



UGR Universidad
del Gran Rosario

TESINA

**presentada para acceder al título de grado de la carrera de
LICENCIATURA EN ACTIVIDAD FÍSICA**

**Título: “Concentraciones de lactato
sanguíneo post competencia en
patinaje artístico sobre ruedas de
élite, especialidad libre”**

AUTOR:

Cecconi, Florencia Dona. N° de libreta: UGR-8011

Director:

Lic. Agüero, Luciano

Rosario

Fecha de

presentación:

21/03/2022

Firma de Autor

RESUMEN

El patinaje artístico es un deporte que requiere potencia para el salto, fuerza, flexibilidad, equilibrio y habilidades artísticas. Estos requerimientos no se encuentran en la actualidad estudiados en profundidad. El objetivo de esta investigación fue analizar las respuestas del metabolismo del lactato, a los programas de competición (corto y largo) en patinadores artísticos sobre ruedas de elite. De esta manera, contribuir a la caracterización fisiológica del deporte.

Para tal fin, se seleccionaron 6 patinadores pertenecientes al Seleccionado Nacional Argentino. Todos los atletas habían participado de campeonatos nacionales, sudamericanos, panamericanos y mundiales.

Los patinadores compitieron según su edad, nivel y género en dos posibles categorías: Senior Internacional Damas o Senior Internacional Caballeros. La competencia consistió, para ambas categorías, en la realización de un programa corto y un programa largo, bajo la normativa del reglamento internacional World Skate.

Las mediciones se llevaron a cabo en el "Campeonato Nacional de Patinaje Artístico". El programa corto se compitió en primer orden, y el programa largo en segundo orden, ambos separados por 24hs. Se tomó una muestra de lactato extraída de la yema de los dedos, pasados 3' finalizada la competición con el medidor Laktate Plus de Nova Biomedical.

Resultados: Luego del programa corto se encontró un nivel de lactato promedio de 15.6mmol/l con un rango de 9.1 a 18.9mmol/l. Por su parte finalizado el programa largo se halló un promedio de 13.7mmol/l con un rango entre 8.5 y 16.0mmol/l.

Conclusión: Los resultados muestran concentraciones de lactato sanguíneo muy elevadas, tanto para el programa corto como para el largo, lo que indica que el patinaje artístico sobre ruedas, en la especialidad libre, es una actividad con altas demandas del metabolismo anaeróbico láctico.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
II.1. OBJETIVOS GENERALES.....	3
II.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
III.1. PATINAJE ARTÍSTICO.....	4
III.1.1 CONTENIDO TÉCNICO.....	4
III.1.2 COMPONENTE ARTÍSTICO.....	6
III.2. FUENTES ENERGÉTICAS EN EL EJERCICIO.....	10
III.2.1 SISTEMA ANAERÓBICO ALÁCTICO.....	10
III.2.2 SISTEMA ANAERÓBICO LÁCTICO.....	11
III.2.3 SISTEMA AERÓBICO.....	12
III.3. METABOLISMO DE LACTATO.....	14
IV. JUSTIFICACIÓN.....	16
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
V.1. PALABRAS CLAVES Y TÉRMINOS.....	17
V.2. ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA.....	18
V.3. VARIABLES A MEDIR.....	18
V.4. INSTRUMENTOS A UTILIZAR.....	18
V.5. PROCEDIMIENTO.....	19
VI. RESULTADOS.....	20
VII. DISCUSIÓN.....	21
VIII. CONCLUSIONES.....	23
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

I. INTRODUCCIÓN

El patinaje artístico es un deporte que puede realizarse en distintas superficies como el hielo o el suelo, lo que conlleva el uso de diferentes tipos de patines. Los programas de competencia de la disciplina libre, tanto sobre ruedas como hielo, consisten en la ejecución de saltos, trompos, secuencias de pasos, secuencias coreográficas y transiciones entre cada elemento ⁽¹⁾.

Según el reglamento oficial del ente regulador del patinaje artístico mundial, World Skate, la competencia consiste en dos partes: programa corto y programa largo. El programa corto puede tener una duración desde 2:00 minutos (categoría Espoir) hasta 2:45 minutos +/- 5 segundos (categorías Junior y Senior). Por otra parte, el programa largo puede durar desde 2:30 minutos +/- 10 segundos (categoría Tots), hasta 4:15 - 4:30 minutos (Junior y Senior damas) o 4:30 minutos +/- 10 segundos (Junior y Senior Caballeros) ⁽²⁾.

En el programa corto de las categorías Junior y Senior (mundialistas) se debe presentar: un salto tipo Axel, un salto solo, una combinación de saltos (de dos a cuatro), un trompo solo, una combinación de trompos y una secuencia de pasos. Mientras que en el programa largo los elementos difieren entre Damas y Caballeros. Se puede exhibir un máximo de 8 saltos para Damas y 9 para Caballeros y uno de ellos debe ser tipo Axel. Máximo 3 combinaciones de salto (no más de 5 cada una). Mínimo 2 elementos de trompo y máximo 3, de los cuales, uno debe ser en combinación, otro presentado solo y uno debe presentar un trompo en posición Sit (sentado). Secuencia de pasos y secuencia coreográfica ⁽²⁾.

Los requerimientos físicos y fisiológicos para el éxito deportivo son altamente exigentes. Un patinador artístico de élite precisa potencia para el salto, fuerza, flexibilidad y equilibrio, al mismo tiempo que debe ser expresivo y artístico, consiguiendo todo esto a partir de una muy buena base aeróbica y una excelente capacidad anaeróbica ⁽³⁾.

Se entiende por capacidad anaeróbica, a la máxima cantidad de ATP que puede aprovisionar el metabolismo anaeróbico durante un período específico de tiempo, de corta duración, hasta el agotamiento ⁽⁴⁾.

Se define la capacidad anaeróbica aláctica como la cantidad de ATP total que puede resintetizar el metabolismo anaeróbico sin producción de lactato. A su vez, la cantidad total de ATP que puede proporcionar la vía glucolítica en un esfuerzo máximo hasta el agotamiento, se denomina capacidad anaeróbica láctica o glucolítica ⁽⁴⁾.

La potencia anaeróbica aláctica refiere a la cantidad máxima de ATP por unidad de tiempo que puede suministrar el metabolismo anaeróbico sin elaboración de lactato. Mientras que la potencia anaeróbica láctica, alude a la cantidad máxima de ATP que se puede resintetizar por unidad de tiempo, mediante el metabolismo glucolítico ⁽⁴⁾.

El lactato originado a partir del metabolismo anaeróbico láctico puede alcanzar una concentración superior a 30 mmol kg⁻¹ en músculo y 20 mmol en sangre, luego de ejercicios cortos de alta intensidad, en los primeros minutos de recuperación ⁽⁴⁾.

En cuanto al proceso de medición, los lugares de extracción más comunes son el lóbulo de la oreja y la yema del dedo, ya que producen sangre capilar arterializada ⁽⁵⁾.

No existe información en la literatura referida al metabolismo del lactato en respuesta al patinaje artístico sobre ruedas. Se necesitan estudios que den a conocer el comportamiento del lactato post competencia en patinadores artísticos sobre ruedas de elite, para favorecer a la comprensión de respuestas fisiológicas a esta actividad en particular, de manera tal que a futuro se puedan proporcionar estrategias de entrenamiento específicas a la disciplina.

II. OBJETIVOS

II.1. OBJETIVOS GENERALES

Analizar las respuestas del metabolismo del lactato, a los programas de competición (corto y largo) en patinadores artísticos sobre ruedas de elite.

II.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar la concentración de lactato en respuesta al programa corto vs programa largo. Identificar posibles diferencias en el comportamiento de dicho metabolito según el género.

III. MARCO TEÓRICO

III.1 PATINAJE ARTÍSTICO

El patinaje artístico es un deporte que puede realizarse en distintas superficies como el hielo o el suelo, lo que conlleva el uso de diferentes tipos de patines.

El patinaje artístico sobre ruedas, se diversifica en una gran variedad de disciplinas, que poseen diferentes características y reglamentos. Éstas son: free skating, solo dance, pairs, figures, precision, y show ⁽²⁾.

La competición de free skating (libre), se desarrolla en dos partes, programa corto y programa largo. Ambos, poseen elementos obligatorios como saltos, trompos, secuencias coreográficas, entre otros ^(1:2).

La puntuación tanto para el programa corto, como para el programa largo se divide en dos conceptos: contenido técnico y componente artístico ⁽²⁾.

III.1.1 CONTENIDO TÉCNICO

El contenido técnico incluye cuatro categorías:

- Jumps (saltos)
- Spins (trompos)
- Footwork Sequence (trabajo de piso)
- Choreographic Sequence (secuencias coreográficas).

III.1.1.A SALTOS

Un salto es un movimiento durante el cual se lleva el patín y todo el cuerpo fuera de la superficie de patinaje. Implica un giro o vueltas. Puede emplear cantidades diversas de revoluciones y aquí se expresan sus denominaciones:

- Media: 180°
- Simple: 360°, a excepción del Axel simple que implica 430°
- Uno y medio: el patinador ejecuta un giro y medio en el aire
- Doble: cualquier salto simple con un giro agregado
- Dos y medio: cualquier salto completo con un giro y medio agregado.

- Triple: salto simple con dos rotaciones agregadas ^(1:2).

Durante los saltos de mayor rotación los músculos gastrocnemio lateral, recto femoral, bíceps femoral, vasto lateral y glúteo mayor presentan una mayor actividad ⁽¹⁾.

Los saltos denominados estándar, son aquellos que tienen un nombre generalmente aceptado. Entre ellos encontramos: Axel, Salchow, Toe Loop, Flip, Luz, Loop, Thoren .

Axel: es el único salto con despegue hacia adelante. El despegue se realiza desde la pierna izquierda, sobre el borde exterior y se aterriza sobre el pie derecho en borde externo con dirección hacia atrás (ROB).

Salchow: salto que comienza en sobre la pierna izquierda, en borde interno hacia atrás y aterriza en ROB.

Toe Loop: salto cuyo despegue es sobre la pierna derecha en borde exterior hacia atrás, y aterrizaje en ROB. Se asiste del uso del freno.

Loop: un salto que comienza y aterriza en el mismo borde, sin asistencia del freno en el despegue.

Flip: salto que despegue siempre desde un borde interior hacia atrás. El despegue se realiza sobre la pierna izquierda en interior hacia atrás y el aterrizaje en ROB.

Lutz: un salto asistido por uso del freno

Thoren: salto de rotación completa que conecta con otros saltos sin ningún valor técnico. Inicia sobre la pierna derecha en borde exterior hacia atrás y el aterriza sobre la pierna izquierda en borde interior hacia atrás ⁽²⁾.

III.1.1.B TROMPOS

Un Spin o Trompo consiste en una serie de rotaciones realizadas de manera continua sobre un eje que atraviese alguna parte del cuerpo. Pueden realizarse de manera sola o combinada. Un Solo Spin, o trompo solo, son giros en una sola posición con un filo y un pie específico sin cambio de posición, pie o borde. Por otro lado un Combo Spin, o trompo combinado es un trompo en el que el patinador cambia de pie y / o posición y / o borde. Debe tener al menos tres rotaciones (para trompo solo) o dos rotaciones (para un trompo combinado) en cada filo y posición requerida para ser contabilizado como elemento válido durante un programa de patinaje libre ⁽²⁾.

Un trompo se define por tres características, pie de apoyo, filo y posición corporal. Existen tres posiciones corporales básicas:

- Upright: el cuerpo permanece en posición de pie.
- Sit: donde la cadera se encontrará en una posición más baja correspondiente a la rodilla del pie de apoyo.
- Camel: son aquellos en los que la posición de la pierna libre (rodilla y talón) no deben estar debajo de la cadera ⁽²⁾.

III.1.1.C FOOTWORK SEQUENCE

La Footwork Sequence consiste en una serie de pasos y giros intrincados, que puede tener diferentes niveles (base, 1, 2, 3 y 4), correspondientes a la dificultad presentada, traduciéndose en mayor o menor puntaje. Es única en cada uno de los programas y tiene una duración máxima de 40'' para las categorías Junior y Senior ⁽²⁾.

III.1.1.D CHOREOGRAPHIC SEQUENCE

Es una secuencia coreográfica libre que tiene una duración máxima de 30''. En ella los patinadores deben demostrar sus habilidades de patinaje interpretando la música escogida. Se utilizarán elementos como pasos, giros, arabescos y otros ⁽²⁾.

III.1.2 COMPONENTE ARTÍSTICO

La impresión artística está dada por cuatro componentes:

- Skating skills.
- Transitions.
- Performance
- Choreography/composition ⁽²⁾.

III.1.2.A SKATING SKILLS

Refiere a la capacidad general de patinar bien, evitando errores como deslizarse con las rodillas extendidas o rígidas. Se evalúa el equilibrio sobre los patines, el dominio de los filos, premiando cuando éstos son profundos. También se juzga el control de los movimientos, postura, líneas de extensiones, variabilidad en los giros, entre otros ⁽²⁾.

III.1.2.B TRANSITIONS

Las transiciones implican aquellos pasos coreográficos y deslizamientos de empuje que conectan todos los elementos realizados en un programa. Aquí se puntúa la variedad de pasos, direcciones, filos, giros y calidad de giros. Se otorgará mayor valor al uso del patinaje sobre un pie, con filos profundos y utilización de cabeza, brazos, torso y piernas, en concordancia con la música. Además se valoran positivamente los movimientos intrincados o innovadores ⁽²⁾.

III.1.2.C PERFORMANCE

La performance está relacionada con las habilidades teatrales, por lo cual, las caídas o errores graves disminuyen su valor. Se evalúa la capacidad de actuar y de interpretar del patinador, utilizando todo el cuerpo, las manos, la cara o los ojos. La capacidad de hacer entender el personaje interpretado a quien observa y el compromiso con la coreografía. Se premia la habilidad y calidad de los movimientos, por ejemplo, aquellos que requieran de gran flexibilidad y rango articular. Se valora la energía de la actuación, como puede ser elegante, exquisita, atractiva, agradable, poderosa, intensa, etc ⁽²⁾.

III.1.2.D CHOREOGRAPHY

En esta categoría se evalúa el diseño general del programa, en aspectos como equilibrio en el orden de los elementos, la variedad en su ubicación sobre la superficie y sus preparaciones, las cuales no deben ser demasiado extensas. También se valora positivamente la capacidad de interpretar ideas, personajes, historias, a través de la coreografía. Además se juzga la relación coreográfica con la música escogida ⁽²⁾.

III.1.3 REQUERIMENTOS

El patinaje artístico es un deporte complejo que requiere el desarrollo de múltiples capacidades como velocidad, agilidad, flexibilidad y potencia para el éxito competitivo ⁽⁶⁾.

En estudios realizados en patinaje artístico sobre hielo, se ha encontrado que los patinadores poseen una potencia aeróbica promedio⁽⁷⁾ o entre un 50-60% más alta que sus homólogos sedentarios, refiriendo a valores de $58,5 \pm 2,4 \text{ ml} - \text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ para

hombres y $48,9 \pm 4,5$ – kg^1min^1 para mujeres⁽⁸⁾. En prueba de laboratorio mediante cinta rodante con un protocolo hasta el agotamiento, se ha registrado consumo máximo de oxígeno correspondiente a $66,7 \pm 1,3$ y $56,8 \pm 1,0$ $\text{ml} - \text{kg}^1\text{min}^1$ para hombres y mujeres respectivamente ⁽⁹⁾.

Los programas de competencia sobre hielo, exigen significativamente al sistema cardiovascular, siendo que los patinadores superan el 80% de su frecuencia cardíaca máxima en los primeros 30 segundos de sus programas cortos y largos, para luego continuar subiendo alcanzando el 90% y finalmente el 94% para el resto de la rutina ^(7:9:11). La intensidad de trabajo, calculada a partir de la frecuencia cardíaca máxima y en reposo, se estima en $93 \pm 3\%$ para el programa corto y $92 \pm 3\%$ para el programa largo. Y calculando a partir de frecuencia cardíaca y consumo máximo de oxígeno en cinta rodante, la intensidad de trabajo corresponde al 89% del VO_2 máximo, para ambas presentaciones, lo que denota un requisito bastante alto ⁽⁹⁾.

En un estudio donde se compararon carreras de velocidad en patinaje sobre ruedas vs patinaje sobre hielo, se encontró que no hubo diferencias significativas en el consumo de oxígeno, ventilación y frecuencia cardíaca, reflejando así un rendimiento equivalente para ambas modalidades. Se destacó también que la potencia requerida para superar la fricción de la superficie fue mayor en patinaje sobre ruedas y la requerida para superar la fricción del aire fue menor ⁽¹⁰⁾.

Además, en patinaje artístico sobre hielo, se midió la concentración de lactato sanguíneo posterior a la ejecución de programas competitivos, a 1, 3 y 5 minutos finalizada la prueba. Se observó un comportamiento uniforme en todas las mediciones, por lo cual la respuesta obtenida en cualquiera de estos momentos es representativa de la contribución del sistema anaeróbico. Se registraron valores de 10,0 a 10,5 mmol/l , similares en hombres y mujeres, como respuesta al programa corto, siendo superiores a 1 minuto posterior al programa largo con valores entre 11,0 y 11,4 mmol/l ⁽¹¹⁾. Los aumentos de lactato sanguíneo reflejan aumentos de lactato muscular y sus valores son utilizados para la medición de la capacidad anaeróbica ⁽⁹⁾.

Con la evolución del deporte, los saltos se han vuelto más numerosos y exigentes, lo que demanda una alta potencia y capacidad de salto vertical para su ejecución, así los patinadores desarrollan una potencia significativamente más alta que promedio de la población ^(7:8:12).

En cuanto a la composición corporal, en patinaje sobre hielo, se han realizado mediciones, que muestran que los patinadores son más bajos, livianos y delgados que sus contrapartes sedentarias ^(8:13). Además, los patinadores de élite son más mesomórficos que los patinadores pre élite y en promedio son más livianos y delgados presentando un IMC y circunferencia de extremidades más bajos. Los patinadores de un nivel inferior (sub nacional) poseen circunferencias de extremidades más grandes y suma de pliegues cutáneos más gruesa en comparación con patinadores pre élite y élite ⁽¹³⁾. En general, los patinadores presentan un porcentaje de grasa corporal bastante bajo, con valores de $9,1 \pm 2,20$ en hombres y $12,5 \pm 4,6$ en mujeres. En los deportes que requieren propulsión del propio cuerpo como patinaje o gimnasia, el tamaño pequeño es una ventaja, debido a que una persona pequeña tiende a tener mayor fuerza relativa ⁽⁸⁾. Si consideramos la gran cantidad de saltos que se realizan en los programas de competencia, es importante tener en cuenta el contenido graso, un alto porcentaje del mismo limitará la capacidad de saltar por la reducción de fuerza relativa ⁽⁹⁾. Por otro lado, el desarrollo excesivo de fuerza en los miembros superiores no colabora en la ejecución del salto, debido a que esta masa adicional se suma al peso total a propulsar ⁽⁸⁾.

III.2. FUENTES ENERGÉTICAS EN EL EJERCICIO

El cuerpo humano posee una serie de complejas vías metabólicas que utiliza para la contracción muscular. Estos sistemas de energías, otorgan un suministro de ATP (moneda energética del cuerpo) a partir de la descomposición de tres posibles sustratos, hidratos de carbono, grasas y proteínas. La elección para la utilización de uno u otro dependerá del tipo, intensidad y duración del ejercicio a realizar ^(4;14;15).

El entrenamiento permite mejorar la eficiencia y eficacia de las vías metabólicas ⁽¹⁵⁾.

III.2.1 SISTEMA ANAERÓBICO ALÁCTICO O ATP-PC

Este sistema proporciona energía al comienzo de la actividad y durante esfuerzos breves, explosivos e intensos ^(4;15). Se utiliza en deportes como levantamiento olímpico de pesas, salto en alto, salto en largo, carreras de 100 metros, natación de 25 metros, etc ^(14;15).

Los sustratos que utiliza para proveer energía al músculo esquelético son ATP y fosfocreatina (PCr), perteneciendo ambos al grupo denominado fosfágenos o fosfatos de alta energía. De allí su posible denominación sistema de fosfágenos ^(4;15).

Suministra ATP para la contracción obteniéndose la energía a partir de la hidrólisis del mismo, dando como resultado ADP. El ATP es la fuente de energía más rápida e inmediata y sus niveles celulares deben mantenerse constantes para garantizar la actividad muscular, por consiguiente, el ADP deberá reincorporar un grupo fosfato ⁽⁴⁾.

La PCr cederá su grupo fosfato al ADP para la resíntesis de ATP. Esta reacción es catalizada por la enzima creatín kinasa (CK) ^(4;15). Esta enzima se activa cuando aumentan las concentraciones de ADP en el sarcoplasma, en cambio, se inhibe ante concentraciones elevadas de ATP ⁽⁴⁾.

En un período de tiempo corto, hasta 15 segundos, puede producir grandes cantidades de energía, desde 2,4mmol/kg/s en personas sedentarias hasta 10-15mmol/kg/s en atletas. Sin embargo, las reservas musculares de ATP y PCr son escasas y se agotan con facilidad durante el ejercicio intenso, corresponden a 3,5-7,5 mmol/kg y 16-28 mmol/kg respectivamente. Con el entrenamiento, se pueden modificar las concentraciones de ATP y PCr almacenadas en el músculo ⁽¹⁵⁾.

III.2.2 SISTEMA ANAERÓBICO LÁCTICO

Se utiliza al comienzo del ejercicio intenso, de corta o moderada duración, en deportes como carrera de 800 metros, natación de 200 metros y patinaje de velocidad de 1500 metros ^(14:15).

El sistema anaeróbico láctico, proporciona energía a partir de la degradación de glucosa obtenida de la sangre o del glucógeno muscular, a través del proceso denominado glucólisis. El mismo, se da en condiciones anaeróbicas y si la intensidad del ejercicio aumenta, la tasa glucolítica aumentará como consecuencia de la activación de sus enzimas reguladoras, como la fosfofructokinasa (PKF) y la fosforilasa ^(4:15).

La primera parte del catabolismo de la glucosa, se da en el citosol y se produce como primera instancia ácido pirúvico. Si el metabolismo oxidativo mitocondrial no participa, el piruvato se reduce a lactato por acción de la enzima lactato deshidrogenasa. Por cada molécula de glucosa degradada, se obtiene como producto final 2 moléculas de ácido láctico y 2 moléculas de ATP, siendo estas últimas utilizadas para la contracción muscular ^(4:15).

Por su parte, el lactato, posee un rol muy importante en el metabolismo energético, contribuyendo a la utilización completa de los hidratos de carbono. Este sustrato, no debe ser considerado como un desecho metabólico, ya que puede ser utilizado como sustrato precursor para la formación de glucosa y por tanto de glucógeno. Es decir, el músculo esquelético es capaz de sintetizar glucógeno a partir de lactato. Además puede ser captado por el hígado y/o riñones para la síntesis de glucógeno ^(4:14).

El umbral anaeróbico es la intensidad de trabajo a partir de la cual comienza a acumularse el ácido láctico en sangre. Esto ocurre cuando la tasa de utilización del mismo es insuficiente para compensar su excesiva producción ^(14:15). Se ha demostrado que no es la ausencia de oxígeno la responsable de dicha acumulación, por el contrario la producción de lactato también ocurre en músculos completamente oxigenados ⁽¹⁴⁾.

La concentración de lactato sanguíneo en reposo comúnmente corresponde a 2mmol/l pudiendo superar los 20mmol/l posterior a esfuerzos breves de elevada intensidad durante los primeros minutos de recuperación ^(4:15).

La acumulación de lactato en sangre, es una variable comúnmente medida en el estudio de la fisiología del ejercicio. Muchos deportes han utilizado muestras de lactato sanguíneo para describir los requerimientos fisiológicos solicitados por la competencia ⁽¹⁶⁻²¹⁾. Tanto en deportes individuales ^(16-19:21) como grupales ⁽²⁰⁾, abiertos ⁽¹⁷⁻²¹⁾ como cerrados ⁽¹⁶⁾, en competencia real ^(16:17:19:20) o simulada ^(21:18). En este sentido hay coincidencia en que los datos o evaluaciones deben realizarse en situaciones de competencia real, a modo de reflejar exactamente las demandas fisiológicas del deporte ^(16:17:20). Aun así, se han obtenido muestras de lactato luego de una simulación de competencia de programa corto y programa largo en patinaje artístico sobre hielo ⁽⁹⁾.

III.2.3 SISTEMA AERÓBICO

El sistema aeróbico proporciona energía a partir de la fosforilación oxidativa de carbohidratos, grasas y proteínas, siendo el más eficiente para el aporte de ATP. A modo de ejemplo el rendimiento energético de una molécula de glucosa procesada por este sistema es de 36 ATP. La degradación de estos sustratos implica directamente la participación del oxígeno. Por esta razón cuando se estima la utilización del metabolismo aeróbico, se realiza a partir del oxígeno consumido, VO_2 ^(4:14:15).

Para el aporte energético utiliza principalmente glucógeno muscular y ácidos grasos libres. Generalmente, después de los 100 minutos de carrera, ocurre el cambio de oxidación de carbohidratos a lípidos consecuencia del agotamiento de glucógeno muscular. Si la actividad se prolonga utiliza también glucosa circulante. El aporte de aminoácidos de cadena ramificada y proteínas es muy limitado ⁽¹⁴⁾.

Esta vía se usa para actividades de de intensidad moderada o baja y de larga duración. Todo ejercicio que se encuentre por debajo del umbral anaeróbico se basa en este sistema de producción de energía, caminar, trotar, nadar, subir las escaleras, etc. Por esta razón los niveles de lactato sanguíneo permanecerán bajos, 2 a 6mmol/l ^(14:15).

Para la obtención de energía a partir de glucosa en condiciones aeróbicas, los procesos metabólicos inicialmente son iguales a la glucólisis anaeróbica. Una vez obtenido el piruvato en vez de convertirse en lactato, se introduce a la mitocondria y se procesa en el Ciclo de Krebs. Allí se obtendrá una gran cantidad de energía y

productos de desecho como CO_2 y H_2O . Este proceso mitocondrial, no es exclusivo de los hidratos de carbono, sino también las grasas y proteínas pueden experimentar⁽⁴⁾.

El entrenamiento de este sistema, ayuda a mejorar la tasa de eliminación de lactato a partir de un mayor procesamiento del piruvato en el Ciclo de Krebs⁽¹⁵⁾.

III.3. METABOLISMO DE LACTATO

La producción de lactato es un proceso que ocurre permanentemente en el organismo, incluso en reposo. Su concentración es de aproximadamente 1,0 a 2,0mmol en músculo y sangre pudiendo elevarse a niveles muy altos durante el ejercicio. Es el producto inevitable de la glucólisis, siendo a su vez, sustrato de la respiración mitocondrial, y de esta forma es el vínculo entre la vía glucolítica y aeróbica. En más del 99% el ácido láctico se encuentra disociado en aniones de lactato y protones (H⁺) cuando se encuentra a pH fisiológico ^(15:22-24).

Se ha investigado ampliamente la correlación entre la producción de lactato y la fatiga, a modo que hoy se sabe que no es el responsable del agotamiento muscular por sí mismo. En muchas ocasiones de estrés deportivo aparece la fatiga en presencia de concentraciones bajas de lactato sanguíneo, por ejemplo, al finalizar una maratón. Muchos investigadores argumentan que la disminución del rendimiento se debe a las altas concentraciones de H⁺ en lugar de lactato, correlacionando la disminución en la generación de fuerza con el descenso en el pH muscular ^(4:24).

Durante muchos años se creyó, erróneamente, que la acumulación de lactato durante el ejercicio era causada por la ausencia de O₂ en el músculo. En los últimos años de investigación se ha acumulado evidencia considerable que demuestra el desacierto de este pensamiento. El aumento del flujo de salida de lactato no parece ser resultado de la insuficiencia de O₂. Por el contrario, el lactato también se forma en condiciones completamente aeróbicas, siendo utilizado de manera continua en células, tejidos y órganos, debido a que es un sustrato susceptible a ser oxidado, sugiriendo entonces que su acumulación es producto del aumento de la tasa glucolítica ^(4:14:23:24).

Al aumentar la glucólisis durante la contracción muscular, especialmente en el ejercicio intenso, las concentraciones de lactato y piruvato aumentan, siendo menor en este último. De esta forma la relación lactato/piruvato, que en el músculo y sangre normalmente corresponde a 10, se eleva ⁽²³⁾.

El lactato producido principalmente en fibras musculares tipo II se puede reutilizar en otras células musculares diferentes a las que lo han producido. Principalmente se puede oxidar en fibras musculares tipo I, y en miocitos cardíacos. El corazón es un importante consumidor de lactato, es altamente oxidativo, incluso más que el músculo esquelético. También puede ser metabolizado por el hígado. Una vez captado por

estas células, se convierte nuevamente en piruvato para introducirse en la mitocondria donde se completa su oxidación ^(4:15:22-24).

La mayor parte del lactato producto del ejercicio, aproximadamente entre el 75 y 80% se elimina mediante oxidación, y solo una pequeña parte, entre el 20 y 25% se elimina a través de la gluconeogénesis, debido a que éste es el principal precursor gluconeogénico. El hígado, puede captar del torrente sanguíneo el lactato para transformarlo en glucosa lo que contribuye a la recuperación del glucógeno hepático, aunque los depósitos no se restablecerán por completo hasta que se vuelva a alimentar. Cabe destacar que durante el proceso de recuperación, la oxidación de lactato se verá aumentada si éste se realiza de forma activa ^(4:22:23).

La movilización del lactato proveniente de fibras musculares tipo II se explica con la hipótesis ya confirmada del mecanismo denominado lanzadera de lactato. Ésta postula que luego de su formación, se distribuye a todo el cuerpo logrando la coordinación de diferentes metabolismos presentes en tejidos y células. A partir de esta hipótesis se deja de entender al lactato como un desecho, para pasar a ser un intermediario metabólico que puede intercambiarse entre los tejidos para la obtención de energía. Los transportes de lactato pueden ocurrir dentro de la célula y se denominan intracelulares, por ejemplo el intercambio citosol-mitocondria. También pueden darse entre las células y se los identifica como célula-célula, como es el caso del intercambio entre fibras glucolíticas blancas y rojas ^(4:15:22:23).

La sangre, será la vía por la cual los tejidos de todo el cuerpo quedarán unidos, a través de la lanzadera de lactato. Para transportar el lactato desde el sarcolema, principalmente se utilizan transportadores de monocarboxilatos MCT1 y MCT4, que actúan por transporte facilitado. Desde el líquido intersticial de los músculos activos pasa al plasma a través de hendiduras endoteliales. Del plasma, a través de un sistema de cotrasporte, pasa a los glóbulos rojos y a medida que circula por el cuerpo, se dirige hacia el hígado, corazón, músculo esquelético inactivo y activo. Entonces, desde el plasma se dirige hacia el líquido intersticial y hacia los diferentes tejidos ^(4:24).

A través del ejercicio y la exposición repetida al lactato, se pueden lograr grandes efectos en la expresión de enzimas reguladoras de la glucólisis y la respiración mitocondrial.

IV. JUSTIFICACIÓN

Actualmente son escasas las investigaciones destinadas a determinar los requerimientos fisiológicos del patinaje artístico sobre ruedas y la demanda energética del mismo sigue siendo especulación. Conocer las respuestas del metabolismo del lactato a la competencia del deporte, permitirá elaborar planes de entrenamiento basados en la evidencia. Evaluar su comportamiento post competencia, luego del programa corto y largo por separado, nos facilitará el diseño de planes de entrenamiento que contemplen sus posibles diferencias fisiológicas. De esta manera, se logrará acompañar la formación deportiva de forma específica a la disciplina, para efectivizar y acelerar el trayecto hacia la excelencia deportiva.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de diseño: Trabajo de Campo Observacional

Se realizó una búsqueda de artículos que utilicen el lactato para determinar las exigencias fisiológicas del patinaje artístico sobre ruedas u otros deportes debido a la poca información existente.

Se utilizó como fuente de consulta la biblioteca de la Universidad Del Gran Rosario, Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y las bases de datos PubMed y Scielo

V.1. PALABRAS CLAVES Y TÉRMINOS

PALABRAS CLAVES	DeCS	MeSH	LIBRE
Patinaje	Patinación	Skating	Figure skating Roller skating Patinaje sobre ruedas
Capacidad anaeróbica	-	-	Capacidad anaeróbica
Potencia anaeróbica			Potencia anaeróbica
Lactato	Ácido Láctico	Lactic Acid	-
Alto rendimiento	Atletas	Athletes	-
Respuestas fisiológicas	-	-	Respuestas fisiológicas
Metabolismo anaeróbico	Anaerobiosis	Anaerobiose	-
Deporte	Deporte Actividades deportivas	Sport	-
Lesiones	Lesiones	Injuries	-
Nutrición	Ciencias de la Nutrición	Nutritional Sciences	-

V.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

(figure skating) AND (lactato)

(figure skating) AND (capacidad anaeróbica)

(figure skating) AND (respuestas fisiológicas)

(figure skating) AND (anaerobiose)

(anaerobic capacity) AND (lactato) AND (physiological responses) AND (sport)

(anaerobic capacity) AND (competencia) AND (Athletes) NOT (Nutrition) NOT (injuries)

(potencia anaeróbica) AND (lactato) AND (physiological responses) AND (sport)

(potencia anaeróbica) AND (Athletes) NOT (Nutrition) NOT (injuries)

(potencia anaeróbica) AND (competencia) AND (Athletes) NOT (Nutrition) NOT (injuries)

(lactato) AND (competencia) AND (sport) NOT (nutrición) NOT (injuries)

(lactato) AND (competencia) AND (physiological responses) NOT (nutrition) NOT (injuries)

(Figure skating) AND (competition) AND (elite)

(Figure skating) NOT (injuries) NOT (nutrition)

(Patinación)

(Roller Skating) NOT (injuries) NOT (ski) NOT (in line)

V.3. VARIABLES A MEDIR

Lactato post competencia de programa corto y largo

V.4 INSTRUMENTOS A UTILIZAR

- Laktate Plus de Nova Biomedical

V.5. PROCEDIMIENTOS

Se clasificaron a los patinadores según su edad, nivel y género en dos posibles categorías: Senior Internacional Damas o Senior Internacional Caballeros. La competencia consistió, para ambas categorías, en la realización de un programa corto y un programa largo, bajo la normativa de World Skate ⁽²⁾.

Como criterio de selección de los patinadores a evaluar, se incluyó a aquellos atletas que habían participado en campeonatos nacionales, sudamericanos, panamericanos y mundiales. Previo a las mediciones se pidió el consentimiento informado por escrito de todos los participantes, en el mismo, se explicaba detalladamente los objetivos, beneficios y posibles riesgos de la investigación. Se les informó a los participantes que eran libres de retirarse del estudio en cualquier momento, sin penalización.

Las mediciones se llevaron a cabo en el “Campeonato Nacional de Patinaje Artístico” disputado en la provincia de San Juan, durante el período competitivo, a un mes de que los participantes disputaran el Artistic Skating World Championships Asunción, Paraguay 2021. Se escogió este torneo con el fin de evaluar las capacidades físicas, en cercanía a máxima performance de la temporada. El programa corto se compitió en primer orden, y el programa largo en segundo orden, ambos separados por 24hs de descanso ⁽²⁾. Se pidió consentimiento para realizar los procedimientos y se explicaron los mismos al ente regulador del evento, la Confederación Argentina de Patín (CAP).

El lactato en sangre se midió mediante el analizador de lactato portátil, modelo Laktate Plus de Nova Biomedical, previamente calibrado. Al final de cada programa, se tomó una muestra de lactato extraída de la yema de los dedos, a los 3´ de finalizada la competición ⁽⁵⁾.

VI. RESULTADOS

Luego del programa corto se encontró un nivel de lactato sanguíneo promedio de 15.6mmol/l, con un rango de 9.1 a 18.9mmol/l. Por su parte, finalizado el programa largo se encontró un promedio de 13.7mmol/l con un rango entre 8.5 y 16.0mmol/l. La concentración de lactato promedio fue mayor luego del programa corto en comparación con el programa largo. Todos los resultados se encuentran detallados en la Tabla 1.

Tabla 1. Concentraciones de lactato sanguíneo post competencia		
	PROGRAMA CORTO (Mmol/l)	PROGRAMA LARGO (Mmol/l)
SUJETO 1 (F)	13.6	13.6
SUJETO 2 (F)	9.1	8.5 [~]
SUJETO 3 (F)	18.1	16.0
SUJETO 4 (M)	18.9 ⁺	16.0
SUJETO 5 (M)	18.3	13.0
SUJETO 6 (M)	15.6	15.3

F = Femenino M = Masculino
⁺Valor máximo encontrado [~]Valor mínimo encontrado

VII. DISCUSIÓN

Hasta donde sabe la autora, este es el primer trabajo de investigación que evaluó las concentraciones de lactato sanguíneo post competencia de programa corto y largo en patinaje artístico sobre ruedas. El principal hallazgo de esta investigación son las altas concentraciones de lactato que dispara la competición de la disciplina. En la Tabla 2 se resumen los resultados obtenidos de manera gráfica.

El programa corto presentó concentraciones de lactato en sangre mayores en comparación con el programa largo. Esto, probablemente se deba a la mayor intensidad que el mismo requiere, coincidiendo con otro trabajo de investigación que estimó la intensidad de trabajo en $93 \pm 3\%$ para el programa corto y $92 \pm 3\%$ para el programa largo ⁽⁹⁾. A su vez, los resultados obtenidos difieren de otro trabajo realizado sobre el hielo, donde se registraron valores de 10,0 a 10,5 mmol/l, como respuesta al programa corto, siendo superiores posterior al programa largo con valores entre 11,0 y 11,4 mmol/l ⁽¹¹⁾. En promedio, las concentraciones de lactato sanguíneo encontradas en el hielo son inferiores a las encontradas sobre ruedas, esto sugiere que este último, demanda una mayor participación del metabolismo anaeróbico láctico.

En promedio, las participantes femeninas obtuvieron valores menores con respecto a los participantes masculinos. En el programa corto se recopilaron muestras de 13.6mmol/l y 17.6mmol/l respectivamente y en el programa largo 12.7mmol/l y 14.7mmol/l respectivamente. Esto puede deberse a la mayor intensidad que presentan los programas masculinos por incluir mayor cantidad de intentos de saltos de tres revoluciones, en comparación con los programas femeninos. En promedio las patinadoras femeninas presentaron 3 y 4,3 saltos triples en el programa corto y largo respectivamente. Mientras que los patinadores masculinos presentaron en promedio 3,6 y 6,3 saltos triples en programa corto y largo respectivamente. Cabe destacar que se considero el 2 Axel como un salto triple.

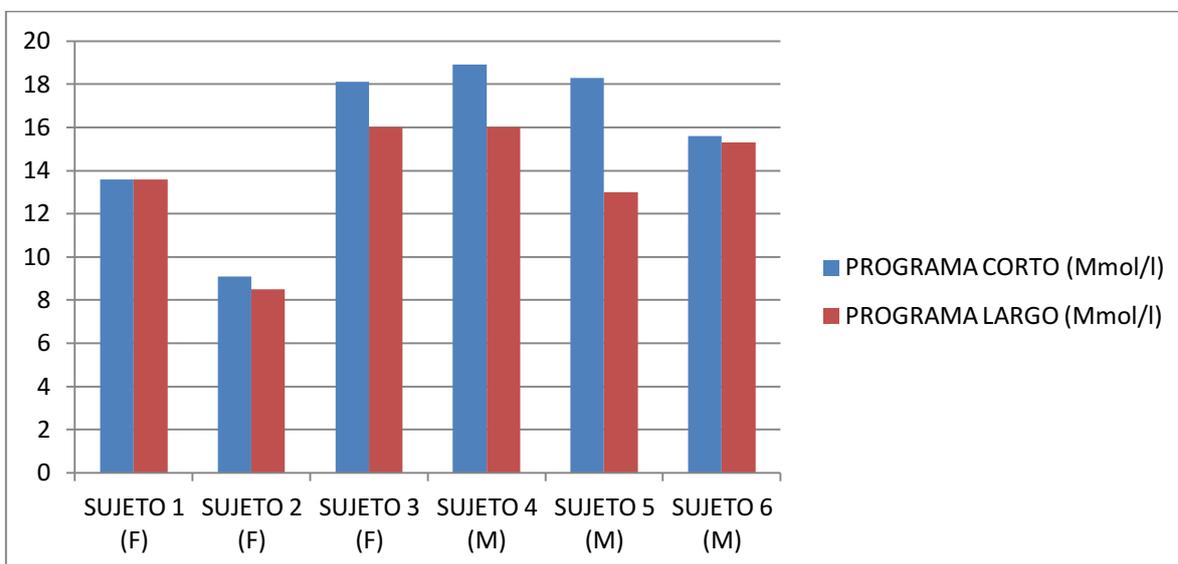
En comparación con los resultados obtenidos en competencias de otros deportes, el lactato en sangre obtenido luego del patinaje artístico fue superior. Encontrándose una media de 6.9 ± 1.4 en categoría Technical Solo y 8.5 ± 1.8 en categoría Free solo para nado sincronizado ⁽¹⁶⁾. Posterior a los juegos de servicio se encontraron valores de $4,6 \pm 2,5$ y luego de recibir los juegos $3,2 \pm 1,4$ en tenis ⁽¹⁹⁾. Luego de partidos de Baloncesto se hallaron concentraciones de $5,75 \pm 1,25$ ⁽²⁰⁾. Por último, reflejando resultados similares al patinaje, $14,8 \pm 2,9$ para categorías intermedias y 12mmol para peso superpesado y categorías extremas valores en Boxeo ⁽¹⁷⁾.

Los resultados obtenidos en las muestras fueron similares en todos los sujetos. Solo el Sujeto 2 presentó valores por debajo de 10mmol/l, lo que sugiere que presenta una mejor potencia aeróbica o bien un programa de competencia menos intenso.

La investigación encuentra una limitación al haber tomado una sola muestra de lactato posterior a la competencia. Hubiera sido de utilidad tomar muestras en estado de reposo, 1' y 5' luego de la ejecución de los programas, para poder analizar el comportamiento del lactato longitudinalmente. Asimismo, hubiera sido beneficioso conocer las respuestas del metabolismo de lactato en jóvenes patinadores, edades Junior y Juvenil, a modo de entender las posibles diferencias en la exigencia e intensidad de la competencia en distintas categorías.

Si bien el N (6) de la muestra fue pequeño, los resultados detallan la importancia de la vía anaeróbica láctica en la ejecución de programas de competencia, de manera que se pueden utilizar para idear metodologías de entrenamiento, no basada en suposiciones, sino en evidencia.

Tabla 2. Concentraciones de lactato sanguíneo post competencia



VIII. CONCLUSIONES

Se ha informado por primera vez las respuestas del metabolismo de lactato en sangre posterior a la competencia de patinaje artístico sobre ruedas especialidad libre. Con respecto a los objetivos planteados, se concluye:

- Luego de los programas de competición en patinadores artísticos sobre ruedas de elite, los resultados obtenidos indican una alta participación de la vía anaeróbica láctica.
- Al comparar las concentraciones de lactato obtenidas post competencia, se identificaron mayores niveles de dicho metabolito luego del programa corto en comparación con el programa largo.
- En promedio, la categoría Senior Damas obtuvo valores menores con respecto a la categoría Senior Caballeros.

Las sesiones de entrenamiento destinadas a la producción, tolerancia y aclaramiento de lactato, generales o específicas, podrían ayudar a los patinadores a mejorar su performance en programas de competencia.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Pantoja PD, Mello A, Liedtke GV, Kanitz AC, Cadore EL, Pinto SS, et al. Neuromuscular responses of elite skaters during different roller figure skating jumps. *J Hum Kinet.* 2014;41(1):23–32.
- (2) Worldskate - skateboarding & roller sports - regulations - rule books [Internet]. Worldskate.org. [citado el 30 de 2021 Oct de 2021]. Available from: <http://www.worldskate.org/artistic/about/regulations/category/262-rule-books.html>
- (3) Smith AD. The young skater. *Clin Sports Med.* 2000;19(4):741–55.
- (4) Chicharro JL, Vaquero AF. *Fisiología del ejercicio.* 3rd ed. Madrid, Spain: Médica Panamericana; 2008.
- (5) Billat, L. V. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: Recommendations for long-distance running. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.),* 22(3), 157–175.
- (6) McMaster WC, Liddle S, Walsh J. Conditioning program for competitive figure skating. *Am J Sports Med* [Internet]. 1979;7(1):43–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1177/036354657900700110>
- (7) Mannix ET, Healy A, Farber MO. Aerobic power and supramaximal endurance of competitive figure skaters. *J Sports Med Phys Fitness.* 1996;36(3):161–8.
- (8) Niinimaa V. Figure skating: What do we know about it? *Phys Sportsmed* [Internet]. 1982;10(1):51–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00913847.1982.11947146>
- (9) Kjaer M, Larsson B. Physiological profile and incidence of injuries among elite figure skaters. *J Sports Sci* [Internet]. 1992;10(1):29–36. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/02640419208729904>
- (10) de Boer RW, Vos E, Hutter W, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. Physiological and biomechanical comparison of roller skating and speed skating on ice. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* [Internet]. 1987;56(5):562–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00635371>

- (11) Vescovi J, editor. *The Science of Figure Skating*. London, England: Routledge; 2018
- (12) Ferstle J. Figure skating: In search of the winning edge. *Phys Sportsmed* [Internet]. 1979;7(2):129–36. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00913847.1979.11948442>
- (13) Monsma DV, Malina RM. Anthropometry and somatotype of competitive female figure skaters 11-22 years. Variation by competitive level and discipline. *J Sports Med Phys Fitness*. 2005;45(4):491–500.
- (14) De Feo P, Di Loreto C, Lucidi P, Murdolo G, Parlanti N, De Cicco A, et al. Metabolic response to exercise. *J Endocrinol Invest* [Internet]. 2003;26(9):851–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/bf03345235>
- (15) Wells GD, Selvadurai H, Tein I. Bioenergetic provision of energy for muscular activity. *Paediatr Respir Rev* [Internet]. 2009;10(3):83–90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.prrv.2009.04.005>
- (16) Rodríguez-Zamora L, Iglesias X, Barrero A, Chaverri D, Erola P, Rodríguez FA. Physiological responses in relation to performance during competition in elite synchronized swimmers. *PLoS One* [Internet]. 2012 [cited 2022 Jan 22];7(11):e49098. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23155452/>
- (17) Hanon C, Savarino J, Thomas C. Blood lactate and acid-base balance of world-class amateur boxers after three 3-minute rounds in international competition. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2015 [cited 2022 Jan 22];29(4):942–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25330081/>
- (18) Milia R, Roberto S, Pinna M, Palazzolo G, Sanna I, Omeri M, et al. Physiological responses and energy expenditure during competitive fencing. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 2014 [cited 2022 Jan 22];39(3):324–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24552373/>
- (19) Mendez-Villanueva A, Fernandez-Fernandez J, Bishop D, Fernandez-Garcia B, Terrados N. Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a professional singles tennis tournament. *Br J Sports Med* [Internet]. 2007 [citado el 22 de enero de 2022];41(5):296–300; discussion 300. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17237121/>

- (20) Ben Abdelkrim N, Castagna C, Jabri I, Battikh T, El Fazaa S, El Ati J. Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2010 [citado el 22 de enero de 2022];24(9):2330–42. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20802281/>
- (21) Hausen M, Soares PP, Araújo MP, Porto F, Franchini E, Bridge CA, et al. Physiological responses and external validity of a new setting for taekwondo combat simulation. *PLoS One* [Internet]. 2017 [citado el 22 de enero de 2022];12(2):e0171553. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28158252/>
- (22) Brooks GA. The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 1986 [citado el 6 de Marzo de 2022];18(3):360–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3523107/>
- (23) Brooks GA. Lactate as a fulcrum of metabolism. *Redox Biol* [Internet]. 2020 [citado el 6 de Marzo de 2022];35(101454):101454. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32113910/>
- (24) Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium: Lactate metabolism. *J Physiol* [Internet]. 2004 [citado el 6 de Marzo de 2022];558(Pt 1):5–30. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15131240/>