la obtención de la primera evaluación, sino también para determinar la gravedad de la lesión, establecer un pronóstico, hacer reevaluaciones y observar de manera más objetiva la evolución que va teniendo el paciente (Bright et al., 2017).

En función de lo antes mencionado, la US ha sido más que útil para visualizar tejidos blandos y si estos presentan una solución de continuidad parcial o completa en el tejido muscular. Cabe mencionar que, la US permite ver la existencia de edemas o hemorragias, pues en el estudio citado anteriormente, se realizó diagnóstico por imagen de dicha técnica, donde se detectaron cambios hipoecoicos y aumento de flujo doppler en la cabeza medial del gastrocnemio en la porción proximal y medial del músculo, dichos cambios en la imagen era sangre entre la fascia y fibras musculares de la zona antes mencionada (Bright et al., 2017).

En otro estudio, se realizaron mediciones con TI, US y medición de la humedad subdérmica, con la intención de determinar el riesgo a desarrollar úlceras por presión; en dicho estudio, según Oliveira (2017), “el estudio demostró que la TI puede identificar cambios de temperatura en los tejidos y la piel, lo que puede dar una indicación de daño tisular temprano”. Motivo por el cual llegó a la conclusión de que tanto la US, como la TI, pueden detectar lesiones en tejidos blandos, incluyendo aquellos que estuvieran en estadios tempranos, incluso antes que aparezca sintomatología, pues se remarcaba que la intención era detectar el riesgo a sufrir dichas lesiones.

Por su parte, en otro estudio los investigadores reportaron una evaluación aplicando la TI como método complementario en la prevención de lesiones musculares, donde se estudiaron a 28 futbolistas profesionales. Inicialmente, se llevó a cabo la evaluación clínica mediante US, posteriormente, los datos termográficos se obtuvieron con una cámara con

resolución infrarroja de 320x240 píxeles y sensibilidad térmica de 30 mK. Las imágenes fueron tomadas 48 horas después de los juegos, con el propósito de permitir la disminución de dolor de aparición tardía, así como la actividad de la creatina quinasa, en el tejido muscular; de igual forma, se tomaron en cuenta las condiciones ambientales para permitir la aclimatación de los atletas, durante la recolección de imágenes. De acuerdo a los hallazgos obtenidos, a causa de la utilización TI, se identificó de forma precoz las lesiones musculares sufridas en los deportistas, por ello se permitió recibir tratamiento en etapa temprana y aplicar un protocolo preventivo; como resultado, no hubo reincidencia y tanto la gravedad de las lesiones, como el tiempo de recuperación, fue menor (Côrte et al., 2019).

Entre estas investigaciones, se puede incluir a Hong et al. (2020), quien realizó un estudio con diseño transversal, con el propósito de comparar específicamente la TI con la US, en pacientes con artritis reumatoide. En dicho estudio, se utilizó una cámara térmica portátil de alto rendimiento, con una resolución de 640x480 píxeles y sensibilidad térmica de <30 mK a 30°C; al mismo tiempo, se consideraron los estímulos ambientales, como el clima, por lo que se le solicitó a los participantes llegar 15 minutos antes de tomar las imágenes. Como contrapartida, la evaluación con US se llevó a cabo utilizando un ultrasonido musculoesquelético con sonda lineal, siendo manipulado por un solo reumatólogo con 7 años de experiencia. Al finalizar, los datos de imagen adquiridos dentro del estudio, los investigadores obtuvieron como resultado que la articulación con artritis reumatoide tiene una temperatura significativamente más alta, en la cual la US se declaró especialmente prometedor, por los cambios encontrados en las estructuras de dichas imágenes. Paralelamente, se reconoció a esta técnica (TI), como una herramienta útil en la detección de inflamación articular.

Por otra parte, es importante señalar que no se encontraron estudios donde se aplicaran tanto la TI y la US en los músculos isquiotibiales de atletas de alto rendimiento de taekwondo.

III. Fundamentación teórica

La detección de las lesiones musculares resulta de gran relevancia clínica para los deportistas de alto rendimiento, motivo por el cual, se han implementado diferentes herramientas. Es así como, la implementación de la TI en contraste con el US es relativamente nueva, por lo que realizar una asociación entre estas dos últimas resulta en múltiples beneficios que incluyen a los profesionales de la salud y a los deportistas de alto rendimiento.

III.1 Alto rendimiento y fisioterapia

Los deportistas élite o de alto rendimiento demandan un nivel de compromiso extraordinario, Cáceres, M. (2019), considera alto rendimiento, como aquel que se practica con altas exigencias técnicas y científicas de preparación y entrenamiento, que permite al deportista la participación en preselecciones y selecciones nacionales que representan al país en competiciones y pruebas oficiales de carácter internacional.

Es así como durante la práctica de taekwondo los atletas de alto rendimiento son susceptibles a sufrir diversas lesiones principalmente en los músculos isquiotibiales que, según Osorio, et. al. (2007), se ha definido la lesión deportiva como la que ocurre cuando los atletas están expuestos a la práctica del deporte y se produce lesión o daño de un tejido, destacando el funcionamiento de la estructura.

Por lo anterior, la World Confederation for Physical Therapy (WCPT), en 2019, menciona que se puede realizar un diagnóstico en fisioterapia mediante un proceso de razonamiento clínico que da como resultado la identificación de impedimentos existentes o potenciales, limitaciones de actividad, restricciones de participación, influencias ambientales o habilidades/discapacidades. Dentro de este punto, Martín (2008), menciona que la fisioterapia en la actividad física y el deporte centra sus objetivos en el ámbito de las mismas, es decir, el conjunto de métodos, técnicas y actuaciones que, mediante el uso y la aplicación de agentes físicos, previenen, recuperan y readaptan a personas con disfunciones del aparato locomotor, producidas por la práctica del deporte o ejercicio físico en sus diferentes niveles, y actúan mediante el ejercicio físico, como expresión de la cinesiterapia en la prevención de lesiones, enfermedades y discapacidades.

Por otro lado, Vargas et al. (2008), mencionan que, la US:

Es una técnica de imagen sencilla, no invasiva y accesible que permite la evaluación del sistema musculoesquelético en tiempo real, con la ventaja de examinar las articulaciones en forma dinámica, así como con la ayuda del Doppler de poder, se pueden evaluar los fenómenos inflamatorios locales, sin someter al paciente a radiaciones.

Mientras que la TI es una tecnología moderna que utiliza cámaras que miden y toman imágenes de la radiación infrarroja emitida por los cuerpos sin necesidad de que haya luz visible. Como esta radiación es función de la temperatura de la superficie del cuerpo, la cámara permite el cálculo y visualización de dicha temperatura (De Prada Perez, 2016).

Una vez planteadas y entendibles las herramientas a usar, se considera implementar el método de asociación de información. La correlación expresa el grado de asociación entre dos variables, según el sentido de la relación de éstas en términos de aumento o disminución del parentesco o coincidencia que tengan entre sí (Martínez et al., 2009).

III.2 Lesión de isquiotibiales

El grupo muscular de los isquiotibiales está formado por tres músculos: el semitendinoso, semimembranoso y el bíceps femoral. Los tres por la parte posterior del muslo, la lesión por distensión de este grupo muscular puede resultar en un deterioro considerable, limitaciones de la actividad, restricción de la participación de la persona y por ende tiempo perdido durante la competencia deportiva.

Tal como señalan Robroy et al. (2022), indicando que las lesiones de isquiotibiales son comunes en deportes que involucran carrera a alta velocidad, saltos, patadas y/o movimientos explosivos de las extremidades inferiores con cambios rápidos de dirección, incluidos el levantar objetos del suelo.

La mayor tensión ocurre al final de la fase de balanceo, cuando los isquiotibiales se contraen excéntricamente en su elongación máxima antes del golpe de talón. La contracción excéntrica extiende la cadera y disminuye la extensión de rodilla desde el golpe del talón hasta la fase de apoyo. Por el contrario, las lesiones en la parte proximal de los isquiotibiales típicamente

ocurren durante la contracción excéntrica con la cadera flexionada y la rodilla extendida, poniendo el músculo en máxima tensión (Arner et al., 2019).

Estas lesiones son a menudo graves, causando dolor, largos tiempos de rehabilitación y una clara propensión a volver a lesionarse (Robroy et al., 2022).

III.3 Epidemiología

En un estudio realizado por Rüther et al. (2021) donde se evaluaron a 83 atletas de taekwondo para analizar sus lesiones musculares, resultó que los músculos más comúnmente afectados fueron: el grupo muscular de isquiotibiales (48,4%), seguido del cuádriceps femoral (32,3%) y músculos de la pantorrilla (9,6%). Del grupo muscular más comúnmente el músculo con mayor incidencia de lesión fue el semimembranoso (25,8%). De la misma manera, Timmins et al. (2016) estudiaron a 20 atletas racionalmente activos, sin antecedentes de lesión en isquiotibiales y 16 atletas elite con antecedentes de lesión isquiotibial unilateral y compararon en ultrasonografía medidas de imágenes de la arquitectura del músculo bíceps femoral (espesor muscular, ángulo peniforme y longitud) durante contracciones isométricas graduadas a 0°, 30°y 60° de flexión de rodilla, y concluyeron que mayoría de las lesiones de este grupo muscular ocurren en la cabeza larga del bíceps femoral.

Años después, Robroy et al. (2022) reafirmó lo mencionado anteriormente, la cabeza larga del músculo bíceps femoral es la más involucrada tanto en lesiones iniciales como recurrentes, involucrado en 79% a 84% en lesiones de este grupo muscular. Indicando que la incidencia estimada de lesión de isquiotibiales por 1000 horas de exposición es de 0.87 en deportes sin contacto y de 0,92 a 0,96 en deportes de contacto.

III.4 Etiología

Recordando que el músculo consta de fibras lentas (fibras tipo I) y rápidas (fibras tipo II), Robroy et al. (2022) consideran que el grupo de músculos isquiotibiales tiene un mayor porcentaje de fibras tipo II que otros músculos del muslo, haciendo que el músculo sea más susceptible a las lesiones.

Sin embargo, el porcentaje real de fibras tipo II puede variar, dependiendo de la edad y otras variaciones anatómicas individuales. Anatómicamente, el aumento de la inclinación pélvica anterior puede colocar el músculo isquiotibial en una posición más alargada y aumentar la probabilidad de una lesión de este grupo muscular (Arner et al., 2019).

Finalmente, Timmins et al. (2016) mencionaron que la evidencia sugiere que la arquitectura muscular (mayor ángulo peniforme y longitud corta del fascículo) puede contribuir a una lesión de isquiotibiales.

III.5 Factores de riesgo

Los músculos isquiotibiales se asocian a una mayor de exposición de lesión, debido a su posición anatómica, ya que estos cruzan la articulación de la cadera y la rodilla (Arner et al., 2019). Los factores de riesgo propuestos para el manifiesto de dicha lesión se pueden explicar en dos grandes grupos. Se describen los factores intrínsecos, los cuales no son modificables, entre estos se encuentran la edad, tal como lo describe De Hoyo et al. (2013), señalando que los deportistas de más de 23 años suelen tener un riesgo de hasta 1,3 a 3,9 veces más que los atletas más jóvenes.

Cabe mencionar que dentro de estos factores también se encuentra la raza, siendo más propensos las personas de raza negra; de la misma forma también se incluyen las anomalías anatómicas, tal como la asimetría en longitud de las piernas. Aparte de ello, en la actualidad se propone que una previa existencia de lesión provoca un riesgo elevado de lesionarse frecuentemente, ya que la cicatriz generada se convierte en un estrés para el músculo, lo cual provoca que se desarrollen con mayor facilidad las lesiones (Arner et al., 2019).

Por otro lado, dentro de los factores extrínsecos, se reconoció la preparación inadecuada dentro del deporte, por ejemplo, un inadecuado calentamiento, desacondicionamiento, o bien, la propia fatiga muscular. Se ha postulado que la fatiga inducida por la repetición de esfuerzos durante la actividad física contribuye de manera significativa a lesionarse, ya que un músculo fatigado pierde fuerza, por lo que se encuentra más expuesto a poder romperse ante una contracción excéntrica (De Hoyo et al., 2013).

Los isquiotibiales son lesionados comúnmente en deportes que involucran patrones de movimiento explosivos, el cual forma un factor de riesgo importante (Rüther et al., 2021). Se ha

demonstrado que las lesiones agudas de los músculos antes mencionados, presentan una elevada incidencia durante prácticas deportivas que impliquen carreras de velocidad o patadas repetitivas (Kayani et al., 2020).

Tal es el caso del taekwondo, al ser un deporte de explosividad presenta una mayor exposición en dicha zona, por esta razón, los isquiotibiales son los músculos que se lesionan con mayor frecuencia en estos atletas (Rüther et al., 2021).

III.6 Sintomatología

Las lesiones de los isquiotibiales se pueden clasificar desde la ruptura aguda hasta los desgarros degenerativos crónicos (Fletcher et al., 2022).

En la lesión aguda, se ha descrito como principal síntoma la sensación de dolor repentino, el cual suele ser intenso y estar ubicado en la región del isquion; además que se puede incluir debilidad progresiva de los isquiotibiales, así como el deterioro funcional de forma gradual (Kayani et al., 2020). Se menciona que este malestar inicia generalmente en la deambulación, por lo que las personas que lo sufren, suelen evitar la flexión de cadera con extensión de rodilla, lo cual modifica el patrón de marcha, manifestando piernas rígidas al caminar. Cabe destacar, que en ocasiones se llega a observar equimosis en la parte posterior del muslo (Fletcher et al., 2022).

Por el contrario, la sintomatología en el daño crónico, a menudo el dolor es difuso, por lo que el diagnóstico se vuelve complicado. La manifestación de síntomas puede aparecer al estar en sedestación durante tiempos prolongados, o durante la práctica deportiva, manifestando dolor mal definido en la tuberosidad isquiática, así como abarcando el vientre del músculo, e inclusive puede llegar hasta la fosa poplítea. De igual forma, en ocasiones se ha señalado encontrarse implicado el nervio ciático, debido a que la lesión crónica llega a irritar de forma continua, provocando dolor en zona posterior del muslo, siendo irradiado hacia debajo de la pierna (Fletcher et al., 2022).

III.7 Diagnóstico

La detección temprana de lesiones en los tejidos profundos es fundamental, porque conduce a una intervención intensiva temprana, los métodos de detección temprana pueden permitir salvar los

tejidos isquémicos y lesionados, prevenir el deterioro de las lesiones y promover un buen resultado (Higashino et al., 2012).

Por lo tanto, se requiere un diagnóstico oportuno y preciso para identificar el tipo y la gravedad de la lesión, para proponer un plan de manejo adecuado para la curación muscular completa, reduciendo el riesgo de una nueva lesión. La US, es la más utilizada en la práctica clínica. Este método económico y no invasivo proporciona una caracterización adecuada de las lesiones musculares, gracias a una resolución espacial óptima (Paoletta et al., 2021).

La US y la TI, son procedimientos mínimamente invasivos, utilizados para el diagnóstico de lesiones musculares. Una desventaja de la evaluación ultrasonográfica es el requisito de un cierto nivel de habilidad para una evaluación precisa, por el contrario, incluso los principiantes pueden realizar una TI y evaluar sus hallazgos con precisión después de un poco de práctica (Higashino et al., 2012).

III.8 Métodos de imagen

Las lesiones musculares pueden causar pérdida de competencias y largos tiempos de recuperación funcional. Además, un retorno prematuro al juego puede estar relacionado con un alto riesgo de lesiones recurrentes y un tiempo de curación prolongado. Por lo tanto, se requiere un diagnóstico oportuno y preciso para identificar el tipo y la gravedad de la lesión para proponer un plan de manejo adecuado para la curación muscular completa, reduciendo el riesgo de una nueva lesión (Paoletta et al., 2021).

Tanto la radiología simple (Rx), como la Tomografía Computada (TC) tienen un rol muy limitado en la detección de lesiones musculares, especialmente en la etapa aguda. Dichos métodos, pueden ser útiles para localizar calcificaciones en caso de cronicidad, secuelas de lesión muscular con cicatriz fibrosa o cuando se sospecha una miositis osificante como complicación de un desgarro muscular (Schvartzman et al., 2015).

La Resonancia Magnética (RM), es la técnica más sensible para la detección de lesiones musculares, también para lesiones mínimas, y representa un estándar de referencia para completar el estudio de las lesiones musculares tras el examen físico (Paoletta et al., 2021). Cuenta con una alta resolución anatómica y capacidad multiplanar, convirtiéndose en el método de elección para

la detección de lesiones musculares de localización atípica o profunda. También posee de alta sensibilidad para brindar imágenes de gran contraste en tejidos blandos y evaluar planos profundos, así como una alta especificidad para la caracterización de un desgarro muscular de características imagenológicas infrecuentes cuando se plantea su diagnóstico diferencial con un proceso infiltrativo primario (Schvartzman et al., 2015).

III.9 Ultrasonografía

La US, es una excelente herramienta diagnóstica para patología musculoesquelética, ya que permite evaluar problemas de muy diversas etiologías que afectan a los distintos tejidos blandos, permite una evaluación directa y dinámica con el paciente, lo que ayuda en la asociación de la sintomatología con los hallazgos (Astudillo, 2013).

La US, es un estudio de imagen que, mediante el uso de un transductor, emite ondas de sonido para crear imágenes de los tejidos blandos que se desea estudiar. Cuando la onda de sonido hace contacto con los tejidos blandos, las variaciones en el estado en el que se encuentren y su densidad, reflejarán las ondas de sonido de regreso al transductor, dichas diferencias acústicas permitirán la obtención de tonalidades diferentes en la imagen, dependiendo de la cantidad de ondas sonoras que haya reflejado de vuelta. La onda ultrasónica que se emitió se absorberá si el tejido con el que choca es un tipo de fluido, creando una tonalidad oscura en la imagen, conocida como hipoeocoica o anecoica. Por el contrario, la onda de US se refleja cuando esta se encuentre con un tejido que tenga mayor densidad creando una imagen con tonalidades claras o un reflejo brillante conocido como hiperecoico o ecogénico. Cuando hay daños en los tejidos se esperan cambios en la ecogenicidad que tendrían los tejidos blandos sanos (Águila et al., 2019).

III.10 Termografía Infrarroja

La TI se ha definido como una técnica de imagen no invasiva, la cual emite radiación infrarroja con la finalidad de observar las variaciones en la temperatura de un objeto; tomando en cuenta que la inflamación produce calor, la TI resulta potencialmente útil para detectar inflamación en tejidos (Hong et. Al, 2020).

Este método diagnóstico facilita el análisis no invasivo y no ionizante, puede proporcionar información sobre los estados del tejido muscular y, por tanto, puede utilizarse como instrumento para identificar riesgos y prevenir lesiones. Los atletas están expuestos al estrés físico del entrenamiento y la competencia, es por esto, que las reacciones de sobrecarga provocan un cambio en el flujo sanguíneo que afecta la temperatura de la piel. La TI no muestra anomalías anatómicas, pero revela cambios funcionales relacionados con el control de la temperatura de la piel (Corte et al., 2019).

IV. Hipótesis

IV.1 Investigación

La US está asociada con la TI para el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo.

IV.2 Nula

La US no está asociada con la TI para el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo.

V. Objetivos

V.1 Objetivo general

Determinar la asociación de la US y la TI en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo.

V.2 Objetivos específicos

- Determinar las variables sociodemográficas (sexo, edad, pierna dominante, talla, peso, modalidad de competencia, periodo competitivo, tiempo de práctica, lesiones previas de la región estudiada) de los participantes por medio de una historia clínica.
- Analizar la diferencia de temperatura por medio de TI en la región de isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo.
- Analizar el tejido muscular por medio de US para la detección de lesión en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo.

VI. Material y métodos

VI.1 Tipo de investigación

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que se requiere de pruebas y mediciones ya establecidas, que serán analizadas estadísticamente (p.4), diseño no experimental de tipo transversal con un alcance de asociación (p.127), tal como describe Sampieri en 2014, los estudios correlacionales “tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más variables” (p.93), por lo tanto se pretende buscar y analizar los diferentes estudios de imagen obtenidos y posteriormente describir la asociación de la US y la TI en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo (Sampieri, 2014).

VI.2 Población o unidad de análisis

La población de estudio fueron 18 participantes que estaban inscritos en las escuelas de taekwondo federadas del estado de Querétaro en el periodo de diciembre 2023-enero 2024 (12 de diciembre de 2023 y 17 de enero de 2024), de los cuales el 50% son hombres y 50% son mujeres, 7 no referían dolor y 11 asistieron por dolor previo, los participantes tuvieron un rango de edad entre 11 y 20 años y que se encuentren activos en competencias deportivas ya sea de poomsae (formas) o kyorugui (combate).

VI.3 Muestra y tipo de muestra

Tipo cuota no probabilístico, con población finita. Por lo cual, los sujetos de estudio serán elegidos a juicio de los investigadores

VI.3.1 Criterios de selección

VI.3.1.1 Criterios de inclusión

- Estudiantes hombres y mujeres inscritos en la escuela de taekwondo federadas del estado de Querétaro en el periodo de enero de 2023 a noviembre de 2023.
- Estudiantes que se encontraban activos en competencias deportivas ya sea en poomsae o kyorugui.
- Edad comprendida entre los 10 a los 20 años.
- Los estudiantes que aprobaron su participación y bajo la firma del consentimiento informado, en caso de ser menores de edad debieron ser aprobados por su padre o tutor, de forma voluntaria llenaron y firmaron su carta de asentimiento informado.
- Para el día de toma de estudios debían contar con un short que permitió visualizar la zona a evaluar (isquiotibiales), por lo menos 24 horas antes de los estudios no realizaron ningún tipo de ejercicio, no consumieron fármacos o cafeína, no se ducharon o ni consumieron alimentos en por lo menos 3 a 4 horas previas al estudio.
- Al primer grupo evaluado se solicitó a los participantes acudir con dolor en alguna porción de los músculos isquiotibiales; al segundo grupo estudiado, se le pidió no asistir con presencia de dolor en región posterior del muslo.

VI.3.1.2 Criterios de exclusión

- Enfermedades que imposibilitarán tener contacto con la piel del área a observar.
- Participantes con lesiones agudas en piel o tejidos de la región isquiotibial.

VI.3.1.3 Criterios de eliminación

- Que por decisión del participante o por los padres o tutores que decidieran abandonar el estudio.
- Baja del equipo de la escuela en la que se encontraban inscritos, del estado de Querétaro.
- Inasistencia por cualquier eventualidad, a la toma de estudios de ultrasonografía y termografía infrarroja.
- Conductas inapropiadas hacia alguno de los miembros del equipo de investigadores o colaboradores.
- Inactividad a causa de una lesión, diferente a la región isquiotibial, incapacitante temporal o permanente adquirida en el periodo de aplicación del estudio.
- No haber respetado las medidas indicadas para la toma de estudios.

VI.3.2 Variables estudiadas

Tabla 1.

Variables estudiadas

Nombre	Variable Categoría	Definición conceptual	Definición operacional Subcategorías o dimensiones	Indicadores
Edad	Cuantitativa discreta	Tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales (Real Academia Española, 2022).	Se recolectarán los datos de los participantes durante una entrevista previa a la aplicación de ambos estudios de imagen.	Años
Sexo	Cualitativa nominal	Condición orgánica, masculina o femenina, de los	Se recolectarán los datos de los participantes durante una	Femenino Masculino

		animales y las plantas (Real Academia Española, 2022).	entrevista previa a la aplicación de ambos estudios de imagen.	
Periodo competitivo	Cualitativa nominal	El período competitivo representa, en el ciclo anual o semestral, la etapa donde están concentradas las competencias fundamentales del calendario oficial. Dicho periodo está determinado por el tipo de deporte y el calendario de competencias (Aldas, 2015).	Por medio de entrevista con entrenador o preparador físico.	Pre Competencia Competencia Post Competencia
Lesiones musculares previas en isquiotibiales	Cualitativa nominal	La previa existencia de lesión provoca un riesgo elevado de lesionarse recurrentemente, ya que la cicatriz generada se convierte en un estrés para el músculo, lo cual provoca que se desarrollen con mayor facilidad las lesiones (Arner et al., 2019).	Se recolectarán los datos de los participantes durante una entrevista previa a la aplicación de ambos estudios de imagen.	Existencia de fibrosis muscular en el tejido a evaluar: Si No
Pierna dominante	Cualitativa nominal	La dominancia en determinadas actividades funcionales del cuerpo, motivadas por la existencia de un hemisferio dominante dentro	Se recolectarán los datos de los participantes durante una entrevista previa a la aplicación de ambos estudios de imagen.	Derecha Izquierda

	<p>del cerebro humano, de esta forma, los niños tienden a utilizar preferiblemente, sus sentidos, manifestando, dentro de sus actividades sensoriales, motrices o sensitivas, una habilidad o destreza mayor que se gobierna por este hemisferio (Duarte, 2020).</p>
Modalidad de competencia en taekwondo	Cualitativa nominal
	<p>POOMSAE RECONOCIDO (formas reconocido):</p> <p>Todos los deportistas participantes en la modalidad de Poomsae reconocido podrán participar en las pruebas</p> <p>individual, parejas y tercias en sus respectivas categorías, además de la modalidad de Poomsae estilo libre.</p>
	<p>KYORUGUI (combate). Los competidores participarán según su división de peso (CONADE, 2017).</p>

Tiempo practicando el deporte en alto rendimiento	Cuantitativa discreta	Tiempo transcurrido desde la participación en la práctica de alto rendimiento.	Se recolectarán los datos de los participantes durante una entrevista previa a la aplicación de ambos estudios de imagen.	Años cumplidos
Músculo isquiotibial afectado	Cualitativa ordinal 1	El grupo muscular de los isquiotibiales está formado por 3 músculos: el semitendinoso, semimembranoso y el bíceps femoral. Los 3 por la parte posterior del muslo (Martin et. al., 2022).	Visualización anatómica por medio de ultrasonografía y termografía infrarroja en zona afectada (medial o lateral).	Afectado No afectado
Pierna afectada	Cualitativa nominal	Extremidad del ser humano que tiene lesión muscular en zona isquiotibial.	Visualización anatómica por medio de ultrasonografía y termografía infrarroja en zona afectada (medial o lateral).	Referencia anatómica: Izquierda Derecha Bilateral
Lesión por ultrasonografía	Cualitativa Ordinal	Técnica de imagen sencilla, no invasiva y accesible que permite la evaluación del sistema musculoesquelético en tiempo real, con la ventaja de examinar las articulaciones en	Se utilizará un equipo “Sonocel -M3L”, que posee una frecuencia de 10 a 14 megahertz (MHZ), es un tipo de ecógrafo “portátil Wi-Fi”, con modo de escaneo “Modo B” y Modo M”, cuenta	Grado de ruptura del tejido por porcentaje de fibras musculares rotas: Contractura 1º Grado 2º Grado

		forma dinámica, así como con la ayuda del Doppler de poder, se pueden evaluar los fenómenos inflamatorios locales, sin someter al paciente a radiaciones (Vargas et al., 2008).	Doppler Espectral; así mismo, la profundidad alcanzada es de 2 a 5.5 centímetros y transmite en tiempo real.	Color, 3°Grado	Sin lesión
Lesión por termografía infrarroja	Cuantitativa continua (intervalo)	Una técnica de imagen no invasiva que utiliza la radiación infrarroja emitida por el calor para ver las variaciones en la temperatura de la superficie de un objeto, ya que la inflamación produce calor, la termografía puede ser potencialmente útil para detectar la inflamación en tejidos (Hong et al., 2020).	Se buscará un ambiente adecuado para la obtención de la imagen apropiadamente, que será una temperatura de 20 °C, presión atmosférica de 954 hPa y humedad de 49%. Se respetará una distancia de por lo menos 1,2 m entre la cámara y el atleta correspondiente. Se utilizará una cámara “FLIR A310”, que posee una resolución de 320×240 píxeles y una sensibilidad térmica de 0,05 a 30 °C.	Cambios en la temperatura del tejido en grados C°	Normal: diferencia de 0,3°C - 0,4°C Riesgo de lesión: 1,1°C - 1,5°C Lesión instaurada: >1,5 °C

Nota. En esta tabla se muestran las variables estudiadas (Elaboración propia).

VI.4 Técnicas e instrumentos

VI.4.1 Termografía Infrarroja

La TI es una herramienta que mide el espectro de energía infrarroja que libera el cuerpo estudiado, y mediante la asignación de píxeles para transformarlas en fotografías, dichas imágenes muestran distintas tonalidades de colores que equivalen a la temperatura en la que se encuentran los tejidos (Oliveira, 2017).

Se utilizó una cámara FLIR A310 de 9 Hz, es una cámara termográfica de montaje fijo, incluye un microbolómetro de óxido de vanadio con resolución de 320 x 240 píxeles, con una sensibilidad térmica que detecta diferencias de temperatura de 50 mK (0,05 a 30 °C), con una precisión de ± 2 °C ($\pm 3,6$ °F) o ± 2 % de lectura; cabe mencionar, que tiene transmisión de video por ethernet MPEG-4, ISO/IEC 14496-1 MPEG-4 ASP@L5. Se respetaron los criterios necesarios en cuanto a ambiente y distancias para las tomas de las imágenes térmicas (Anexo 6.2.).

VI.4.2 Ultrasonografía

En el caso de la US, que es un estudio de imagen que, mediante el uso de un transductor, emite ondas de sonido para crear imágenes de los tejidos blandos que se desea estudiar. Cuando la onda de sonido hace contacto con los tejidos blandos, las variaciones en el estado en el que se encuentren y su densidad, reflejarán las ondas de sonido de regreso al transductor, dichas diferencias acústicas permitirán la obtención de tonalidades diferentes en la imagen, dependiendo de la cantidad de ondas sonoras que haya reflejado de vuelta, dependiendo de la densidad del tejido reflejará tonalidades en blanco y negro (Águila et al., 2019).

Se utilizó un ultrasonido Sonocel-M3L portátil de gama alta, con wifi, tiene 256 elementos y una profundidad de 2.5 a 5.5 centímetros, con modo de escaneo “Modo B” y “Modo M”, doppler, color, poder y espectral, con una frecuencia de 10-14 MHz que transmite en tiempo real (Anexo 6.2.).

VI.5 Procedimientos

La investigación se desarrolló en el formato FEN-INV-01 el cual fue sometido a revisión ante el subcomité de investigación de fisioterapia, enviada la solicitud de revisión FEN-IN-02 (Anexo 1),

al ser aprobado se sometió a revisión ante el comité de bioética de la facultad de enfermería, presentando la solicitud de revisión FEN-INV-03 (Anexo 2). Al aprobarse por ambos comités, se envió una carta de solicitud/autorización FEN-INV-04 (Anexo 3) al responsable de las escuelas de taekwondo federadas del estado de Querétaro, explicando el objetivo de la investigación y solicitando el permiso para llevar a cabo la obtención de datos en aquellas instalaciones de la Universidad Autónoma de Querétaro donde sean citados previamente.

Al ser aprobada la solicitud de realizar el protocolo de investigación dentro de la institución mencionada anteriormente, se extendió un comunicado dirigido a la población en la que se desea realizar el estudio, donde se repartió información tanto a entrenadores como atletas para reclutar a la mayor cantidad de atletas inscritos en ese momento, a los atletas mayores de edad que decidieron participar se les entregó un consentimiento informado (Anexo 4.1.); en caso de ser menor de edad se entregó un consentimiento informado para padres o tutores (Anexo 4.2.), un asentimiento informado a los participantes (Anexo 4.3.) los cuales fueron llenados y firmados, según fuera el caso; en caso de aceptar y firmar su participación se dio paso a la aplicación del cuestionario de información sobre el atleta (Anexo 5), donde se recabaron todos los datos personales de cada atleta, por medio de un cuestionario realizado por google forms, tratando de obtener datos similares a la historia clínica y a su actividad deportiva, lo cual fue necesario para la investigación, una vez verificados los criterios de inclusión, exclusión y eliminación, fueron incluidos registrando el día hora y lugar donde se realizaron los estudios de TI y la US (Anexo 6.1.).

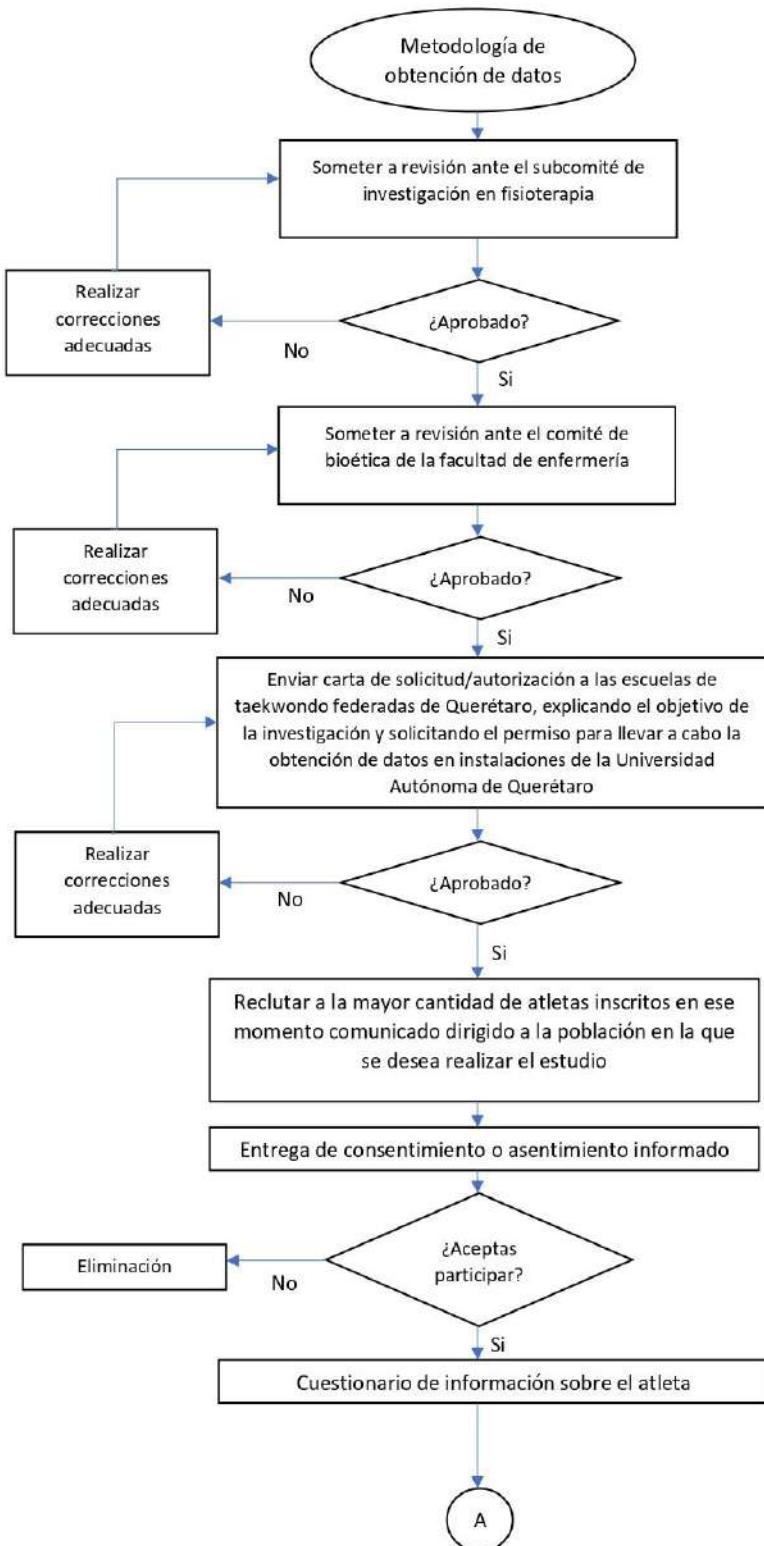
Para la TI se tomaron en cuenta las pautas fundamentales para hacer un uso correcto de la TI en la clínica y el laboratorio: temperatura ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), presión atmosférica (954 hPa) y humedad (49%, entre 40%-60%). Se respetó una distancia mínima de 1.2m entre la cámara y la persona con la región de la musculatura isquiotibial descubierta. Se les notificó a los atletas acerca de la necesidad de control de variables que puedan modificar la interpretación de la imagen, cuidados que se debieron considerar para la toma de ambos estudios; por lo menos 24 horas antes no realizar ningún tipo de ejercicio, ni consumir fármacos o cafeína y no consumir alimentos ni ducharse de 3-4 horas previas a la toma de imágenes. Todos los participantes afirmaron cumplir las peticiones anteriormente descritas (Anexo 6.2.).

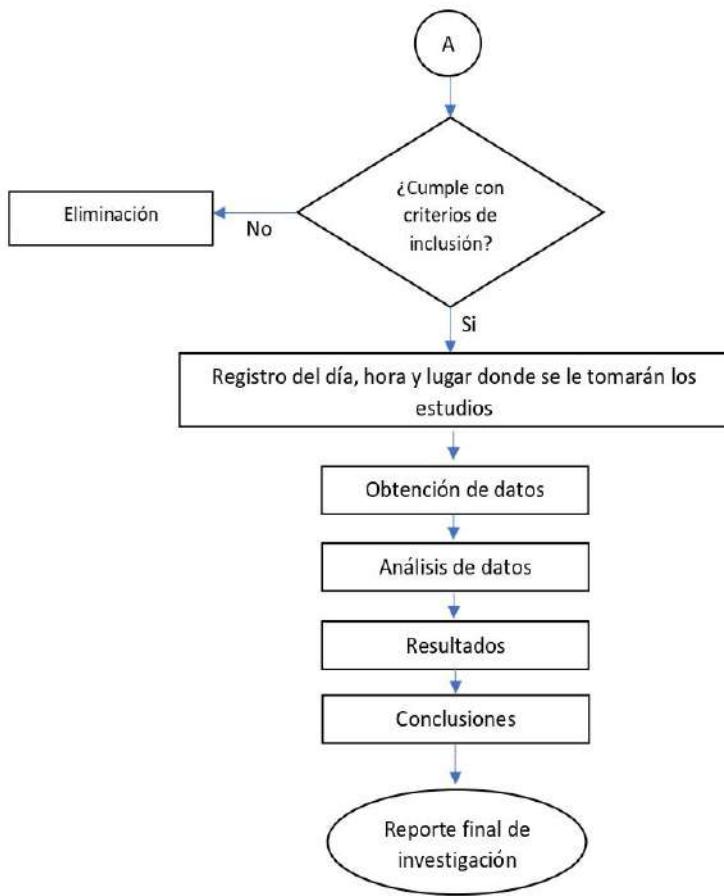
Por otro lado, para la toma de imágenes por US, se realizó aplicándolo de forma convencional sobre la región posterior del muslo, sobre toda la superficie de los músculos

isquiotibiales, con la zona descubierta y con aplicación de gel transductor. Se tomó la captura de la imagen de los hallazgos encontrados en los atletas. Los días y horarios en que fueron citados los atletas se acordaron a reserva de los horarios y días disponibles tanto de los participantes, como de los investigadores, el equipo a utilizar y las salas solicitadas a la universidad, una vez fijado el día para cada atleta en esa cita se tomaron los dos estudios, primero las tomas con la cámara y luego con la US (Anexo 6.2.). Una vez obtenidos los resultados se analizaron y se entregaron las conclusiones y los estudios a cada atleta, y en caso de ser menor de edad, a su padre o tutor (Figura 1).

Figura 1.

Flujograma





Nota. En este flujograma se presentan la metodología utilizada para la obtención de datos de la muestra utilizada (Elaboración propia).

VI.5.1 Análisis estadístico

Una vez recolectada la información de la intervención, se procedió a generar la base de datos (Excel 2024) y llevar a cabo el análisis estadístico (Jamovi 2.3.21). Para variables continuas primero se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, esto debido a que se tuvo una muestra de 18 participantes. De acuerdo con los resultados, se llevó a cabo una prueba t de student para muestras independientes para las variables continuas y/o discretas. El nivel de confianza fue de 95%. Por otra parte, para las variables ordinales y/o nominales se generaron tablas de contingencia y se realizó la prueba chi cuadrada.

VI.5.2 Consideraciones éticas

La presente investigación cumplió con los principios básicos dentro de la declaración de Helsinki, ya la investigación que implica a personas (Asamblea Médica Mundial, 2013); y a las normas éticas establecidas en el Código de Nuremberg.

Del mismo modo la investigación se basa en el reglamento de la Ley General de Salud, publicada en 1984, siguiendo los regímenes del artículo 14, ajustándose a los principios tanto científicos como éticos (Cámara de diputados del H Congreso de la Unión, 1987).

Por otro lado, este protocolo según la Ley General de Salud, en el título segundo, artículo 17, clasificado en el apartado II, es considerada una investigación con riesgo mínimo, ya que se emplearán procedimientos comunes en exámenes físicos, con objetivo diagnóstico (Cámara de diputados del H Congreso de la Unión, 1987).

Tomando en cuenta lo anterior, se determina que dicha investigación no dañará de ninguna manera la integridad física y/o psicológica de los sujetos participantes, los cuales ingresarán únicamente de manera voluntaria, después de haber leído y comprendido lo establecido en el consentimiento y/o asentimiento informado (Anexo 4), siempre contemplando que están en total libertad de retirar su participación, respetando en todo momento la intimidad de las personas, resguardando la integridad física y mental. Destacando que la investigación será realizada únicamente por personas científicamente cualificadas y bajo supervisión de una persona facultativo clínicamente competente. Finalmente, todos los datos obtenidos durante la investigación fueron publicados preservando la exactitud de lo obtenido.

VII. Resultados

De acuerdo a las evaluaciones realizadas, se encontró que el 50% de los participantes fueron hombres y el 50% mujeres. Respecto a la edad reportada, se encontró un promedio de 15 años, con una desviación estándar de 2.16 años. La talla promedio fue de 164 cm con una desviación estándar de 8.13 cm.

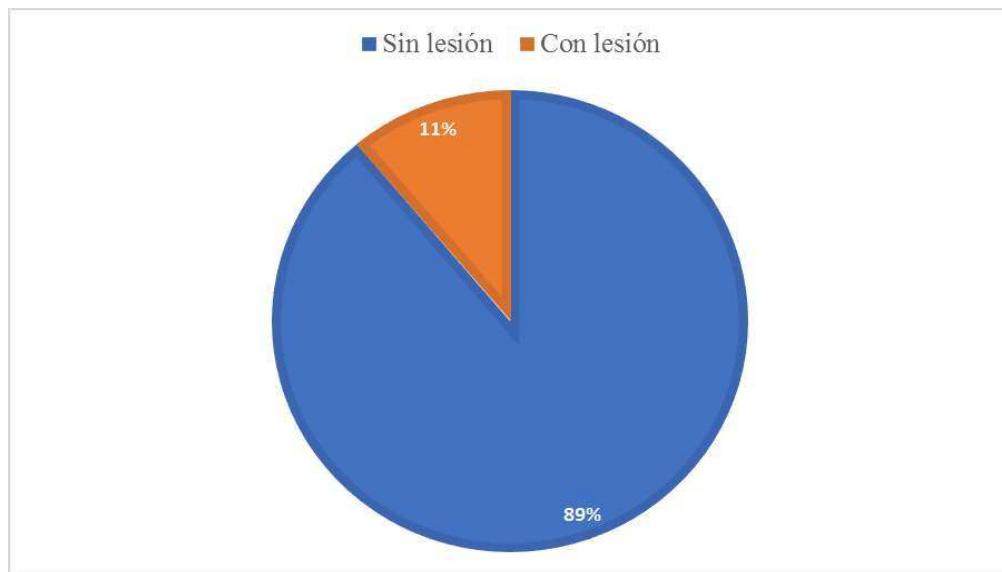
Por su parte, el peso promedio encontrado fue de 58.96 kg con una desviación estándar de 14.34 kg. La modalidad de competencia más frecuente fue la de combate (kyorugui) con un 100%. El periodo competitivo más frecuente fue post competencia con un 55.55%, frente a un 44.44% de pre competencia.

Respecto al tiempo de práctica promedio de los participantes, se encontró que fue de 12 meses. Por su parte, el 61.11% de los participantes reportaron lesiones previas en región posterior del muslo, contrastando con un 38.88% que no presentaba lesiones previas.

Es así, como se analizó la diferencia de temperatura de la región isquiotibial bilateral de los participantes por medio de TI. En los cuales, se detectó que un 11% (n=2) tuvo lesión, versus un 89% (n=16) sin lesión en dicha zona (Figura 2).

Figura 2.

Lesiones en isquiotibiales por termografía infrarroja

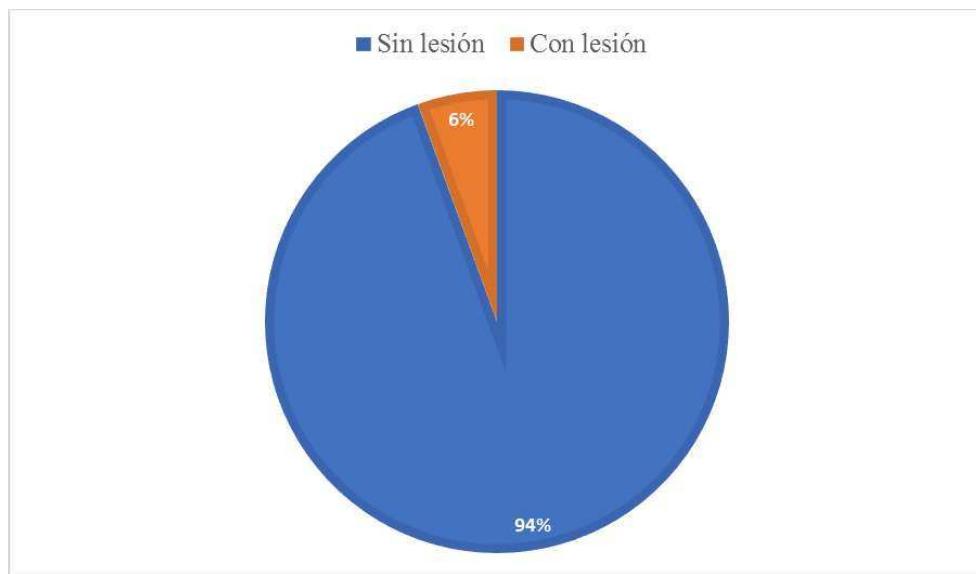


Nota. En esta grafica se presentan los porcentajes de atletas que presentaron lesión o no, por medio de la termografía infrarroja (Elaboración propia).

Además, se estudió el tejido muscular de la región isquiotibial bilateral de los participantes por medio de US. En los cuales, se encontró que un 6% (n=1) tuvo lesión, versus un 94% (n=17) sin lesión en dicha zona (Figura 3).

Figura 3.

Lesiones en isquiotibiales por ultrasonografía



Nota. En esta gráfica se presentan los porcentajes de atletas que presentaron lesión o no, por medio de ultrasonografía (Elaboración propia).

Debido a los resultados arrojados por US no fue posible realizar la asociación de la US y la TI en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo. Por ende, se decidió realizar asociaciones entre otras variables. Para ello, primero se realizó la prueba de normalidad de datos, la cual mostró que tenían una distribución normal. Para el caso de la asociación entre dolor y el sexo, la mayoría de hombres no reportó dolor ($n=7$), contrario a lo encontrado en las mujeres donde la mayoría presentó dolor ($n=7$) (tabla 2). Allí se encontró una significancia de p igual a 0.018 según la prueba chi cuadrada.

Tabla 2.

Asociación del sexo y la presencia de dolor en atletas de taekwondo

Genero	Dolor			Total
	Sin dolor	Con dolor		
hombre	7	2		9
mujer	2	7		9
Total	9	9		18

Pruebas de X^2			
	Valor	gl	p
X^2	5.5556	1	0.018
N	18		

Nota. En esta tabla se presentan los valores encontrados mediante la prueba estadística de chi cuadrada, para evaluar la asociación de ultrasonografía y termografía infrarroja en atletas (Elaboración propia).

Así mismo, se buscó asociar el periodo competitivo con la temperatura encontrada por medio de la TI (Tabla 3). Uso de la prueba de T de Student (Tabla 4), la cual arrojó que estos resultados no fueron significativos, dado que el valor de p = 0.071.

Tabla 3.

Asociación encontrada por medio de la termografía infrarroja y periodo competitivo en atletas de taekwondo

Dolor			
Sexo	Sin dolor	Con dolor	Total
hombre	7	2	9
mujer	2	7	9
Total	9	9	18

Pruebas de X^2			
	Valor	gl	P
X^2	5.5556	1	0.018
N	18		

Nota. En esta tabla se presentan los valores encontrados mediante la prueba estadística de chi cuadrada, para evaluar la asociación de ultrasonografía y termografía infrarroja en atletas (Elaboración propia).

Tabla 4.

Temperatura encontrada por medio de la termografía infrarroja en atletas de taekwondo

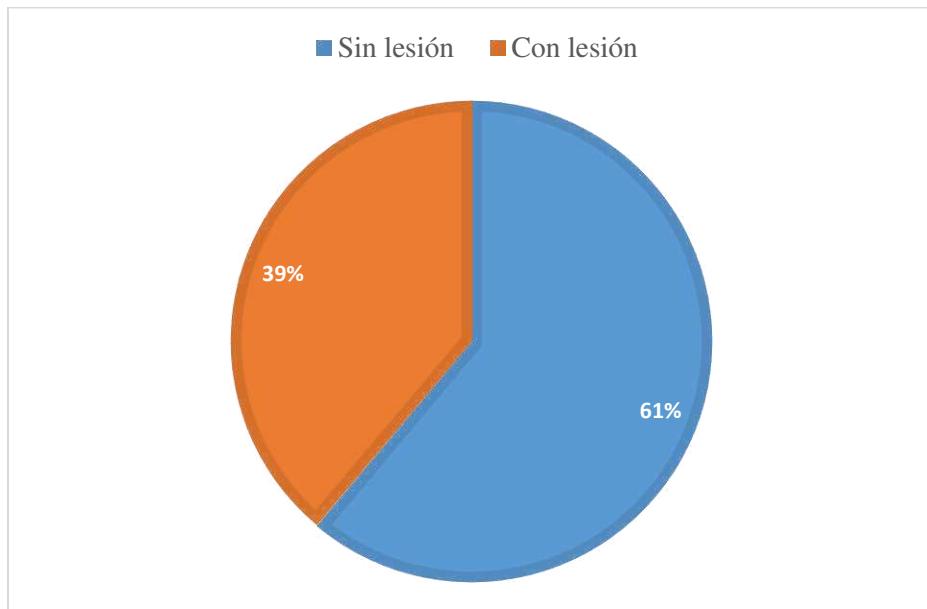
Prueba T para Muestras Independientes				
		Estadístico	gl	p
Temperatura Pierna Derecha	T de Student	-1.9306	16.000	0.071
Temperatura Pierna Izquierda	T de Student	-1.9375	16.000	0.071

Nota. En esta tabla se presentan los valores encontrados mediante la prueba estadística de T de Student, para evaluar la temperatura encontrada mediante la TI en atletas (Elaboración propia).

Dado los resultados obtenidos con anterioridad, se decidió realizar un análisis en zonas distintas a la región isquiotibial puesto que durante la evaluación los participantes manifestaron tener dolor o lesiones en otras áreas del MI (miembro inferior). De tal manera, se encontró que el 39% (n=7) de los participantes presentó lesión en alguna otra parte del muslo, determinada por US y reportando un 61% (n=11) sin lesión (figura 4).

Figura 4.

Lesiones detectadas en otras áreas del MI por ultrasonografía



Nota. Esta figura muestra los porcentajes de participantes con y sin lesión determinada por ultrasonido en distintas zonas de MI. MI=miembro inferior (Elaboración propia).

Por último, se decidió realizar una prueba para medir el tamaño del efecto con valores de 0.50 para la temperatura de la pierna derecha y 0.67 para la temperatura de la pierna izquierda (Tabla 5).

Tabla 5.*Tamaño del efecto para la temperatura de pierna derecha y pierna izquierda*

Prueba T para Muestras Independientes						
		Estadístico	gl	p		Tamaño
Temperatura	T de	1.0509	16.000	0.309	d de	0.50812
Pierna	Student				Cohen	
Derecha						
Temperatura	T de	1.3972	16.000	0.181	d de	0.67553
Pierna	Student				Cohen	
Izquierda						

Nota. Aquí se muestra el análisis estadístico bajo la prueba de T de Student en 18 participantes evaluados con ultrasonido y termografía infrarroja en distintas zonas de miembros inferiores. μ Sin hallazgo $\neq \mu$ Con hallazgo (Elaboración propia).

VIII. Discusión

De acuerdo a este estudio se encontró paridad en el sexo de los participantes, donde el 50% fueron hombres y el 50% mujeres, este estudio muestra una similitud en la distribución del sexo de los participantes en las competencias nacionales e internacionales de taekwondo. Por otro lado, este estudio arrojó un promedio de edad de 15 años, similar a la edad competitiva de los deportistas de taekwondo. Cabe mencionar, que este rango de edad tiene similitud a la edad evaluada con otro estudio realizado a 37 atletas de waterpolo y 35 nadadores, a los cuales se les realizó un análisis por TI en miembros superiores, donde la edad oscilaba entre 13 a 17 años, a los que se les realizó una prueba aleatoria cada trimestre durante un año. Encontrando que la variación de temperatura corporal cambiaba según la etapa o temporada competitiva (Lillo et al., 2017).

Por otro lado, el peso y la talla reportado en los participantes evaluados fue de 58.96 kg y 164 cm respectivamente, dichas variables resultan relevantes dado que dependiendo de la cantidad de tejido graso encontrada en el MI, facilita o dificulta la toma de la imagen, principalmente con la herramienta de US; cabe mencionar que tal como mencionan Arner et al. (2019), la talla resulta ser de gran relevancia ya que entre mayor sea la longitud del músculo más propenso será el atleta a desarrollar una lesión en la región isquiotibial. Resultados contrarios a lo reportado por Gutiérrez et al. (2017) quienes realizaron un estudio de TI de MI en 17 corredores de maratón (10 hombres y 7 mujeres), en el cual la edad promedio fue de 35.8 ± 7.0 años, un peso de 65.2 ± 12.2 kg y una talla 168.4 ± 10.5 cm, en dichos estudios se mencionan la importancia que toman los factores de riesgo tales como talla y peso, sin embargo, no se especifica más al respecto, por lo que puede tomarse la talla y el peso como una variable a analizar en aquellos pacientes con lesiones recurrentes en la región isquiotibial.

De acuerdo a lo reportado por Marins et al. (2015), se ha señalado que el estudio de la TI evalúa la simetría y asimetría encontrada y tanto, en miembros superiores e inferiores; manifiestan que para dos regiones de interés medidas que se encuentren en simetría, no debe existir una diferencia mayor a 0.62°C . Sin embargo, diferencias que oscilan entre los valores de 0.25°C - 0.62°C son consideradas aceptables. No obstante, los valores superiores a esa diferencia indicarían que la región de mayor o menor temperatura, contrastada con su perfil térmico habitual, podría tener algún problema inflamatorio (hipertermia) o degenerativo (hipotermia), ya que un valor por

encima de este se consideraría asimétrico. Es así, como el presente estudio encontró que únicamente el 11% (n=2) de los participantes evaluados tuvo una diferencia de temperatura mayor a 0.62°C en la región isquiotibial.

Por su parte, en un estudio realizado en 2017 a 17 maratonistas, se les realizaron tomas antes y después de una carrera. Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre la temperatura previa y la posterior, con una diferencia de temperatura >1°C y un valor p=0.071 en 10 participantes de su extremidad dominante. Estos autores fundamentan su análisis en que aumentos de temperatura en una zona anatómica similar o contralateral de ≤0.4°C a 0.7°C serían considerados normales, de 0.8°C a 1°C evidenciaría un estado inflamatorio representativo de un posible riesgo de lesión y >1°C sería considerado un signo de alarma o gravedad, puesto que esta temperatura manifiesta la presencia de una lesión y sugiere una atención inmediata de la zona afectada (Gutiérrez et al., 2017). Comparando dichos resultados con esta tesis, la cual encontró una diferencia de temperatura promedio en zona de isquiotibiales de 0.16 °C.

Por otro lado, en un estudio presentado por Vigueras et al. (2022) donde realizaron una correlación del dolor y la temperatura corporal en la zona lumbar y abdominal, mediante TI. Los cuales se dividieron en dos grupos, uno con lumbalgia y el otro sin lumbalgia; se obtuvo que el grupo sin lumbalgia no evidenció asimetría de temperatura. Por el contrario, en el grupo con lumbalgia, se mostraron asimetrías térmicas, que indicaron un probable daño muscular. Esto en similitud, con lo reportado en esta tesis, donde de los 18 participantes, únicamente 9 reportaron dolor en MI. Sin embargo, al revisarlos a detalle, se constató que solo 2 participantes tenían dolor en la zona posterior del muslo. Y fueron esos mismos los que tuvieron una diferencia de temperatura de 0.56° C y 0.46° C.

Por su parte, este estudio encontró que el 6% de los participantes tuvo lesión detectada con US, contra el 11% de atletas encontrados con lesión por la TI. Es así que, al contar con una muestra muy baja, no fue posible realizar una asociación entre dichas variables.

IX. Conclusiones

De acuerdo a lo encontrado en la evaluación del tejido muscular de la región isquiotibial bilateral de los participantes por medio de US, el principal resultado fue sin lesión. Esto pudo haberse debido al período competitivo en el que se encontraban. Adicionalmente, la convocatoria que fue emitida por los investigadores se realizó en dos grupos, el primero convocado con dolor ($n=11$) y el siguiente grupo sin dolor ($n=7$). Sin embargo, a pesar de presentar dolor, la mayoría de estos no tenía molestias en la zona de isquiotibiales, pese a que se les había comentado que era el requisito. Por ende, a todos los participantes ($n=18$) se les realizó el rastreo por US en esa zona.

Por otro lado, a todos los atletas ($n=18$) se les aplicó la TI, obteniendo que el mayor porcentaje de estos se encontró sin un aumento anormal de la temperatura en región isquiotibial, de igual forma, sin diferencia significativa entre ambas piernas analizadas.

El estudio no pudo realizar la asociación de la US y la TI, dado que únicamente 11% ($n=2$) presentaron lesión por US, impidiendo así un análisis estadístico que pudiera concluir una asociación o no entre ambas variables. Por lo cual no se pudo comprobar la hipótesis alterna.

Es así como, para futuras investigaciones se sugiere contemplar una muestra más grande, donde se considere únicamente a personas con sintomatología sugerente de daño muscular en esa región. Por lo que ampliando esta, se espera obtener datos significativos.

No obstante, se decidió analizar el tejido muscular de otras áreas distintas a la región de isquiotibiales, ya que los participantes durante las evaluaciones refirieron molestias en distintas zonas de miembros inferiores. Encontrando así lesiones musculares por medio del US, lo cual confirma que el US es un método diagnóstico efectivo en personas que refieren molestias musculares en zonas determinadas.

X. Propuestas

Con base a los resultados obtenidos en la presente investigación, proponemos que se realice un estudio con las mismas bases, pero con una muestra más grande, dado que muchos de los resultados no pudieron arrojarnos datos significativos por la ausencia de una muestra como la que presentan otros estudios similares a este, ya que dichos estudios presentan muestras superiores a los 50 participantes en su mayoría, de este modo se permitirá realizar un análisis estadístico entre las variables de termografía infrarroja y ultrasonografía en la detección de lesiones musculares.

Por otro lado, se recomienda realizar un estudio tomando en cuenta únicamente la correlación de la variable de dolor en miembro inferior, o alguna porción de este, y los hallazgos encontrados con TI, con la finalidad de usar las imágenes termográficas como una herramienta que dirija a una conclusión diagnóstica; con el objetivo de incrementar la evidencia de esta herramienta frente a la detección de lesiones, debido a la ausencia de estudios realizados únicamente en dicha zona.

Así mismo, durante el desarrollo de la tesis se les sugirió a los entrenadores, que se lleve un seguimiento a los atletas por medio de la termografía infrarroja, que les permita llevar un control durante las diferentes fases de pre-competencia, competencia y post-competencia, se sugirió usar la TI ya que la US requiere de una mayor capacitación y adiestramiento para que los resultados sean efectivos y confiables, y consideramos que la US requiere de mucho más tiempo para que se realice un rastreo de una región determinada de la forma adecuada, y nos lleve a una interpretación acertada. Por su parte, la termografía no requiere de tanto tiempo para poder realizar la aplicación y la capacitación es mucho más rápida y adaptable incluso a aquellos profesionales que no son del área de la salud, que si bien, no podrán llegar a conclusiones diagnósticas, esto les permitirá tener un sentido de orientación respecto al estado general de sus estudiantes.

En general a los entrenadores y maestros del área, se les recomendó la TI para que puedan conocer el estado general de la región (principalmente miembros inferiores) según la etapa competitiva en la que se encuentre, y exponer cambios térmicos que sea sugerente de simetrías o asimetrías corporales, que posteriormente puedan resultar en una lesión que requiera atención más especializada, dichos datos también permitirán al especialista deportivo que le atienda al atleta

tener una visión general del proceso del paciente, y de este modo obtener un mejor aprovechamiento deportivo.

XI. Bibliografía

- Arner, J., McClincy, M. y Bradley, J. (2019). Hamstring Injuries in Athletes: Evidence-based Treatment. *Acad Orthop Surg*, 27. 868-877.
- Águila, M., Esquivel, L. y Rodríguez, C. (2019). Historia y desarrollo del ultrasonido en la Imagenología. *Acta Médica del Centro*, 13(4), 601-615.
- Asamblea Médica Mundial. (2013). Declaración de Helsinki Recomendaciones para guiar a los médicos en la investigación biomédica en personas. Asociación Médica Mundial, 1–4.
- Astudillo, A. C. (2013). Indicaciones del ultrasonido musculoesquelético diagnóstico. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 24(1), 88-97
- Becerril, D., Hernández, A., Chávez, S., Cruz, M. y Morales, A. (2022). Correlación del dolor y la temperatura corporal en sujetos con lumbalgia: un estudio preliminar Correlation of pain and body temperature in subjects with low back pain: a preliminary study. Elsevier: *Fisioterapia*, 44(1).
- Bright, J. M., Fields, K. B., y Draper, R. (2017). Ultrasound diagnosis of calf injuries. *Sports health*, 9(4), 352-355.
- Cáceres, M. (2019): Deportista de alto rendimiento y alto nivel Concepto y características en el ámbito internacional. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*, 11959-(29).
- Cámara de diputados del H Congreso de la Unión. (1987). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigaciones para la Salud. *Ley General de Salud*, DOF 02-04-, 1–31. <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/Reglamentos.aspx>
- Clemente, M.P., Mendes, J., Vardasca, R., Moreira, A., Branco, C.A., Ferreira, A.P., Amarante, J.M.. (2020). Infrared thermography of the crânio-cervico-mandibular complex in

wind and string instrumentalists. *Int Arch Occup Environ Health.* 93(5):645-658. doi: 10.1007/s00420-020-01517-6. Epub. PMID: 32020282.

Código de Nuremberg. (1947). Código de Nuremberg: Normas éticas sobre experimentación en seres humanos. Comisión Nacional de Bioética, 1. http://www.conbioetica-mexico.salud.gob.mx/descargas/pdf/normatividad/normatinternacional/2.INTL._Cod_Nuremberg.pdf

Comisión Nacional de Cultura Física y Deporte (2017). Nacional Juvenil 2017 Anexo Técnico Taekwondo 10, SEP.

Côrte, A. C., Pedrinelli, A., Marttos, A., Souza, I. F. G., Grava, J., & José Hernandez, A. (2019). Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: Pilot study. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine,* 5(1), 1–5.

De Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J. J., & Domínguez-Cobo, S. (2013). Review on the hamstring muscle injury in sport: Risk factors and prevention strategies. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte,* 6(1), 30–37.

De Prada Perez, F. (2016): La termografía infrarroja: un sorprendente recurso para la enseñanza de la física y la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias,* 13(3), 605-615.

Duarte Hernández, F. J., & Pérez Mendoza, N. B. (2020). Identificar la lateralidad en niños de 2 a 5 años del instituto recreación y deportes de Tunja (IRDET) aplicando el test de harris.

Fletcher, A. N., Cheah, J. W., Nho, S. J., & Iii, R. C. M. (2022). Lesiones de isquiotibiales proximales. *40(2021), 339–361.*

Gutiérrez, R., Ugalde, J., Rojas, D., Rodríguez, A. y Gutiérrez, J. (2017). La termografía infrarroja como herramienta efectiva para detectar áreas musculares dañadas

después de correr una maratón. Universidad Nacional de Colombia, Revista de la Facultad de Medicina, vol. 65, núm. 4, pp. 601-607. DOI: 10.15446/revfacmed.v65n4.60638.

Higashino, T., Nakagami, G., Kadono, T., Ogawa, Y., Iizaka, S., Koyanagi, H., ... & Sanada, H. (2014). Combination of thermographic and ultrasonographic assessments for early detection of deep tissue injury. International wound journal, 11(5), 509-516.

Hong, C., Jr, J. C. A., & Thumboo, J. (2020). Radiología Clínica Termografía en la artritis reumatoide : una comparación con la ecografía y la evaluación clínica conjunta YK Tan a , b , c , a , b , c *. xxxx.

Kayani, B., Singh, S., Haddad, F. S., Chang, J. S., Plastow, R., Magán, A., Diario, E. L., Huesos, D. E., Articulaciones, Y. (2020). Manejo de lesiones de isquiotibiales: revisión de conceptos actuales Revisión de instrucción. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.102B10>.

Lillo, M., Esparza, F., Jiménez, J. y Quintero, M. (2017). Tesis Posgrado: Cambios ecográficos y termográficos en relación al trabajo de fuerza de miembros superiores durante una temporada (2015-2016) en jugadores de waterpolo y nadadores tecnificados de la Comunidad de Madrid. ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO: Programa de Doctorado en traumatología del deporte. 42-84.

Marins, J., Fernández-Cuevas, I., Arnaiz-Lastras, J., Fernandes, A., & Sillero-Quintana, M. (2015). APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN EL DEPORTE. UNA REVISIÓN. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte / International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport, 15(60), 805-824.

Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A. y Cánovas, A. (2009): El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 8(2).

Martín, J. (2008): Fisioterapia en la actividad física: una nueva apuesta de la AEF: Fisioterapia en la actividad física: una nueva apuesta de la AEF. Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología, 11(1), 1–2. DOI:10.1016/s1138-6045(08)71829-x.

Martin, L., Cibulka, M., Bolgla, L., Koc Jr, T., Loudon, J., Manske, R., Weiss, L., Christoforetti, J. y Heiderscherit, B. (2022): Hamstring strain injury in athletes. J Orthop Sports Phys Ther, 52(3), 1-44. DOI:10.2519/jospt.2022.0301.

Oliveira, A. (2017). Precisión de la ecografía, la termografía y la humedad subepidérmica en la predicción de las úlceras por presión: una revisión sistemática. Revista de Cuidado de heridas, 26(5), 199-215.

Rüther, J., Willauschus, M., Hammer, A., Schröder, J., Bail, H. J., & Geßlein, M. (2021). Analyse von Muskelverletzungen und „Return-to-Training“ im Elite-Taekwondo—Ergebnisse einer prospektiven Kohortenstudie über einen Zeitraum von 5 Jahren. Sportverletzung· Sportschaden, 35(01), 52-57.

Sampieri, R. (2014). Capítulo 7: Concepción o elección del diseño de investigación. Metodología de la investigación. 6ta edición. Editorial McGraw Hill. México.

Sánchez Barrancosa, I. M ., Manso García, S., Lozano Gago, P., Hernández Rodríguez, T., Conangla Ferrína, L., Ruiz Serranoa, A. L. y González Santisteban, G. (2019). Utilidad y fiabilidad de la ecografía clínica musculoesquelética en medicina familiar (2): lesiones musculares, artrosis, enfermedades reumatológicas y procedimientos ecoguiados.

Tan, YK, Hong, C., Li, H., Allen Jr, JC y Thumboo, J. (2020). Termografía en la artritis reumatoide: una comparación con la ecografía y la evaluación clínica conjunta. Radiología clínica, 75 (12), 963-e17.

Thomas, R., Thomas, B. y Vaska, M. (2017): Injuries in taekwondo: systematic review, The Physician and Sportsmedicine, DOI: 10.1080/00913847.2017.1369193.

Timmins, R., Shield. A., Williams, M. y Opar, D. (2015): Is There Evidence to Support the Use of the Angle of Peak Torque as a Marker of Hamstring Injury and Reinjury Risk?. *Sports Med*, 46, 7–13. DOI 10.1007/s40279-015-0378-8.

Vigueras Becerril, D., Rosales Hernández, A., Chávez Monjarás, S. M. y Hernández Morales, A.G. (2020). Termografía infrarroja, evaluación de cambios termográficos tras la intervención con terapia manual instrumentalizada: estudio de un caso. *Revista Fisioterapia*, 42(6), 327-331.

XII. Anexos

XII.1 Anexo 1

Aprobación de revisión/registro e identificación del proyecto de investigación



Santiago de Querétaro, Qro. a 23 de marzo de 2023

No. OFIC. 2022/2_FEN_FIS_2022_150

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

"EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR"

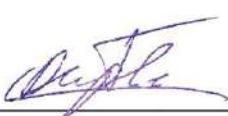
A QUIEN CORRESPONDA

P R E S E N T E

Sirva la presente para enviar un cordial saludo y así mismo informar que el protocolo de investigación que lleva por nombre "**Correlación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en Isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo**" con folio interno del Sub-Comité **FEN_FIS_2022_150** del(os) estudiante(s) López Vega Jorge Iván, Rodríguez Guerrero Fátima Sarai, Romero Ramírez María de los Ángeles, Segura Freybrickmarck Iliana Valeria bajo la asesoría de el/la **M. en A. Arely Guadalupe Morales Hernández**, ha sido **APROBADO** en la PRIMERA sesión ordinaria del **H. Sub-Comité de Investigación** de la Licenciatura en Fisioterapia del semestre 2023/1 con un puntaje porcentual de **95%**

Para los fines que al (los) interesado(s) convenga(n), quedo a sus órdenes.

Atentamente el Sub-Comité de Investigación de la Lic. En Fisioterapia


Lic. Ft. Fernando Martínez Duplán

Presidente



XII.2 Anexo 2.

Carta de aprobación del Comité de Bioética



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO FACULTAD DE ENFERMERÍA

Santiago de Querétaro, Qro. 22 de mayo de 2023.

**ASUNTO: DICTAMEN
COMBIOENF-008-2023-LF**

**JORGE IVÁN LÓPEZ VEGA
FÁTIMA SARAÍ RODRÍGUEZ GUERRERO
MARÍA DE LOS ÁNGELES ROMERO RAMÍREZ
ILIANA VALERIA SEGURA FREYBRUCKMARCK
P R E S E N T E**

Sirva la presente para saludarle al tiempo que hacemos de su conocimiento que, derivado del proceso de evaluación ética, bioética del proyecto de investigación titulado: "**Correlación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo. FEN_FIS_2022_150**

El H. Comité de Bioética de la FEN-UAQ tiene a bien otorgarle el DICTAMEN:
APROBADO, en virtud de lo siguiente:

1. Cumple con todos los elementos solicitados para la evaluación ética y bioética.
2. Cumple y respeta los lineamientos éticos y bioéticos nacionales e internacionales establecidos para el trabajo con animales y/o individuos.
3. Respeta los principios éticos y bioéticos, asimismo respeta la dignidad de las personas involucradas.

Por lo anterior, usted(es) podrá(n) continuar con su trabajo de investigación.

Atentamente

COMITÉ DE BIOÉTICA


**MTRA. EN PSIC. SOC. LILIANA VELÁZQUEZ UGALDE
PRESIDENTE**

XII.3 Anexo 3.

FEN-INV-04 Carta de solicitud / autorización de la institución para realizar la investigación

XII.4 Anexo 4.

Santiago de Querétaro a 11 de enero de 2024

Responsable o representante de la Institución

INSTITUCIÓN.

P R E S E N T E

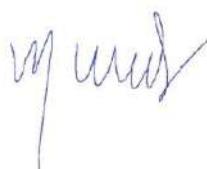
El/La o los que suscribe(n) Maria de los Ángeles Romero Ramírez, Fátima Sarai Rodríguez Guerrero, Iliana Valeria Segura Freybrickmark y Jorge Iván López Vega como estudiante(s) de la Licenciatura de Fisioterapia del noveno semestre; de la Generación 2019-2024; con No. de Expediente 235225, 251300, 282833 y 211788; solicito ante usted, la autorización para realizar un estudio de investigación denominado "Asociación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo". en las instalaciones que se encuentran a su digno cargo.

En espera de aprobación, queda de ustedes.

A t e n t a m e n t e



María de los Ángeles Romero Ramírez



Dra. Arely Guadalupe Morales Hernández

Nombre completo y firma del solicitante

C.c.p. Interesado (a)

Nombre y firma del Asesor

XII.4.1 Consentimiento informado

Santiago de Querétaro, Querétaro

Estimado:

El presente documento tiene la finalidad de informar y solicitar su participación en la investigación titulada “Asociación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo”, siendo un estudio que será aplicada en seres humanos, y realizado por los estudiantes de la Licenciatura en Fisioterapia:

- | | |
|--|--|
| 1. Romero Ramírez María de los Ángeles | 3. Segura Freybrickmark Iliana Valeria |
| 2. Rodríguez Guerrero Fátima Saraí | 4. López Vega Jorge Iván |

Mismos que pertenecen a la Universidad Autónoma de Querétaro, y se encuentran bajo la tutela de M. en A. Arely Guadalupe Morales Hernández, docente de la universidad antes mencionada. El propósito de esta investigación es analizar y asociar la ultrasonografía y la termografía infrarroja, siendo estudios de imagen sin radiación, indoloros y no invasivos.

Si usted accede a participar, se tomarán ambos estudios de imagen en los músculos isquiotibiales (parte posterior del muslo), en ambas piernas, se deberá asistir al lugar indicado por los investigadores, para la toma de estas imágenes en los días y horas establecidas, que tratarán de ser adaptadas a un horario cómodo para todos los participantes.

Su participación será voluntaria y en cualquier momento usted estará en libertad de retirarse de ella. En caso de presentar incomodidad frente a alguna de las preguntas o aplicación de las pruebas de imagen, puede ponerlo en conocimiento de la persona a cargo y abstenerse de responder.

Al acceder a participar en este protocolo usted **se compromete a abstenerse de adoptar conductas inapropiadas** hacia alguno de los investigadores o sus colaboradores, así como estos se comprometen a tratar con profesionalidad y respeto a los participantes. Entiéndase como conductas inapropiadas a aquellas que impliquen faltas de respeto hacia alguno de los investigadores o sus colaboradores (actitudes de acoso, groserías, agresiones, entre otras). **En caso de alguna falta de este tipo provocará la baja del presente protocolo de investigación.**

Si le gustaría tener alguna información adicional puede ponerse en contacto por teléfono o por correo electrónico, datos que se detallan a continuación, y si desea recibir los resultados del presente estudio puede solicitarlos a cualquiera de los investigadores responsables.

Muchas gracias por su participación.

Atentamente

María de los Ángeles Romero Ramírez 442 679 49 99 mromero16@alumnos.uaq.mx	Iliana Valeria Segura Freybruckmark 442 724 76 56 isegura13@alumnos.uaq.mx
Fátima Saraí Rodríguez Guerrero 442 204 54 35 frodriguez04@alumnos.uaq.mx	Jorge Iván López Vega 442 559 96 01 jlopez37@alumnos.uaq.mx

Yo doy mi consentimiento para participar en el estudio y soy consciente de que mi participación es voluntaria.

He leído la información de la presente investigación y al firmarlo expreso mi acuerdo con él, permitiendo que todos los datos que voy a aportar sean utilizados con fines de esta investigación. Entiendo que puedo recibir los resultados de este estudio cuando esté concluido, para lo cual puedo comunicarme con cualquier investigador del proyecto para poder obtenerlos.

En caso de que requiera atención adicional puede comunicarse a alguno de los siguientes contactos, sin embargo, no se encuentra obligado a hacerlo, ya que es de libre elección y puede contactar a estos o algún profesional de su preferencia.

Traumatología y Ortopedia	<i>Servicio de Fisioterapia</i>	
Med. Esp. Héctor Manuel Frías Vázquez Mellado Calle Alfonso Camacho N° 8, Av. Universidad, 76000 Santiago de Querétaro, Qro. 442 250 1075	Campus Corregidora/ Centro de Atención Fisioterapéutica de Salud Integral (CAFSI) Deportiva (U.A.Q.), Carretera libre a Celaya kilómetro 3.5, 76806 Corregidora, Qro. 921 200 5725. Ext. 5725	Campus C.U./Centro de Evaluación Física y Desarrollo Deportivo (CEFID) Cerro de las campanas s/n. Centro Universitario, 76010 Santiago de Querétaro, Qro. 921 200 5725. Ext. 5751

:

XII.4.2 Consentimiento informado para los padres o tutores de participantes

Santiago de Querétaro, Querétaro

Estimado señor o señora:

El presente documento tiene la finalidad de informar y solicitar la participación de su hijo/hija en la investigación titulada “Asociación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo”, siendo un estudio que será aplicada en seres humanos, y realizado por los estudiantes de la Licenciatura en Fisioterapia:

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. López Vega Jorge Iván | 3. Romero Ramírez María de los Ángeles |
| 2. Rodríguez Guerrero Fátima Saraí | 4. Segura Freybruckmark Iliana Valeria |

Mismos que pertenecen a la Universidad Autónoma de Querétaro, y se encuentran bajo la tutela de Dra. Arely Guadalupe Morales Hernández, docente de la universidad antes mencionada.

El propósito de esta investigación es analizar y asociar la ultrasonografía y la termografía infrarroja, siendo estudios de imagen sin radiación, indoloros y no invasivos.

Si usted accede a que su hijo/hija participe, se le tomarán ambos estudios de imagen en los músculos isquiotibiales (parte posterior del muslo), en ambas piernas, se estará comprometiendo a asistir al lugar indicado por los investigadores, para la toma de estas imágenes en los días y horas establecidas, que tratarán de ser adaptadas a un horario cómodo para todos los participantes.

Cabe resaltar que la participación del menor dentro de la investigación será totalmente voluntaria y en cualquier momento este tendrá la libertad de retirarse de ella. En caso de presentar incomodidad frente a alguna de las preguntas o aplicación de las pruebas de imagen, puede ponerlo en conocimiento de la persona a cargo y abstenerse de responder.

Al acceder a participar en este protocolo usted y su hijo/hija **se comprometen a abstenerse de adoptar conductas inapropiadas** hacia alguno de los investigadores o sus colaboradores, así como estos se comprometen a tratar con profesionalidad y respeto a los participantes. Entiéndase como conductas inapropiadas a aquellas que impliquen faltas de respeto hacia alguno de los investigadores o sus colaboradores (actitudes de acoso, groserías, agresiones, entre otras). **En caso de alguna falta de este tipo provocará la baja del atleta del presente protocolo de investigación.**

Si le gustaría tener alguna información adicional puede ponerse en contacto por teléfono o por correo electrónico, datos que se detallan a continuación, y si desea recibir los resultados del presente estudio puede solicitarlos a cualquiera de los investigadores responsables.

Muchas gracias por su participación.

Atentamente

María de los Ángeles Romero Ramírez 442 679 49 99 mromero16@alumnos.uaq.mx	Iliana Valeria Segura Freybruckmark 442 724 76 56 isegura13@alumnos.uaq.mx
Fátima Saraí Rodríguez Guerrero 442 204 54 35 frodriguez04@alumnos.uaq.mx	Jorge Iván López Vega 442 559 96 01 jlopez37@alumnos.uaq.mx

Yo doy mi consentimiento para que mi hijo/hija participe en el estudio y soy consciente de que esta participación es totalmente voluntaria. He leído la información de la presente investigación y al firmarlo expreso mi acuerdo con lo descrito anteriormente, permitiendo que todos los datos que va a aportar mi hijo/hija sean utilizados con fines del presente estudio. Entiendo que puedo recibir los resultados de este estudio cuando esté concluido, para lo cual puedo comunicarme con cualquier investigador del proyecto para poder obtenerlos.

Nombre completo y firma del padre o tutor del menor

En caso de que requiera atención adicional puede comunicarse a alguno de los siguientes contactos, sin embargo, no se encuentra obligado a hacerlo, ya que es de libre elección y puede contactar a estos o algún profesional de su preferencia.

Traumatología y Ortopedia	<i>Servicio de Fisioterapia</i>	
<p>Med. Esp. Héctor Manuel Frías Vázquez Mellado</p> <p>Calle Alfonso Camacho N° 8, Av. Universidad, 76000 Santiago de Querétaro, Qro.</p> <p>442 250 1075</p>	<p>Campus Corregidora/ Centro de Atención Fisioterapéutica de Salud Integral (CAFSI)</p> <p>Deportiva (U.A.Q.), Carretera libre a Celaya kilómetro 3.5, 76806 Corregidora, Qro.</p> <p>921 200 5725. Ext. 5725</p>	<p>Campus C.U./Centro de Evaluación Física y Desarrollo Deportivo (CEFID)</p> <p>Cerro de las campanas s/n. Centro Universitario, 76010 Santiago de Querétaro, Qro.</p> <p>921 200 5725. Ext. 5751</p>

XII.4.3 Asentimiento informado

Santiago de Querétaro, Querétaro

Estimado:

El presente documento tiene la finalidad de informar y solicitar la participación de su hijo/hija en la investigación titulada “Asociación de la ultrasonografía y la termografía infrarroja en el diagnóstico de lesiones musculares en isquiotibiales en atletas de alto rendimiento de taekwondo”, siendo un estudio que será aplicada en seres humanos, y realizado por los estudiantes de la Licenciatura en Fisioterapia:

- | | |
|--|--|
| 1. Romero Ramírez María de los Ángeles | 3. Segura Freybruckmark Iliana Valeria |
| 2. Rodríguez Guerrero Fátima Saraí | 4. López Vega Jorge Iván |

Mismos que pertenecen a la Universidad Autónoma de Querétaro, y se encuentran bajo la tutela de la Dra. Arely Guadalupe Morales Hernández, docente de la universidad antes mencionada.

El propósito de esta investigación es analizar y asociar la ultrasonografía y la termografía infrarroja, siendo estudios de imagen sin radiación, indoloros y no invasivos.

Tu participación en la investigación consistiría en una toma de ambos estudios de imagen en los músculos isquiotibiales (parte posterior del muslo), en ambas piernas, teniendo el compromiso de asistir al lugar indicado por los investigadores, para la toma de estas imágenes en los días y horas establecidas, que tratarán de ser adaptadas a un horario cómodo para todos los participantes.

Cabe resaltar que tu participación dentro de la investigación es totalmente voluntaria, es decir, aun cuando tus padres o tutores hayan tomado la decisión de que puedes ser parte del estudio, si tu no quieres hacerlo puedes decir que no. También es importante que estés informado de que, si en un momento dado ya no quieres continuar con el estudio, no habrá ningún problema y tendrás la libertad de retirarse de este. En caso de presentar incomodidad frente a alguna de las preguntas o aplicación de las pruebas de imagen, puede ponerlo en conocimiento de la persona a cargo y abstenerse de responder.

Al acceder a participar en este protocolo usted **se compromete a abstenerse de adoptar conductas inapropiadas** hacia alguno de los investigadores o sus colaboradores, así como estos se comprometen a tratar con profesionalidad y respeto a los participantes. Entiéndase como conductas inapropiadas a aquellas que impliquen faltas de respeto hacia alguno de los investigadores o sus colaboradores (actitudes de acoso, groserías, agresiones, entre otras). **En caso de alguna falta de este tipo provocará la baja del presente protocolo de investigación.**

Si te gustaría tener alguna información adicional puede ponerse en contacto por teléfono o por correo electrónico, datos que se detallan a continuación, y si desea recibir los resultados del presente estudio puede solicitarlos a cualquiera de los investigadores responsables.

Muchas gracias por su participación.

Atentamente

María de los Ángeles Romero Ramírez 442 679 49 99 mromero16@alumnos.uaq.mx	Iliana Valeria Segura Freybruckmark 442 724 76 56 isegura13@alumnos.uaq.mx
Fátima Saraí Rodríguez Guerrero 442 204 54 35 frodriguez04@alumnos.uaq.mx	Jorge Iván López Vega 442 559 96 01 jlopez37@alumnos.uaq.mx

Si aceptas participar, se te pide que coloques una (✓) en el cuadro de abajo, donde se encuentre “sí quiero participar” y posteriormente, escribas tu nombre completo.

En caso de no querer ser parte del estudio, no coloques nada en el cuadrito, ni escribas tu nombre.

- Si quiero participar

Nombre: _____

En caso de que requiera atención adicional puede comunicarse a alguno de los siguientes contactos, sin embargo, no se encuentra obligado a hacerlo, ya que es de libre elección y puede contactar a estos o algún profesional de su preferencia.

Traumatología y Ortopedia	<i>Servicio de Fisioterapia</i>	
Med. Esp. Héctor Manuel Frías Vázquez Mellado Calle Alfonso Camacho N° 8, Av. Universidad, 76000 Santiago de Querétaro, Qro. 442 250 1075	Campus Corregidora/ Centro de Atención Fisioterapéutica de Salud Integral (CAFSI) Deportiva (U.A.Q.), Carretera libre a Celaya kilómetro 3.5, 76806 Corregidora, Qro. 921 200 5725. Ext. 5725	Campus C.U./Centro de Evaluación Física y Desarrollo Deportivo (CEFID) Cerro de las campanas s/n. Centro Universitario, 76010 Santiago de Querétaro, Qro. 921 200 5725. Ext. 5751

XII.5. Anexo 5

Hoja de recolección de datos

Formato de recolección parte 1:

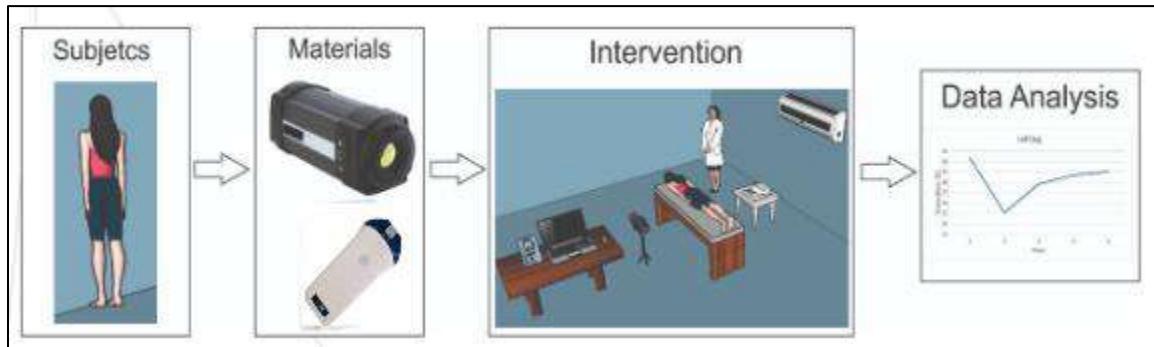
<https://forms.gle/2BMmi5uU6TvxuLC88>

Formato de recolección parte 2:

<https://forms.gle/GgDxKQXDWC7tabEp7>

XII.6. Anexo 6

XII.6.1 Instrumentos utilizados



XII.6.2 Aplicación

