



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SILVA HENRÍQUEZ

Facultad Ciencias de la Salud  
Escuela de Kinesiología

PATRONES DE ACTIVACIÓN MUSCULAR E ÍNDICE DE  
CO-CONTRACCIÓN DE EXTREMIDAD INFERIOR EN EL  
PEDALEO EN LA ESPECIALIDAD DE CICLISMO MONTAÑA  
CROSS COUNTRY DE ALTO RENDIMIENTO

OPTANDO AL TÍTULO:  
**LICENCIADO EN  
KINESIOLOGÍA**

AUTORES:

**BÁRBARA NICOLE GONZÁLEZ GONZÁLEZ  
JAVIERA ALEJANDRA TOBAR DÍAZ**

PROFESOR GUIA:

**CRISTIAN RIVEROS MATTHEY**

KINESIÓLOGO, MG© KINESIOLOGÍA  
Y BIOMECÁNICA CLÍNICA

Santiago, Chile

2016

PATRONES DE ACTIVACIÓN MUSCULAR E ÍNDICE DE  
CO-CONTRACCIÓN DE EXTREMIDAD INFERIOR EN EL  
PEDALEO EN LA ESPECIALIDAD DE CICLISMO  
MONTAÑA CROSS COUNTRY DE ALTO RENDIMIENTO

---

**Cristian Riveros Matthey**

Kinesiólogo, Mg© Kinesiología y Biomecánica Clínica  
Profesor Guía

---

**Carlos Díaz Cabré**

Decano Facultad de Ciencias de la Salud  
Profesor Corrector

---

**Hugo Salazar**

Kinesiólogo  
Profesor Corrector

Santiago, Chile

2016

## **AUTORIZACION PARA FINES ACADEMICOS**

SE AUTORIZA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL, CON FINES ACADEMICOS, POR CUALQUIER MEDIO O PROCEDIMIENTO, INCLUYENDO CITA BIBLIOGRAFICA DEL DOCUMENTO.

FECHA

---

FIRMA

---

DIRECCION

---

TELEFONO – EMAIL:

---



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SILVA HENRÍQUEZ

Facultad Ciencias de la Salud  
Escuela de Kinesiología

## CALIFICACIONES

Firma: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

**Profesor Guía**

Cristian Riveros Matthey

Firma: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

**Profesor Corrector 1**

Carlos Díaz Cabré

Firma: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

**Profesor Corrector 2**

Hugo Salazar

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecemos enormemente a nuestro profesor guía Cristian Riveros Matthey por darnos la oportunidad de recurrir a su gran conocimiento, por toda su dedicación, paciencia y ayuda que nos brindó en nuestro estudio.

A la Escuela de Kinesiología por facilitarnos los materiales necesarios para poder llevar a cabo nuestra investigación.

Y a los ciclistas de montaña Cross Country, quienes decidieron formar parte de este estudio.

## **DEDICATORIA**

A mis padres por darme todo su apoyo y confianza durante toda mi carrera. Porque a pesar de tener que alejarme durante este proceso estuvieron ahí y gracias por darme la posibilidad de poder ser una profesional sé que esta todo su esfuerzo en mí.

A Ángelo, por su apoyo incondicional por soportar mis momentos de estrés y a pesar de eso seguir ahí.

A la familia Pacheco Trujillo por ser una segunda familia y recibirme en su hogar.

A mi familia por todo su apoyo en todo momento.

A mis amigos que estuvieron presentes con alguna palabra de ánimo y de cariño

A mi compañera que a pesar que el proceso fue complicado lo pudimos sacar adelante.

**Bárbara González G.**

## DEDICATORIA

Al hombre que me dio la vida: mi padre, quien a pesar de haberlo perdido físicamente, ha estado siempre cuidándome y guiándome en todo este proceso.

A mi madre, que gracias a su esfuerzo, me ha entregado las herramientas necesarias para poder lograr mis sueños.

A Sara y a Carlos, por brindarme su amor de padres, y apoyo día a día en el transcurso de mi carrera universitaria.

A Andrea, porque ha sido un pilar fundamental. Le agradezco a Dios por poner a una persona como ella en mi camino.

A mis sobrinos: Renato e Isidora, por ser simplemente lo más bello en mi vida.

A Esteban, por darme una mano cuando más lo necesité. Porque más que mi primo, es mi gran amigo.

A mis amigos y amigas, por entregarme palabras de consuelo y darme ánimo constantemente.

Mención especial a mi hermano Eduardo, por ser quien me ha apoyado incondicionalmente en esta etapa de superación y construcción de mi vida profesional. Gracias por confiar en mí, por levantarme cada vez que caí, por no soltar mi mano jamás y por amarme como lo hace.

**Javiera Tobar D.**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. RESUMEN</b> .....	10
<b>2. INTRODUCCION</b> .....	11
<b>3. PREGUNTA DE INVESTIGACION</b> .....	12
<b>4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	13
<b>5. MARCO TEORICO</b> .....	14
<b>5.1 Ciclismo Cross Country</b> .....	14
5.1.1Tipos de Carreras.....	14
5.1.2 Ambiente .....	16
5.1.3 Implementación .....	16
<b>5.2 Electromiografía de Superficie</b> .....	19
5.2.1 Metodología de la EMG.....	21
5.2.2 Técnicas básicas del procesamiento de señal en EMG .....	21
5.2.3 Utilidades de la electromiografía .....	25
5.2.4 Aplicaciones Clínicas de la EMG .....	25
5.2.5 Uso de EMG en ciclismo .....	26
<b>5.3 Índice de co-contracción</b> .....	27
<b>5.4 Patrones de activación muscular</b> .....	29
5.4.1 Métodos de obtención .....	30
5.4.2 Patrones de activación en el ciclismo.....	30
<b>5.5 X-IMU</b> .....	33
5.5.1 Seguimiento del movimiento oscilatorio con X-IMU .....	34
<b>6. METODOLOGIA</b> .....	35
6.1 Participantes.....	35
6.2 Cálculo tamaño muestral .....	37
6.3 Descripción de las variables .....	38
6.3.1 Patrón de activación muscular.....	38
6.3.2 índice de co-contracción.....	38
6.3.3 Co-variables.....	38
6.4 Medición e instrumentación .....	39
6.4.1 Electromiografía de superficie .....	40
6.4.2 Acelerómetro IMU .....	41
6.5 Análisis estadístico.....	41
<b>7. RESULTADOS</b> .....	42
<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	46
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	49



**BIBLIOGRAFIA..... 50**  
**ANEXO 1..... 53**  
**ANEXO 2..... 56**  
**ANEXO 3..... 57**

## 1. RESUMEN

El ciclismo Cross Country es una subdisciplina del ciclismo que consta de realizar un circuito por senderos con desniveles, descensos, zonas pedregosas y distintos elementos que pueden aparecer en el circuito. Teniendo en cuenta esto puede existir una variabilidad en la biomecánica que puedan presentar estos ciclistas al momento de enfrentar distintos ambientes. Por lo tanto el propósito de este estudio es determinar los patrones de activación muscular e índice de co-contracción en ciclistas de la subdisciplina Cross country. Ocho ciclistas fueron evaluados en sus propias bicicletas durante el pedaleo e isometría máxima con EMGs donde se posicionaron electrodos de superficie en seis músculos: vasto lateral (VL), vasto medial (VM), bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA) y gastrocnemio lateral (GL) de la pierna dominante. Los datos obtenidos fueron procesados bajo el software MATLAB 2015 del cual obtuvieron el inicio (onset), máximo, termino (offset) de cada músculo e índice de co-contracción entre el VL y BF de cada muestra. Para el análisis estadístico se utilizó medidas de tendencia central como media, mediana, varianza, máximo, mínimo y curtosis representados en tablas de frecuencia, también se utilizó estadística funcional. Se obtuvo un patrón de activación muscular durante el pedaleo en donde músculos como ST, TA y GL permanecen activos durante todo el ciclo, por otro lado se encuentra el VL y VM en donde su activación predomina en una fase descendente donde según investigaciones donde más potencia se necesita. El índice de co-contracción obtenido entre el VL y el BF se obtuvo una media de 71,8% y una desviación estándar de 8.3 en donde nos dice que los ciclistas Cross country no presentan ineficiencia durante la realización de su tarea pero si es un valor alto pero puede deberse a las distintas superficies que estos ciclistas deben pasar durante los circuitos.

## 2. INTRODUCCION

El Cross Country es una subdisciplina del ciclismo que consiste en dar un número determinado de vueltas a un circuito cuya longitud suele estar comprendida entre 8 y 15 kilómetros. Los circuitos se realizan a través de bosque, senderos, zonas pedregosas y descensos técnicos. Lo variado y dificultoso que es el circuito Cross Country nos entrega una primera mirada de la posible variabilidad biomecánica que pueden presentar esta deportista.

En la actualidad existe bastante evidencia y estudios sobre el análisis biomecánico en ciclismo de alto rendimiento, sin embargo, al indagar en distintas subespecialidades del ciclismo no existen investigaciones biomecánicas específicas. Una cantidad considerable de estudios de análisis biomecánico en el ciclismo de alto rendimiento son realizados en la subespecialidad ruta. Pocos son los investigadores que han explorado en otras áreas de este deporte, es el caso del estudio Tarrago (Candotti et al., 2009) en donde demuestra que existe diferencia en la contracción y la economía entre triatletas y ruta durante el ciclismo. Por otra parte, está el estudio de Garrandes (Garrandes, Colson, Pensini, & Legros, 2007) en donde manifiesta que entre ciclistas y triatletas existe una modalidad de contracción distinta para adaptarse a la fatiga durante el ejercicio. Asociado a los patrones de contracción, Raymond nos dice que los reclutamientos musculares se pueden ver afectados por los cambios de postura y de cadencia en ciclista de alto rendimiento (So, Ng, & Ng, 2005).

El análisis biomecánico nos da a conocer las influencias de las fuerzas externas e internas sobre la técnica o gesto deportivo. Siendo importante para el deportista y entrenador obtener los conocimientos sobre la biomecánica en el deporte así podrán conocer las causas que puedan mejorar o empeorar sus movimientos (Suárez R. 2009).

Por lo tanto, este estudio pretende investigar el comportamiento de un grupo muscular de la extremidad inferior de ciclistas que practiquen la subespecialidad Cross country para poder levantar nuevos estudios sobre este deporte, y así compararlos con deportistas que se dedican a una disciplina similar. Por otra parte, observar las adaptaciones que presenta el sujeto frente a lo heterogéneo del ambiente en el cual se desenvuelve esta disciplina.

### **3. PREGUNTA DE INVESTIGACION**

¿Cuáles son los patrones de activación muscular e índice de co-contracción en extremidad inferior en el pedaleo en la especialidad de ciclismo Cross Country de alto rendimiento?

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Identificar los patrones de activación muscular e índice de co-contracción en extremidad inferior en el pedaleo en la especialidad de ciclismo Cross Country de alto rendimiento.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar los patrones de activación muscular de extremidad inferior en el pedaleo en la especialidad de ciclismo montaña Cross Country de alto rendimiento.
- Determinar el índice de co-contracción de extremidad inferior en el pedaleo en la especialidad del ciclismo montaña Cross Country de alto rendimiento.

#### **4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Los ciclistas de montaña Cross Country, son deportistas que se ven enfrentados a distintas situaciones de exigencia tanto en la calidad y diversidad de suelo que se desenvuelven como lodo, piedras, tierra y en menor cantidad en pavimento, además de las variaciones entre ascenso y descenso de la carrera. (Generale & Sport, 2005). Por otra parte existen otros tipos de factores que pueden afectar el rendimiento del ciclista como el cansancio, la fatiga, estado de ánimo, entre otros.

Para poder realizar una carrera de buen nivel, es importante que consideren sus capacidades, auto exigencias, considerar el comportamiento muscular, y ser capaces de generar cambios de algunas técnicas que puedan brindar un mejor rendimiento en esta disciplina y que no afecte su condición como ciclista. Suárez (2009) en el libro Biomecánica deportiva y control del entrenamiento habla sobre el gesto deportivo y la intervención de la biomecánica en él, indica que el movimiento o la técnica pueden mejorar si se sabe con certeza ciertos elementos que pueden influir en la calidad de éste.

Es por ello que nuestro estudio pretende entregar la información necesaria para aquellas personas que practican este deporte, o individuos interesados en nuevas indagaciones. El ciclismo en Montaña Cross Country es un deporte innovador y relevante para la sociedad por lo tanto, nuestro estudio se enfoca principalmente en aportar de manera significativa resultados sobresalientes sobre esta práctica deportiva.

Al ser una disciplina no estudiada a cabalidad, es mucho más interesante establecer nuevos datos e investigaciones que puedan aportar a la comunidad de investigadores, deportistas, personas dedicadas a estudios biomecánicos, profesionales de la salud y actividad física. Cabe señalar que este estudio al ser descriptivo no pretende realizar comparaciones entre esta disciplina y otra similar, pero sí quiere mostrar antecedentes que sean atractivos para futuros estudios e investigaciones.

## **5. MARCO TEORICO**

### **5.1 Ciclismo Cross Country**

El ciclismo de montaña nació en California a finales de los años setenta, no obstante, sus orígenes se remontan a 1933: ese fue el año en que Ignaz Schwinn construyó en Estados Unidos una bicicleta de gran robustez llamada la *Schwinn Excelsior*, que muy pronto se hizo popular entre los repartidores de periódicos a domicilio. Ya llegando la década de los setenta, cuando nacían las primeras BMX, algunos aficionados crearon competiciones en descenso, sobre todo en el condado de San Francisco. El primer mundial se realizó en 1991, sin embargo, desde el año 1996 se convirtió en un deporte reconocido por el comité olímpico y la unión de ciclistas internacionales (Abbiss et al., 2013).

#### **5.1.1 Tipos de Carreras**

Según la unión de ciclistas internacionales (UCI) (Generale & Sport, 2005) existen 8 modalidades de Cross country:

##### **a) Cross Country Olimpic XCO**

Este recorrido se encuentran diseñadas las rutas debe comprender entre 4 a 6 kilómetros contando con sectores de asistencia técnica y debe tener letreros con indicación del tipo de ruta y cada kilómetro indicando la distancia hasta la meta. En este tipo de modalidad los competidores salen todos juntos desde el punto de partida teniendo un mínimo de 1 hora y un máximo de 1 hora 45 minutos para realizar el circuito en donde la organización deberá tener en cuenta el número de vueltas que los ciclistas deben realizar.

##### **b) Cross Country Marathon XCM**

Esta modalidad puede ser realizada en un mínimo de 60 kilómetros y un máximo de 160 kilómetros en donde los participantes salen juntos desde el punto de partida donde se pueden encontrar separados por categorías, pudiendo realizar una vuelta o un máximo de 3 vueltas. El recorrido se debe encontrar marcado cada 10 kilómetros e indicando la distancia para llegar a la meta.

##### **c) Cross Country Point to Point XCP**

Esta competencia básicamente consiste de una sola vuelta que esté entre los 25 y 60 kilómetros de longitud. La característica de esta modalidad es que los participantes pueden finalizar el circuito en el mismo punto o en cualquier otro.

Los ciclistas comienzan la carrera todos juntos, pudiendo estar separados por categorías.

d) Cross Country Short Circuit XCC

En esta carrera la distancia no debe superar los 2 kilómetros; los puntos de partida y meta deben encontrarse en la misma área. En este caso los obstáculos pueden ser naturales o artificiales y para la realización de esta modalidad se requiere una aprobación de un delegado de la UCI.

e) Cross Country Eliminator XCE

Nueva modalidad que la UCI propuso el 2012. Consiste en carreras de 4 a 6 competidores, los primeros dos de cada una pasan a la siguiente ronda. En esta competencia se van eliminando competidores en cada ronda hasta llegar a una final de 4 o 6 participantes según categoría. El circuito no debe sobrepasar una distancia de entre los 500 y 1000 metros y cada carrera no debe durar más de 3 minutos, el circuito puede o no presentar obstáculos los cuales hacen una carrera mucho más dinámica.

f) Cross Country Time Trial XCT

Esta carrera es conocida como “Contra Reloj”, debe tener una distancia comprendida entre 4 a 25 kilómetros como las modalidades anteriores debe presentar dificultades técnicas como ascensos, descensos etc. para hacerla más interesantes. En este caso la salida es individual y se tendrá en consideración un rango de 1 a 3 minutos de diferencia entre participantes.

g) Cross Country Team Relay XCR

Es una modalidad de relevos que se caracteriza por el hecho que durante el circuito se establecen varios puntos para el cambio en equipos de 4. Los participantes pueden ser de cualquier categoría incluso mixtos de hombres y mujeres. Esta carrera motiva el trabajo en equipo pero también favorece las cualidades de cada uno de los integrantes en los diferentes momentos del circuito como por ejemplo en los ascensos, descensos y en el sprint final.

h) Cross Country Stage Race XCS

Competencia por etapas se puede realizar en 3 días hasta un máximo de 9 días. Los equipos pueden estar conformados de un máximo de 6 personas. En esta modalidad se puede van realizan etapas 1 cada día y puede mezclar las diferentes carreras antes mencionadas.

Del Cross Country han derivado algunos tipos de especialidades en el ciclismo como el: Downhill individual, Competencias Four Cross y Enduro, En estas categorías se ven algunos de los momentos que presenta el Cross Country.

### **5.1.2 Ambiente**

Se recomienda que las pistas tengan una alta variabilidad de piedra, grava, tierra, lodo etc. Se puede encontrar solamente un 15% de zonas pavimentadas dentro del circuito. Además debe presentar descensos y ascensos de dificultad técnica y sencilla. (Generale & Sport, 2005).

Como característica principal los circuitos deben contar con una zona de largada suficientemente ancha para la cantidad de participantes y donde se pueda encontrar espacios angostos para un solo competidor (Generale & Sport, 2005).

Los circuitos se deben encontrar señalizados en donde el participante logre conocer los lugares con ascensos, descensos, zonas técnicas, de abastecimiento y para soporte técnico todo esto regido por el reglamento oficial (Generale & Sport, 2005).

El ciclismo de montaña es un deporte exigente realizado en circuitos naturales generalmente a través de senderos por caminos angostos con cuestas empinadas y descensos muy rápidos. Esta prueba consiste en dar una cantidad de determinadas vueltas a un circuito que con caracterizados como muy rápidos y con una peligrosidad alta. Es considerada una prueba de alta exigencia que eleva la frecuencia cardiaca de 90 a 96% de la máxima del sujeto (Generale & Sport, 2005).

### **5.1.3 Implementación**

Uno de los principales elementos que utiliza esta disciplina es la bicicleta la cual debe contar con características adecuadas para este deporte. Su principal particularidad es que deben ser bicicletas livianas y con geometrías agresivas.

Las características de la bicicleta van a depender de las partes y el material que estén presentes tales como: marco, suspensión, ruedas, volante, frenos, piñón y otros componentes.



#### a) Marco

El marco se encuentra conformado por ocho tubos. Tres de los tubos conforman el triángulo principal de la bicicleta siendo los más robustos; los cuatro tubos más pequeños conforman el triángulo posterior y el último es el tubo de frente que cierra el triángulo delantero y es el que contiene al movimiento de la dirección del volante.

El tubo de frente, aunque pequeño, tiene una importancia relevante ya que en este va posicionada la horquilla la cual es donde va insertada la rueda y debe ser instalado un leve grado de inclinación. La angulación que presentan las bicicletas de Cross country varía entre los  $70^\circ$  y  $71^\circ$  comparando con las bicicletas de ruta en donde presentan un ángulo más vertical (Exact Bikes, 2016).

Otro ángulo importante que destacar es el tubo del asiento o piantón, este es muy importante porque afecta la tracción de la rueda trasera, la posición de pedaleo, el reparto del peso del sujeto en la bicicleta y la comodidad. Con respecto a la angulación, si esta aumenta al momento del pedaleo, se estará favoreciendo la potencia pedaleando con mayor carga pero menos revoluciones, y si esta disminuye, se beneficia la cadencia y la comodidad (Exact Bikes, 2016). En las bicicletas de montaña se privilegia una angulación de  $72^\circ$  a  $73^\circ$ . Los ángulos que hacen más vertical el tubo proporcionan mayor transmisión de vibraciones de las irregularidades del terreno lo cual puede generar mayor incomodidad al competidor. (Exact Bikes, 2016).

Las vainas inferiores de una bicicleta Cross Country tiene una medida de 420 mm en comparación a la de ruta que mide no más allá de 400 mm. La separación entre ejes depende de esta medida, el largo del caño superior y el avance de la horquilla estos factores son los determinantes de la construcción de una buen marco ya que la buena armonía entre sí lleva a que la bicicleta cumpla su objetivo. La distancia entre ejes en las bicicletas montaña no superan los 1060 mm, esta distancia nos ayuda a realizar las curvas más cortas o más largas. (Exact Bikes, 2016).

El encuentro del tubo superior con el piantón es lo que define si el cuadro será tradicional o compacto (sloping). Estos tipos de cuadro se diferencian principalmente por la posición que presente, en donde la tradicional el tubo superior se encuentra paralelo al suelo mientras que en conformación sloping

presenta una inclinación, lo que le da una característica rígida al cuadro y un punto de gravedad más bajo contribuyendo a mejor manejo de la bicicleta. (Exact Bikes, 2016).

El material a elegir va a depender de las distintas cualidades que tenga. En este tipo de deporte, como se mencionó anteriormente, debe usarse material ligero, lo que llevará a elevar el precio de estas bicicletas. Los distintos tipos de materiales son: acero, aluminio y carbono; cada uno de ellos presenta distintas características que los hacen preferibles por los competidores. (Exact Bikes, 2016).

### 1. Acero

Este tipo de material contribuye a la bicicleta rigidez, su capacidad mecánica es bastante limitada lo que ha llevado a que los ingenieros comienzan a mezclarlo con otros componentes como zinc y magnesio lo que ha mejorado su conducta frente a los terrenos. Es uno de los materiales más accesible dentro del mercado, pero está presentando decadencia por los problemas de corrosión, presenta mayor peso y menos absorción de las vibraciones del terreno.

(Exact Bikes, 2016).

### 2 Aluminio

Este componente presenta una mayor capacidad de absorción, un mayor componente anticorrosivo, más ligero y fácilmente manipulable. Es un material poco resistente a los golpes, puede ser muy fácil que se rompa y difícil de realizar alguna reparación rápida. Dentro de los precios, es mucho más caro que el acero, pero está siendo altamente utilizado por los deportistas. (Exact Bikes, 2016).

### 3 Carbono

Los marcos realizados con este material son óptimos. En la fabricación dependiendo de la orden de sus fibras podrá entregar una rigidez, en otro sentido mayor flexibilidad y la absorción de energía. Presenta a favor gran rigidez, los acabados son sin soldaduras, presenta una mayor absorción a las vibraciones del terreno y es mucho más ligero. Este material se encuentra en la fase de

desarrollo en donde los precios se encuentran elevados y pocos deportistas pueden acceder a este tipo de material.

#### b) Ruedas

La diferencia de las pulgadas que pueden presentar las ruedas de la bicicleta ya sean 26 o 29 puede afectar en el rendimiento del deportista (Steiner, Müller, Maier, & Wehrin, 2015).

Según un estudio realizado por Thomas Steiner y colaboradores, 2015, se realiza una comparación entre las ruedas de 26 y 29 pulgadas. Esta investigación fue realizada en circuitos de Cross Country en donde se presentaban dos secciones; una con rectas, descensos, vueltas anchas y superficie rugosa y otra sección con subidas y senderos estrechos. Cada participante utilizó su bicicleta en donde los resultados arrojaron que los ciclistas fueron más rápidos al utilizar una rueda de 29 pulgadas y que ganaban mayor rendimiento. Se concluyó que este tipo de rueda de 29 pulgadas beneficia el paso de obstáculos pequeños y mejor tracción con la superficie (Steiner et al., 2015).

Dentro de la implementación, se encuentra un casco confeccionado de carbono y con agujeros para mejorar la ventilación, cuentan con guantes para protección de caídas. La vestimenta está compuesta por calzas con protectores genitales para tener mayor amortiguación y no provocar dolor o lesiones, están confeccionadas de microfibra con orificios microscópicos de ventilación, lo que permite que la ropa se seque más rápido. El uso de la tricota es de similares características, con material de última tecnología con algún tipo de ventilación que evite la acumulación de sudor en el cuerpo del deportista.

## **5.2 Electromiografía de Superficie**

La electromiografía es un estudio de la actividad eléctrica de los músculos del esqueleto. (Navarro, 2013). Este tipo de estudio utiliza la suma de potenciales de acción de una unidad motora que ocurre durante la contracción muscular; esto se mide utilizando un electrodo de superficie ubicado en un punto exacto. (Rouffet & Hautier, 2008). Por otra parte, también nos brinda información sobre el sistema neuromuscular con las variaciones de voltaje que este detecta en las fibras musculares cuando existe contracción muscular.

La electromiografía (EMG) es una herramienta de investigación que se ha utilizado en gran medida en los últimos 50 años para conocer mejor como las estrategias de control neuronal se adaptan a las exigencias del entorno y de la tarea. El primer estudio fue realizado por Piper en 1912 quien registro potenciales durante la contracción voluntaria empleando electrodos de superficie y un galvanómetro de hilo. Posteriormente, en 1929 Adrian y Boke introdujeron el electrodo concéntrico de aguja que hizo posible, conjuntamente al osciloscopio de rayos catódicos y los amplificadores electrónicos, el estudio de potenciales de acción de unidades motrices y de fibras únicas.

La EMG corresponde al estudio electrofisiológico del sistema neuromuscular, el cual consiste en el registro de las variaciones de voltaje que se manifiestan en las fibras musculares, cuando existe una contracción muscular, ya sea voluntaria o espontánea (Godoy., 2011).

Los Principales objetivos que tiene la EMG son: (i Ortigosa et al., 2010)

- a) Determinar en cada instante si el musculo está activo o inactivo.
- b) Saber qué grado de actividad muestra durante los períodos en que se encuentra activo.
- c) Conocer qué tipo de relación o interacción mantiene con el resto de músculos implicados en la acción que se va a estudiar.

Este estudio es primordial ya que es único en la especificación de activación muscular. Especialmente la EMG de superficie la cual es un índice conveniente de excitación muscular y permite una descripción de patrones musculares (Bouisset y Do, 2008)

Para el registro de la actividad muscular existen dos tipos de electrodos: electrodos profundos o de inserción (electrodos de aguja), y electrodos superficiales. Esta investigación se lleva a cabo mediante la interpretación de electrodos de superficie ubicados en la piel que recubre el recorrido del músculo que se desea evaluar. Los electrodos se conectan a un amplificador de bioinstrumentación que mide el potencial eléctrico del músculo que será visualizado en el computador (Hernández., 2010).

El estudio de la coordinación muscular a través de EMG de superficie aún es un tema de discusión científica, por lo complicado de la interpretación por muchos factores que influyen en la señal y los pocos acuerdos para los métodos de procesamiento (François Hug, 2011)

### **5.2.1 Metodología de la EMG**

Preparación del individuo e información previa:

Es necesario informar al individuo sobre lo que se va a realizar, el procedimiento que se seguirá durante la evaluación. Es importante tener el consentimiento informado, donde indique que se le informó sobre los pasos a seguir de la EMG y a la vez su aprobación.

Preparación de la piel y colocación de electrodos:

Para obtener una señal eléctrica de buena calidad es importante reducir la impedancia, para ello se debe limpiar la piel con alcohol para eliminar células muertas y sudor. La colocación de electrodos es esencial para obtener una señal correcta. Los electrodos se deben ubicar en lo posible en la línea media del vientre muscular, entre la unión miotendinosa y el punto motor. (Massó., 2010).

Para la utilización de EMG en EEII se tuvo como referencia la ubicación de los grupos musculares según SENIAM (electromiografía de superficie para la medida no invasiva de los músculos), el cual, corresponde a un programa europeo diseñado para establecer recomendaciones sobre la ubicación de sensores, y facilitar información con respecto a una buena obtención de métodos de procedimientos de señales en electromiografía de superficie para diferentes aplicaciones, como áreas de neurología, rehabilitación, ergonomía , deportes, etc.

La ubicación de electrodos de los músculos que se evalúan en este estudio, se muestra acabadamente en anexos

### **5.2.2 Técnicas básicas del procesamiento de señal en EMG**

Amplificación:

Para obtener una representación de buena calidad de los músculos se necesita la mayor sensibilidad posible de los sistemas, donde la señal debe amplificarse entre 50 y 250.000 veces para lograr una óptima evaluación. Existe un rango en el cual funcionan de manera correcta los circuitos electrónicos que corresponde entre 1 y 10 mV de amplificación de señal.

#### a) Eliminación del ruido

La señal se encuentra acompañada de ruido, (ya sea de origen biológico o técnico) en donde éste en ocasiones supera la magnitud de la señal. Para la interpretación de la señal es importante detectar el ruido que se está generando, debido a que si hay aproximación entre dos electrodos se ve perturbada la muestra. Para ello, existen amplificadores diferenciales los cuales cumplen la función de neutralizar gran parte del ruido ya que miden la diferencia de potencial entre los electrodos activos y de referencia.

#### b) Filtrado

Hay dos tipos de filtros, uno de ellos corresponde a circuitos con resistencia y condensadores, llamado filtro analógico, y otro que pertenece a algoritmos ejecutados sobre la señal, llamado filtro digital. Cada sistema de registro cuentan con filtros para eliminar frecuencias superiores o inferiores a las propias de la señal fisiológica. Las frecuencias superiores a 10 kHz e inferiores a 2-5 Hz se recomiendan eliminar. A través de un filtro Notch (filtro específico) debe eliminarse también la oscilación de la señal a 50 Hz. Los efectos sobre la señal dependerán del tipo de filtro, frecuencia de corte y orden, estos son los responsables de eliminar ruidos o a su vez distorsionar la forma de onda de las señales fisiológicas.

Una técnica de filtrado utilizada en este estudio fue la empleada por Huang:

#### a) Modelo empírico de descomposición (EMD)

La cuál es una herramienta capaz de descomponer cualquier tipo de conjunto de datos de manera más simple y adaptativa. Este modelo consiste en descomponer una señal en distintas escalas de tiempo, llamadas funciones de modo intrínseco (IMF) la que corresponde a un componente de la señal que contiene ruido, por lo tanto, afecta el procedimiento y se puede operar sobre ella para simplificar la señal y que no arroje alteraciones a través de EMD. (Andrade A. & Nasuto S, 2006)

En el caso de la EMG se sugiere seguir los siguientes pasos para lograr un filtrado adecuado:

1. Descomponer la señal en IMF.
2. Identificar umbrales estimados de IMF.
3. Reconstruir la señal.

A través de un diagrama en bloque (figura 1) se muestran los pasos de filtrado de señal. Donde comienza con la entrada de señal, se somete al método empírico de descomposición, donde se analizan distintas funciones de modo intrínseco, posteriormente se introduce un suave umbral que dará como resultado a tIMF (1,2, etc) para luego generar una suma lineal que dará como resultado la señal filtrada.

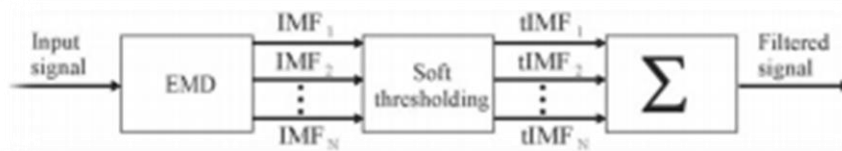


Figura 1

*Diagrama en bloque donde se describen los pasos para la aplicación de filtrado de señal.*

(Andrade A. & Nasuto S, 2006)

Con la implementación de este método de filtrado se puede obtener una señal simplificada, que se muestra en la siguiente ilustración:

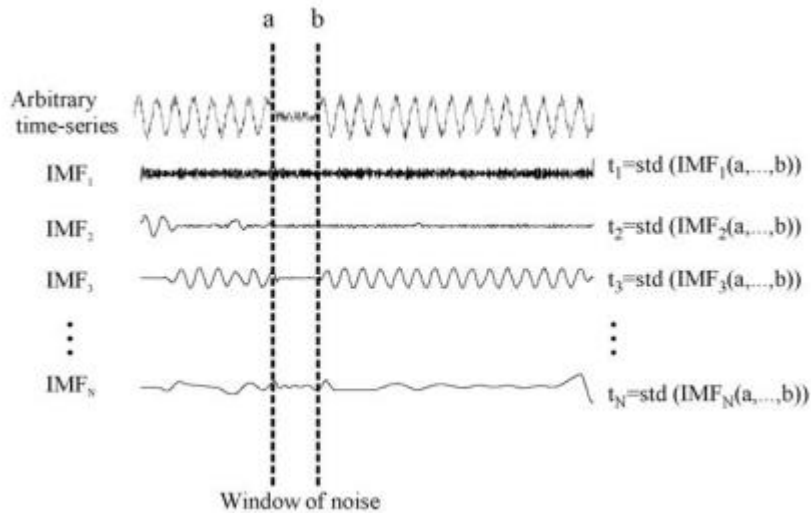


Figura 2

*Ejemplo de una muestra de filtrado donde se estiman los umbrales de una señal que contiene ruido.*

*(Andrade A. & Nasuto S, 2006)*

En la figura 2 se muestra una señal, donde a partir de una serie de tiempo original se obtiene una ventana de ruido entre los parámetros a y b; al ser seleccionado este intervalo se emplea la región de ruido de los IMF. Cabe mencionar que la desviación estándar (std) a partir de los umbrales es un estimado.

c) Presentación en pantalla:

Los encargados de facilitar la adquisición son el umbral o trigger, que conceden detener la señal en la pantalla una vez que supera el valor de amplitud detectado por el usuario y la línea de retardo, la cual es la gestora de mantener la señal al momento que se alcanzó el umbral.



d) Salida de audio:

Los componentes de frecuencia son transformados en sonido (vibraciones), que son de suma importancia para reconocer los distintos tipos de actividad y anomalías que se pueden presentar durante la muestra.

e) Digitalización:

Corresponde a la obtención de muestras a intervalos regulares de tiempo, la cual es elaborada en convertidores analógico-digitales. El convertidor debe tener una frecuencia alta para no generar cambios en el voltaje. Actualmente, se trabaja con frecuencia de muestreo superior a 20 kHz.

f) Algoritmos de análisis de señal:

Hoy en día los equipos que se utilizan cuentan con la incorporación de algoritmos para calcular de forma automática los parámetros. Los algoritmos pueden identificar el punto inicial y final de la curva, el área bajo la curva, el número de fases y picos y la amplitud máxima.

(Gila & Malanda, 2009)

### **5.2.3 Utilidades de la electromiografía**

- Análisis de un gesto.
- Análisis de la marcha.
- Evaluación de fatiga muscular.
- Valoración de la actividad muscular durante un proceso diagnóstico y/o terapéutico.
- Facilitar técnicas de miofeedback.
- Evaluación del rendimiento deportivo.
- Valoración de trastornos de carácter neuromuscular.
- Coactivación.(Masso,2010)

### **5.2.4 Aplicaciones Clínicas de la EMG**

La EMG se puede utilizar para el diagnóstico de algunas patologías como por ejemplo:

- Desórdenes de la neurona motriz: para la evaluación de inserción y activación muscular de algunas patologías como la poliomielitis y atrofas musculares.
- Denervación: En este caso a través de la electromiografía se puede detectar la pérdida de continuidad entre un músculo y un nervio.
- Neuropatías periféricas: Al verse sometidos a alguna patología como por ejemplo Guillain Barré u otra neuropatía se ven alterados los patrones, la actividad muscular y la velocidad de conducción, por lo que la EMG es necesaria para detectar anomalías.
- Enfermedades musculares: La electromiografía muestra anomalías en el potencial de unidad motriz en algunas enfermedades como la distrofia muscular y los distintos tipos de miopatías.
- Bloqueo neuromuscular: un ejemplo es la miastenia gravis, donde se presenta una alteración en la transmisión de impulsos a través de la unión mioneuronal de las fibras musculares.

### **5.2.5 Uso de EMG en ciclismo**

Uno de los métodos utilizados para ver el comportamiento de los músculos implicados en la disciplina de ciclismo es la EMG de superficie, la cual no solo analiza la activación de músculos superficiales sino, también, de músculos profundos y pequeños. Una de las ventajas de la EMG es la discriminación para poder observar la activación entre un músculo principal y los otros que se encuentran cercanos. Los electrodos se ubican en la piel, en la región más prominente del vientre muscular con el objetivo de captar la energía eléctrica que llega a las fibras musculares. La EMG se ha utilizado en el ciclismo de forma preferencial debido a que permite la medición de diferentes efectos en el músculo, lo cual refleja el nivel de carga de trabajo, la cadencia de pedaleo, estado de fatiga, la posición del cuerpo en la bicicleta, entre otros, aportando significativamente en el plan de entrenamiento del ciclista. (Bini & Carpes, 2014).

### 5.3 Índice de co-contracción

Se conoce como índice de co-contracción al mecanismo que regula actividad simultánea de los músculos agonistas y antagonistas de cruzar la misma articulación (Neves M, 2013). Se ha relacionado con actividades que involucran coordinación motora y estabilidad de la articulación. (Falkoner K, 2009).

El índice de co-contracción es de gran importancia para el análisis de la técnica de pedaleo, ya que dicho índice puede interpretarse como un patrón de ineficiencia en una dimensión en la que los músculos antagonistas luchan uno contra el otro para producir un movimiento neto (Winter, 2005) En este estudio se utilizará la fórmula descrita por Winter (Figura 1) para obtener el índice de co-contracción de los grupos musculares de EEII : Vasto medial (VM), Vasto lateral (VL), Bíceps femoral (BF), semitendinoso (ST), Tibial anterior (TA), Gastrocnemio lateral (GL).

La fórmula indica que el porcentaje COCON es el índice de co-contracción entre dos músculos antagonistas, el área A es el área por debajo de la EMG de la curva del músculo A, área B de la zona por debajo de la EMG de la curva del músculo B, área común A y B es el área común de actividad entre dos músculos antagonistas. (Winter, 2005) (Figura 3).

$$\%COCON = 2 \times \frac{\text{common area A\&B}}{\text{area A} + \text{area B}} \times 100\%$$

Figura 3.

Este índice nos arrojará la participación de un músculo sobre el otro (entre antagonistas) obtenido a través de la señal de electromiografía, donde se mostrará la activación muscular de un músculo y la inhibición del otro. Cabe señalar que una tasa de co-contracción 100% no significa necesariamente que no existe movimiento, pero significa que ambos músculos analizados fueron simultáneamente activados a la misma intensidad relativa durante el mismo período de tiempo. (Tarrago, 2009).

Un estudio realizado por Tarrago (2009) en donde se evaluaba la técnica de pedaleo entre ciclistas y triatletas para obtener el índice de co-contracción y la economía obtenida por ambas disciplinas. Este estudio mostró las diferencias

del índice de co- Contracción entre los deportistas ya mencionados, donde se evaluaron los músculos de EEII que son de gran importancia en estos deportes. Se evaluó la relación existente entre el músculo recto femoral- bíceps femoral y vasto lateral- bíceps femoral. Según los resultados adquiridos se llegan a la conclusión que los ciclistas presentan una mejor técnica que los triatletas, donde a la vez muestran también una mayor economía en la técnica de pedaleo, lo cual es un buen indicador de rendimiento

Dicho resultado se ve reflejado en las tablas 1 y 2

	60 rpm <sup>a</sup>	75 rpm <sup>a</sup>	90 rpm <sup>a</sup>	105 rpm
Cyclists	35.5 ± 1.3	35.3 ± 2.5	33.1 ± 1.5	42.8 ± 3.5
Triathletes	47.8 ± 5.2	49.0 ± 6.8	48.9 ± 6.3	45.0 ± 6.1

<sup>a</sup> Significant difference ( $\alpha < 0.05$ ) between cyclists and triathletes.

Tabla 1.

(Tarrago, 2009)

*La tabla 1 muestra el error medio y estándar en el porcentaje de índice de co-contracción entre el recto femoral y bíceps femoral en diferentes cadencias de pedaleo.*

Una vez que los grupos musculares fueron comparados (RF-BF), se pudo obtener como resultado que los ciclistas presentaron un porcentaje significativamente menor en el índice de co-contracción en comparación con los triatletas (en 60, 75 y 90 rpm). En el caso de 105 rpm no hay diferencia significativa entre ambos.

Table 5

Mean and standard error of the percent cocontraction between vastus lateralis and biceps femoris at the four cadences

	60 rpm <sup>a</sup>	75 rpm <sup>a</sup>	90 rpm <sup>a</sup>	105 rpm <sup>a</sup>
Cyclists	44.6 ± 2.9	45.0 ± 1.1	44.3 ± 4.1	44.0 ± 3.5
Triathletes	63.4 ± 7.5	77.6 ± 3.2	69.2 ± 8.2	73.6 ± 10.1

<sup>a</sup> Significant difference ( $\alpha < 0.05$ ) between cyclists and triathletes.

Tabla 2

(Tarrago, 2009)

*La tabla 2 muestra el error medio y estándar del porcentaje de índice de co-contracción entre los músculos el vasto externo y bíceps femoral en cuatro cadencias de pedaleo.*

Al igual que la comparación anterior, existe diferencia entre ambos deportes, dando como resultado un índice de co-contracción menor que los triatletas. En la comparación entre los músculos VL y BF se analiza claramente una diferencia significativa en las cuatro cadencias de pedaleo.

#### 5.4 Patrones de activación muscular

Los patrones de activación muscular es la coordinación entre músculos para realizar tareas motoras comunes (François Hug, 2011). El trabajo de forma sistemática y coordinada para generar una potencia directa sobre el pedal es propuesto como patrones de activación muscular durante el ciclismo. (So, Ng, & Ng, 2005) . La coordinación muscular pasa a ser una distribución de la activación o fuerza muscular entre los músculos para obtener una determinada combinación para la realización de una tarea como la marcha (Prilutsky, 2000).

Según diversas investigaciones los patrones de activación muscular en el ciclismo se pueden ver afectados por distintos factores como el nivel de la carga de trabajo, la cadencia del pedaleo, la posición del cuerpo en la bicicleta y estados de fatiga (Fonda & Sarabon, 2012)

#### **5.4.1 Métodos de obtención**

Se utiliza EMG de superficie generalmente, ya que el otro tipo de EMG con agujas produce algunas incomodidades al sujeto al que se le está realizando la prueba por lo invasivo que es. Se utilizan preferentemente electrodos en la piel en la región prominente del musculo con el fin de capturar la energía eléctrica que llega a las fibras musculares. (Fonda & Sarabon, 2012)

En algunos casos se logra cuantificar la cantidad de fuerza que realiza el músculo en Newton (N), este caso solo se puede realizar con EMG profunda en donde se logra obtener la fuerza realizada por el tendón del musculo. Por otra parte, al utilizar EMG de superficie la activación muscular se obtiene mediante la activación según el crank del pedal, esto quiere decir, que se realiza según la circunferencia que realiza el ciclista al momento de mover el pedal, en donde comienza en un punto 0 cuando el pedal se encuentra arriba y logrando un giro de este en 360° llegando nuevamente al punto 0.

#### **5.4.2 Patrones de activación en el ciclismo**

Un entrenador del ciclismo científico (Schmidt en 1994), declaró que el músculo principal en la generación de fuerza era el cuádriceps, los flexores de cadera eran los responsables de tirar el pedal y los del compartimiento del tobillo sólo eran responsables de mantener el pedal firme (So et al., 2005)

Desde un punto más cualitativo, los músculos al realizar una tarea en este caso el ciclismo se activan y desactivan dependiendo de la sección del crank o pedaleo. (Fonda & Sarabon, 2012). Para entender la sección del pedaleo y la activación de los musculo se debe explicar las fases que presenta el ciclo se representa en la figura 4 : (So et al., 2005)

- a) Fase de propulsión / potencia
- b) Fase de carrera ascendente
- c) Fase de empuje

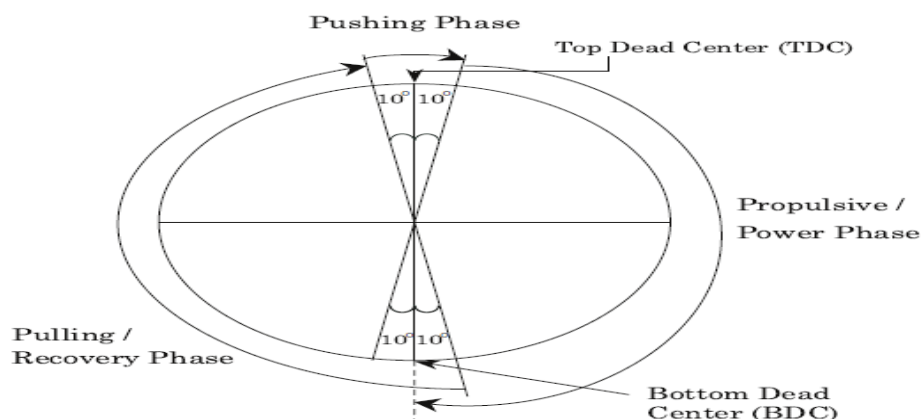


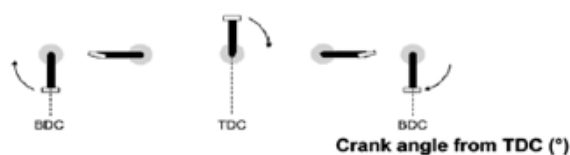
Fig. 1. The three phases of the crank cycle during the cycling action.

#### Figura 4

Grafica del Crank del pedal y las 3 fases correspondientes al pedaleo.

(So et al., 2005)

En la figura 5 se pueden diferenciar dos momentos en el pedaleo o crank en donde encontramos un punto muerto inferior (BDC) y un punto muerto superior (TDC) en donde según el estudio de Raymond 2005 el punto muerto inferior (BDC) serían los  $180^\circ$  y el punto muerto superior partirían los  $0^\circ$ .



#### Figura 5.

Posicionamiento del pedal o crank representando el punto muerto inferior (BDC) y el punto muerto superior (TDC) (Francois Hug & Dorel, 2009)

En el ciclismo se pueden observar movimientos desde la cadera, rodilla y tobillo teniendo una secuencia según el grado del pedaleo que se va realizando. Según una investigación realizada con EMG de superficie en Biomechanics of cycling, se observó un reclutamiento temprano del vasto externo y recto femoral a los  $0^\circ$  del arranque por la extensión precoz de la rodilla para impulsar el pedal hacia adelante. Otro músculo que se encuentra con activación es el glúteo mayor al momento de comenzar una extensión de cadera a los  $90^\circ$  aproximadamente, momento en que se inicia una desaceleración de la manivela y realizando una unidad de fuerza grande sobre los pedales. En los  $180^\circ$  la acción de los flexores plantares y flexores de rodilla (gastrocnemio e isquiotibiales) ayudan a la

manivela tirando hacia atrás con el fin de cambiar la dirección de la fuerza. Algunos músculos actúan en la fase de recuperación cuando el pedal se encuentra subiendo al punto 0°; esto son los flexores de cadera, rodilla y flexión dorsal como el tibial anterior llevando el pedal hacia arriba. (Fonda & Sarabon, 2012) (So et al., 2005) (Rouffet & Hautier, 2008).

En la figura 6, se demuestra de manera gráfica, según el estudio de Hug en el 2009, en el cual realizó una revisión de la EMGs en el pedaleo donde se muestran los patrones de activación muscular según el ángulo del pedaleo o crank evaluándose los músculos: Glúteo Mayor (GMax), Semimembranoso (SM), Bíceps femoral (BF), Vasto medial (VM), Recto femoral (RF), Vasto lateral (VL), Gastrocnemio medial (GM), Gastrocnemio lateral (GL), Soleo (SOL) y Tibial anterior (TA). Esta figura se observa dos ejes en donde encontramos los músculos y el ángulo del pedaleo en donde en este eje se pueden observar números negativos que es cuando el pedal se encuentra en el punto inferior (180°BDC) y es llevado hacia posterior y los números positivos demuestran el punto muerto superior (0° TDC) pasando a llevar el pedal hacia adelante.

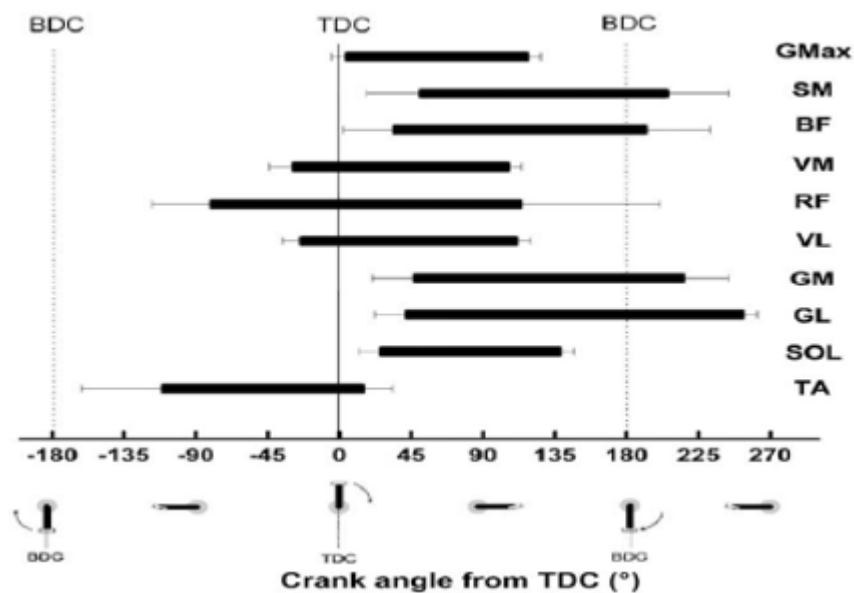


Figura 6.  
(So et al., 2005)



## 5.5 X-IMU

X-IMU es un instrumento utilizado para la unidad de medición inercial (IMU). Cuenta con una gran cantidad de sensores y algoritmos, permite la comunicación con el computador a través de USB o Bluetooth, como lo muestra la figura 7. Se puede utilizar para configurar los ajustes, ver los datos del sensor en tiempo real, realizar datos de calibración y de exportación en el software del usuario. (x-io technologies , 2016)

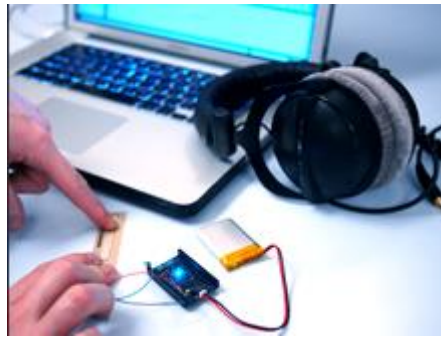


Figura 7.

*Ilustración que muestra la comunicación entre el computador y x-IMU*

*(x-io technologies , 2016)*

### 5.5.1 Seguimiento del movimiento oscilatorio con X-IMU

La x-IMU muestra de manera directa la medición de la aceleración (a partir de un acelerómetro), por lo tanto poder evaluar una posición específica es de gran dificultad, ya que el acelerómetro se integra primero para producir una velocidad y luego nuevamente para producir la posición.

En el caso de las muestras realizadas en el laboratorio de biomecánica, la IMU unida al pedal de la bicicleta de ciclismo Cross country arrojará en la pantalla una imagen en 3D que muestra el movimiento ejecutado. (Figura 2). (x-io technologies , 2016)

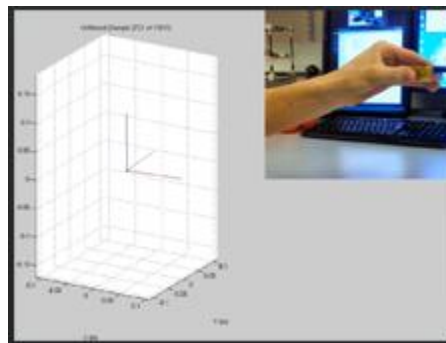


Figura 8.

*Representación gráfica en 3D en el computador sobre el movimiento y posición. (x-io technologies, 2016)*

## **6. METODOLOGIA**

Esta investigación tiene una finalidad descriptiva, no experimental ninguna de las variables a investigar fueron manipuladas, se quiso observar en un contexto sin variabilidad para luego realizar el análisis. La dirección temporal de este estudio fue de corte transversal ya que la recopilación de los datos se realizó en un momento determinado.

Posee un enfoque cuantitativo ya que se realizó una obtención de datos del índice de co-contracción y de los patrones de activación muscular apoyado en datos numéricos y en análisis estadístico para proporcionar la información suficiente para responder a nuestras preguntas de investigación.

### **6.1 Participantes**

Los sujetos que participaron en este estudio fueron 8 ciclistas de montaña todos varones. Los criterios de inclusión de este estudio fueron: ser mayor de edad, practicar de forma constante esta disciplina, dominancia derecha y sexo masculino. Los criterios de exclusión: dominancia izquierda, sexo femenino, practicar de forma intermitente la disciplina y ser menor de edad.

Los participantes fueron informados oportunamente en qué consistía el procedimiento que se iba a realizar, además se tomaron sus datos personales para generar registro de ellos; por otra parte, se les indicó que podían tener la posibilidad de obtener sus resultados una vez listo el procesamiento de datos.

Antes de comenzar la toma de muestra, se realizó una breve entrevista en el laboratorio la cual consta de los datos personales como la edad de los ciclistas, medidas antropométricas y la cantidad de kilómetros de entrenamiento semanal  
Tabla 3.

	<b>Edad (Años)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Entrenamiento semanal (km)</b>
<b>Mean</b>	30,9	1,7	72,4	252,5
<b>STD</b>	4,6	0,1	9,1	78,1

*Tabla 3*

*Representación de la media y desviación estándar de las co variables: edad, altura, peso y kilómetros de entrenamiento semanal de 8 sujetos*

## 6.2 Cálculo tamaño muestral

De las dos variables presentes en este estudio, se utilizó el índice de co contracción, siendo esta la con mayor desviación estándar. Como referencia se tomó el estudio de Tarrago 2009 en donde se estudió el índice de co contracción y la economía de ciclistas ruta y triatletas durante diferentes cadencias durante el ciclismo. En este estudio fueron utilizadas medias de 69 y una desviación estándar de 8.2

Este estudio es descriptivo de corte transversal y para realizar el cálculo tamaño muestral empleamos la fórmula de estimador de promedios utilizando la desviación estándar de 8.3 (a), media de 72.7 y un error de 5% (d). Al realizar el cálculo, obtuvimos 11 muestras sugeridas para este estudio, lo que quiere decir cuántos ciclistas deben participar en nuestro estudio. Por situaciones externas a la universidad en este estudio se logró obtener 8 muestras.

$$n = \frac{(Z\alpha)^2 \sigma^2}{d^2}$$

*Figura 9: formula de estimador de promedios que se utiliza en estudios descriptivos de corte transversal.*

## **6.3 Descripción de las variables**

### **6.3.1 Patrón de activación muscular**

Variable dependiente, cuantitativa continua. Su escala de medición será expresada en grados obtenidos del ciclo de la tarea del pedaleo, en relación a la activación muscular, considerando Onset (inicio), Máximo y Offset (termino)

### **6.3.2 índice de co-contracción**

Variable dependiente, cuantitativa continua. Su escala de medición será expresada en porcentaje según la fórmula de Falcone entre el vasto lateral y el bíceps femoral.

### **6.3.3 Co-variables**

Edad, Peso y talla, co variables independientes cuantitativas continua.

#### **6.4 Medición e instrumentación**

La toma de muestra y recolección de datos se llevaron a cabo en el laboratorio de biomecánica de la Facultad de Ciencias de la Salud, de la Universidad Católica Silva Henríquez, calle Tocornal N° 303, Santiago.

Los ciclistas evaluados, llevaron al laboratorio sus bicicletas de montaña personales, las cuales son las mismas que utilizan para practicar la disciplina. Mientras se fijaba la bicicleta en el rodillo, se colocaron los electrodos en los puntos correspondientes a los músculos que serán evaluados (según SENIAM) de la extremidad inferior derecha.

Los sujetos fueron sometidos a un protocolo para la realización del muestreo. Por cada muestra se consideró un tiempo de 45 minutos que se dividieron en 2 partes. La primera parte se obtuvo la contracción máxima isométrica según el protocolo realizado por Rutherford, Hubble-Kozey, & Stanish, 2011 en donde se estudió los ejercicios de contracción isométrica voluntaria máxima en gonoartrosis, en este estudio la resistencia fue realizada por un solo operador a todas las muestras. Posteriormente en la segunda parte se le solicita al ciclista subir a su bicicleta anclada a un rodillo, en este estudio no se consideraron las variables ergonómicas de la bicicletas, de donde se aplicara el registro. Antes de tomar el registro se realizó un protocolo de normalización de trabajo. Se realizó con una carga máxima, RPM máxima y con máxima resistencia del rodillo, a través de un dispositivo polar se monitorizó la FC Max de trabajo durante dos minutos. Posteriormente se utilizó el 60% del trabajo máximo a 90 RPM. Luego de realizar la normalización de la tarea el ciclista tuvo 15 minutos de vuelta a la calma, posterior a esto con sensores de EMGs e IMU se tomó el registro considerando 10 ciclos de trabajo.

#### 6.4.1 Electromiografía de superficie

Para los datos obtenidos a través de la EMGs se utilizó un protocolo de procesamiento. En primer lugar se ingresa el raw dato en el software MATLAB R2015b, luego se utilizó un filtro Pass bmda 70-600 Hz, un filtro de EMD + Hilbert transform obteniendo los onset y offset de los patrones de activación, posteriormente a través de la fórmula de Falcone obtuvimos el índice de co-contracción. Como se representa en el esquema de la figura 10.

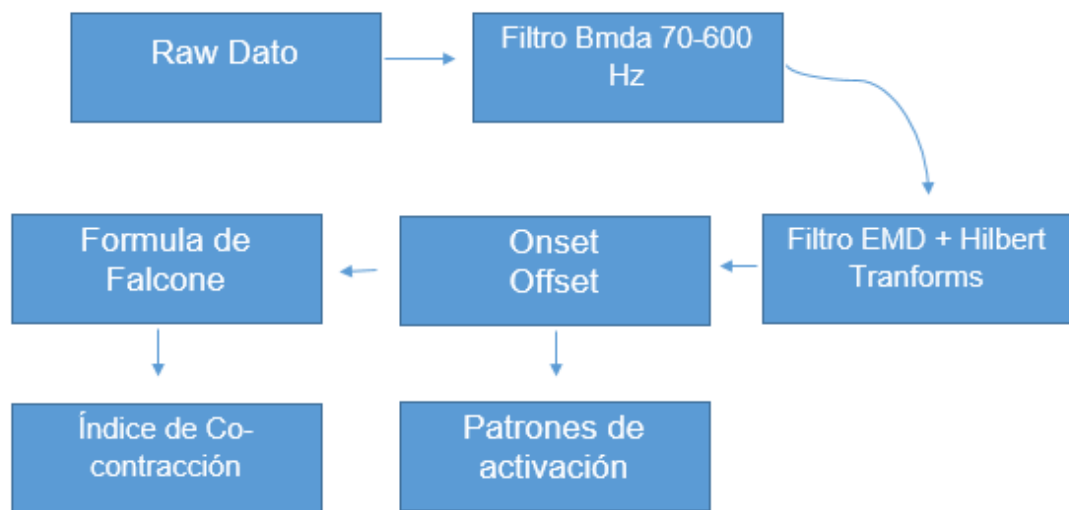


Figura 10  
Esquema del procesamiento de datos de EMGs



#### **6.4.2 Acelerómetro IMU**

Para obtener una imagen en tres dimensiones del pedal o crank se realizó el procesamiento de datos obtenidos a través del IMU. Se utilizó el software MATLAB R2015b en donde se ingresó raw data de la acelerometría en el eje x,y,z, luego de esto se obtiene la velocidad lineal en relación a la gravedad de la tierra, como resultado una velocidad lineal, posteriormente se aplica un filtro pasa alto para remover el desplazamiento o tilt de la señal. Se realiza un cálculo de la posición lineal a través de la velocidad lineal dándonos como resultado la posición del pedal en tres dimensiones.

#### **6.5 Análisis estadístico**

Al ser un estudio de carácter descriptivo, para el análisis de datos serán utilizadas medidas de tendencia central como lo son las media, mediana, moda, mínimo, máximo, varianza y curtosis representadas en tablas de frecuencia. Por otro lado, también utilizaremos promedios funcionales también siendo una técnica estadística descriptiva.

## 7. RESULTADOS

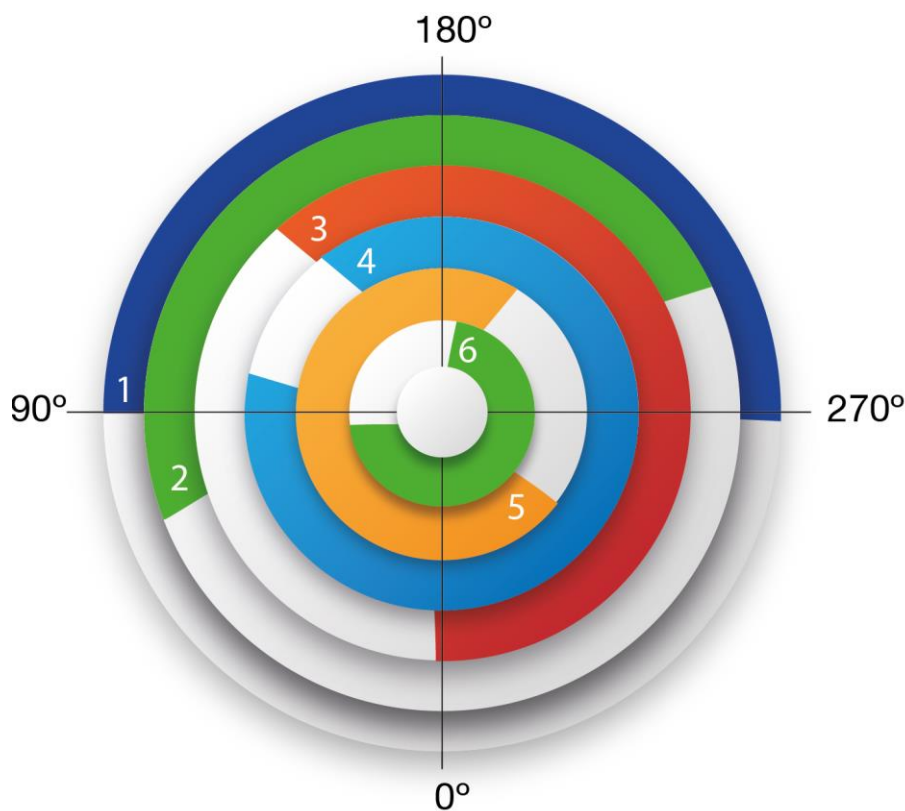
**Tabla 4: Activación muscular inicio (onset), Máximo y cese de activación (Offset) con respecto al ángulo del pedaleo o crank**

	Onsett	Máximos	Offsett
VL	92,23°	189,27°	272,45°
VM	77,6°	178,09°	258,45°
BF	140,66°	265,11°	363,40°
ST	147,52°	214,78°	114,62°
TA	292,10°	85,30°	222,44°
GL	197,98°	173,78°	81,74°

*Los datos fueron obtenidos de los promedios de cada músculo según el onsett, máximo y offsett de cada muestra según el grado de pedaleo.*

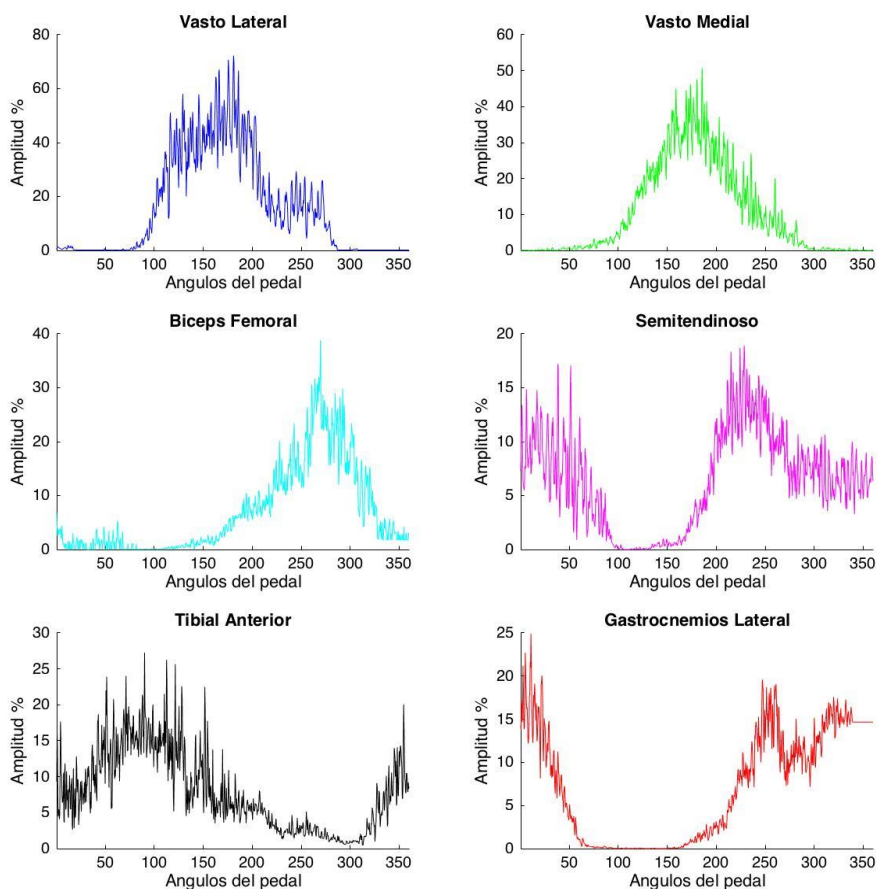
Tabla 4 muestra un patrón de activación muscular donde podemos observar que el VL tiene su punto máximo en los 189° donde está comenzando la fase de potencia para bajar el pedal al igual que el VM comienza a los 178° antes que el VL pero estos dos músculos participan y entregan la mayor parte de la potencia en esa fase.

**Figura 11: Patrón de activación muscular de los seis músculos evaluados VL (1), VM (2), BF (3), ST (4), TA (5) y GL (6) según el ángulo del crank.**



La figura 11 muestra el momento de inicio de activación y de cese de actividad de cada musculo involucrado en este estudio, en donde podemos observar que existen músculos que permanecen activos casi en la totalidad del ciclo. También se puede deducir que el VL es el músculo que participa en la fase de propulsión donde se necesita realizar la mayor cantidad de fuerza para llevar el pedal hacia adelante.

**Figura 12: Valores promedio funcionales realizados en el dominio de la tarea por cada musculo con respecto al ángulo del crank y su amplitud.**



La figura 12 nos muestra la activación de los 6 músculos durante la realización de la tarea con relación a su isometría máxima y el ángulo del pedaleo donde podemos observar que por amplitud de activación el VL es el músculo que realiza mayor fuerza al momento de descender el pedal. También se observa la co-activación de agonista y un antagonista, de la cual, según el ángulo del crank y por el gesto que realiza el ciclista, se puede deducir que existe activación de músculos de manera excéntrica y concéntrica.

**Tabla 5: Resultados de distintos parámetros estadísticos del índice de co-contracción durante el pedaleo considerando 8 muestras de ciclistas de montaña Cross Country**

	<b>Co index Ciclistas Cross Country</b>
<b>Media</b>	71,8
<b>Mediana</b>	77
<b>Mínimo</b>	58
<b>Máximo</b>	79
<b>Varianza</b>	58,8
<b>Curtosis</b>	0,17

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos del índice de co-contracción a partir de las 8 muestras realizadas en el laboratorio. Se puede apreciar que el promedio obtenido entre los músculos evaluados (VL- BF) fue de 71,8%. Dentro de las 8 muestras se consigue observar que hay una diferencia poco significativa entre el mínimo y el máximo de índice de co-contracción; de igual forma se puede expresar la varianza y curtosis, cuyos resultados no se encuentran alejados drásticamente de la media, lo que refleja una mayor homogeneidad.

## 8. DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue determinar los patrones de activación muscular e índice de co-contracción de ciclistas Cross country sobre la base de EMGs de seis músculos de extremidad inferior de la pierna dominante durante el pedaleo.

Frente a los principales resultados de los patrones de activación muscular (tabla 4) se puede observar que:

VL y VM comienzan su onsett en los  $92^\circ$  y  $77^\circ$ , respectivamente, según el ángulo del crank donde comienza la fase de recuperación. Según estudios anteriores realizados en ciclistas comunes sin especialidad, Biomechanics Cycling refiere que existe un reclutamiento previo del VL y VM por una extensión precoz de la rodilla para lograr llevar el pedal hacia adelante (Fonda & Sarabon, 2012). Con estos resultados podemos confirmar que existe una activación previa a los  $180^\circ$  donde el VL y VM realizarían su máxima potencia. En el estudio del Raymond, 2005, se describe que ambos músculos VL y VM mostraron un rápido inicio y cese de actividad relativamente constante durante la fase de propulsión (So, 2005). Esto se puede ver manifestado en los datos obtenidos en este estudio.

Raymond, 2005, refiere que el grupo extensor de rodilla es el motor primario para generar energía sobre la manivela en la fase descendente del ciclismo (So, 2005). En la figura 10 se observa que el punto pico del VL es de un 80% en los  $180^\circ$  en el punto muerto superior lo que nos dice que al momento de comenzar la fase descendente este musculo se activa en su máximo. Por otro lado, el VM se activa a un 50% en los  $180^\circ$  también contribuyendo en la fase descendente aunque en menor medida que el VL. Hug, 2009, menciona que el inicio de la actividad del VL-VM comienzan antes de los  $90^\circ$  (Francois Hug & Dorel, 2009) siendo correlacionado con este estudio (tabla 4).

Raymond, 2005, en su revisión sobre el patrón de reclutamiento menciona que durante el pedaleo está activo durante toda la revolución del pedal y tibial anterior solo son responsables de fijar el pie en su lugar (So, 2005). Al igual que los datos obtenidos en esta investigación en la figura 10 se pueden observar el TA y GL su actividad según el ángulo del pedaleo durante la mayor parte del ciclo.

La activación máxima del semitendinoso se produjo poco después de la del semimembranoso y bíceps femoral (So, 2005). Esto se puede ver de manera contraria en esta investigación, ya que si se observa la tabla 4 concluiremos que

el punto máximo del semitendinoso (ST) sucede a los 215° mientras que la del Bíceps femoral (BF) ocurre a los 265° ocurriendo lo contrario a lo mencionado anteriormente.

Durante la fase de propulsión varios pares de agonista y antagonista se activan juntos para mejorar la potencia que actúa sobre el pedal. Gastrocnemio y sóleo y tibial anterior podrían activarse juntos para estabilizar el tobillo durante la propulsión y la fuerza de transmisión. Por otra parte junto con los cuádriceps los músculos isquiotibiales también se activaron cuando el pedal baja (So, 2005). En la figura 10 se puede observar que durante una fase de propulsión o descenso del pedal el BF y VL se encuentran activos, BF en menor medida pero conociendo su acción es un antagonista del VL en donde se podría hablar de una actividad excéntrica de este músculo para aumentar la estabilidad. Por otro lado en la articulación del tobillo podemos ver que el TA y GL se encuentran activo durante la fase en donde se realiza una plantiflexion y en este caso el TA se activaría de una manera excéntrica al GL quedando de manifiesto en este estudio la co activación muscular que ocurre entre agonista y antagonista.

El índice de co-contracción es una variable importante dentro de nuestro estudio. Con esta investigación se pretende identificar dicho índice en los músculos motores principales del gesto de pedaleo dentro de la disciplina Cross Country. Existe un estudio de Tarrago (2009) que habla del índice de co-contracción entre dos grupos de antagonistas (recto femoral- bíceps femoral y vasto lateral- bíceps femoral) en ciclistas y triatletas, llegando a la conclusión que los ciclistas tienen una mejor técnica que los triatletas y una mayor economía durante el pedaleo. A partir de la tabla 5 se puede deducir el índice de co-contracción considerando los músculos VL y BF en donde se obtienen los resultados de algunos parámetros estadísticos, al observar la tabla se observa que el índice de co-contracción de los músculos evaluados no tiene implicancia mayor en el desempeño del pedaleo, pero si al tener un porcentaje elevado , indica que al realizar la tarea de crank hay mayor activación músculos antagonistas del músculo principa

En este estudio se utilizó la electromiografía de superficie y no la convencional debido al costo económico que implica realizar un estudio utilizando electromiografía convencional, a la facilidad de la colocación de electrodos, y principalmente debido a su carácter no invasivo. Si bien es un método de menor dificultad, existen ciertas características que dificultan un buen procesamiento de la señal, la sensibilidad de la ubicación de los electrodos de superficie, puede

tener efecto negativo en la amplitud de la señal que se obtiene en la muestra. Las señales se ven alteradas por ruidos, los cuales son provocados por diferentes situaciones, tales como, el movimiento de los cables durante el movimiento, la activación de los músculos cercanos al músculo que se está evaluando (Andrade, 2006), sin embargo, a pesar de ello, se consideró este tipo de electromiografía, ya que utilizamos un método (EMD) para filtrar los ruidos, y poder adquirir una señal correcta.



## 9. CONCLUSIONES

Al dar término a este estudio de carácter descriptivo se pretende entregar nuevos datos orientados al comportamiento muscular del miembro inferior en ciclistas de montaña Cross Country y aportar a la comunidad deportiva y de salud.

Mediante este estudio se pretende determinar de forma concreta cuales son los patrones de activación del grupo muscular predominante de la extremidad inferior al realizar la tarea de pedaleo o crank. Por otro lado también se especifica el índice de co contracción, abarcando los músculos principales en esta función (Bíceps femoral vasto lateral).

A continuación, se dará a conocer las conclusiones obtenidas de este estudio que dan respuestas a los objetivos planteados al comienzo de la investigación:

Al igual que el estudio realizado por Tarrago, este estudio muestra que los músculos bíceps femoral y vasto lateral se apoderan durante la ejecución del pedaleo y muestra una mayor activación a diferencia de los otros músculos evaluados. El vasto lateral logra su pico máximo a partir de los 180° con una activación del 80%, mientras que el Vasto medial lo logra con un 50 % de su activación y potencia, ambos en la fase descendente del crank. En la figura 10 se muestra gráficamente que el vasto medial tiene una activación mucho más discreta que el vasto lateral, puesto que los picos de éste último se mantienen constantes en un ancho de banda mayor. El tibial anterior presenta una variación de picos prolongados, esto se debe principalmente a que es un músculo que permanece activo en gran parte del ciclo de pedaleo. En cuanto al semitendinoso se refleja su máxima activación antes del bíceps femoral pero logra obtener un pico menor durante el gesto, evidenciándose de esta forma que los músculos involucrados con mayor potencia durante el pedaleo son el bíceps femoral y vasto lateral. En cuanto al índice de co contracción de los músculos bíceps femoral y vasto lateral, la electromiografía nos revela que hay una activación sincronizada de esta musculatura, arrojando que la media o promedio de co contracción de los músculos equivale a un 71,8 %, lo que no indica una pérdida de eficiencia durante la actividad de pedaleo.

Este estudio decreta el inicio para la elaboración de nuevas investigaciones, aportando al conocimiento de variables biomecánicas en el deporte y áreas relacionadas.

## BIBLIOGRAFIA

1. Abbiss, C. R., Ross, M. L. R., Garvican, L. a, Ross, N., Pottgiesser, T., Gregory, J., & Martin, D. T. (2013). The distribution of pace adopted by cyclists during a cross-country mountain bike World Championships. *Journal of Sports Sciences*, *31*(7), 787–94. <http://doi.org/10.1080/02640414.2012.751118>
2. Andrade, A. O., Nasuto, S., Kyberd, P., Sweeney-Reed, C. M., & Van Kanijn, F. R. (2006). EMG signal filtering based on Empirical Mode Decomposition. *Biomedical Signal Processing and Control*, *1*(1), 44–55. <http://doi.org/10.1016/j.bspc.2006.03.003>
3. Billaut, F., Basset, F. A., & Falgairette, G. (2005). Muscle coordination changes during intermittent cycling sprints. *Neuroscience Letters*, *380*(3), 265–269. <http://doi.org/10.1016/j.neulet.2005.01.048>
4. Candotti, C. T., Loss, J. F., Bagatini, D., Soares, D. P., da Rocha, E. K., de Oliveira, ??lvaro Reischak, & Guimar??es, A. C. S. (2009). Cocontraction and economy of triathletes and cyclists at different cadences during cycling motion. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *19*(5), 915–921. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.04.008>
5. Connick, M. J., & Li, F. X. (2013). The impact of altered task mechanics on timing and duration of eccentric bi-articular muscle contractions during cycling. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *23*(1), 223–229. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.08.012>
6. De Marchis, C., Schmid, M., Bibbo, D., Castronovo, A. M., D'Alessio, T., & Conforto, S. (2013). Feedback of mechanical effectiveness induces adaptations in motor modules during cycling. *Frontiers in Computational Neuroscience*, *7*(April), 35. <http://doi.org/10.3389/fncom.2013.00035>
7. Falconer, M., & Winter, D. A. (1985). Quantitative assessment of co-contraction at the ankle in walking. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol.*, *25*(December), 135–149.
8. Fonda, B., & Sarabon, N. (2012). *Biomechanics of Cycling. Sport Science Review* (Vol. 0). <http://doi.org/10.2478/v10237-011-0012-0>
9. Garrandes, F., Colson, S. S., Pensini, M., & Legros, P. (2007). Time course of mechanical and neuromuscular characteristics of cyclists and triathletes during a fatiguing exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(2), 148–156. <http://doi.org/10.1055/s-2006-924206>
10. Generale, O., & Sport, D. U. (2005). Titre 1 Organisation Générale Du Sport Cycliste.
11. Gregory, J., Johns, D. P., & Walls, J. T. (2007). Relative vs. absolute physiological measures as predictors of mountain bike cross-country race performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(1), 17–22. <http://doi.org/Doi 10.1519/00124278-200702000-00004>
12. Hautier, C. A., Arzac, L. M., Deghdegh, K., Souquet, J., Belli, A., & Lacour, J. R. (2000). Influence of fatigue on EMG/force ratio and cocontraction in cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(4), 839–843. <http://doi.org/10.1097/00005768-200004000-00017>
13. Hug, F. (2011). Can muscle coordination be precisely studied by surface electromyography ?, *21*, 1–12. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2010.08.009>
14. Hug, F., & Dorel, S. (2009). Electromyographic analysis of pedaling: A review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *19*(2), 182–198. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.10.010>
15. Hug, F., Turpin, N. a, Couturier, A., & Dorel, S. (2011). Consistency of muscle synergies during pedaling across different mechanical constraints. *Journal of Neurophysiology*, *106*(1), 91–103. <http://doi.org/10.1152/jn.01096.2010>
16. Hug, F., Turpin, N. a, Guével, A., & Dorel, S. (2010). Is interindividual variability of EMG patterns in trained cyclists related to different muscle synergies? *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *108*(March 2010), 1727–1736. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.01305.2009>
17. Hug, F., Turpin, N. A., Guével, A., Dorel, S., Hug, F., Turpin, N. A., ... Dorel, S. (2012). Is

interindividual variability of EMG patterns in trained cyclists related to different muscle synergies ? Is interindividual variability of EMG patterns in trained cyclists related to different muscle synergies ?, (March 2010), 1727–1736.

<http://doi.org/10.1152/jappphysiol.01305.2009>

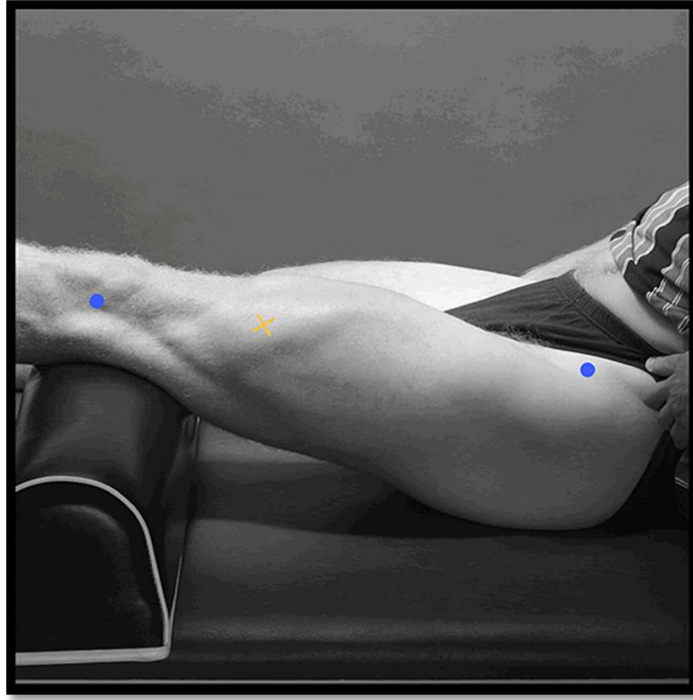
18. i Ortigosa, N. M., Rey, F., Rodriguez, D. R., Gual, G., Tutusaus, L. C., & Germán, A. (2010). Aplicaciones de la electromiografía de superficie en el deporte. *Apunts: Medicina de L'esport*, 45(166), 127–136. Retrieved from <http://www.raco.cat/index.php/Apunts/article/view/196617>
19. Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Rampinini, E., Mognoni, P., & Sassi, a. (2005). Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 39(10), 747–751. <http://doi.org/10.1136/bjism.2004.017236>
20. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Sassi, A., Mognoni, P., & Marcora, S. (2005). Physiological correlates to off-road cycling performance. *Journal of Sports Sciences*, 23(January 2015), 41–47. <http://doi.org/10.1080/02640410410001730061>
21. Kautzt, S. A. (1997). the Effect of Pedaling Rate on Coordination, 30(97), 1051–1058.
22. Kellis, E., Arabatzi, F., & Papadopoulos, C. (2003). Muscle co-activation around the knee in drop jumping using the co-contraction index. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(3), 229–238. [http://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00020-8](http://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00020-8)
23. Lee, H., Martin, D. T., Anson, J. M., Grundy, D., & Hahn, A. G. (2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sport Science*, 20(12), 1001–1008. <http://doi.org/10.1080/026404102321011760>
24. Mancini, M., Salarian, A., Carlson-Kuhta, P., Zampieri, C., King, L., Chiari, L., & Horak, F. B. (2012). ISway: a sensitive, valid and reliable measure of postural control. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 9(1), 59. <http://doi.org/10.1186/1743-0003-9-59>
25. Miller, M. C. (2014). Validity of using functional threshold power and intermittent power to predict cross-country mountain bike race outcome. *Journal of Science and Cycling*, 3(1), 16–20. Retrieved from [http://www.jsc-journal.com/ojs/index.php?journal=JSC&page=article&op=view&path\[\]=78](http://www.jsc-journal.com/ojs/index.php?journal=JSC&page=article&op=view&path[]=78)
26. Momeni, K., Faghri, P. D., & Evans, M. (2014). Lower-extremity joint kinematics and muscle activations during semi-reclined cycling at different workloads in healthy individuals. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 11, 146. <http://doi.org/10.1186/1743-0003-11-146>
27. Muscles coordinacion during an outdoor.pdf. (n.d.).
28. Muyor, J. M., & Zabala, M. (2015). Road Cycling and Mountain Biking Produces Adaptations on the Spine and Hamstring Extensibility. *International Journal of Sports Medicine*, 37(1), 43–49. <http://doi.org/10.1055/s-0035-1555861>
29. Navarro, R. (2013). Electromiografía. *Departamento de Electrónica Universidad de Alcalá*, 1(Electromiografía), 1–19.
30. Ramón Suárez, G. (2009). *Biomecánica Deportiva y Control del Entrenamiento*.
31. Rosa, M. C. N., Marques, A., Demain, S., Metcalf, C. D., & Rodrigues, J. (2014). Methodologies to assess muscle co-contraction during gait in people with neurological impairment - A systematic literature review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(2), 179–191. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.11.003>
32. Rouffet, D. M., & Hautier, C. A. (2008). EMG normalization to study muscle activation in cycling. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(5), 866–878. <http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.03.008>
33. Rudolph, K. S., Axe, M. J., Buchanan, T. S., Scholz, J. P., & Snyder-Mackler, L. (2001). Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9(2), 62–71. <http://doi.org/10.1007/s001670000166>
34. Smekal, G., Duvallard, S. P. Von, Hörmandinger, M., Moll, R., Pokan, R., Bacharach, D. W., ... Arciero, P. (2015). Physiological Demands of Simulated Off-Road Cycling Competition, (November), 799–810.
35. So, R. C. H., Ng, J. K. F., & Ng, G. Y. F. (2005). Muscle recruitment pattern in cycling: A review. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 89–96.

<http://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.02.004>

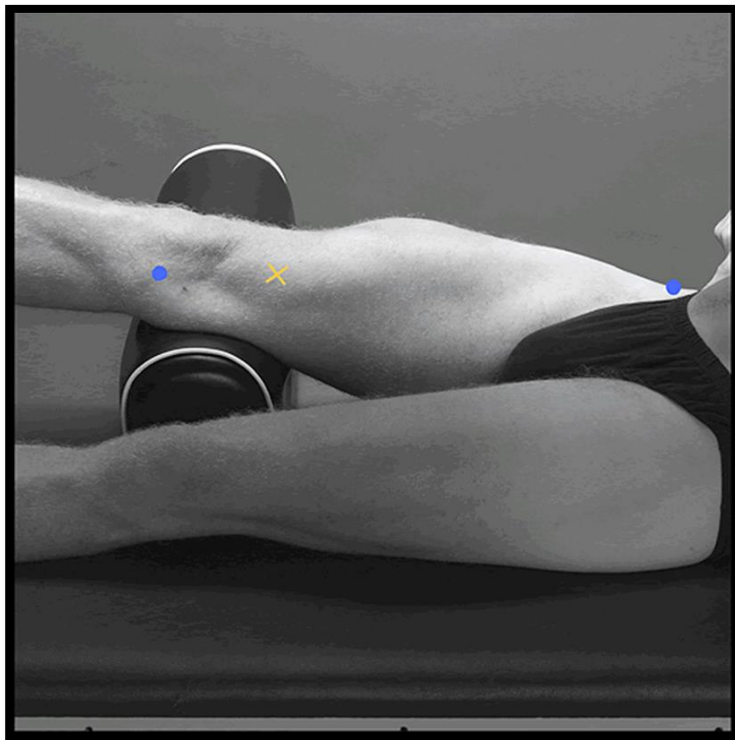
36. Sousa, A. S. P., & Tavares, J. M. R. S. (2012). Surface electromyographic amplitude normalization methods : A review. *Electromyography: New Developments, Procedures and Applications*, 85–102. Retrieved from <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/64430/2/949666.pdf>
37. Steiner, T., Müller, B., Maier, T., & Wehrli, J. P. (2015). Performance differences when using 26- and 29-inch-wheel bikes in Swiss National Team cross-country mountain bikers. *Journal of Sports Sciences*, 0414(December), 1–7. <http://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119294>
38. Zajac, F. E. (1993). Muscle Coordination of Movement ;, 26(96).

## ANEXO 1

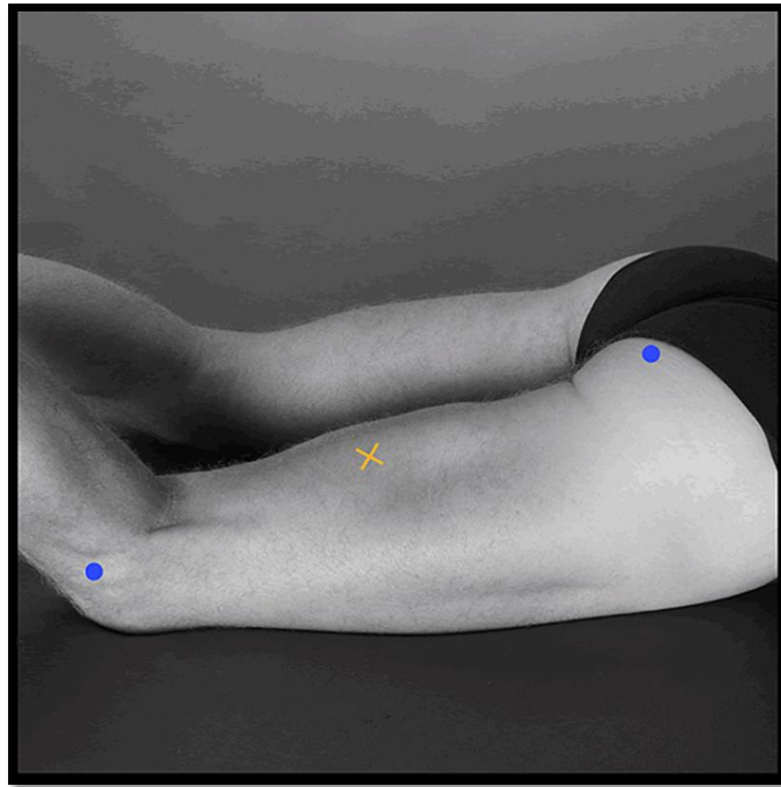
Posición de electrodos superficiales en los músculos evaluados en este estudio, según SENIAM.



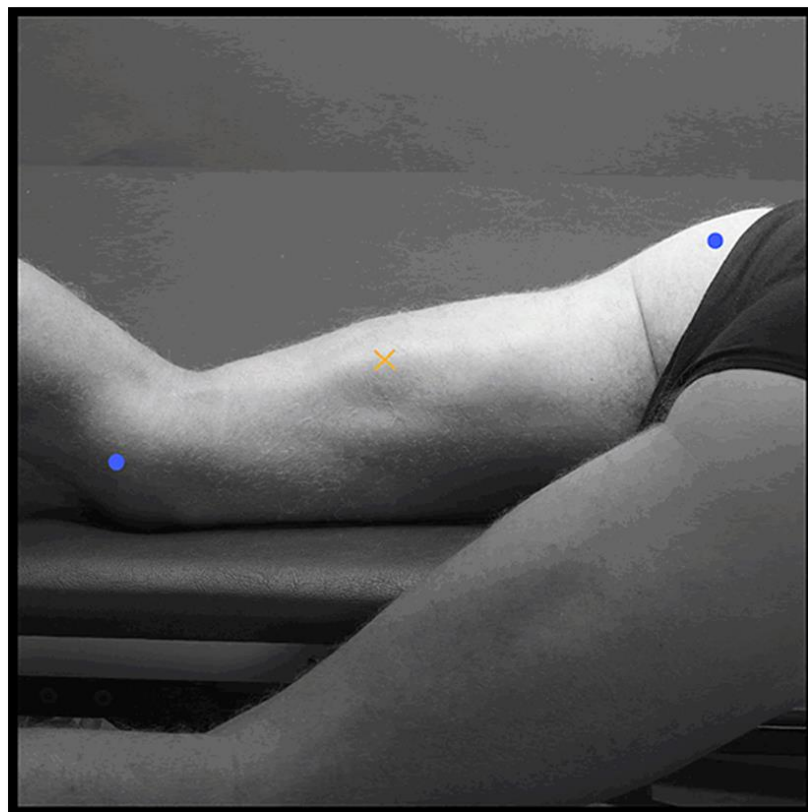
Vasto lateral



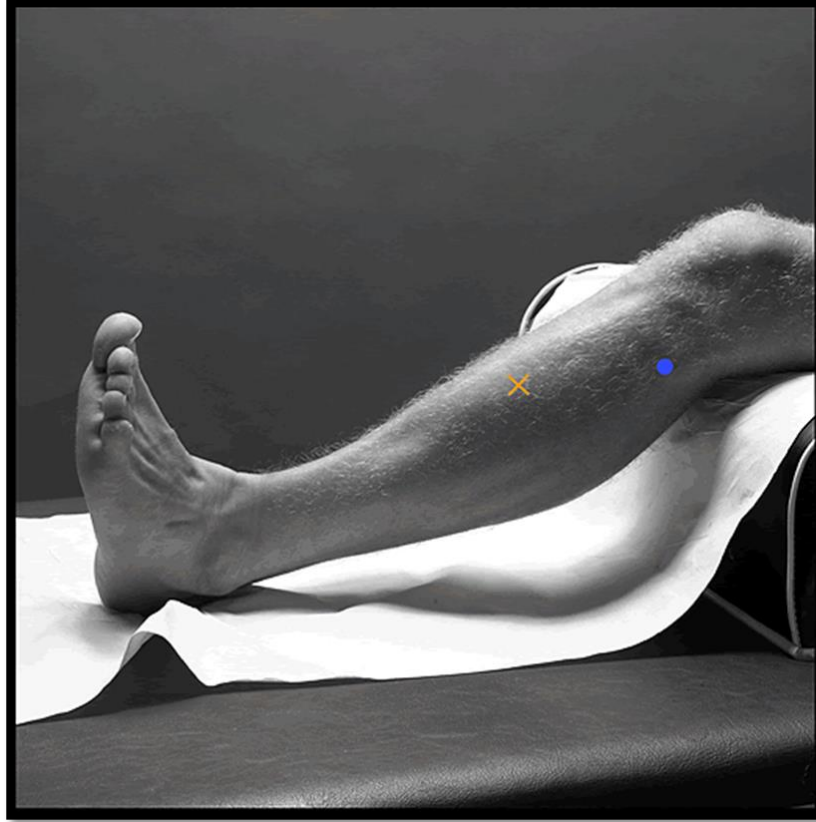
Vasto Medial



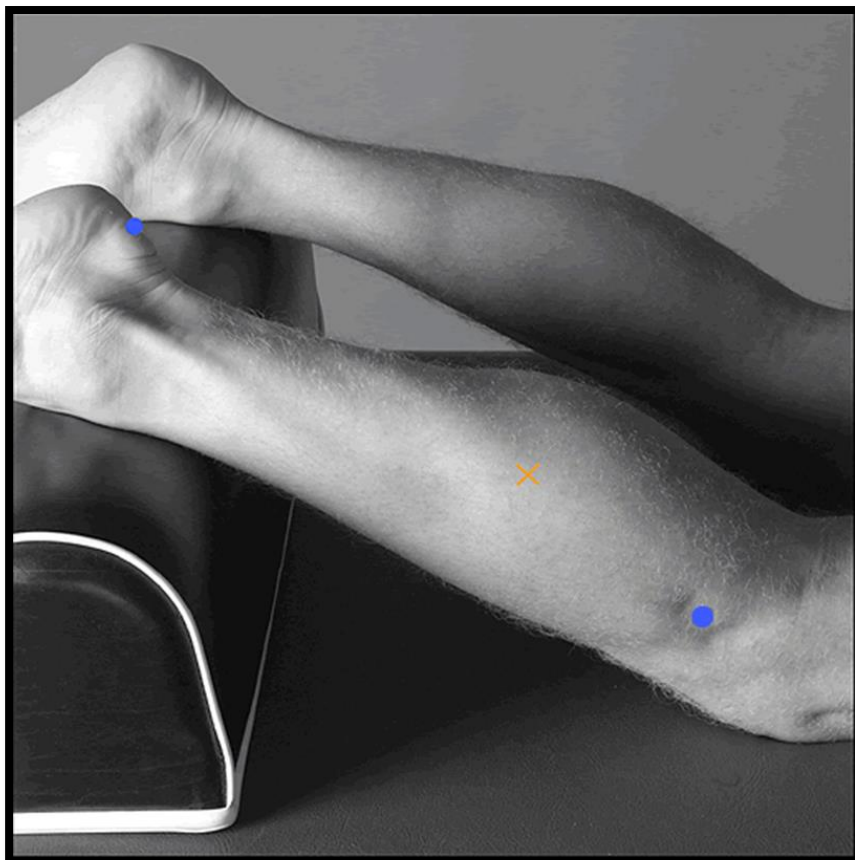
Bíceps Femoral



Semitendinoso



Tibial Anterior



Gastrocnemio Lateral

## ANEXO 2

Ficha de evaluación de co-variantes y datos personales de los participantes del estudio.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SILVA HENRÍQUEZ

Facultad Ciencias de la Salud

Escuela de Kinesiología

Fecha:

Hora:

Sexo	Edad	Extremidad dominante	Talla (cm)	Peso (kg)	Entrenamiento semanal (km)

Correo electrónico:

---



### ANEXO 3

#### Consentimiento informado



Facultad Ciencias de la Salud

Escuela de Kinesiología

### Consentimiento Informado

**Tema:** Patrones de activación muscular e índice de co-contracción de extremidad inferior en el pedaleo en la especialidad de ciclismo montaña Cross Country de alto rendimiento.

**Nombre de evaluadores:** Bárbara González G. / Javiera Tobar D.

1. Este estudio, cuenta con el apoyo de la Escuela de Kinesiología de la Universidad Católica Silva Henríquez.
2. Solo se usarán los datos entregados por los sujetos evaluados y los datos registrados durante el período en el que estuvo en la muestra.
3. Este estudio no tiene intereses económicos, no recibe fondos de ninguna empresa o institución. Ningún integrante del equipo de investigación ni usted recibirá pago por participar en este trabajo.

He leído y comprendo todo lo anteriormente señalado, aceptando que sean utilizados mis datos y registros para el estudio.

\_\_\_\_\_  
**Nombre completo**

\_\_\_\_\_  
**Firma**

**Fecha:** \_\_\_\_\_