

## TRABAJO DE INVESTIGACION FINAL

### UNIVERSIDAD DE CONCEPCION DEL URUGUAY

Licenciatura en Educación Física con orientación en Ciencias del Ejercicio.

- AUTOR DEL PROYECTO: León Lisandro
- DIRECTOR DEL PROYECTO: Meritano Luciano
- LUGAR DE TRABAJO: “Rosario Team Merrell y Gimnasio de entrenamiento funcional FYT”

TEMA: “Amplitud de movimiento en la articulación coxo-femoral y cantidad de pasos en un minuto en cinta en corredores recreacionales”.

## Índice:

Tema.....	3
Problema.....	3
Hipótesis general.....	3
Hipótesis de trabajo.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Fundamentación.....	4
Marco teórico.....	5
Introducción.....	5
Cadera análisis anatómico/ biomecánico.....	5
Flexibilidad y amplitud de movimiento.....	8
Técnica de carrera y articulación coxo-femoral.....	10
Largo de zancada, cantidad de pasos y economía de carrera.....	13
Largo de zancada, largo de pierna y altura.....	16
Inhibición glútea y biomecánica de la carrera.....	16
Glúteo medio.....	18
Conclusión.....	18
Métodos.....	19
Población de estudio.....	19
Aspectos éticos.....	19
Instrumentos.....	19
Procedimientos.....	19
Análisis estadístico.....	21
Resultados obtenidos.....	22
Discusión.....	30
Conclusión.....	35
Agradecimientos.....	36
Referencias bibliográficas.....	37

**Tema:** “Amplitud de movimiento en la articulación de la coxo-femoral y performance en corredores recreacionales”.

**Problema:** ¿Existe una relación lineal entre la amplitud de movimiento de la cadera y la cantidad de pasos realizados en un carrera de 1 minuto en una cinta ergometrica?

**Hipótesis general:** los corredores que tienen una mayor amplitud de movimiento en la articulación de la cadera, tendrán una menor cantidad de pasos en un test de 1 minuto en cinta, lo cual tendrá una repercusión positiva en el gasto energético final, en una carrera de fondo.

**Hipótesis de trabajo:** se propone estudiar la eficiencia en la carrera en 20 corredores, todos hombres que entrenan diariamente en el grupo de entrenamiento físico “Rosario Team Merrell”.

**Objetivo general:**

- Evaluar la amplitud de movimiento de la cadera y observar si hay una relación positiva o negativa respecto a la cantidad de pasos en el test de 1 minuto en cinta ergometrica.

**Objetivos específicos:**

- Medir el rango de movimiento en flexión y extensión activa de la articulación coxofemoral.
- Encontrar una relación entre las variables antropométricas evaluadas y la performance de 1 minuto de carrera en cinta.

### **Fundamentación:**

El propósito de este trabajo de investigación surge de algunas de las tantas inquietudes que aquejan a los corredores que como docente tengo a cargo conjuntamente con otros colegas en el grupo de entrenamiento donde trabajo diariamente.

La eficiencia de la carrera ha sido originalmente definida y evaluada como, el consumo de oxígeno por kilogramo de masa muscular por kilómetro recorrido a una determinada intensidad.

Si solo nos quedamos con esta definición, ser más eficiente corriendo se resumiría tan solo en mejorar y adaptar el consumo máximo de oxígeno para mantener las tasas fraccionales más altas durante el mayor tiempo posible, pero como la experiencia nos indica, la eficiencia en la carrera no se resume solo en eso.

Son muchísimas las variables biomecánicas que influyen en la técnica de la carrera, y a su vez éstas, tienen impacto directamente en la eficiencia de la misma. Entre ellas una es la amplitud de movimiento que posee cada articulación.

El presente estudio se centra particularmente en la articulación coxofemoral porque su movilidad es determinante para el resto de las articulaciones del tren inferior, y la amplitud de movimiento que posea tendrá implicancias positivas o negativas para una correcta biomecánica. En la mecánica de la carrera esta articulación posee gran importancia ya que su amplitud de movimiento limitara directamente el largo de la zancada, modificando positivamente o negativamente el recuento final de pasos para una distancia "x" produciendo un mayor o menor gasto energético para un esfuerzo dado. Cabe destacar que la amplitud de movimiento no es la única ni la más importante variable biomecánica en el largo que pueda tener la zancada, sino una variable más de esta ecuación, que en la presente investigación buscamos entender mejor, para así poder comprender el fenómeno de la eficiencia de la carrera con aun más precisión.

## Marco teórico:

### Introducción:

La carrera, involucra la conversión y translocación de las fuerzas desarrolladas durante la contracción muscular en complejos patrones de movimientos altamente coordinados que incorporan un gran porcentaje de los músculos, huesos y tendones del cuerpo humano (1).

Desde una perspectiva mecánica y energética, dos son los componentes a tener en cuenta a la hora de analizar la performance en la carrera de un atleta. La primera es la producción de energía que está directamente determinada por las características fisiológicas del atleta, ellas son el volumen minuto cardiaco, masa muscular, distribución de las fibras y estado de entrenamiento. La segunda característica a tener en cuenta es la eficacia con la que convertimos esa energía en movimiento, que está directamente relacionado al perfil biomecánico del corredor, influenciado por las dimensiones antropométricas del atleta (1,2).

La economía de la carrera también conocida como eficiencia de la carrera, ha sido originariamente definida y medida como el estado estable de consumo de oxígeno por kilogramo de peso cuando se corre a una determinada velocidad (1), y esta, había sido aceptada como el criterio fisiológico crítico para identificar la eficiencia de una performance en carreras de larga distancia. Más recientemente se ha definido como el consumo de oxígeno por kilogramo de peso por kilómetros recorridos (2).

En la presente investigación centraremos toda la atención en el estudio de las dimensiones antropométricas que participan y que tienen mayor incidencia en la técnica de carrera, más específicamente en la acción de la articulación coxo-femoral, y todos sus componentes participantes.

### Cadera análisis anatómico/biomecánico:

La cadera es la articulación proximal del miembro inferior, y su función es orientar la pierna en todas las direcciones del espacio. Para lo cual posee tres ejes y tres grados de libertad. Un eje transversal, un eje anteroposterior y un eje longitudinal. Los movimientos de la cadera los realiza una sola articulación, la coxo-femoral, en forma de una enartrosis muy coaptada lo cual le confiere menos amplitud de movimiento que el hombro –su contraparte en el tren superior- pero es mucho más estable resultando ser la articulación más difícil de luxar en todo el cuerpo. Cabe destacar que todas estas características propias de la cadera están condicionadas por las funciones de soporte del peso corporal y de locomoción desempeñadas por el miembro inferior (3).

La cabeza femoral, está constituida por los 2/3 de una esfera 40 a 50mm de diámetro. El cuello femoral sirve de soporte a la cabeza femoral a la par que asegura su unión con la diáfisis.

La forma de la cabeza y el cuello varía según individuos. Por lo tanto, se distinguen dos tipos extremos:

- Un tipo “longilíneo”, la diáfisis femoral es delgada y la pelvis pequeña y alta. Una morfología como esta favorece grandes amplitudes articulares y corresponde a una adaptación a la velocidad de la carrera.

- Un tipo “brevilineo”: la diáfisis es más ancha y la pelvis maciza y ancha. La amplitud articular no es tan grande, y lo que pierde en velocidad lo gana en robustez. Es una morfología de “fuerza”.

Capsula articular:

La capsula tiene forma de manguito cilíndrico que se extiende desde el hueso iliaco a la extremidad superior del fémur, este manguito se constituye de cuatro fibras tipo:

- Fibras longitudinales
- Fibras oblicuas
- Fibras arciformes
- Fibras circulares

Mediante su extremo interno, el manguito capsular se fija de ceja cotoidea, en el ligamento transverso y en la superficie periférica del rodete, estableciendo estrechos nexos con el tendón del recto anterior.

Los movimientos que puede realizar esta articulación son 6:

- Flexión; activa: con rodillas extendidas no supera los 90º, con rodilla flexionada 90º-120º; flexión pasiva: 120º-150º
- Extensión; activa: con rodilla extendida 20º aproximadamente, con rodilla flexionada 10º aproximadamente; extensión pasiva: 20º-30º
- Abducción: 30-45º
- Aducción: cabe aclarar que el movimiento de aducción es relativo, ya que ambos miembros siempre están contacto, por lo tanto todo movimiento de aducción estará acompañado de una abducción, flexión o extensión previa. Amplitud máxima 30º
- Rotación longitudinal externa e interna: de cubito prono, la posición de referencia se obtiene cuando la rodilla flexionada en ángulo recto esta vertical. La rotación interna es de 30º-40º y la rotación externa es de 60º como máximo.
- Circunducción: el movimiento de circunducción se define como la combinación simultanea de movimientos elementales efectuados alrededor de tres ejes. Cuando el movimiento alcanza su máxima amplitud, el eje del miembro inferior describe en el espacio un cono cuyo vértice resulta ser el dentro de la articulación coxofemoral.

En esta investigación nos centraremos en los movimientos de flexión y extensión que son fundamentales en la acción de la carrera. Estos movimientos son posibles gracias a la acción conjunta de músculos y ligamentos que coaptan y movilizan la articulación al mismo tiempo.

La capsula de la articulación coxofemoral esta reforzada por potentes ligamentos en sus caras anterior y posterior:

En la cara anterior se hallan dos ligamentos:

- El ligamento iliofemoral o de Bertín. Dividido en haz inferior y haz superior
- El ligamento pubofemoral

En conjunto estos dos ligamentos forman en la cara anterior de la articulación una N tumbada.

En la cara posterior, existe un único ligamento, el isquiofemoral: su inserción interna ocupa la parte posterior de la ceja y el rodete cotiloideo, sus fibras se dirigen hacia arriba y hacia afuera, y se fija en la cara interna del trocánter mayor.

En flexion-extension: en la posición de alineación normal, los ligamentos están ligeramente tensos. En la flexión de cadera todos los ligamentos se distienden, tanto el isquiofemoral, como los demás. En la extensión todos los ligamentos se tensan, puesto que se enrollan en el cuello femoral. El ligamento de Bertin es el que más se tensa debido a su posición longitudinal (3,4).

En cuanto a los músculos encargados de realizar los movimientos de flexión y extensión estos son:

Flexores:

- El Psoas y el Iliaco
- El Sartorio
- El recto anterior
- Tensor de la Fascia Lata (TFL)
- Pectíneo

Extensores:

Se distinguen dos grandes grupos, según se inserten en el extremo superior del fémur o alrededor de la rodilla.

Primer grupo:

- Glúteo Mayor, mediano y menor
- Piramidal y gluteo medio

Segundo grupo:

- Porción larga del bíceps femoral
- Semitendinoso
- Semimembranoso

Cuando se quiere obtener un movimiento de extensión directa, es decir sin componente de abducción ni aducción, es necesario que estos dos grupos musculares intervengan de manera antagonista-sinergista equilibrada.

Durante la marcha normal, los isquiotibiales realizan la extensión, el glúteo mayor no interviene. No pasa lo mismo al correr, saltar o caminar cuesta arriba donde el glúteo juega un papel principal (3,4).

### Flexibilidad y amplitud de movimiento:

Varias investigaciones han abordado la influencia tanto de los tendones y músculos en la flexibilidad de las articulaciones y la amplitud de movimiento que estas poseen.

Pero en primer lugar debemos definir esta capacidad condicional para poder entender su relevancia en la performance deportiva. A continuación comparto varias definiciones:

Michael Alter, ha definido a la flexibilidad indistintamente como movilización, libertad de movimiento o, técnicamente, como la amplitud de movimiento obtenible en una articulación o conjunto de articulaciones. (5)(9)

M. Stiff y J. Verkoshchansky en su libro “Superentrenamiento” la definen como la amplitud de movimiento de una articulación específica respecto a un grado concreto de libertad. (6)

Manfred Grosser la define como la capacidad de ejecutar movimientos voluntarios con la mayor amplitud en determinadas articulaciones. No debe considerarse como una capacidad puramente motriz-condicional, sino que también está impregnada en gran medida por condiciones motrices y coordinativas. (7)

Conforme proseguimos con el estudio analítico del concepto de flexibilidad, sumo la interpretación del investigador brasileño Estelio Enrique Martin Dantas precisamente por su integridad y poder esclarecedor, resulta ineludible. Según Dantas:

“La flexibilidad es la cualidad física responsable de la ejecución voluntaria de un movimiento de amplitud angular máxima, por una articulación o conjunto de articulaciones, dentro de sus límites morfológicos, sin riesgo de provocar lesiones” (6) (7).

Cabe aclarar siguiendo la misma línea de pensamiento del DR. Dantas y el profesor Di Santo que los movimientos amplios, tanto en el deporte como en la vida cotidiana, resultan de la interacción armónica de un buen número de capacidades motoras dentro de las cuales la flexibilidad ocupa, evidentemente, un lugar de privilegio, pero no de exclusividad.

Abordando a Di Santo nuevamente, el escribe:

La flexibilidad es la capacidad psicomotora y la propiedad de los tejidos responsable de la reducción de todos los tipos de resistencias que las estructuras y mecanismos funcionales neuro-mioarticulares de fijación y estabilización ofrecen al intento de ejecución de movimientos de amplitud angular óptima, producidos tanto por la acción de agentes endógenos (contracción de grupo muscular antagonista) como exógenos (propio peso corporal, compañero, sobrecarga, inercia, otros implementos, etc.) (7)

Con este concepto se pretende explicar aquello que constituye la atribución exclusiva de la flexibilidad como capacidad psicomotora y como propiedad: la reducción, la minimización de las resistencias ofrecidas por el conjunto de tejidos que estructural, morfológica y funcionalmente tienen por objeto no solo la fijación y estabilización sino también el movimiento propiamente dicho. Estos tejidos no solamente unen, sino que también se oponen, limitando la modificación de la amplitud de los diferentes recorridos articulares. Tejido muscular contráctil y no contráctil, filamentos conectivos no contráctiles, vainas y envoltorios, capsulas articulares, tendones,



ligamentos, piel etc., son todas estructuras que, además de permitir movimiento y estabilidad, resisten y reducen naturalmente la amplitud que los diferentes movimientos. La flexibilidad es, entiendo y -adhiero con el profesor- la capacidad y la propiedad compartida por todos estos tejidos de ceder, disminuir su resistencia y permitir mayores amplitudes de arco articular en los distintos gestos motores. A menor flexibilidad, mayor es la resistencia que a la tracción y a la torsión los tejidos estabilizadores ofrecen. A mayor flexibilidad, menor es esta resistencia limitante. (7)

Otro aspecto a remarcar, y enfatizando su importancia, es que la flexibilidad quizás a diferencia de otras capacidades motoras, no pretende el desarrollo máximo de, en este caso, amplitudes angulares articulares, sino tan solo el óptimo en función de la persona y la demanda específica que los gestos que habitualmente efectúa, requieren.

Resta finalmente aclarar la diferencia entre flexibilidad y amplitud de movimiento. Tal como puede advertirse, no refieren al mismo fenómeno. La flexibilidad integra el conjunto de las capacidades en virtud de las cuales les es dado al sujeto incrementar su amplitud de movimiento. La posibilidad de realizar movimientos amplios depende de, entre otras cosas, la fuerza, la coordinación, la relajación diferencial, el equilibrio y, por supuesto, también de la flexibilidad. Mucho de ella, sin duda, pero no exclusivamente. Todas estas facultades son importantes e interdependientes y es precisamente por ello que si lo circunscribimos la mejora de amplitud de movimiento al desarrollo de la flexibilidad y descuidamos las demás capacidades, entonces muy probablemente los resultados no sean óptimos.

Si continuamos con el presente análisis inexorablemente debemos abordar las distintas resistencias a la amplitud de movimiento que participan en los diferentes gestos deportivos. (7)

En cuanto a los componentes morfológicos artromusculares y su grado de contribución parcial a la rigidez durante la ejecución de movimientos funcionales dinámicos, no es extraño que todavía la clasificación propuesta por Johns y Wright (1962) resulte orientadora. Los porcentajes son:

- Músculos, fascias y aponeurosis 41%
- Capsula articular, ligamentos y geometría de las superficies articulares 35%
- Piel 11%
- Tendones y sus vainas 10%

Verkhoschansky y Siff también entienden que la amplitud de movimiento esta principalmente determinada por:

- Las limitaciones estructurales o arquitectónicas de la articulación
- Las propiedades mecánicas de los músculos y otros tejidos blandos de la articulación
- Los procesos neuromusculares que controlan la tensión y la fuerza de los músculos
- El nivel de tensión muscular afuncional en el mismo u otros músculos y tejido blandos

Ahora bien, con respecto a las diferencias porcentuales especificadas por Johns y Wright no debemos olvidar que, concretamente, no todas las articulaciones ofrecen resistencias similares para los distintos movimientos, habiendo casos, inclusive, en los cuales los factores de oposición son estrictamente neuromusculares o exclusivamente articulares.

Si nos centramos en la articulación de la cadera, más específicamente en los movimientos de flexión extensión, encontramos dos tipos de resistencias que según su participación en el movimiento tienen un rol principal o secundario.

En su libro el profesor Di santo presenta una tabla de carácter orientativo respecto a las resistencias principales y secundarias para cada articulación y movimiento que realizan.

En la cadera para la flexión y extensión: el factor limitante principal es el musculo y el factor limitante secundario es la articulación coxo femoral misma. A continuación abordaremos el análisis de estos dos factores:

Por un lado tenemos la unidad musculo tendinosa agonista, sobre la cual enumeraremos varios puntos respecto a la resistencia que generan ante la flexión y la extensión:

- En primer lugar el tendón mismo, el componente menos estirable (hasta un 4% aproximadamente), aunque no imposible en cierta medida.
- Tejido conectivo extrafibrilar. Constituyen resistencias predominantemente elásticas, a saber, endo, epi y perimio, vainas y aponeurosis, etc.
- Componentes intrafibrilares, pero no elásticos sino prioritariamente plásticos. Entre ellos tenemos, por ejemplo, retículo sarcoplasmático, mitocondrias, entre otros.
- Filamentos intrasarcoméricos contráctiles. Elásticos por excelencia, entre ellos tenemos los filamentos gruesos (miosina), los finos (actina), etc. No debemos olvidar, en este ítem, la mayor o menor resistencia generada a partir de la proporción de fibras ST, FTa o FTb que el musculo tenga, ligado esto, evidentemente, no solo a su función propia sino también, al carácter de los estímulos a los cuales está habituado. Cabe aclarar que la constitución y resistencia del tejido conectivo varía según la función muscular sea tónica o fásica.
- Filamentos intrasarcoméricos no-contráctiles. También exclusivamente elásticos.
- Vasos sanguíneos y nervios, de respuesta predominantemente elástica, constituyen una resistencia poco estudiada y tenida en cuenta hasta el momento.

Por el otro lado como resistencia limitante secundaria tenemos la capsula articular y el aparato ligamentario. Estos componentes ofrecen importantes resistencias, genéticamente condicionados pero accesibles a través de propuestas metodológicas adecuadas. (7)

#### Técnica de carrera y articulación coxo-femoral:

Una vez que analizamos las características anatómicas de la articulación coxo femoral y que logramos discernir las diferencias entre el concepto de flexibilidad y amplitud de movimiento abordaremos el análisis y explicación de la biomecánica y la técnica de la carrera.

Durante la carrera, el deportista sigue un patrón general de movimientos en el que pueden distinguirse dos fases:

1. Fase de apoyo monopodal, en el que el corredor contacta con el suelo con un solo pie para tomar apoyo e impulsarse hacia delante.
2. Fase de vuelo, durante el cual el cuerpo se desplaza hacia delante mientras se mantienen ambos pies sin contacto con el suelo. El ciclo se completa con una nueva fase de apoyo monopodal pero realizado por la pierna contraria.

Terry L. Nicola y David Jewison en su artículo de revisión “The Anatomy and Biomechanics of Running” realizan una concisa descripción de los músculos y articulaciones que participan en la mecánica de la Carrera, que abordaremos a continuación. (10)

Fase de apoyo: comienza con el contacto del pie con el piso, seguido de apoyo medio y posterior despegue. Diferentes grupos musculares, huesos y articulaciones trabajan únicamente en cada una de estas acciones. Cuando el pie hace contacto con el piso, los músculos, tendones, huesos y articulaciones del pie y el resto de la pierna trabajan para absorber las fuerzas generadas por el impacto con el suelo. El aterrizaje del pie durante la pisada se ve facilitada por las acciones de la articulación subastragalina, que causa la pronación del pie. Además, la fascia plantar se estira para permitir que el pie se expanda y así absorber el aterrizaje. La dorsiflexión se produce a nivel del tobillo talocrural, acompañado por flexión de la rodilla, y el movimiento de la cadera, que están todos implicados en la distribución de la fuerza del impacto a través de la cadena cinética cerrada que se produce durante la pisada. El recto femoral y la pantorrilla transfieren la energía del impacto desde lo distal hacia lo proximal (desde tobillo hacia la rodilla y desde rodilla hacia cadera). Esto ayuda a distribuir y atenuar las fuerzas del impacto del pie con el piso. Investigaciones recientes (11) han demostrado que la fatiga no modifica la capacidad de atenuar y amortiguar los repetidos impactos al correr por parte de la cadena cinética antes mencionada. (10)

A medida que la fase de apoyo progresa hasta el apoyo medio, el pie comienza a pasar de la pronación a supinación en preparación para el despegue del pie del suelo. Los isquiotibiales se acortan mientras que la pierna continúa con la fase de apoyo. Este movimiento de tracción se ve reforzada por la contracción y empuje causada por el gemelo, sóleo y el tendón de Aquiles, lo que causa la flexión plantar del tobillo, y permitir el despegue. (8, 10)

Fase de vuelo: se produce cuando las extremidades inferiores se balancean a través del aire desde el despegue hasta la posterior pisada. Esto consiste en un movimiento hacia adelante, y el descenso del pie, terminando con pisada donde comienza la fase de apoyo nuevamente. Cuando se produce el despegue, el recto femoral y el tibial anterior son los músculos más activos. Los isquiotibiales y los extensores de la cadera se encuentran activos durante el final del vuelo. Los isquiotibiales, el complejo gemelo/soleo y los extensores de cadera están activos desde el final del vuelo hasta la mitad de la fase de apoyo.

La fase de vuelo incluye rotación hacia adelante de la pelvis y flexión de la cadera causada por el psoas y el iliaco, junto con los músculos de la zona media, para permitir la torsión de la pelvis. El recto femoral está activo durante la mitad de la fase de vuelo. Los cuádriceps comienzan a mostrar actividad a finales del vuelo. Los isquiotibiales por otro lado se alargan tanto como la pierna se extiende en la rodilla. El descenso del pie para lograr contacto con el suelo comienza mientras la otra pierna está terminando su fase de apoyo. (10)

Si nos centramos específicamente en la amplitud que tienen los movimientos antes descriptos durante la fase de vuelo y de apoyo encontraremos que:

- En contacto inicial la cadera se encuentra en 20º de flexión y se mueve ligeramente hacia 23º de flexión a través de la fase de apoyo.
- Posterior al contacto inicial, la cadera se moviliza hacia atrás extendiendo la pierna, y al momento de despegue del pie se encuentra a 11º de hiperextensión.

- La cadera permanece medianamente en esa posición (oscila entre 8° y 11° de hiperextensión) durante la fase inicial del vuelo. Cuando el pie contralateral está en contacto con el suelo (oscilación media sobre la pierna de referencia), la cadera rápidamente comenzó a moverse hacia flexión. Cerca del final de la parte media del vuelo, el pico de la flexión se alcanzó (31°). Entonces la extremidad comenzó a moverse hacia la extensión, una vez más, y continuó hasta finales del vuelo.
- A finales del vuelo, la cadera se mantuvo en una posición de 15 ° a 17 ° de flexión. (8) (10).

Cabe destacar que este patrón de movimiento que acabamos de describir, es de carácter general, y la técnica de carrera está determinada por las características anatómicas y antropométricas y de desarrollo coordinativo que tenga cada individuo lo cual generan innumerables variaciones interindividuales y estilos diferentes de carrera.

Ahora que conocemos los componentes anatómicos de la cadera, como inciden en la amplitud de movimiento y que también conocemos la biomecánica de la carrera abordaremos las diferentes variables antropométricas que tienen incidencia en la economía de carrera y la performance deportiva.

Al ejecutarse un movimiento, cualquiera sea su característica y circunstancia, la energía invertida por los grupos musculares motores primarios debe, en cierto porcentaje, emplearse necesariamente para el vencimiento de las resistencias naturalmente ofrecidas por el conjunto de los diferentes tejidos prioritariamente ubicados en los grupos musculares antagonistas. Así al liberarse la energía para la acción, antes de que esta pueda aplicarse sobre el cuerpo por ejemplo, debe destinarse parte de la misma para la deformación mecánica de las estructuras conectivas intra y extra fibrilares de los grupos musculares antagonistas, como así también los componentes plásticos articulares, tanto en los núcleos principales como los secundarios. Lógicamente, a mayor flexibilidad de dichos elementos, entiéndase menor resistencia a la tracción, menor será la energía dirigida y empleada para su deformación. A menor energía malgastada en la modificación de los componentes plásticos y elásticos del grupo muscular antagonista y de los elementos capsulares y ligamentarios de la articulación implicada en cuestión, mayor será la posibilidad de ahorro de energético o de aplicación directa de todo el potencial motor para el logro del objetivo propuesto.

Sin embargo cabe destacar dos cuestiones importantes. Por un lado, recordar que la flexibilidad no es la única capacidad involucrada en la economía de esfuerzo. Es un hecho que dicha capacidad reduce la resistencia del tejido conectivo (unidad musculo-tendinosa, capsulas, ligamentos, etc.), pero los componentes contráctiles el grupo muscular antagonista deben, para lograr un óptimo ahorro de energía, relajarse al máximo durante la contracción de los músculos agonistas. El grupo muscular antagonista ejerce una acción de frenado, principalmente por su contracción excéntrica, cuya superación demanda un notable gasto energético extra. Enfatizando la situación, la contracción a funcional, no solo se localiza en los músculos antagonistas a la acción muscular sino también puede darse en los músculos estabilizadores, sinergistas, y más aún, a grupos musculares notablemente alejados cuya hipertonia no hace otra cosa que entorpecer la correcta performance. Es por ello que relajación y flexibilidad constituyen en este sentido, una dupla inseparable.

Por otro lado, y como segunda consideración, la estirabilidad del tejido conectivo, si es máxima, promueve la dispersión de la energía elástica y está perdida irrecuperable exige mayores niveles de contracción.

### Largo de la zancada, cantidad de pasos y economía de carrera:

Los movimientos de propulsión en la realización de la técnica de carrera se unen para crear un patrón general de extensión.

Mientras corremos, desde el momento en que se coloca el pie, este comienza a pasar por debajo de nuestro cuerpo, el objetivo general es crear la óptima propulsión hacia adelante (y un poco de desplazamiento hacia arriba).

Esta propulsión es creada por nosotros empujando efectivamente el suelo, lejos debajo y detrás de nuestro centro de masa en movimiento. Podemos ver claramente grandes ejemplos de este patrón de extensión de propulsión en muchos corredores de fondo de élite.

Si observamos a los corredores keniatas, por ejemplo: su capacidad para extender poderosamente la cadera a través de un amplio rango de movimiento antes de que el pie deje el suelo, es en gran parte la razón de su larga longitud de zancada e impresionante retroceso elástico en su fase de recuperación eficiente.

El ritmo de carrera se rige en gran medida por la combinación de la longitud de la zancada y la frecuencia de zancada (cadencia de la carrera), está claro que la capacidad de extender bien la cadera a través de la fase de propulsión es una clave vital para el desarrollo de la velocidad de carrera y la eficiencia mecánica. (30)

Justamente las variables analizadas con mayor frecuencia han sido la frecuencia de la zancada, el largo de la misma, y cuál sería el balance ideal entre estas dos variables.

Paul Hogberg define estas variables de manera muy precisa y concisa: (12)

- El largo de la zancada es la distancia entre cada marca de los pies en la pista o piso.
- La frecuencia de zancada es la cantidad de pasos que el corredor realiza por minuto.

Como corredores, se requiere una determinada cantidad de extensión para crear una longitud de zancada necesaria para el ritmo deseado. Ahora sabemos que este patrón de extensión proviene en gran parte de la cadera, que actúa sobre una pelvis estable y neutra. Esto permite que el glúteo mayor funcione correctamente, durante la fase de apoyo medio y final creando la propulsión necesaria para avanzar.

Tartaruga y colaboradores (14), encontraron relaciones significativas de estas dos variables con la economía de carrera ( $r = -.61$  y  $r = .61$  respectivamente). De acuerdo con el análisis de regresión múltiple, a estas variables les corresponde el 28% y el 23% respectivamente del total de influencia que tienen todos los parámetros biomecánicos analizados en el estudio, en la economía de carrera.

Como menciona Schuppe un corredor puede incrementar el largo de su zancada de tres maneras diferentes: (12)

1. Estirando hacia adelante la parte baja de la pierna.
2. Incrementando el ángulo del muslo en el plano sagital, (esto dependerá de una mayor estirabilidad de los componentes muscular tendinosos antagonistas y fuerza de los agonistas tanto para los movimientos de flexión como extensión).
3. Mediante un empuje más fuerte en la etapa final de la fase de apoyo.

La primer conjetura detrás de la investigación de estas variables es que las zancadas demasiado largas requerirán mayor poder de propulsión (por lo tanto mayor gasto energético), resultando en una oscilación vertical del centro de masa mayor, produciendo una entrada del pie que genera mayores fuerzas de frenado que requieren mayores rangos de movimiento en las articulaciones participantes incrementando así también la fricción interna durante el movimiento en dicha articulación (1). A la inversa zancadas muy cortas incrementarían el trabajo y fricción interna de las articulaciones producto de la mayor frecuencia de impactos con el suelo. Cuando la velocidad se mantiene constante el largo de la zancada y la cantidad tienen una relación inversamente proporcional. Por lo tanto cuando la cantidad de pasos aumenta el largo de zancada se acorta y cuando la cantidad de pasos disminuye el largo de la zancada crece (17).

Esto va de la mano con lo encontrado en numerosos estudios (18, 19, 20, 21 y 22) que indicaron que el  $\text{Vo}_2$  submáximo incrementa curvilíneamente mientras el largo de la zancada aumenta o disminuye respecto a la elegida por el corredor. Esta misma relación entre el largo de la zancada y la economía de la carrera también ha sido demostrada para la caminata.

Kaneko y colaboradores (23) sugieren que la relación entre la cantidad de pasos y la economía de la zancada puede estar asociada con el reclutamiento de la fibra muscular. A tipos de zancada más lento (y mayores longitudes de zancada), los músculos necesitan desarrollar altas tasas de energía externa durante la propulsión para superar las fuerzas de frenado mayores. Por el contrario a mayor cantidad de pasos (longitudes de zancada corta), la potencia mecánica asociada con el movimiento de las extremidades aumenta debido a la mayor frecuencia de los movimientos. Indicaron que estas condiciones extremas pueden requerir una mayor dependencia de las menos económicas fibras de tipo II, que en la frecuencia de zancada o combinaciones de la longitud de zancada. En consecuencia, los esfuerzos para mejorar la economía de carrera través de la manipulación del ritmo de zancada serían ineficaces, a menos que el ritmo de zancada libremente elegido por el corredor no sea económicamente óptimo. Kram y Taylor sugieren que las diferencias en la demanda de oxígeno son proporcionales al ritmo de zancadas a velocidades constantes, lo que sugiere que el tiempo disponible para el desarrollo de fuerza es importante en la determinación de la economía de carrera.

Algunos datos sugieren que los corredores con más años de experiencia y entrenamiento en el pedestrismo tienden a realizar zancadas más largas a cualquier velocidad dada. Aunque en contraposición a estos datos Cavanagh y colaboradores luego de evaluar corredores de elite encontraron lo opuesto (15).

En otras investigaciones relevantes, Williams y Cavanagh también encontraron que una mejor economía de carrera en fondistas masculinos de elite se encontraba asociada con mejores amplitudes máximas de movimiento para el muslo durante la extensión de cadera y ángulos de rodilla más chicos en el despegue del pie (16).

Cuando los autores antes mencionados compararon la biomecánica de corredores de elite con corredores de buen nivel, solo encontraron pequeñas diferencias. Los corredores de buen nivel tendían a realizar zancadas más largas y cambios concomitantes en variables asociadas con un incremento del largo de la zancada. Los corredores de buen nivel también tendían a ser más asimétricos que sus colegas de elite respecto a la oscilación del centro de masa (15). Cabe aclarar que en este estudio los atletas considerados de “elite” tenían un tiempo para la maratón de 2:15:52 y los de “buen” nivel 2:34:40, lo cual no condice en lo más mínimo con la realidad en la que estamos

desarrollando nuestro estudio, ya que los corredores que participaran en el mismo son corredores recreacionales. De todos modos la información no deja de ser un aporte importante para comprender este fenómeno.

En un importante estudio (8) en el que comparan dos ritmos de carrera, uno lento 3.35 m/s y un ritmo más rápido 3.58 m/s y realizan un análisis biomecánico de la técnica de carrera en corredores recreacionales se realizaron importantes hallazgos:

Los ritmos seleccionados se basaron en las velocidades normalmente elegidas por los corredores recreacionales. El ritmo más lento utilizado en este estudio era aplicable al trotador, o corredor Nivel I y el ritmo más rápido fue para el corredor más serio, sin embargo, todavía no de élite, o Nivel III (según el estudio). "Las principales diferencias en el momento de los dos pasos fue que el corredor de ritmo más rápido pasó casi un tercio más tiempo en la etapa de vuelo, y correspondientemente menos tiempo en apoyo en una sola extremidad".

La ejecución de un ritmo más rápido utiliza considerablemente rangos mayores de movimiento de la cadera y la rodilla en el balanceo en contraposición con el ritmo más lento. La cadera fue la articulación encargada de exagerar el rango de movimiento al principio del balanceo (es decir, hay una diferencia estadísticamente significativa mayor en la extensión de la cadera en el ritmo rápido durante el primer balanceo cuando se compara con el ritmo lento), y la rodilla luego continuo con el exceso de flexión como reacción resultado del impulso de la cadera.

Al final del balanceo medio y el comienzo del balanceo final, la cadera exhibió significativamente mayor flexión durante el ritmo más rápido mientras la extremidad inferior se inclinó hacia adelante para la entrada del pie. Por lo tanto, el rango de movimiento excesivo en la cadera y la rodilla en la fase de balanceo durante el ritmo más rápido responde a un ciclo en cadena que comenzó y terminó en la cadera con la rodilla en respuesta a la movilidad de su articulación predecesora.

Este estudio arroja como conclusión respecto a la mecánica de la cadera durante la carrera en corredores recreacionales los siguientes puntos a considerar:

1. Cuando se corre a un ritmo rápido los corredores estuvieron menos tiempo durante la fase de apoyo y más tiempo durante la fase de vuelo, que cuando corrían a ritmo más lento.
2. La cadera se encontraba aproximadamente a 20° de flexión al inicio del contacto con el suelo, se mantuvo igual durante el resto del momento de carga, para luego comenzar a extenderse al final de la fase de apoyo. Durante el balanceo inicial, la cadera se mantuvo en hiperextensión. Posteriormente comenzó a flexionarse en la medida que avanzaba el balanceo hasta alcanzar el momento de flexión máxima. Luego empieza a extenderse para contactar con la superficie una vez más.
3. Cuando se corre a un ritmo rápido comparado con un ritmo lento, se encontró una extensión más significativa en la cadera durante el comienzo del balanceo y más flexión tanto en esta articulación como en la rodilla durante la mitad y la etapa final de dicho balanceo. Este incremento en la amplitud de movimiento incrementa el largo de la zancada en la medida que el ritmo de carrera aumenta.

Basado en los resultados de sus estudios, Cavanagh y Williams concluyeron que hay poca necesidad de dictar la longitud del paso para la mayoría de los corredores debido a que ya tienden a mostrar

una longitud de la misma cerca de la óptima. Los autores proponen dos mecanismos para explicar este fenómeno.

En primer lugar, los corredores adquieren de forma natural una longitud óptima de zancada y la frecuencia de zancada con el tiempo, basado en el esfuerzo percibido durante los entrenamientos.

En segundo lugar, los corredores pueden adaptarse fisiológicamente a través de la repetición de los entrenamientos a una longitud determinada/cantidad de pasos, para una velocidad determinada.

#### Largo de la zancada, largo de pierna y altura:

El razonamiento lógico nos indica que las personas que posean piernas más largas por consiguiente tendrán zancadas más largas y este mismo razonamiento se lo realizaron varios investigadores que abordaron la temática.

Williams y Cavanagh estudiaron las relaciones entre la mecánica de la carrera de larga distancia y la economía de la misma en 31 corredores que se dividieron en 3 grupos con marcadas diferencias respecto a la economía de carrera. A pesar de las diferencias antes expresadas, no encontraron diferencias significativas en las medidas antropométricas evaluadas (largo de segmentos corporales y % de masas). (1)

Cavanagh y Kramer en uno de sus estudios realizan una revisión de la literatura respecto a estas dos variables y su grado de correlación, y luego del análisis concluyeron: (33)

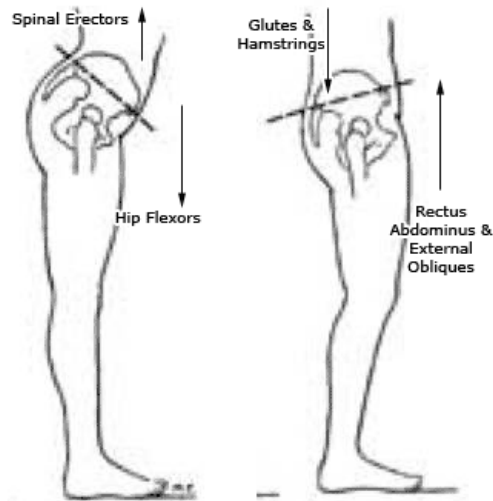
- La gran mayoría de las investigaciones poseen problemas respecto al tamaño de la población y la distribución de la misma, que afectan directamente el resultado final de dicha investigación.
- El largo de la zancada no está bien relacionada ni con la altura ni con el largo de la pierna, como es normalmente pensado. La correlación más alta encontrada de cualquiera de los estudios con corredores de larga distancia encontraron  $r=0.69$ , indicando que el largo de la pierna solo representaba el 48% de la variancia del largo de la zancada. En el peor de los casos se encontraron correlaciones inversas entre ambas variables.

#### Inhibición Glútea y biomecánica en la carrera:

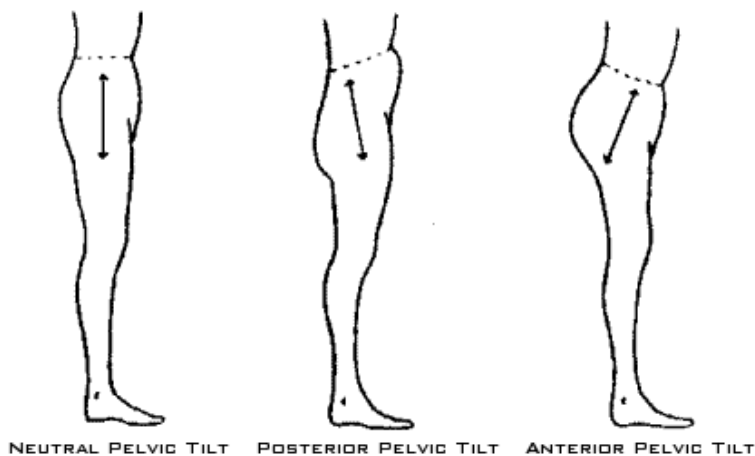
Siguiendo el análisis planteado en parte por James Dunne y Marilyn y cols. (28 y 8) un glúteo que no se contrae en el momento justo o un glúteo débil crearía una situación favorecedora a lesiones durante la carrera.

Comúnmente los glúteos se inhiben, lo que les impide participar adecuadamente, para así poder llevar a cabo su función. Esto suele suceder debido a la posición que se ven obligados a adoptar cuando la postura de la pelvis se encuentra comprometida. Este problema se produce especialmente en el plano sagital, creando ya sea una inclinación pélvica anterior o posterior (por lo general anterior). La posición de la pelvis actúa para determinar el apalancamiento disponible para cada uno de los músculos, los que controlan y estabilizan las caderas y la espalda baja. Para describir en líneas generales la forma en que la unión de grupos musculares puede determinar su posición pélvica: flexores de la cadera tiran hacia abajo en la pelvis, mientras que los extensores de la espalda baja tiran hacia arriba. Los abdominales tiran hacia arriba mientras que los glúteos y los isquiotibiales tiran hacia abajo.





La optimización de su inclinación de la pelvis para lograr una posición neutral permite a los glúteos posicionarse con el mayor apalancamiento disponible para actuar en la cadera. Para lograr esto, lo primero que tenemos que hacer es determinar si el atleta tiene más de una vista anterior (parte inferior se pega hacia fuera), posterior (parte inferior escondido bajo), o la postura de la pelvis neutra. Una inclinación pélvica anterior significa que la parte superior de la pelvis se inclina hacia delante y la espalda baja es arqueada. Una inclinación pélvica posterior significa que la parte superior de la pelvis está inclinada hacia atrás, con la pelvis escondido debajo del cuerpo, de acuerdo con el siguiente diagrama, idealmente se requiere una posición neutral para la función óptima de glúteos:



Factores tales como sentarse excesivamente durante la vida diaria puede resultar en flexores de cadera crónicamente acortados y más activos, tirando de la pelvis en una posición inclinada hacia delante. Esta sobre actividad de los flexores de la cadera, en particular el iliopsoas puede resultar en un problema neuromuscular llamado inhibición recíproca, donde un grupo de músculos (en este caso los glúteos) es inhibido por la activación excesiva de su grupo de músculos antagonistas (en este caso los flexores de la cadera).

### Glúteo medio:

El Glúteo Medio es el principal abductor de la cadera.

Las fibras frontales generan la rotación interna de la cadera y las posteriores la rotación externa. Durante acciones de cadena cinética cerrada tal como sucede durante la fase de apoyo en la carrera, la función normal del glúteo medio como músculo motor se invierte y actúa como estabilizador de la pelvis. La debilidad del glúteo medio puede generar en la marcha:

- Desplazamiento medial de la rodilla
- Desplazamiento lateral de la rodilla
- Flexión lateral del tronco.

Incluso deportistas con una mala estabilidad dinámica de la pelvis disminuirán la longitud de la zancada arrastrando más los pies para reducir la fuerza de reacción al contactar contra el piso.

La debilidad del glúteo medio tiene implicancia en toda la cadena de movimiento.

Así por ejemplo durante la fase de apoyo de la pierna derecha, el músculo se contrae para detener el descenso del lado izquierdo de la pelvis, de modo que la pelvis no genere una inclinación mayor a 7 u 8 grados con respecto al piso.

Cuando existe un debilitamiento del glúteo medio los atletas pueden adoptar una serie de adaptaciones “tramposas” que ocurren durante la fase de apoyo de la carrera. La técnica de carrera puede demostrar una combinación de adaptaciones tales como un leve “Trendelenburg”, desplazamiento medial de la rodilla, desplazamiento lateral de la rodilla o flexión lateral del tronco. Incluso corredores con una mala estabilidad dinámica de la pelvis disminuirán la longitud de la zancada arrastrando más los pies para reducir la fuerza de reacción al contactar contra el piso. La debilidad del glúteo medio tiene implicancia en toda la cadena de movimiento. (30)

### Conclusión:

Antes de realizar cualquier tipo de afirmación, es importante recordar que todavía después de tanta investigación, no se ha establecido un modelo para la economía de la carrera. Esto es porque existen muchos factores que pueden contribuir a las fluctuaciones del gasto energético.

Es por eso, que el propósito de este estudio, es corroborar si existe una relación lineal entre la amplitud de movimiento de la articulación coxo femoral, que estará determinada tanto por la flexibilidad de los componentes anatómicos como de la fuerza de contracción y la acción del sistema nervioso central en la coordinación de los componentes antes mencionados, y la cantidad de pasos que realizara el sujeto ante la realización de un test. El estudio de esta relación servirá para comprender de mejor manera, la incidencia de la articulación de la cadera en la mecánica de carrera y quizás generar nuevos interrogantes que darán pie a otras investigaciones.

## **Métodos:**

### Población de Estudio:

20 corredores recreacionales con buena salud física serán utilizados para este estudio, todos corredores del "Rosario Team Merrell". Como mínimo los sujetos corren 20 kilómetros semanales durante los 3 meses anteriores sin lesión ni dolor alguno.

Serán criterios de exclusión:

- Presentar dolor en la articulación de la cadera en las semanas precedentes.
- No tener acreditados los estudios médicos que pide el grupo de entrenamiento. (Ergometría, eco-cardiograma, electrocardiograma, hemograma etc.).
- No tener una antigüedad mayor a 3 meses de entrenamiento en el grupo.

### Aspectos éticos:

Recaudos éticos: la ejecución de este proyecto se realizara en humanos pero se valoraran todos los datos de manera indirecta sin necesidad de invadir a la persona con métodos de medición que "lastimen al sujeto de estudio".

### Instrumentos:

Para la medición de la amplitud de movimiento se utilizara un celular iPhone 4S que cuenta con la aplicación:

Goniometer-Pro: creado por la compañía "5fuff5" que nos permite realizar mediciones antropométricas que ha sido validado con un coeficiente de correlación de ( $r=0.995-1.000$ ) lo cual es excelente. (32 y 33)

La cinta ergometrica donde los atletas correrán es marca "Kip machine" modelo KR 217.

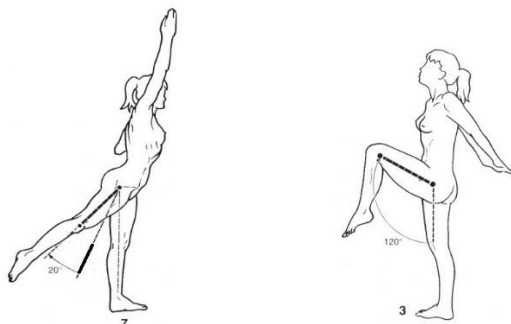
Los atletas serán filmados con la cámara trasera que posee un iPhone 4S que permite que la grabación de videos sea a treinta cuadros por segundo con calidad mejorada (30% más de claridad, equilibrio de un 26% más blanco y mejor precisión de color) y estabilizador de imagen, permitiendo mejorar la captura de videos cuando grabamos a pulso.

### Procedimientos:

Como anteriormente se mencionó la carrera es una sucesión de fases de vuelo y fases de apoyo intercaladas armónicamente para lograr una fluidez entre el esfuerzo de la recepción y posterior despegue del cuerpo y el momento de vuelo. Durante acciones de cadena cinética cerrada tal como sucede durante la fase de apoyo en la carrera, la longitud de la zancada de la pierna que se encuentra en fase de balanceo preparándose para la posterior amortiguación, se verá disminuida si el atleta no posee una buena estabilidad dinámica de la pelvis.

Lo concluido anteriormente nos permite hipotetizar que las evaluaciones en posición supina no arrojan un dato real a la hora de transferirlo al análisis de la amplitud de movimiento activa de la cadera, ya que las amplitudes obtenidas en dichas evaluaciones no estarán sujetas por un lado a la fuerza de la gravedad que inciden sobre el cuerpo, y por otro lado a las fuerzas que se accionaran en la pelvis producto de la estabilización dinámica de la misma durante la carrera. Por lo tanto en el

presente estudio se propone realizar las evaluaciones de la amplitud de movimiento tanto de la flexión como la extensión de posición de parado, realizando la flexión y la extensión buscando alcanzar el máximo rango de movimiento posible de manera voluntaria. A continuación mostraremos dos imágenes ilustrativas: (3)



Dos examinadores serán los que estarán a cargo de toda la recolección de datos. Todos los participantes asistirán a una sesión de evaluación al gimnasio FYT.

Todos los atletas se realizaran la medición descalzos sin entrada en calor previa, y las mediciones se realizaran protocolarmente sobre la pierna derecha del evaluado.

Se brindaran instrucciones precisas a los evaluados para que en todo momento sepan y tengan seguridad de la tarea a ejecutar, se realizaran tres mediciones en cada sujeto de cada movimiento.

Se le instruirá al sujeto de estudio que realice el movimiento a medir hasta que alcance el punto de discomfort o no pueda mantener la columna y la pelvis en una posición neutra. Al mismo tiempo un examinador tomara las medidas pertinentes y el otro examinador observara que no se realice ningún tipo de compensación por parte de la columna y la pelvis, y por otro lado anotara los datos arrojados por el primer examinador.

El examinador que realice las mediciones posicionara el celular sobre el trocántero (la parte más distal del trocánter mayor del fémur) para marcar el punto "0" y lo mantendrá en el lugar al mismo tiempo que el sujeto realiza el movimiento, cuando este alcanza el máximo punto de flexión o extensión se marcara en la aplicación y el segundo examinador tomara nota de los grados del movimiento.

La medición de la cantidad de pasos realizada en un minuto se realizara sobre una cinta ergometrica y se procederá a filmar desde el plano sagital al corredor durante el tiempo de la prueba. Previo a la filmación el sujeto de estudio tendrá una entrada en calor de 5 minutos de trote para habituarse a la cinta. Al momento de la evaluación mediante señal verbal se iniciara el test. Un examinador filmara el test mientras el otro realiza el recuento de pasos realizados por el atleta y anota en la planilla correspondiente.

El ritmo al que correrá el atleta sobre la cinta será el tiempo promedio por kilómetro que haya realizado en su última carrera de calle, es decir, si el sujeto corrió los 10 km en 60 minutos, el ritmo sobre la cinta será de 6 minutos el kilómetro.

### Análisis estadístico:

Para cada corredor participante del estudio se realizaron tres mediciones de flexión y extensión sobre ambas piernas. Se trabajó luego con la flexión y extensión promedio por pierna y se definió como “flexión promedio total” y “extensión promedio total” a la suma de las flexiones y extensiones promedio de ambas piernas respectivamente. A través del test de rangos con signo de Wilcoxon, se evaluó si la flexión/extensión media de ambas piernas es la misma, para tener en cuenta este resultado en análisis posteriores.

Conforme al objetivo principal, se evaluó la amplitud de movimiento de la cadera y su relación con la cantidad de pasos en un 1 minuto. Esta asociación se computó a través del coeficiente de correlación  $\rho$  de Spearman tanto para las flexiones y extensiones promedios por pierna como para las totales.

Como interés particular, se clasificó a los corredores según la última carrera en la cual han participado, y se estudió esta relación para los subgrupos conformados. Se estudió también la relación existente entre la amplitud de movimiento de la cadera y la cantidad de pasos ejecutados, con la velocidad media (en km/h) conseguida por el corredor.

Además, se llevó adelante una prueba no paramétrica de Mood, a fin de evaluar si la cantidad mediana de pasos y la velocidad media según última carrera, es la misma.

Los datos fueron analizados con el software estadístico Minitab17. Las notaciones en el informe serán Valor promedio  $\pm$  Desvío standard ( $\bar{x} \pm DS$ ) a menos que se indique lo contrario. Se consideró significativo un  $p < 0.05$ .

### Resultados obtenidos:

El presente estudio contó con un total de 16 participantes, todos ellos varones entre 31 y 54 años de edad ( $40,56 \pm 7,81$  años).

Para la mayoría de los corredores ( $n = 7$ ; 43,75%) la última carrera en la cual tuvieron participación antes de la realización de este estudio fue de 10 K, 6 de ellos en la edición de invierno y 1 en otoño (Figura 1) para el resto la última competencia fue los 15km de puerto norte, los 21km de Rosario y los 42 de la misma ciudad. En la

Última carrera	n	%	Edad
10K	7	43,75	$46,29 \pm 6,82$
15K	2	12,50	$35,00 \pm 4,24$
21K	2	12,50	$39,50 \pm 10,61$
42K	5	31,25	$35,20 \pm 4,09$
Total	16		

Tabla 1 (figura 2) se observa la edad promedio de todos los corredores que participaron en el estudio y la última carrera en la cual participaron previo a la evaluación.

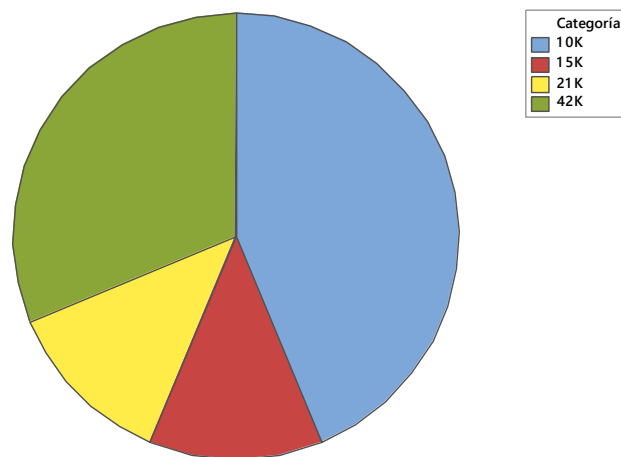


Figura 1. Distribución porcentual de los corredores según última carrera

Última carrera	n	%	Edad
10K	7	43,75	$46,29 \pm 6,82$
15K	2	12,50	$35,00 \pm 4,24$
21K	2	12,50	$39,50 \pm 10,61$
42K	5	31,25	$35,20 \pm 4,09$
Total	16		

Tabla 1. Distribución de los corredores según última carrera

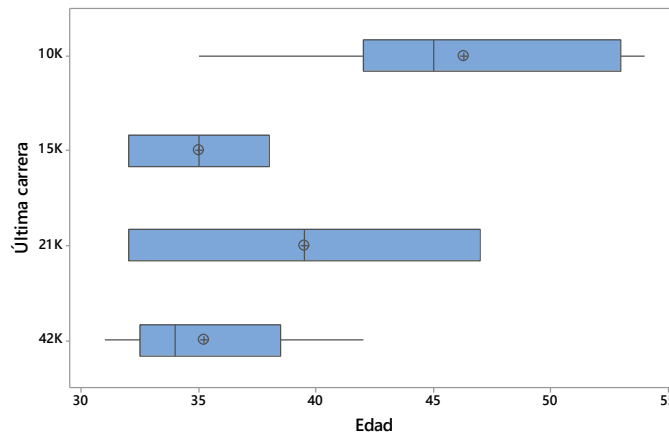


Figura 2. Distribución de la edad de los corredores según última carrera

En cuanto a los registros de extensión de los participantes, el 50% de los corredores logran un promedio de 19,67 grados o menos tanto para la pierna izquierda como para la derecha, mientras que el 50% restante supera dicha magnitud. La diferencia entre la extensión media con pierna derecha e izquierda fue, en promedio, de  $1,00 \pm 3,34$  grados y se observa que no existen diferencias significativas en cuanto a la extensión media con las piernas derecha e izquierda ( $p = 0,20$ ).

La extensión total promedio de los corredores fue de  $40,94 \pm 6,81$  grados, siendo 60,33 grados la extensión total del corredor que consiguió la máxima magnitud.

Respecto a los registros de flexión, el 50% de los corredores tuvo un registro de 78,33 grados o menos para la pierna derecha, mientras que la misma proporción de corredores tuvo 84,00 grados o menos para la pierna izquierda. La diferencia entre la extensión media con pierna derecha e izquierda fue, en promedio, de  $3,73 \pm 9,71$  grados y se observa que existen diferencias significativas en cuanto a la flexión media con las piernas derecha e izquierda ( $p = 0,006$ ).

La flexión total promedio conseguida por los corredores fue de  $162,46 \pm 19,27$  grados, siendo 220,00 grados la extensión total del corredor que consiguió la máxima magnitud.

La Figura 3 muestra la dispersión de las observaciones de flexión y extensión identificadas para cada corredor, en relación a la cantidad de pasos que dieron en la prueba realizada. Por otra parte, en la Figura 4 se observa la misma relación, identificando la pierna sobre la cual se realizó la determinación.

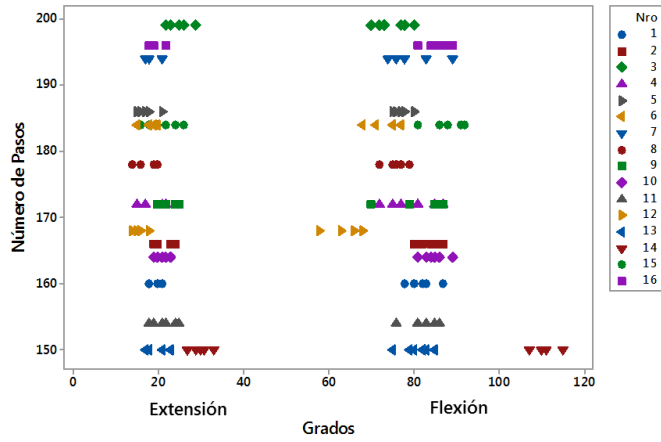


Figura 3. Gráfico de dispersión: Cantidad de pasos efectuados en el test vs Grados de Flexión y Extensión por corredor

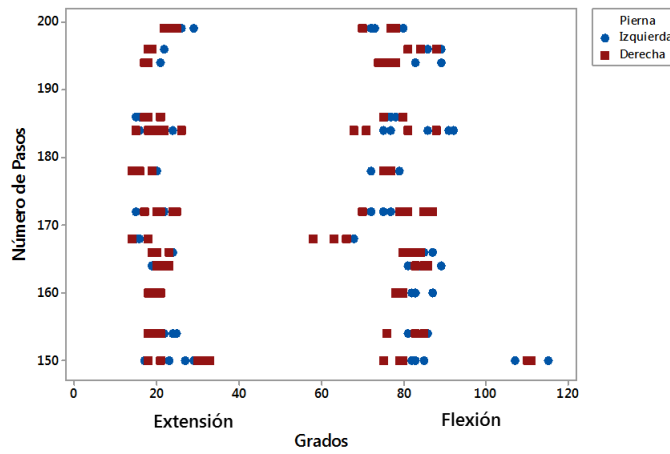


Figura 4. Gráfico de dispersión: Cantidad de pasos efectuados en el test vs Grados de Flexión y Extensión según pierna

En la Figura 5, se muestran las determinaciones de extensión y flexión total en relación con la cantidad de pasos que el corredor efectuó en el test.

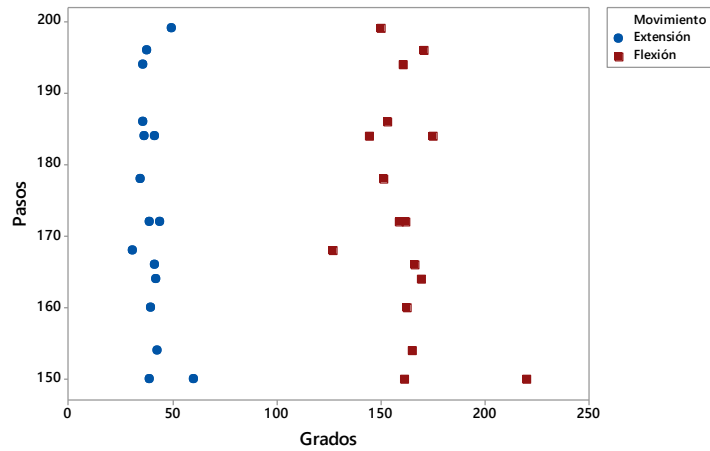


Figura 5. Gráfico de dispersión: Cantidad de pasos efectuados en el test vs Grados de Flexión y Extensión Total



La cantidad promedio de pasos efectuados por los corredores en estudio fue  $173,56 \pm 15,50$  pasos. El corredor que menor cantidad de pasos efectuó hizo 150 pasos, mientras que el corredor que más pasos necesitó para completar la prueba realizó 199. Se observó que la cantidad de pasos existen diferencias estadísticamente significativas entre los corredores que han participado de distintas carreras como última competencia ( $p = 0,015$ ), siendo los corredores que participaron de las carreras de 21 y 42 K los que menor cantidad de pasos realizaron durante la prueba entre los cuales no existen diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2). En cambio, los corredores de 10 y 15 K utilizaron una cantidad media de pasos, mayor que los anteriores.

Tabla 2. Distribución de la cantidad promedio de pasos efectuados por los corredores según última carrera

Última carrera	Pasos
10K	$185,29 \pm 15,06$
15K	$175,00 \pm 4,24$
21K	$159,00 \pm 12,73$
42K	$162,40 \pm 8,17$

Mood median test for Pasos

Chi-Square = 10,49      DF = 3      P = 0,015

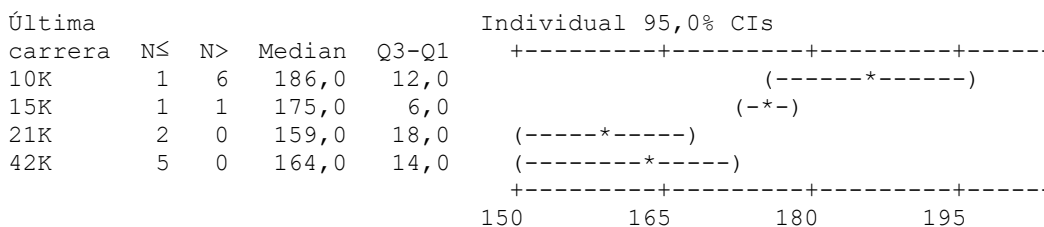


Figura 6. Test de la mediana de Mood para la cantidad de pasos por última carrera

En cuanto a la velocidad de los corredores (o el promedio por km, son la misma variable, ya que una está calculada en función de la otra) se observa que, en promedio, la misma fue de  $11,78 \pm 1,75$  km/h. El corredor más veloz, tuvo una velocidad media de 15 km/h y su última carrera fue de 10 K.

En términos generales, los corredores que participaron en carreras de 42 K tuvieron una velocidad promedio menor que aquellos que participaron en competencias más cortas, sin embargo no existen diferencias significativas en cuanto a la mediana de velocidad en la carrera de los distintos grupos de corredores según su última carrera ( $p = 0,32$ . ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

A fin de cumplir con el objetivo del presente trabajo, se estudió la asociación entre los movimientos de flexión y extensión con la cantidad de pasos a través de un coeficiente de correlación adecuado, el coeficiente  $\rho$  de Spearman.

Al estudiar esta relación para todo el grupo de corredores envuelto en el estudio, no se hallaron asociaciones estadísticamente significativas, pero se halló que la correlación entre la cantidad de pasos efectuados en el test y las amplitudes de flexión y extensión promedio total es negativa. Esto

es, a medida que los movimientos de flexión y extensión son mayores, disminuye la cantidad de pasos efectuados para completar la prueba ( $\rho = -0.35$  y  $-0.33$  respectivamente). Incluso estas conclusiones se sostienen si se estudia la asociación de la cantidad de pasos con la flexión y extensión promedio por pierna (Tabla 3).

Tabla 3. Correlación observada entre la cantidad de pasos con la flexión y extensión promedio por pierna.

	Extensión		Flexión	
	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
$\rho$	-0,25	-0,30	-0,35	-0,11
$p$ -value	0,35	0,27	0,18	0,68

La Figura 7 muestra en distintos paneles la asociación entre cada movimiento y la cantidad de pasos, mientras que la

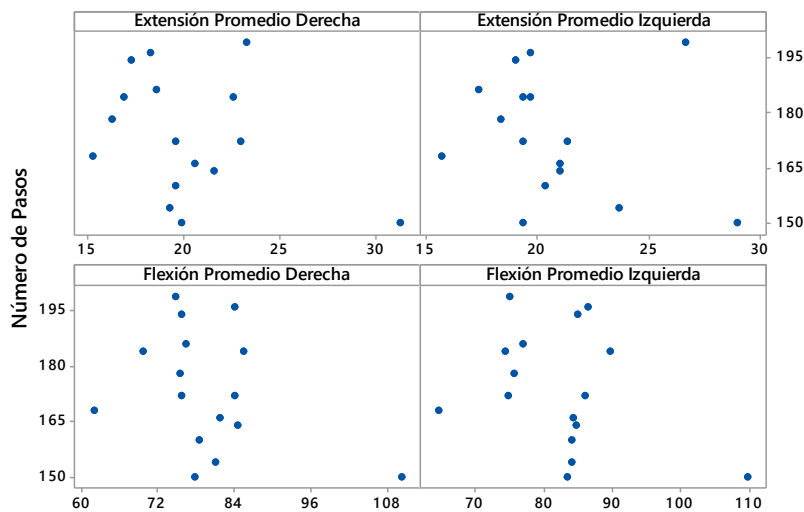


Figura 8 lo hace individualmente para cada pierna. En los mismos puede notarse que la relación entre las variables en estudio no es fuerte.

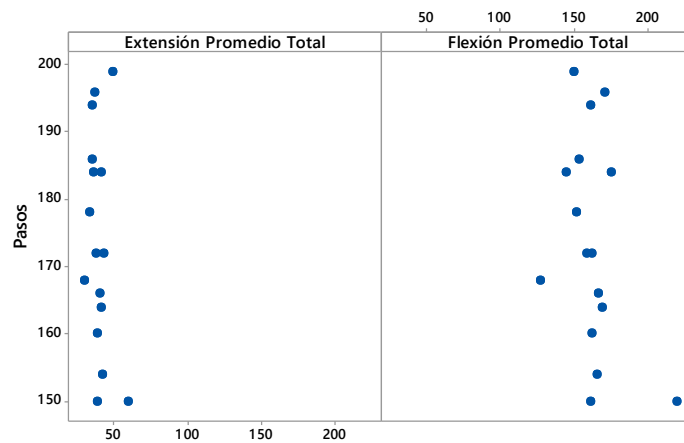


Figura 7. Gráfico de dispersión: Cantidad de pasos efectuados en el test vs Grados de Flexión y Extensión Promedio Total

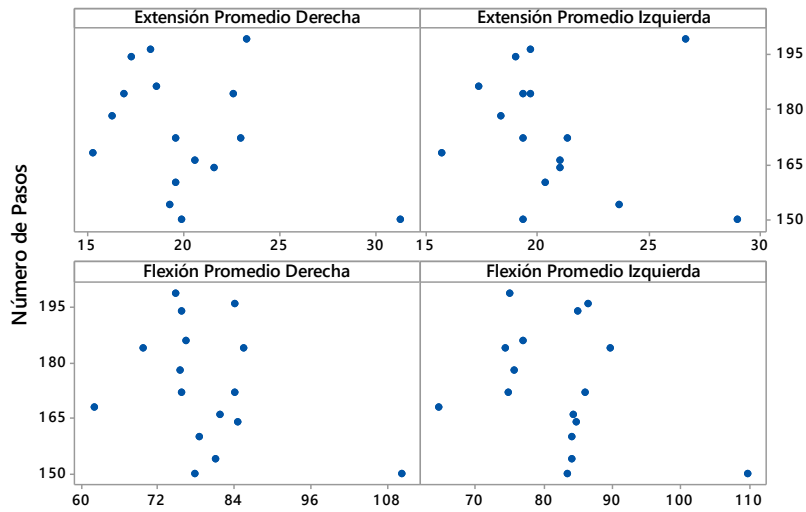


Figura 8. Gráfico de dispersión: Cantidad de pasos efectuados en el test vs Grados de Flexión y Extensión por pierna

Dado que los tamaños de los subgrupos es chica, se agrupó a los corredores de 15K y 21K que son los que menos corredores poseían ( $n = 4$ ), para estudiar la asociación entre la cantidad de pasos y las amplitudes de flexión y extensión, para poder obtener conclusiones válidas. Se obtuvo, tal como era de esperar que, la correlación entre las mismas no es significativa lo que puede deberse al pequeño tamaño muestral con el que se trabajó (Tabla 4). Las figuras más adelante, revelan lo comentado.

Tabla 4. Correlación observada entre la cantidad de pasos con la flexión y extensión promedio total, según última carrera.

Última carrera		Extensión Promedio Total	Flexión Promedio Total
10 K	$\rho$	0,04	-0,18
	$p$ -value	0,94	0,70
15 y 21 K	$\rho$	-0,40	-0,40
	$p$ -value	0,60	0,60
42 K	$\rho$	-0,10	-0,10
	$p$ -value	0,87	0,87

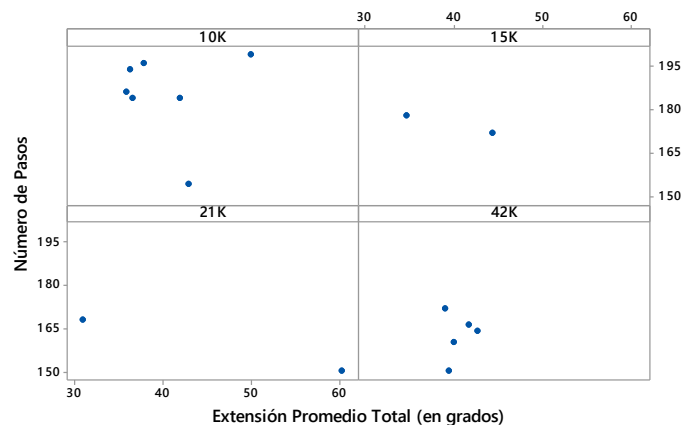


Figura 9. Gráfico de dispersión: Cantidad de pasos efectuados en el test vs Grados Extensión Promedio Total, según última carrera

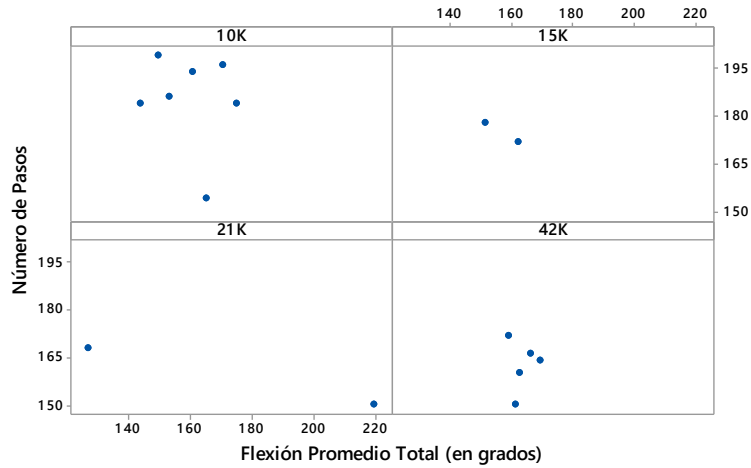


Figura 10. Gráfico de dispersión: Cantidad de pasos efectuados en el test vs Grados Extensión Promedio Total, según última carrera

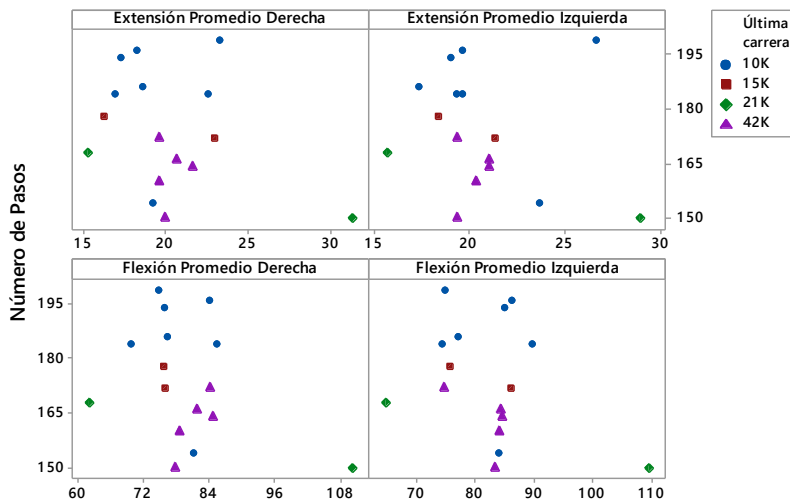


Figura 11. Gráfico de dispersión: Cantidad de pasos efectuados en el test vs Grados de Flexión y Extensión por pierna, según última carrera

De modo anexo, se suma al final de los resultados, las tablas descriptivas donde se encuentran detallados, los resultados de todas las mediciones de amplitud de movimiento para pierna derecha e izquierda, con la respectiva cantidad de pasos y velocidad a la cual ejecutaron la evaluación en la cinta.

Nro	Nombre	Carrera	Prom x km	Veloc km/h	Pasos
1	Pedro Zampol	42K	5,3	11,3	160
2	Matías Chiviló	42K	5	12	166
3	Diego Varayud	10K	4,2	14,2	199
4	Guillermo Gimenez	42K	5	12	172
5	Nicolás Franco	10K	5	12	186
6	Oscar Lovay	10K	5,3	11,3	184
7	Gustavo Yanco	10K	4	15	194
8	Fernando Sinsan	15K	5	12	178
9	Martín Carbone	15K	6	10	172
10	Mariano Fernandez	42K	7	8,5	164
11	Claudio Masagli	10K	6	10	154
12	Nicolás Luca	21K	5,5	10,9	168
13	Cristian Coman	42K	6	10	150
14	Pablo Demaio	21K	5,1	11,7	150
15	Gustavo Alcazar	10K	4,3	13,9	184
16	Norberto Carnevale	10K	4,4	13,6	196

Ultima carrera de cada atleta, promedio por kilómetro, velocidad en kilómetros por hora y cantidad de pasos realizados en un minuto en cinta.

Nro	Nombre	Derecha					
		Flex1	Flex2	Flex3	Ext1	Ext2	Ext3
1	Pedro Zampol	80	78	78	21	18	20
2	Matías Chiviló	80	84	82	19	20	23
3	Diego Varayud	78	70	77	22	25	23
4	Guillermo Gimenez	81	85	87	17	21	21
5	Nicolás Franco	75	75	80	17	21	18
6	Oscar Lovay	71	68	71	15	18	18
7	Gustavo Yanco	78	74	76	17	18	17
8	Fernando Sinsan	77	75	75	14	16	19
9	Martín Carbone	70	79	79	24	20	25
10	Mariano Fernandez	83	85	86	20	22	23
11	Claudio Masagli	76	83	85	19	18	21
12	Nicolás Luca	63	58	66	14	18	14
13	Cristian Coman	79	80	75	21	18	21
14	Pablo Demaio	110	110	111	31	30	33
15	Gustavo Alcazar	81	88	88	20	22	26
16	Norberto Carnevale	81	84	88	18	18	19
Nro	Nombre	Izquierda					
		Flex1	Flex2	Flex3	Ext1	Ext2	Ext3
1	Pedro Zampol	82	87	83	20	20	21
2	Matías Chiviló	81	85	87	19	20	24
3	Diego Varayud	72	73	80	29	25	26
4	Guillermo Gimenez	75	77	72	22	21	15
5	Nicolás Franco	78	77	76	16	15	21
6	Oscar Lovay	71	75	77	19	20	20
7	Gustavo Yanco	83	89	83	21	18	18
8	Fernando Sinsan	79	76	72	16	20	19
9	Martín Carbone	86	87	85	20	22	22
10	Mariano Fernandez	81	89	84	23	19	21
11	Claudio Masagli	81	85	86	25	22	24
12	Nicolás Luca	58	68	68	16	16	15
13	Cristian Coman	82	85	83	18	17	23
14	Pablo Demaio	115	107	107	31	27	29
15	Gustavo Alcazar	86	91	92	16	18	24
16	Norberto Carnevale	89	84	86	19	22	18

Mediciones de la amplitud de movimiento en la articulación coxo-femoral para pierna derecha e izquierda

### Discusión:

En el presente estudio se intentó dilucidar la relación entre una variable antropométrica, como la amplitud de movimiento de la articulación coxo-femoral, con la cantidad de pasos que realiza un corredor por minuto. No es que estudios anteriores no hayan abordado esta temática, sino que lo realizaron con poblaciones disimiles a las del presente estudio, es decir, corredores de elite o de muy buen nivel pero no en poblaciones recreacionales.

Cuando se compararon la cantidad de pasos para los diferentes ritmos de carrera, correspondientes a la última distancia en la que participaron, se han encontrado diferencias significativas ( $p = 0,015$ ), siendo los corredores que participaron de las carreras de 21 y 42 K los que menor cantidad de pasos realizaron durante la prueba; entre los cuales no existen diferencias estadísticamente significativas (Tabla 2). En cambio, los corredores de 10 y 15 K utilizaron una cantidad media de pasos, mayor que los anteriores.

Una distancia menor permite desarrollar y sostener intensidades mayores a las que podría sostener un corredor que realiza hasta casi 4 veces más la distancia de los 10 kilómetros, comparando los dos extremos de la muestra. Esto se evidencia en la tabla 2 donde se observa que los corredores de 10 kilómetros sostuvieron un promedio total de  $185,29 \pm 15,06$  pasos contra los  $162,40 \pm 8,17$  pasos que realizaron sus pares, que participaron en los 42 kilómetros.

Esta diferencia en el recuento final de pasos nos señala que el aumento de la velocidad de desplazamiento se puede explicar más por un aumento en la cadencia de pasos que de la amplitud de la zancada, para esta población. Esto también se sustenta cuando observamos el bajo índice de correlación entre las dos variables (cantidad de pasos en un minuto y amplitud de movimiento), datos expuestos en tabla 4 y graficados en figura 10, 11 y 12.

Como expondremos a continuación las diferencias halladas en esta investigación se pueden analizar desde varias perspectivas y se les pueden encontrar varias explicaciones al mismo fenómeno.

Según Kaneko y colaboradores (23) a tipos de zancada más lento (y mayores longitudes de zancada/menos cantidad de pasos), los músculos necesitan desarrollar altas tasas de energía externa durante la propulsión para superar las fuerzas de frenado mayores. Por el contrario a mayor cantidad de pasos (longitudes de zancada corta), la potencia mecánica asociada con el movimiento de las extremidades aumenta debido a la mayor frecuencia de los movimientos. Indicaron que estas condiciones extremas pueden requerir una mayor dependencia de las menos económicas fibras de tipo II, que en la frecuencia de zancada o combinaciones de la longitud de zancada. En consecuencia, los esfuerzos para mejorar la economía de carrera través de la manipulación del ritmo de zancada serían ineficaces, a menos que el ritmo de zancada libremente elegido por el corredor no sea económicamente óptimo.

Esto brinda una explicación parcial a las diferencias encontradas en el recuento de pasos en este estudio. Ya que basándonos en lo afirmado en el párrafo anterior, los corredores de 21 o 42 km tuvieron amplitudes de movimiento mayores por tener un recuento final de pasos menor, y por lo tanto también tuvieron un gasto energético más alto.

Se estima que la menor cantidad de pasos realizada por los corredores de 21-42 km es debido a una menor velocidad de trote más que amplitudes de movimiento mayores. Esto se puede observar y

comparar en la tabla que detalla las velocidades en kilómetros por hora para cada corredor y la respectiva distancia.

A su vez esto no condice con los coeficientes de correlación encontrados en el presente estudio. Por otro lado los corredores manifestaron que para la distancia que corrieron, la velocidad promedio por kilómetro fue la que encontraron más adecuada y cómoda tanto en frecuencia como en longitud, acorde a su nivel de entrenamiento y experiencia.

Lo expresado por los corredores va de la mano de los resultados de Cavanagh y Williams (16 y 18), que concluyeron que hay poca necesidad de dictar la longitud del paso para la mayoría de los corredores debido a que ya tienden a mostrar una longitud de la misma cerca de la óptima. Los autores proponen dos mecanismos para explicar este fenómeno.

En primer lugar, los corredores adquieren de forma natural una longitud óptima de zancada y la frecuencia de zancada con el tiempo, basado en el esfuerzo percibido durante los entrenamientos.

En segundo lugar, los corredores pueden adaptarse fisiológicamente a través de la repetición de los entrenamientos a una longitud determinada/cantidad de pasos, para una velocidad determinada.

Sumando un registro anecdótico a la investigación, como entrenador de los atletas evaluados, adhiero mayoritariamente a las explicaciones expuestas por Cavanagh y Williams. La experiencia del día a día junto a los corredores indica, que solamente la frecuencia armónica entre intensidad, volumen y descanso de las cargas de entrenamiento determinara la adaptación del atleta al ritmo de zancada y amplitud para todo el espectro de velocidades en las que se entrena, y a las que correrá en las competencias. La administración del entrenamiento es responsabilidad total del entrenador pero el descubrimiento de la frecuencia y largo de la zancada óptima para cualquier intensidad, recae en gran parte en el corredor, reglada únicamente, por el proceso de “ensayo error”, la parte restante recae en el entrenador, encargado de supervisar los avances y corregir en consecuencia.

Si bien existe un modelo biomecánico y técnico al cual aspirar (como se expuso anteriormente) para lograr la maestría en la disciplina y así también poseer la mayor eficiencia posible, como entrenadores no podemos dejar de lado el bagaje de características individuales (variables antropométricas) que cada atleta acarrea a la hora de entrenar en la búsqueda de la mejor performance posible. Justamente es tarea del entrenador encontrar la amalgama perfecta entre el atleta y los modelos biomecánicos apropiados para el corredor.

Podemos ver que para un mismo fenómeno, (la cantidad de pasos para una distancia x) se pueden encontrar muchísimas explicaciones, y análisis diferentes dependiendo de donde nos posicionemos.

Cuando nos centramos en la velocidad promedio de carrera de cada atleta encontramos que, en promedio, la misma fue de  $11,78 \pm 1,75$  km/h. El corredor más veloz, tuvo una velocidad media de 15 km/h y su última carrera fue de 10 K.

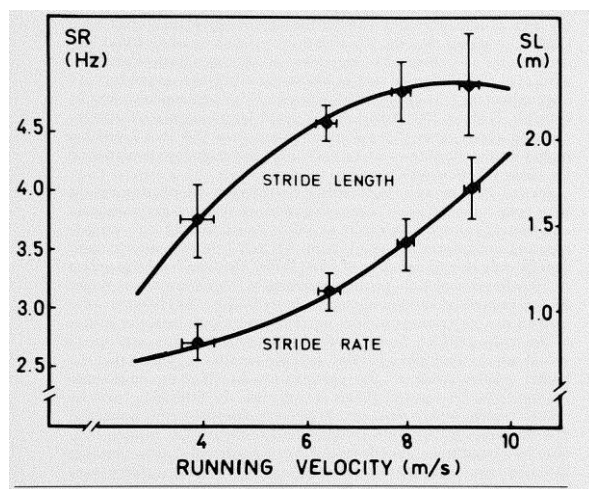
En términos generales, los corredores que participaron en carreras de 42 K tuvieron una velocidad promedio menor que aquellos que participaron en competencias más cortas, sin embargo no existen diferencias significativas en cuanto a la mediana de velocidad en la carrera de los distintos grupos de corredores según su última carrera ( $p = 0,32$ . **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



Cavanagh y Kramer en su revisión de la literatura (31), escribieron que los corredores incrementan tanto el largo de zancada como la cadencia, proporcionalmente al aumento de la velocidad. La relación entre estas dos variables y la velocidad ha sido reportada como curvilínea a lo largo de todo el espectro de velocidad, con una tendencia por parte del largo de la zancada a formar una meseta a mayores velocidades. La cadencia de zancada, por lo tanto, tiende a incrementarse relativamente a velocidades mayores. De todos modos, los dos investigadores ponen énfasis en que la meseta en el largo de la zancada comienza a velocidades mayores a las encontradas típicamente en corredores de fondo.

Williams en otra revisión, reafirma esta idea (19). Para velocidades superiores a 7 metros x segundo el incremento tanto de la cadencia como el largo de la zancada es mayormente lineal, mientras que a velocidades mayores, hay un menor incremento en el largo de la zancada y mayor incremento en la cantidad de pasos efectuados. Esto indicaría que a velocidades mayores los atletas aumentan su velocidad al incrementar la cantidad de pasos.

A continuación se adjunta un gráfico de dicho investigador:



Variantes del largo de zancada y la cadencia respecto a la velocidad.

En otra investigación realizada también en corredores recreacionales (8) donde describieron y compararon los rangos de movimiento de todas las articulaciones del tren inferior en plano sagital y el desplazamiento del eje vertical para dos velocidades representativas de los ritmos que típicamente son utilizados por estos atletas, encontraron que los corredores que participaron del grupo más rápido, utilizaron rangos de movimiento considerablemente mayores tanto en la cadera como en la rodilla que sus pares más lentos. El aumento del rango de movimiento a velocidades mayores, según los investigadores, sugiere que el proceso de contracción-relajación de los grupos musculares agonistas-antagonistas ocurre más rápida y precisamente. Y por otro lado los datos también sugieren que los corredores del grupo veloz poseían niveles mayores de flexibilidad, fuerza y resistencia de los grupos musculares envueltos.

Lo anunciado en el párrafo anterior soporta lo afirmado en la presente investigación respecto a que la posibilidad de realizar movimientos amplios depende del trabajo armonioso de varias capacidades físicas (tanto coordinativas como condicionales) y no es monopolio de una sola.

El hecho que no se presenten diferencias significativas en la velocidad promedio entre los corredores de diferentes distancias, responde a que la muestra en parte fue pequeña para realizar tal comparación. Especialmente cuando se quisieron comparar entre corredores de diferentes distancias. En investigaciones posteriores este sería un punto a tener muy en cuenta.

En contraposición a lo hipotetizado en esta investigación, los resultados arrojaron que no hay una relación estadísticamente significativa entre las dos variables estudiadas. Esto quedo en evidencia al observar (Tabla 3, 4) los coeficientes de correlación para la cantidad de pasos y la amplitud de movimiento en grados promedio para la flexión y la extensión de la articulación coxofemoral. Lo hallado sugiere que el tener un gran rango de movimiento en la articulación de la cadera no es un factor que determine una mayor economía de carrera.

Tartaruga y colaboradores (14), hallaron una relación significativa entre la frecuencia de pasos y el largo de la zancada respecto de la economía de carrera ( $r = -.61$  and  $r = .61$ , respectivamente), relación que de acuerdo al análisis de regresión múltiple, corresponden al 28 y 23% de la influencia total de las diferentes variables antropométricas para la economía de carrera, aunque cabe destacar que los 16 participantes del estudio tenían un tiempo para los 10km, de entre 30 y 36 minutos (promedio de 3' x km y 3'30" x km) lo cual los acerca más a ser corredores de elite que recreacionales.

Al estudiar esta relación para todo el grupo de corredores envuelto en el estudio, no se hallaron asociaciones estadísticamente significativas, si se halló que la correlación entre la cantidad de pasos efectuados en el test y las amplitudes de flexión y extensión promedio total, es negativa. Esto es, a medida que los movimientos de flexión y extensión son mayores, disminuye la cantidad de pasos efectuados para completar la prueba ( $\rho = -0.35$  y  $-0.33$  respectivamente). Incluso estas conclusiones se sostienen si se estudia la asociación de la cantidad de pasos con la flexión y extensión promedio por pierna (Tabla 3).

Este hallazgo es en parte interesante e importante respecto a la muestra, ya que marca que **existe una tendencia entre las dos variables planteadas**, que si bien no confirma la hipótesis de trabajo, abre las puertas a futuras investigaciones en este campo para obtener más información y comprensión al respecto, ya que este tipo de población no ha sido investigada ampliamente.

Una de las debilidades del estudio, fue el utilizar el tiempo de la última carrera y por lo tanto el promedio por kilómetro, para transpolar la velocidad a la cinta de corredores que tuvieron como última competencia distancias disimiles, es decir, dentro de la muestra que se evaluó, los corredores tenían como última carrera distancias de 10, 15, 21 y 42 km (ver tabla 1). Esto influencio y determino directamente la velocidad final que realizaron en la cinta y por lo tanto el recuento final de pasos (ver tabla 2). A su vez cuando se realizaron los cálculos de correlatividad de las variables propuestas separando la muestra según la última distancia realizada en competencia, los subgrupos quedaron muy pequeños. Se obtuvo, tal como era de esperar, que la correlación entre las mismas no es significativa, lo que puede deberse al pequeño tamaño muestral con el que se trabajó (Tabla 4). Las figuras 10, 11 y 12 lo exponen gráficamente.

En futuras investigaciones sería aconsejable realizar la muestra sobre corredores que hayan corrido la misma distancia en su última competencia y utilizar también una muestra mayor.

Otra debilidad encontrada luego de realizar una revisión crítica de los procedimientos de evaluación seleccionados fue, que no se tomó en cuenta la pendiente que debería tener la cinta a la hora de que los corredores realizaran el minuto corriendo a la velocidad promedio de carrera, ya que como se ha demostrado en el literatura, no tiene el mismo costo energético correr en el suelo que sobre la cinta. Algunos autores estiman que a la cinta se le debe sumar entre 0.5 y 1 grado de pendiente para simular el gasto energético de correr bajo condiciones normales.

Ya que esto no se realizó y los corredores ejecutaron la evaluación sin pendiente en la cinta, se puede estimar que aunque la velocidad sobre el implemento fue la misma que la de la carrera, no se alcanzó el mismo gasto energético, por ende, podemos pensar que el recuento final de pasos sería diferente al resultante en el estudio.

De igual manera como se manifestó anteriormente, los coeficientes de correlación para la muestra total, como para los subgrupos de diferentes distancias fueron muy bajos, a tal punto, que se puede pensar que aun corrigiendo los errores mencionados anteriormente, los resultados no serían muy diferentes de los presentados.

### Conclusión:

Luego de haber presentado y analizado todos los resultados de la investigación los siguientes puntos se pueden concluir:

1. En poblaciones recreacionales, se puede inferir que el aumento de la velocidad, se da más por un aumento de la cantidad de pasos que por un aumento en el largo de la zancada. Esto se evidencia cuando se comparan las velocidades promedio junto con el recuento de pasos, de los atletas que corrieron distancias menores que sus pares que corrieron distancias más largas.
2. Al estudiar la relación entre las dos variables planteadas para todo el grupo de corredores envuelto en el estudio, no se hallaron asociaciones estadísticamente significativas. Los coeficientes de correlación para la cantidad de pasos y la amplitud de movimiento en grados promedio para la flexión y la extensión de la articulación coxofemoral fueron muy bajos. Lo hallado sugiere que el tener un gran rango de movimiento en la articulación de la cadera no es un factor que determine una mayor economía de carrera.
3. Existe una tendencia negativa entre las dos variables, es decir, a medida que los movimientos de flexión y extensión son mayores, disminuye la cantidad de pasos efectuados para completar la prueba ( $\rho = -0.35$  y  $-0.33$  respectivamente). Incluso estas conclusiones se sostienen si se estudia la asociación de la cantidad de pasos con la flexión y extensión promedio por pierna. De todos modos esta tendencia negativa, es solo eso, una tendencia, que si bien abre la investigación a más preguntas, no refuta lo presentado en el punto 2.

Queda en claro que falta realizar mucha investigación sobre el tema, especialmente en poblaciones recreacionales. Un mejor entendimiento de las características particulares de estas poblaciones brindara herramientas de mucha utilidad práctica a todos los entrenadores que día a día trabajan en el atletismo.

### **Agradecimientos:**

Esta pequeña sección del proyecto, se encuentra dedicado a todos aquellos que de manera directa o indirecta ayudaron a la concreción de no solo un “proyecto” sino de un sueño. Por eso agradezco calurosamente a:

- Mi tutor de tesina Meritano Luciano, que desde el inicio apoyo y ayudo a la concreción del trabajo.
- Al grupo de entrenamiento “Rosario Team Merrell” y al gimnasio “FYT” que brindaron su espacio para el desarrollo del proyecto.
- A mis alumnos del grupo de entrenamiento que sin dudarlo se sumaron a participar y con los cuales pude ejercer mi profesión con la mayor de las satisfacciones.
- A mi colega y amigo Sancio Daniel por la ayuda y el apoyo.
- A la licenciada en kinesiología Gonzales Romina por el asesoramiento brindado.
- A los docentes de la licenciatura por los conocimientos aportados con tanta pasión.
- A mi novia Bárbara gran sostén en mi vida y que este último año siempre estuvo a mi lado apoyándome inmensamente.
- Y por último a mis padres que me inculcaron la pasión por la profesión y que nunca dejaron de apoyarme de manera incondicional en todos los desafíos que me propuse a lo largo de mi vida. A ellos está dedicado este trabajo.

### Referencias bibliográficas:

1. REVIEW ARTICLE, Biomechanics and Running Economy, Tim Anderson Department of Physical Education and Human Performance, California State University, Fresno, California, USA
2. REVIEW ARTICLE, Strategies to Improve Running Economy, Kyle R. Barnes Andrew E. Kilding
3. Fisiología articular A. I. KAPANDJI Tomo 2 quinta edición.
4. Apuntes personales catedra de Biomecánica y análisis del movimiento.
5. Apuntes catedra de Entrenamiento Deportivo.
6. Libro "Superentrenamiento" M. Stiff y J. Verkhoschansky
7. Libro "Amplitud de movimiento" Mario Di Santo
8. Lower extremity range of motion in the recreational sport runner. The American journal of sports medicine. Marilyn Pink, Jacqueline Perry, Peggy A. Houglum and Dennis J. Devine.
9. Lower Extremity Muscular Flexibility in Long Distance Runners. S. Sharon Wang, MS, PT' Susan I. Whitney, PhD, PT, ATC2 Ray G. Burdett, PhD, PT3 Ianine E. /anosky, PhD4
10. The anatomy and biomechanics of running. Terry L. Nicola, MD, MS and David Jewison, MD. REVIEW ARTICLE
11. Abt J, Sell T, Chu Y, et al. Running kinematics and shock absorption do not change after brief exhaustive running. J Strength Cond Res 2011;25(6):1479–85
12. Length of stride, stride frequency, flight period and maximum distance between the feet during running with different speeds. Paul Hodberg 1951.
13. Running economy: measurement, norms, and determining factors. Kyle Barnes.
14. The Relationship Between Running Economy and Biomechanical Variables in Distance Runners Marcus Peikriszwili Tartaruga a b , Jeanick Brisswalter c , Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga d , Aluísio Otávio Vargas Ávila e , Cristine Lima Alberton d , Marcelo Coertjens f , Eduardo Lusa Cadore d , Carlos Leandro Tiggemann d , Eduardo Marczwski Silva d & Luiz Fernando Martins Krueel.
15. A BIOMECHANICAL COMPARISON OF ELITE AND GOOD DISTANCE RUNNERS. Peter R. Cavanagh, Michael L. Pollock, and Jean Landa.
16. Williams KR, Cavanaugh P Ro Biomechanical correlates with running economy in elite distance runners. Proceedings of the North American Congress on Biomechanics; 1986; Montreal, 287-8.
17. Effect of Step Rate on Foot Strike Pattern and Running Economy in Novice Runners Janae Lynn Richardson Utah State University.
18. Cavanagh PR, Williams KR. The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14(1):30-5.
19. Biomechanics of running. Keith R. Williams, Ph. D. American College of Sports Medicine. 1985, volume: 13, page: 385
20. Knuttgen HG. Oxygen uptake and pulse rate while running with undetermined and determined stride lengths at different speeds. *Acta Physiol Scand.* 1961; 52:366-71.
21. Hogberg P. How do stride length and stride frequency influence the energy-output during running? *Arbeitsphysiologie.* 1952; 14(6):437-41.
22. Powers SK, Hopkins P, Ragsdale MR. Oxygen uptake and ventilatory responses to various stride lengths in trained women. *Am Correct Ther J.* 1982; 36(1):5-8.

23. Kaneko M, Matsumoto M, Ito A, Fuchimoto T. *Optimum step frequency in constant speed running*. Champaign, Human Kinetics; 1987.
24. Flexibility and Its Effects on Sports Injury and Performance. Gilbert W Gleim and Malachy P McHugh.
25. Aura O, Komi PY. The mechanical efficiency of locomotion in men and women with special emphasis on stretch-shortening cycle exercises. *Eur J Appl Physiol* 1986; 55: 37-43 70
26. Abe D, Muraki S, Yanagawa K, Fukuoka Y, Niihata S. Changes in EMG characteristics and metabolic energy cost during 90-min prolonged running. *Gait Posture*. 2007; 26(4):607-10.
27. Chronic stretching and running economy A. G. Nelson<sup>1</sup>, J. Kokkonen<sup>2</sup>, C. Eldredge<sup>2</sup>, A. Cornwell<sup>3</sup>, E. Glickman-Weiss<sup>4</sup>.
28. Running it's all in the hips. James Dunne. // *Biomechanics & Running Technique* // Kinetics revolution.
29. Glute Dysfunction in Runners: Weakness or Inhibition? by James Dunne // *Injury & Rehab Information*.
30. Entrenado Movimientos. Prof. Martin Mackey 2013.
31. Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effect. Rodger Kramer and Petter R. Cavanagh. Center of locomotion studies. The Pennsylvania state university. *Medicine and science in sport and exercise*.
32. Validity and Reliability of Two Goniometric Mobile Apps: Device, Application and Examiner Factors Article in *Journal of Sport Rehabilitation* · May 2015. Robert Wellmon, Dawn T Gulick, Mark Paterson and Colleen N Gulick.
33. Reliability and Validity of a Smartphone App to Measure Joint Range. Article in *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists* October 2014. Joshua Burns, Claire E Hiller and Elizabeth Jean Nightingale.