COMPORTAMIENTO DEL LACTATO EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO, UNA REVISIÓN DOCUMENTAL

INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE FISIOTERAPEUTA

DANIELA ESPÍNDOLA CAÑON

OSCAR RICARDO RAMOS COMBARIZA

ASESOR

ESCUELA COLOMBIANA DE REHABILITACIÓN

FACULTAD DE FISIOTERAPIA

BOGOTA D.C. JUNIO DE 2019

Tabla de contenido

Resumen 4

Problema de Investigación 5

Planteamiento del problema 5

Justificación 10

Marco de Referencia 12

Energía 12

Continuum Energético 13

Método 19

Tipo de Estudio 19

Diseño 19

Procedimiento 19

Resultados 22

Análisis de los resultados 29

Discusión 34

Conclusiones y Recomendaciones 36

Referencias 38

Tabla de Figuras

Figura 1. Sistema de Fosfágenos 14

Figura 2. Redistribución de Glucógeno Muscular. 16

Figura 3. Sistemas y tipos de deportes 17

Figura 4. Relación entre producción y metabolismo del lactato en el rendimiento deportivo. 29

Figura 5. Factores fisiológicos que intervienen en el Rendimiento Deportivo 30

Figura 6. Alteraciones fisiológicas que se presentan en deportes resistencia máxima 30

Figura 7. Alteraciones fisiológicas que se presentan en deportes resistencia media 31

Figura 8. Alteraciones fisiológicas que se presentan en deportes potencia 32

Figura 9. Niveles de lactato en sangre reportados en la literatura que se presentan en deportes de potencia y resistencia. 33

Tabla de Tablas

Tabla 1. Criterios de selección de documentos 20

Resumen

En el ámbito del deporte, se pretende medir de distintas maneras el rendimiento del deportista en sí. Uno de los elementos mayormente utilizados es la medición de los compuestos bioquímicos del organismo, los cuales tienen precedentes en la medición de variables como la fatiga, el rendimiento cardiovascular, los niveles de oxigenación entre otros, los cuales permiten definir la planificación deportiva y determina las acciones a mejorar en el individuo o en la población en cuestión.

El presente proyecto tuvo como finalidad documentar el comportamiento del rendimiento deportivo relacionado con el compuesto bioquímico Lactato, teniendo en cuenta los diferentes tipos de deportes y los niveles de lactato encontrados; esto se realizó por medio de un ejercicio de investigación de tipo descriptivo, empleando el método de revisión documental que permite describir lo encontrado en la evidencia científica, así como determinar si el lactato está estrechamente relacionado con las posibles alteraciones en el rendimiento deportivo.

Dado que se da una gran relevancia a las tomas de muestra de compuestos bioquímicos, se permitió reflexionar si realmente estos son importantes para la toma de decisiones, tanto en la planeación del entrenamiento, como en la ejecución de las intervenciones desde el campo de fisioterapia, teniendo en cuenta los aspectos fisiológicos iniciales que contribuyen a definir qué factores del rendimiento deportivo encontrados en la literatura que se pueden afectar partiendo de los deportes de potencia y resistencia a partir de la sustancia bioquímica lactato.

Palabras clave: Mesh: Sports performance, Athletic performance, Lactic Acid, Lactate, atheletes. Desc: Atletas, ácido láctico, rendimiento atlético.

Problema de Investigación

Planteamiento del problema

Se habla de rendimiento deportivo ante la relación que existe entre las metas propuestas y los logros obtenidos que permiten llegar al potencial máximo alcanzable del deportista, no obstante, el rendimiento deportivo también conlleva diversos factores a tratar, tanto intrínsecos como extrínsecos del deportista y del deporte en sí mismo. Se habla de variables del rendimiento deportivo intrínsecas o personales a aquellas que competen al individuo tales como los factores genéticos relacionados con la morfología, las aptitudes físicas del deportista que incluye las capacidades motoras del mismo, las características de la personalidad que inciden en aspectos psicológicos, la nutrición, el esfuerzo a la resistencia y el estado de salud, la toma de medicamentos, el metabolismo y las reacciones hormonales que suelen afectar mayormente al género femenino; así mismo, se datan factores extrínsecos o ambientales relacionados con el calor y la altitud, la infraestructura y los implementos utilizados en el deporte, así como el tipo de entrenamiento. Cabe aclarar que se deben tener en cuenta factores relacionados con el contexto como el/la entrenador/ra, el apoyo emocional, los elementos socioculturales y económicos de la persona en sí (Kenney, Wilmore, & Costill, 2014).

Como ya se ha mencionado, llegan a existir múltiples causales por las cuales el rendimiento deportivo se ve alterado, estas van desde la parte psicológica hasta la parte física, donde cualquier cambio puede llegar a impactar negativamente durante una competencia. Es por lo anterior que se crean métodos que permitan reconocer las causas exactas que conllevan al deterioro de dicho rendimiento. El ácido láctico o lactato es una sustancia segregada durante la práctica deportiva, y su medición en sangre es uno de los métodos biomédicos mayormente utilizados en las ciencias aplicadas para determinar el efecto de este según

distintas intensidades físicas, informando su metabolismo, producción y eliminación del mismo (Brito Vásquez, Granizo Riquetti, & Calero Morales, 2017).

Durante el ejercicio, el principal sistema utilizado es el sistema músculo esquelético, el cual tiene tres tipos de fuentes energéticas de acuerdo a la intensidad del ejercicio propuesto. Por ejemplo, durante los ejercicios de potencia, los cuales son aquellos de poca duración y alta intensidad el musculo utiliza los sistemas de fosfágenos, mientras que para actividades de mediana intensidad en 60 segundos es utilizado el metabolismo anaeróbico, entretanto durante los ejercicios de resistencia donde el tiempo es mayor a 120 segundos, el metabolismo aeróbico es el principal soporte de energía (Lopez Chicharro & Fernandez Vaquero, 2006).

Se sabe que el lactato es un subproducto y un combustible segregado durante el ejercicio físico y que su presencia indica una demanda del organismo para obtener mayor cantidad de energía celular. El ácido láctico es el producto final de la glucólisis anaerobia, uno de los procesos de producción de ATP naturales del cuerpo humano, donde la energía obtenida es utilizada para la ejecución de cambios de la estructura molecular, que durante el ejercicio, a nivel muscular, posibilita la variación de la longitud del sarcómero del miocito y un acortamiento de las líneas Z, dando como resultado el aumento de la tensión muscular (Lopez Chicharro & Fernandez Vaquero, 2006).

Como ya se ha dicho, al ácido láctico se produce principalmente en el metabolismo anaeróbico, al metabolizar las moléculas de la glucosa hasta llegar al ácido pirúvico y de nuevo ser metabolizado en el interior de la mitocondria, en el ciclo de Krebs. Sin embargo, para hablar del ácido láctico hay que hablar del ciclo de Cori, siendo el proceso anaeróbico celular que produce el subproducto bioquímico. El ciclo de Cori es aquel producido entre las células musculares y hepáticas, donde el glucógeno muscular es degradado durante la glucólisis, la cual es capaz de producir 10 reacciones enzimáticas para finalmente obtener dos moléculas de Piruvato, las cuales se convertirán seguidamente, dada la falta de oxígeno, en

Lactato. Este producto se transporta por medio del torrente sanguíneo hasta el hígado, para ser reconvertido en piruvato y reaparecer en forma de glucosa, la cual puede volver a ser fuente energética para el tejido musculo esquelético o para ser almacenada en forma de glucógeno nuevamente en el hígado (McArdle, Katch, & Katch, 2015).

Dado que, el ciclo de Cori requiere gran demanda de energía (4 ATP), no puede mantenerse en constante circulación, es por tanto que, durante el ejercicio al realizar las contracciones musculares, el ATP requerido es rápidamente utilizado, teniendo que regenerarse lo antes posible para suplir las demandas adquiridas; es allí donde se empieza a dar la glucogenólisis muscular, como resultado de la activación de epinefrina. En la glucogenólisis, se libera la glucosa-6-fosfato a nivel muscular, incorporándose nuevamente en la glucólisis y generando el piruvato, que en condiciones normales se convierte en acetil-coA y pasa a ser parte del ciclo de Krebs, ocurriendo la respiración celular aeróbica. En condiciones de alta demanda musculoesquelética, la cadena respiratoria empieza a fallar, dado el agotamiento del oxígeno, acumulando piruvato y NADH; para poder metabolizar el piruvato, este entra en una vía de fermentación láctica convirtiéndose en lactato (Cote Mogollón & Petro Soto, 2012).

De igual forma, para la homeostasis muscular se debe mantener la misma cantidad de ATP, compensando mediante la glucolisis anaeróbica y la fermentación láctica, acelerando aún más la metabolización del ácido láctico; no obstante, el lactato debe pasar por un proceso de reciclaje, ya que si esto no ocurre puede generar un acumulo de la sustancia y un descenso del pH, causando una acidosis en el tejido (Cote Mogollón & Petro Soto, 2012).

A nivel musculo esquelético, al producirse más lactato y piruvato de lo que las células pueden catabolizar, este se transporta al torrente sanguíneo por medio del plasma y es llevado hasta el hígado. Allí el lactato es reconvertido en piruvato y seguidamente en glucosa mediante el proceso de gluconeogénesis, esta glucosa nuevamente entra el plasma y es

transportada por el tejido muscular para volver al ciclo, cubriendo las demandas energéticas en momentos de hipoxia (Cote Mogollón & Petro Soto, 2012).

Sin embargo, pocas veces se tiene en cuenta que dicho subproducto proveniente de reacciones bioquímicas llega a ser significativos en el ámbito del deporte, es ahí cuando se hace importante denotar la relación reportada en la literatura entre el rendimiento deportivo y el lactato, además de si la producción del ácido láctico o su metabolismo se encuentra relacionada con la afectación del rendimiento deportivo y si esto es dependiente de los deportes de potencia o de resistencia.

Dicho lo anterior, es necesario tener en cuenta un componente teórico inicial con el cual se pueda dar cabida al problema de investigación central, es decir, se deben tener en cuenta ciertos factores fisiológicos que intervienen durante la ejecución deportiva y que influyen en el rendimiento deportivo, teniendo en cuenta que dichos factores se pueden alterar en los deportes de resistencia y potencia (Kenney, Wilmore, & Costill, 2014).

De igual manera, se deben denotar los niveles de lactato en sangre presentados en los deportes de potencia y resistencia, denotando si existe una diferencia relevante entre los diferentes tipos de deporte o si en definitiva aún no existe literatura que dé pie a encontrar características específicas para ambos deportes. Por último, se pretende identificar la relación existe entre la producción y el metabolismo del lactato en el rendimiento deportivo, puesto que no es claro si las dos afectan de igual manera. Es por tanto que, se plantea un Objetivo General para dar cumplimiento al problema de investigación central: Determinar el comportamiento del lactato en el rendimiento deportivo reportado en la literatura.

No obstante, cabe resaltar que, posteriormente a determinar los efectos fisiológicos en el rendimiento deportivo surge la inquietud de si dichos efectos ocurren de igual manera en los deportes de resistencia y potencia, además de las posibles variaciones sujetas en cuanto a los niveles de lactato en sangre partiendo del hecho que actúan diferentes sistemas metabólicos

durante la ejecución de cada uno. Adicionalmente, se propone indagar en la relación que existe entre la producción y el metabolismo del lactato en el rendimiento deportivo, considerando cualquier afectación del mismo por ambas partes. En contexto se reconocen los siguientes objetivos específicos: (a) Reconocer las alteraciones fisiológicas que se presentan en deportes de potencia y resistencia descritos en la literatura. (b) Identificar los niveles de lactato en sangre reportados en la literatura que se presentan en deportes de potencia y resistencia.

Justificación

Durante la ejecución del ejercicio deportivo, ocurren ciertos efectos metabólicos, en los cuales se logran sustraer sustancias químicas compensatorias para el organismo. Una de ellas es el ácido láctico, el cual actúa como intermediario en el metabolismo de la glucosa a nivel multisistémico, por lo que puede ocasionar a innumerables efectos en el organismo (Sánchez, 2014).

La causa más asociada a la producción de lactato es de tipo músculo esquelético, esto es dado a que se entiende que durante la realización de ejercicio de alta intensidad las fibras musculares comienzan a acumular la sustancia en cada una de sus células, generando así la inhibición de enzimas encargadas de la glucolisis, es decir, cortan el suministro energético principal el cual esta determinado por la producción de ATP; por otro lado, también se dice que tal acumulo de sustancias intracelulares inhibe la correcta unión de calcio a las fibras musculoesqueléticas, el cual es un componente esencial para la activación sarcomeral, por lo que se requiere de un mayor gasto de energía para poder realizar la contracción muscular, induciendo rápidamente a la fatiga y por ende a una alteración del rendimiento (Candia Luján & De Paz Fernández, 2014).

No obstante, la fatiga también es uno de los factores fisiológicos que tiene precedentes en la producción de lactato, sin embargo, para Cárdenas, Conde y Perales, la fatiga abarca un sentido multicausal, es decir, no depende únicamente de la secreción de una sustancia, sino que es vista como un fallo funcional del organismo, ya sea por exceso o por defecto de energía almacenada en el organismo. Además, se incluye dentro de la fatiga diferentes tipos como: la fatiga cardiovascular, por agotamiento de energía, neuromuscular, por trauma muscular, biomecánica, por termorregulación y psicológica, por lo que no sería factible atribuir la culpa a una única sustancia (2017).

Desde el ámbito de la fisioterapia, se ve relevante determinar cuál es la razón principal que conlleva a las manifestaciones fisiológicas determinadas, ya sea por la producción o el metabolismo del ácido láctico, puesto que esto puede resultar en una mejora en la planeación, ideación e intervención de un plan de entrenamiento específico y una clara prescripción del ejercicio que, en ultimas optimiza el rendimiento del deportista durante una competencia.

Así mismo, es de vital importancia determinar los factores fisiológicos y bioquímicos de los diferentes tipos de deporte, pudiendo interferir o modificar el efecto de estos de manera tal que se pueda alcanzar el potencial máximo del deportista y se pueda trascender a contextos competitivos.

Marco de Referencia

Energía

La energía se consigue mediante diferentes procesos metabólicos con el fin de mantener procesos fisiológicos del individuo. Uno de los procesos se da durante el metabolismo basal, referente a la cantidad mínima de energía requerida para la subsistencia, dependientes de factores como: la masa corporal teniendo un mayor gasto energético a mayor masa general y aún más a mayor masa magra, el somato, la edad siendo menor el ritmo metabólico a mayor edad, el estrés (liberación del cortisona-hormona del estrés), Sistema endocrino puesto que hormonas como la tiroxina o la adrenalina incrementan el gasto metabólico; durante este proceso, al igual que en el metabolismo en reposo en el cual se incluye la actividad física, se hace uso de los macronutrientes para la obtención de energía (Rosa Guillamón, 2015).

En el metabolismo en reposo se incluye la cantidad de energía que el cuerpo necesita para realizar las actividades diarias, aquí se destacan factores como el nivel de actividad física, la edad siendo frecuente que los individuos jóvenes sean más activos, el sexo por el mayor ritmo metabólico que presenta el sexo masculino, además de los factores incluidos en el metabolismo basal (Rosa Guillamón, 2015).

Como ya se ha mencionado, se necesita de macronutrientes para poder solventar la necesidad energética celular, es allí donde entra en Continuum energético. En este actúan los tres sistemas energéticos que operan durante la realización de deporte, y que varían de acuerdo a la intensidad de este.

Continuum Energético

Para poder entender el Continuum energético, hay que hablar sobre los mecanismos de la generación de ATP los cuales son: El Sistema de AT-PC, Sistema del Ácido Láctico, y el Sistema del Oxígeno o Aeróbico (Kenney, Wilmore, & Costill, 2014).

El primero, el sistema de los Fosfágenos o AT-PC, es aquel producido mediante la vía anaeróbica aláctica, es decir que conducen a una degradación completa de los hidratos de carbono y grasas en dióxido de carbono, agua y energía en presencia de oxígeno en la mitocondria. Durante este sistema se sustrae energía de forma rápida a través de un único compuesto, la Fosfocreatinina (FC); por medio de la enzima Creatincinasa CK, se separa la Fi de la FC, donde es unida a una molécula de a ADP para constituirse luego como ATP, y de igual forma puede degradarse el ATP para producir nuevamente Fi (Bowers & Fox, 2000).

Es por esto por lo que el sistema de Fosfágenos actúa de manera provisional, con una duración muy corta, manteniendo las necesidades energéticas entre 3 a 15 segundos, y dado su agotamiento rápido en el musculo, conlleva a la fatiga en tan solo 10 a 30 segundos. Sin embargo, esta se puede regenerar pocos minutos después de terminada la actividad (3-4 minutos de recuperación), por lo que es indispensable en deportes de potencia tales como las carreras de velocidad, salto, entre otros (Bowers & Fox, 2000).

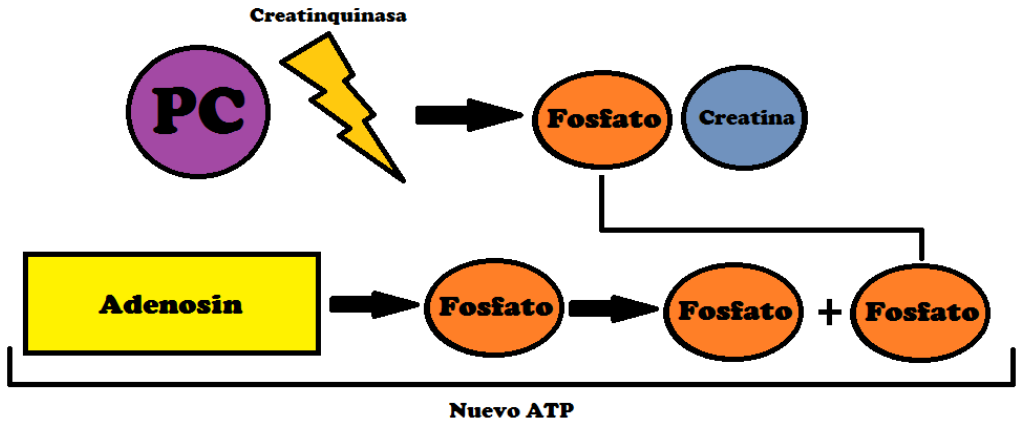

Figura 1. Sistema de Fosfágenos. Retomado de http://3.bp.blogspot.com/-hBiuCso7AVs/USKSwzPQTAI/AAAAAAAAAB8/unSHKSdQCLc/s1600/ADP-ATP.png

El segundo sistema es el sistema del Lactato. El lactato es conocido por ser un indicador de la función metabólica, más exactamente es el producto obtenido del metabolismo de la glucosa, el cual es principalmente sustraído para ser utilizado como componente energético en momentos de bajo oxígeno tisular (Cote Mogollón & Petro Soto, 2012).

Sin embargo, cabe aclarar que el lactato puede catabolizarse para la obtención de ATP, tanto de forma aeróbica como de forma anaeróbica, formándose en pequeñas cantidades cuando el músculo se encuentra en estado de reposo, o cuando no hay demanda excesiva del mismo (Attanà, y otros, 2012).

La producción del ácido láctico proviene de una molécula clave de la respiración celular: el Ácido Pirúvico. Este ácido se genera a partir de la degradación de las moléculas de glucosa (glucolisis) y es originado de componentes energéticos. Cuando el suministro de oxígeno tisular es bajo, ya sea en el tejido muscular o cardiaco, el ácido pirúvico se transforma en ácido láctico, el cual se difunde gracias a la acción del oxígeno sobre la circulación sanguínea, donde lo incorporan los hepatocitos y vuelve a convertirlo en ácido pirúvico, formando un ciclo de reacciones anaeróbicas (Tortora & Derrickson, 2013).

Es entonces como el lactato, en condiciones normales tanto nutricionales como metabólicas, se comporta como una sustancia sumamente dinámica e intenta dirigirse a los tejidos de diversas maneras. La primera forma consiste en que la molécula intenta salir de un grupo muscular y al mismo tiempo intenta entrar a musculatura cercana, el torrente sanguíneo e incluso en tejidos donde existe menor concentración de lactato. La segunda manera es cuando el lactato ingresa al tejido muscular cercano, que ya convertido en piruvato es utilizado como ATP.

Según McArdle, Katch y Katch (2015) durante la realización de ejercicio intenso el glucógeno intramuscular almacenado se sintetiza rápidamente para continuar con un periodo a largo plazo, fosforilando el ADP en la glucólisis anaerobia para formar lactato; asimismo, el lactato incrementa rápidamente las enzimas requeridas para la conversión de piruvato en lactato y viceversa, y llega a ser utilizado por el músculo cardíaco como sustrato energético para su óptimo funcionamiento durante el ejercicio, y en las fibras musculares para realizar eficientemente los procesos de contracción rápida.

Por otro lado, al secretar lactato, se observa que llega a existir acumulación del mismo, en donde el organismo tiene que realizar su eliminación de forma paralela con la producción para que dicha acumulación no acurra. Como ya se ha dicho, durante el ejercicio la producción se da a medida de la contracción muscular, mientras que la catabolización se da por el uso del lactato a nivel musculo esquelético, teniendo una medida media de eliminación de 15 minutos aproximadamente, teniendo en cuenta que este comienza a aumentar exponencialmente alrededor del 55% de la capacidad aeróbica máxima en una persona sin entrenamiento. Por tanto, si existe una acumulación excesiva a nivel muscular de lactato, los músculos pierden su capacidad funcional de contracción por la acidez en los mismos, siendo la acidez la principal causa de fatiga muscular (McArdle, Katch, & Katch, 2015).

Figura 2. Redistribución de Glucógeno Muscular. Retomado de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f1/Redistribucion_de_glucogeno_muscular.jpg/400px-Redistribucion_de_glucogeno_muscular.jpg

No obstante, el ion lactato es una sustancia toxica para la célula, ya que disminuye la fiabilidad de los sistemas buffer, que se cree conducen a la fatiga dada la deuda de oxígeno que ocurre durante el ejercicio, además que para que el ciclo funcione necesita de una gran cantidad de energía, por lo que es óptimo para deportes de media resistencia, en los que los tiempos van desde 1 a 3 minutos como las carreras de 400 a 800 mts o pruebas de natación de 100 a 200 mts (Bowers & Fox, 2000).

Por último, se encuentra el sistema del oxígeno o aeróbico, el cual es el sistema que más produce energía en el organismo, específicamente en las mitocondrias a nivel musculo esquelético. Dado que el ATP es producido en presencia de oxígeno no genera productos de desecho que conllevan a la fatiga; sin embargo, se forma dióxido de carbono que se difunde libremente desde la célula muscular hacia la sangre y es transportado hacia los pulmones para ser exhalado. Adicionalmente, este sistema funciona por la degradación de la glucosa, las grasas y las proteínas a forma de dióxido de carbono y de agua mediante vías químicas producidas en el ciclo de Krebs y el sistema de transporte de electrones. Es entonces que, este

sistema funciona para ciclos de largos entrenamiento o Deportes de alta Resistencia como el ciclismo, el triatletismo, o el maratonismo (Bowers & Fox, 2000).

Como ya se ha dicho, los tres sistemas utilizados durante el entrenamiento deportivo dependen de la intensidad del ejercicio en cuestión; es entonces que, en los deportes de corta duración se utiliza primordialmente el sistema de los fosfágenos, al contrario que deportes de alta duración, en los que se utiliza el sistema aeróbico. Por otro lado, existen actividades de "espectro medio", en las que se emplea el sistema del Ácido Láctico. La siguiente imagen representa a los tipos de deportes, junto con el tiempo y el sistema energético activado para la ejecución de este:

Figura 3. Sistemas y tipos de deportes. Retomado de http://academia.utp.edu.co/basicasyaplicadas/files/2012/04/1.-SISTEMAS-ENERGETICOS-EN-EL-EJERCICIO-JCGT-CENG.pdf

Los sistemas relacionados con el continuo energético llegan a alterar de cierta manera el Rendimiento Deportivo, el cual es representado por variables psicológicas, físicas, biomecánicas y fisiológicas-bioquímicas. Dentro de las variables psicológicas se encuentran aquellas intrínsecas del deportista, como la autoconfianza, la ansiedad, la atención entre otras relacionadas con la personalidad. En las variables biomecánicas se encuentran tanto los gestos técnicos como tácticos del deporte en cuestión, además de la integridad articular y la

eficiencia y eficacia del movimiento. En cuento a las variables físicas se incluyen los aspectos relacionados con las capacidades motoras en general, en las que se incluyen la resistencia aeróbica, así como la respuesta al entrenamiento y a la planificación nutricional. Por último se evidencian las variables fisiológicas y bioquímicas, las primeras dadas por las adaptaciones celulares hacia un deporte en específico, además de ciertas condiciones de base que puedan interferir positivamente en el rendimiento deportivo; las segunda tiene que ver con los parámetros metabólicos y hormonales que dan pie a observar la eficiencia del organismo ante ciertas demandas (Urdampilleta, Martínez-Sanz, & Cejuela, 2012).

Es por tanto que, se ve necesario determinar el grado de afección de los diferentes sistemas energéticos en las variables de rendimiento deportivo descritas anteriormente.

Método

Tipo de Estudio

El proyecto investigativo es de tipo descriptivo fundamentado en la revisión documental basada en la evidencia científica. Esto es debido a que se consulta, obtiene y registra la información como forma primaria de investigación, además de que se permite la obtención de datos y características suficientes para comprobar una hipótesis, la cuál es libre a una ampliación de la descripción y análisis de la misma (Goris & Adolf, 2015).

Diseño

Para la realización de la revisión documental fue necesario realizar el modelo P.I.C.O.T para la formulación inicial del planteamiento del problema. Dentro de esta se identificaron las siguientes variables:

P: Artículos que vinculen deportistas

I: Ejercicios de Potencia

C: Ejercicios de Resistencia

O: Rendimiento deportivo. Metabolismo y producción del Lactato

T: Literatura datada desde el año 2012

Procedimiento

Se realizó una revisión documental teniendo en cuenta la inspección de algunas bases de datos tales como Pubmed, Scielo, Google Académico, Pedro, Proquest, Ebsco y Plos, partiendo del tema central del proyecto. Para ello realizó la búsqueda de los términos Mesh: Sports performance, Athletic performance, Lactic Acid, Lactate, atheletes. Desc: Atletas, ácido láctico, rendimiento atlético. Con el fin de que la revisión tuviera una mayor utilidad, se

tuvieron en cuenta ciertos criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda de documentación científica presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios de selección de documentos

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Documentos que involucren un tipo de población joven que según el ministerio de salud corresponde a edades de 14-26 años, y adultos , y población deportista	Población dentro del curso de vida de la infancia y tercera edad, adolescentes menores de 14 años y no deportistas. documentos que involucren población sedentaria o no deportista
Documentos que relaten la producción de lactato en el cuerpo humano	Documentos que involucren producción de lactato en organismos animales, vegetales o alimenticios
Artículos que se basen en los aspectos fisiológicos y bioquímicos del rendimiento deportivo.	Artículos que vean al rendimiento deportivo desde una perspectiva psicología
Artículos desde el año 2012 hasta el presente año proveniente de bases científicas confiables	Artículos mayores al año 2012 o no provenientes de bases científicas

Dentro de la búsqueda de artículos se encontraron 50 artículos de los cuales fueron eliminados 16 por ser enfocados hacia el área de psicología en el rendimiento deportivo, 9 por hablar de otros componentes bioquímicos liberados durante el ejercicio y que no contribuían al fin de la revisión, y 5 por tener un tipo de población no inmersa dentro de los términos de

inclusión, por lo que se obtuvieron 20 artículos finales para la revisión, presentados en la matriz final de artículos.

Así mismo, se tuvo en cuenta ciertos tipos de variables para la escogencia de los artículos. Estas variables son tanto de tipo independientes datadas en sexo (femenino o masculino), edades entre los 14 y los 40 años, variables dependientes como el nivel de lactato en sangre medido según el tipo de deporte y los aspectos fisiológicos reportados en cada deporte.

Resultados

El rendimiento deportivo lleva consigo diferentes factores fisiológicos datados en diferentes artículos.

Uno de los efectos más comunes que alteran el rendimiento deportivo es la fatiga muscular y cardiovascular que según Cote Mogollón y Petro Soto (2012), se da por la acidosis metabólica producida durante los ejercicios de alta intensidad o de predominio de uso de sistemas glucolíticos.

Esto se ha adjudicado al exceso del compuesto bioquímico del ácido láctico el cual es capaz de ceder protones de hidrogeno al medio celular, acidificando la célula muscular y provocando lo que se conoce como el modelo de la acidosis láctica. El modelo ha sido descrito por diversos autores y en diferentes tipos de investigaciones, sin embargo, no se tiene un consolidado exacto de que el compuesto bioquímico sea el único responsable; se dice que es causada por un incremento en la dependencia del recambio no mitocondrial de ATP. Adicionalmente el lactato, a pesar de lo que se piensa, es un compuesto esencial para la producción de NAD en el citosol celular que apoya la regeneración continua de ATP por la glucólisis, y tiene un efecto retardante en la acidosis por su consumo de dos protones a nivel muscular. Es por tanto que, la culpa de la fatiga cardiovascular y dolor muscular no se le adjudica estrechamente al ácido láctico sino a la hidrolisis del ATP que genere energía libre y desechos celulares.

También existe otro efecto fisiológico poco conocido que afecta el rendimiento y es el Cronotipo. El dormir mal afecta todos los ámbitos del deporte, la capacidad cardiovascular, la fuerza e incluso afecta a nivel psicológico, por lo que se tendría que intervenir cuidadosamente en los tiempos de practica y planificación a la hora de viajar a lugares con diferentes zonas horarias, al igual que cuando el deportista sufre de trastornos del sueño como apneas e insomnios (Malhotra, 2017).

Adicionalmente, los deportistas al adherirse a un programa de entrenamiento establecido en el que se trabaje continuamente la capacidad aeróbica, generan una adaptación cardiovascular importante en términos de circulación sanguínea, de la disminución de la frecuencia cardiaca, del aumento de volumen sanguíneo y de adaptaciones de los miocitos cardiacos. Adicionalmente esto va acompañado con una mejoría en cuanto saturación y difusión de oxigeno celular (Garber C. , y otros, 2012).

Por último, se recalca que el dolor proveniente del ejercicio, que llega a alterar el desempeño deportivo, se asocia a la restricción de los sistemas amortiguadores de los tejidos, produciendo la caída del PH y una supuesta acidosis por altas demandas energéticas (Cerda-Kohler, y otros, 2015).

Ya se han mencionado los factores fisiológicos que intervienen en el rendimiento deportivo, sin embargo, estos factores pueden tener variantes según el deporte practicado, ya sea de potencia o resistencia.

- Deportes de Resistencia Máxima:

En cuanto a los deportes de Resistencia Máxima como la carrera, se observa que el rendimiento está dado por el consumo máximo de oxígeno VO2max y el uso fraccionado del mismo, sin que el entrenamiento de la fuerza sea un factor influyente ante el VO2. Esto se debe gracias a que a medida que se combina el entrenamiento de la fuerza y de la resistencia, la medida directa del VO2máx en el umbral de lactato no tiene evidencia de modificarse. En el deporte de atletismo específicamente, se relata que a medida que se tenga una mejor economía de carrera, también se aumenta el área de la sección transversal de las fibras musculares, es por tanto que se infiere que la capacidad de la fuerza sirve para el aumento de la difusión capilar hasta el interior de las células musculares, siendo un factor negativo para el rendimiento; en consecuencia, se observa que se debe determinar con precisión la relación

entre el entrenamiento de fuerza y el de resistencia, para que no ocurran hipertrofias capilares que influyan de forma negativa (Vikmoen, y otros, 2016).

Así mismo, se evidencia que los entrenamientos aeróbicos y de larga duración cumplen una serie de modificaciones estructurales con relación al metabolismo energético. El deporte de resistencia máxima favorece la capacidad de soporte hacia un entrenamiento cardiovascular submaximal prolongado, aumentando así el VO2max, específicamente se produce un mayor número de capilares alrededor del musculo; mientras que, según Guillamón (2015) el deporte de resistencia media facilita el intercambio de gases, de calor y nutrientes entre plasma sanguíneo y miocitos. Conjuntamente se incrementa la mioglobina muscular suponiendo una mayor cantidad de O2, mejora la función mitocondrial para mayor producción de ATP y uso de O2, se optimiza la función enzimática que se resume en una menor producción de lactato y un incremento del umbral aeróbico, y un incremento en el ahorro de combustible como glucógeno, el cual retrasa la fatiga.

- Deportes de Resistencia Media:

El entrenamiento físico compuesto por ejercicios basados en la utilización de la vía anaeróbica láctica, como aquellos de 1.30 segundos, mejora las actividades enzimáticas de la fosforilasa, la PFK (fosforilasa, fosfofructokinasa) y la LDH (lactatodeshidrogenasa). Los progresos derivados del deporte de resistencia media llegan a generar ganancia en cuanto a la fuerza muscular máxima de resistencia; lo que se define en una mayor tolerancia a la fatiga de la glucolisis anaeróbica y a una mayor eficacia de los mecanismos de amortiguación (Guillamón, 2015).

En la natación, se reporta que se cumplen con los factores fisiológicos mencionados en el párrafo anterior, pero con una diferencia de rendimiento entre hombres y mujeres. Esto se basa en el supuesto de que en las mujeres el metabolismo aeróbico y en los hombres el metabolismo anaeróbico, está mejor desarrollado; se considera que el metabolismo de los

hombres resulta en mayores concentraciones de lactato, sobre todo en las carreras de 50 y 100 mts. Otro factor diferenciador es la distribución de fibras musculares, sin embargo, se realizó un estudio de 140 sujetos sanos deportistas de natación entrenados (55 mujeres y 95 hombres) a la edad entre 19.0 y 23.9 años, y no se encontraron diferencias acerca de la hipótesis de la distribución, pero si del área que llega a ocupar cada tipo de fibra dado que las fibras IIA fueron las más grandes en los hombres, mientras que las fibras tipo I tendieron a ser más grande en las mujeres Es por tanto que, al hombre tener mayores fibras musculares glucolíticas, son mayores productores de lactato, sin olvidar también que las fibras oxidativas sirven como consumidoras de lactato y también encierran las fibras musculares del corazón dentro del alcance de transporte de lactato de célula a célula (Holfelder , Brown , & Bubeck , 2013).

Se demuestra además que, los niveles de lactato muestran concentraciones más bajas de acuerdo con la intensidad del ejercicio. Por ejemplo, el lactato es más bajo después de la carrera de estilo braza en comparación con el estilo mariposa o espalda en 50 y 100 mts, demostrando que el estilo libre seguido por el estilo espalda tiene un gasto energético menor, una suposición de esto es la variación intracíclica constante en la brazada del estilo y la velocidad del mismo (Holfelder , Brown , & Bubeck , 2013).

- Deportes de Potencia:

Estos deportes tienen como característica tener tiempos reducidos para su ejecución, menores a 30 segundos. Estos entrenamientos se fundamentan en el ejercicio basado en la utilización de la vía anaeróbica aláctica, y la mejora de la fuerza potencia. Esto favorece el metabolismo oxidativo, y una mayor eficacia en el aclarado del lactato (Guillamón, 2015). No obstante, no se demuestra un comportamiento metabólico relacionado con la producción de lactato que dé pie a aspectos fisiológicos relacionados con el mismo.

Ahora bien, según el tipo de deportes se registran los niveles de lactato en sangre, que dan pie a determinar el rendimiento deportivo.

En actividades extenuantes o en esfuerzos de alta intensidad, es decir, en deportes de resistencia, los niveles de O2 se ven comprometidos ya que existe ausencia del este, aunque no se ha logrado demostrar que exista una ausencia a nivel intra-miocitario o intramuscular durante la realización de esfuerzos dados al deporte. No obstante, si se ha logrado demostrar una caída de la presión parcial de O2 durante actividades musculares de alta intensidad, que "llega a 10 mmHg, nueve veces más que la mínima cantidad de O2 necesaria para que la mitocondria funcione" (Cote Mogollón & Petro Soto, 2012).

Se dice que la normalidad para la relación de Lactato- piruvato es de 10:1, pero en ausencia de oxígeno el piruvato no entra al ciclo de Krebs y se transforma en lactato para el mantenimiento de las funciones energéticas mitocondriales; una vez exista la presencia de O2, y si la función mitocondrial lo permite, el lactato se convierte en piruvato y es utilizado y eliminado por órganos diana para obtener una homeostasis celular (Bermúdez-Rengifo & Fonseca-Ruiz, 2016).

Específicamente en Crossfit, los deportistas tienen un índice de lactato inicial en reposo en promedio de 2,4 mmol/L durante todas las sesiones de control, se refiere que el valor normal en reposo esta entre 0,7-2 m.mol/L, mientras que se han encontrado valores máximos en deportistas de Fitness cardiovascular entre 20-25 m.mol/L (Brito Vásquez, Granizo Riquetti, & Calero Morales, 2017).

Para tomar correctamente la medida del lactato en sangre, se debe tener en cuenta la reactivación parasimpática en los deportistas, así como el estrés impuesto en el entrenamiento o competencia. Se observa que la Frecuencia Cardíaca de reserva es mayor al momento de realizar ejercicios de alta intensidad con respecto a personas no deportistas, lo que se ha demostrado en deportes como Taekwondo, boxeo olímpico, Karate y Jiu-jitsu brasilero.

Puntualmente en una competencia simulada en el Taekwondo, se determinaron los niveles de lactato promedio durante las tres rondas, se obtuvo un promedio de la siguiente forma: Round 1: 6,1 ± 4,4 mmol/L y 6,4 ± 2,3 mmol/L; Round 2: 7,0 ± 3,0 mmol/L y 9,9 ± 2,9 mmol/L; Round 3: 7,8 ± 4,3 mmol/L y 12,0 ± 4,0 mmol/L, todos obtenidos de los ganadores y perdedores respectivamente (Cerda-Kohler, y otros, 2015).

En otro estudio se determinó la tasa de acumulación de lactato en sangre a gran intensidad, que requerían de gran potencia metabólica superior a la del consumo de O2. Las velocidades supramáximas se dividieron en 4 o 5 series con una duración en incremente entre 2-10 minutos hasta el agotamiento voluntario. Se logró demostrar que la tasa de acumulación de lactato en sangre se incrementa de manera lineal conforme a la potencia metabólica, en la que se alcanzaba 22 cal/grama de lactato o 20 kcal/mol (Viana-Montaner & Gómez-Puerto, 2012).

Para finalizar, se responde al último objetivo que hace énfasis a la relación entre la producción y el metabolismo del lactato en el rendimiento deportivo.

Para ello se determina que la vía predominante en la eliminación del lactato, que tanto en el periodo de reposo como en el periodo deportivo es la vía de oxidación, con una variación mínima de la oxidación durante el tiempo de reposo, de alrededor de un 5% más durante el ejercicio, por lo que no es muy relevante ante los procesos fisiológicos; no obstante el lactato interviene en la conversión del mismo hacia la glucosa o gluconeogénesis, por lo que se incrementa su nivel en el hígado en un 18% en reposo, y en un 25% durante el ejercicio, especialmente durante el ejercicio físico de alta intensidad teniendo un papel importante dada su capacidad de neoglicogénesis, es decir, en el metabolismo de los carbohidrato (Letieri, y otros, 2016).

Se han realizado una serie de estudios con trazadores químicos, de la misma línea que contribuyen al entendimiento de la cinética del lactato tanto en reposo, como durante y después de la realización del deporte. Es por tanto que, se debe hablar de una tasa de aparición

y una tasa de remoción del lactato (Rate of Appearance- Rate of Dissapearance), es decir, de la reversión de la reacción, creando un balance entre la tasa de aparición y remoción, lo que se ha descrito como el Equilibrio reversible del lactato o Lactaterunover. No obstante, se debe recordar que el ejercicio provoca una activación simpática, que provoca vasoconstricción y flujo de sangre que se ve disminuido en diferentes órganos, lo que provoca una menor oxidación y remoción del lactato (Cote Mogollón & Petro Soto, 2012).

No obstante, cabe aclarar que no se encuentra documentación que date los niveles de lactato en sangre en este tipo de deporte, porque como se ha mencionado, este tipo de deporte no tiene relación con el sistema láctico.

Como ya se ha dicho, el lactato es un producto que tiene la capacidad de producirse y removerse constantemente, por lo que se dice que tiene una capacidad de aclaramiento. Esto último hace referencia a la remoción del lactato en el musculo, y al proceso por el cual es removido por el flujo sanguíneo. A nivel de la remoción de lactato muscular, el lactato es removido hacia el flujo sanguíneo, el proceso ocurre principalmente en el hígado 60% y en el mecanismo más importante para la eliminación de la carga del lactato, el renal con un 20%-30%, por su recaptación, sin embargo, si existe una muy alta concentración de lactato, solo se podrá eliminar del 10-12% de la carga total (Attanà, y otros, 2012).

También, el ejercicio de alta intensidad y de corta duración produce fácilmente fatiga muscular, presentándose con la pérdida de fuerza o potencia en la respuesta al ejercicio, lo que resulta en la alteración del desempeño deportivo. Los mecanismos que producen las alteraciones fisiológicas descritas anteriormente son las fibras, la acidosis y el agotamiento del ATP que conducen cambios en la concentración de lactato; estos son directamente proporcionales al aumento de la fatiga, por lo que se crean métodos de eliminación de lactato para reducir el tiempo de transporte de los metabolitos, que se acumulan durante el ejercicio (Lucertini , y otros, 2017).

Análisis de los resultados

A continuación, se presentan las gráficas correspondientes a los datos obtenidos de los artículos encontrados según cada ítem.

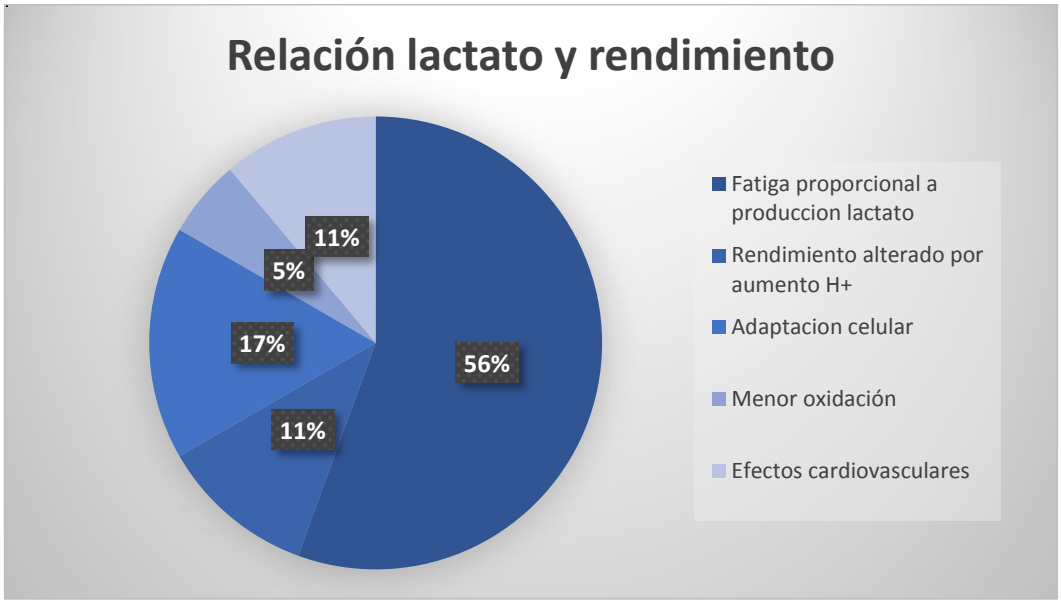

Figura 4. Relación entre producción y metabolismo del lactato en el rendimiento deportivo.

Como se muestra en la Figura 4, se encontraron un total de 18 artículos que explican de forma directa o indirecta la relación de la producción del lactato y el rendimiento deportivo, el 56% de los artículos relata que la fatiga es proporcional a la producción de lactato y a los niveles del mismo en sangre, además el 17% dicen que se genera una adaptación celular en las que se utiliza más piruvato antes que utilizar el compuesto bioquímico del lactato. 11% dice que existen efectos cardiovasculares durante el metabolismo del lactato, por lo que se relaciona la Frecuencia Cardiaca con los niveles de lactato, y otro 11% que dice que el rendimiento es alterado por el aumento de hidrogeniones durante el proceso de producción de lactato. Un último 5% dice que existe una menor oxidación y remoción del lactato dada la activación simpática del sistema nervioso.

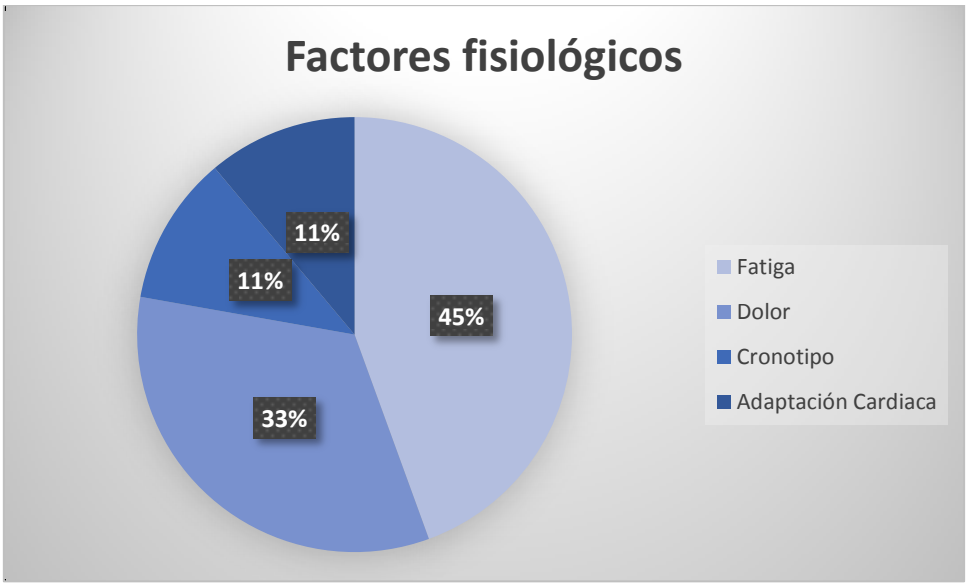

Figura 5. Factores fisiológicos que intervienen en el Rendimiento Deportivo

Según lo presentado en la Figura 5, de los 20 artículos seleccionados se evidencia que 7 hablan de los factores fisiológicos que intervienen en el rendimiento deportivo, de los cuales el 45% habla sobre la fatiga, el 33% sobre el dolor muscular, el 11% hablan del Cronotipo y el último 11% habla sobre las adaptaciones cardíacas durante la ejecución de un deporte.

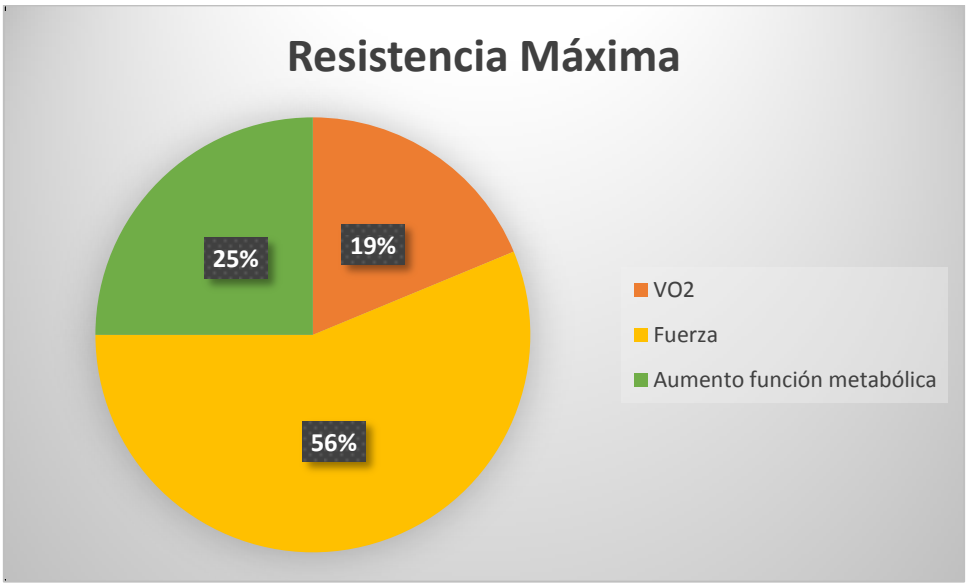

Figura 6. Alteraciones fisiológicas que se presentan en deportes resistencia máxima

Dada la Figura 6, se muestra que de los 16 artículos encontrados que mencionan la resistencia máxima, se dice que el 56% relatan que existe un aumento de la fuerza en este deporte ya sea por aumento de las fibras o del diámetro de las mismas, el 25% relatan un aumento de la función metabólica del sistema oxidativo por la necesidad inminente de O2, y un 19% sobre el aumento del VO2 dadas las adaptaciones cardiopulmonares propias del deporte.

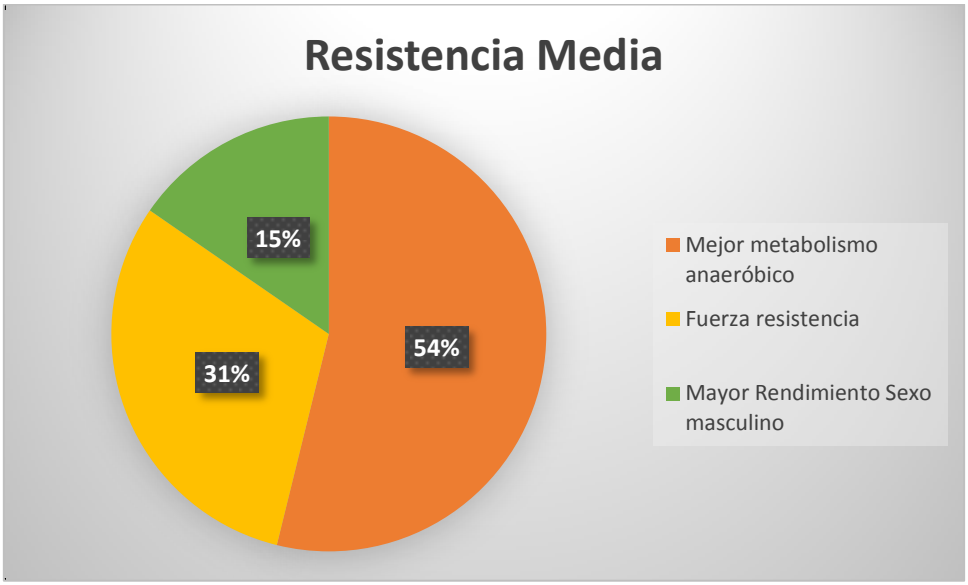

Figura 7. Alteraciones fisiológicas que se presentan en deportes resistencia media

En la Figura 7 se denota que, los 13 artículos encontrados que mencionan la resistencia media, se dice que el 54% relatan que se denota un mejor metabolismo anaeróbico, es decir, un metabolismo más eficaz del lactato, el 31% relatan un aumento de fuerza resistencia en este tipo de deporte, y un 15% relatan que el sexo masculino tiene un mejor rendimiento en los deportes de resistencia media que el sexo femenino mayores concentraciones de lactato basales en los hombres.

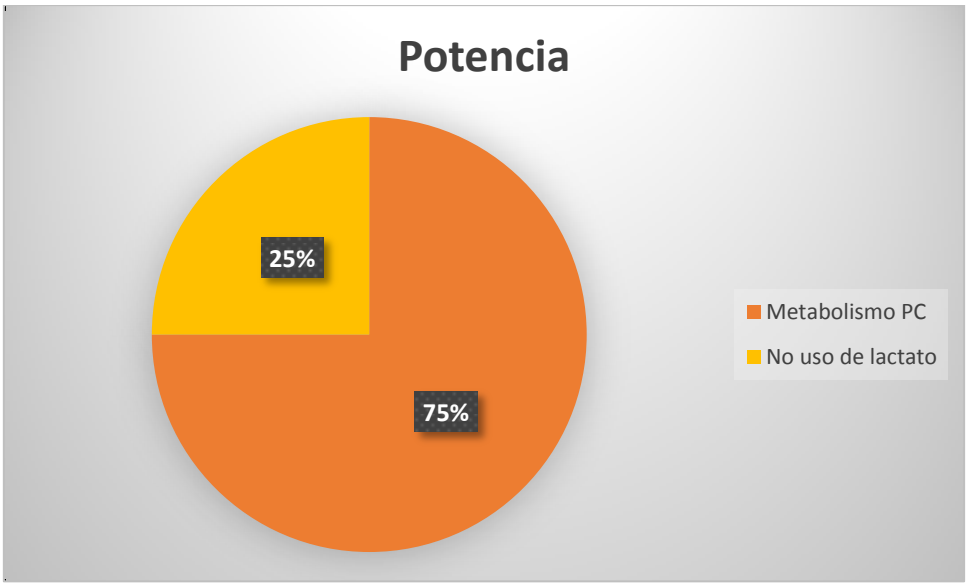

Figura 8. Alteraciones fisiológicas que se presentan en deportes potencia

Como se observa en la Figura 8, en cuanto a los deportes de potencia no se encontraron artículos que hablaran específicamente del deporte, sin embargo 4 mencionan los deportes de potencia determinando en el 75% de los artículos que, se utiliza principalmente el sistema de los fosfágenos como sistema de rápida obtención de ATP, y además el 25% de los artículos relatan que en este tipo de deportes no se hace uso del lactato.

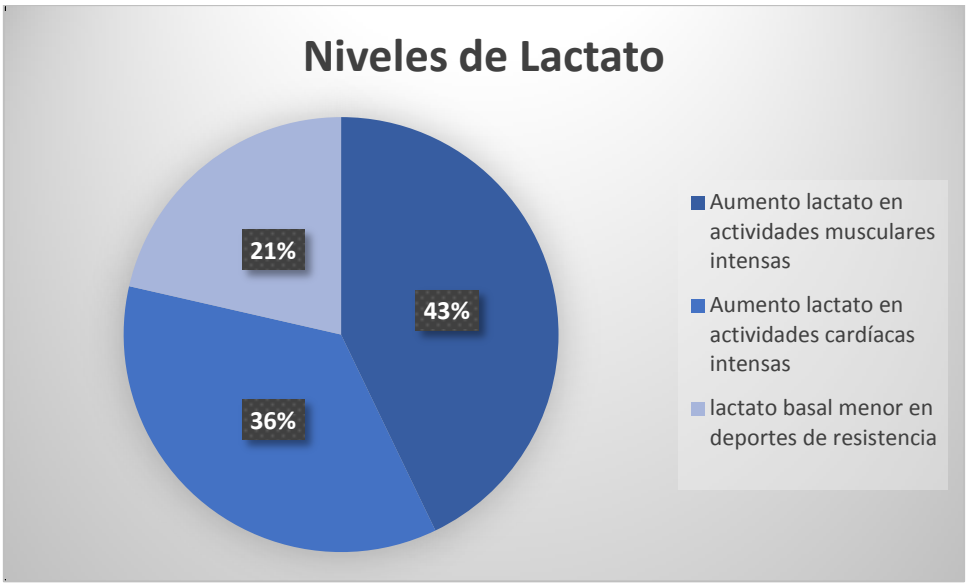

Figura 9. Niveles de lactato en sangre reportados en la literatura que se presentan en deportes de potencia y resistencia.

Como se observa en la Figura 9, se encontraron 14 artículos que relatan los niveles de lactato en los deportes de resistencia, se dice que el 43% relatan que existe un aumento del lactato en actividades musculares intensas, el 36% relatan un aumento del lactato en actividades cardiacas de alta demanda como en deportes como el ciclismo, y un 21% dicen que el lactato basal en los deportes de resistencia es menor, lo que genera un punto más alto en el umbral láctico.

Discusión

Como se ha nombrado en el apartado anterior, se denota que existe una relación entre la producción de lactato y el rendimiento deportivo, viendo que la fatiga es uno de los factores determinantes en dicha relación. Sin embargo, en el caso de los deportistas, se demuestra una adaptación celular ante el compuesto lactato, utilizando otros recursos para suplir las demandas energéticas, además de ciertos efectos sobre el sistema cardiovascular durante el metabolismo del lactato. No obstante, la relación entre el compuesto bioquímico y el rendimiento no llega más allá que las variables de fatiga muscular y cardiovascular, no interviniendo capacidades motoras coordinativas en general, ni algunas capacidades condicionales como flexibilidad, siendo estas de gran importancia para la ejecución de cualquier deporte.

Ahora bien, el lactato tiene un papel muy importante en el metabolismo de los carbohidratos durante el ejercicio físico de alta intensidad, no obstante, no se presenta claridad en el ejercicio de potencia puesto que, según la recopilación teórica, en este tipo de deporte se utiliza un sistema metabólico de rápida acción que no alcanza a abarcar el sistema láctico, por lo que no se logra cumplir a cabalidad el propósito de la hallar relación entre el deporte de potencia y los niveles de lactato.

Por otro lado, cabe resaltar que los procesos fisiológicos relacionados con el rendimiento deportivo que implican la producción y el metabolismo del lactato afectar de forma directa al sujeto. Contemplándolo desde la mirada de la teoría de movimiento complejo, en el deportista se comienza a alterar el control motor basando en la ejecución del gesto deportivo dada la fatiga muscular presentada, además de los cambios en la recuperación de los niveles de lactato en sangre, que implican una afectación multisistémica. Adicionalmente, durante la ejecución de ejercicio se ve la influencia del compuesto en el patrón motor, es decir, en el movimiento actual del sujeto que se delimita gracias a los cambios celulares datados, y que llega a influir

en el proyecto motor, de forma inmediata durante un entrenamiento, o a largo plazo en otro tipo de preparación.

Conclusiones y Recomendaciones

Se identifica que, durante la revisión no se recopila información sobre los niveles de lactato en sangre en deportes de Potencia, ya que la evidencia manifiesta que en este deporte no se excreta este compuesto, sin embargo, no se relata que ocurre en otros sistemas o si el lactato se podría producir eventualmente y si esto llega a afectar a largo plazo.

Entre tanto los deportes de resistencia media muestran al lactato como actor principal, ya que se observa un desarrollo del metabolismo anaeróbico, y una mayor resistencia ante la producción de lactato, generando un mayor uso del piruvato antes que el lactato, por lo que aumentaría el umbral láctico en este tipo de deportistas.

Adicionalmente, varios autores relatan que el lactato no es el responsable directo de los procesos fisiológicos que influyen en el rendimiento deportivo, sino que es la acidosis metabólica y la liberación de hidrogeniones la implicada en la fatiga y el dolor; de igual manera, se habla de que el lactato tiene influencia a nivel cardiopulmonar y en la producción de VO2, siendo optimo en el procesamiento del oxígeno durante el entrenamiento, sin embargo otros autores relacionan que la fatiga muscular y la producción de lactato son directamente proporcionales, ya que entre mayor sea el nivel del lactato mayor llega a ser la acidosis metabólica. Sin embargo, a pesar de existir información tanto del lactato como del rendimiento deportivo, se denota que aún faltan investigaciones que relacionen tanto el lactato como el rendimiento deportivo, es decir, artículos que impliquen tanto el metabolismo y la producción del compuesto con los efectos fisiológicos que llegan a intervenir en el rendimiento deportivo.

Es importante que el fisioterapeuta ejerza la toma de decisión en la prescripción de ejercicio teniendo en cuenta los aspectos fisiológicos iniciales que contribuyen a definir qué factores del rendimiento deportivo encontrados en la literatura que se pueden influir en el deporte; igualmente debe tomar en cuenta el estudio de las capacidades motoras

conjuntamente como posibles componentes que se pueden ver afectados, ya sea de forma positiva o negativa.

Además, tomando al deportista como un ser holístico se ve importante realizar investigaciones multidisciplinares con áreas permitan determinar el cambio y la influencia de lactato desde distintos componentes, así como la producción de estrategias de intervención más precisas para el deporte.

Referencias

Attanà, P., Lazzeri, C., Picariello, C., Dini, C., Gensini, G., & Valente, S. (2012). Lactate and lactate clearance in acute cardiac care patients. *European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care.*, 1(2), 115–121. . doi:Doi: 10.1177/2048872612451168

Bermúdez-Rengifo, W., & Fonseca-Ruiz, N. (2016). Utilidad del lactato en el paciente críticamente enfermo. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*, 16(2), 80-89.

Bowers, R., & Fox, E. (2000). Fisiología del Deporte. *Editorial Panamericana , 3º Edición*.

Brito Vásquez, V., Granizo Riquetti, H., & Calero Morales, S. (2017). Estudio del ácido láctico en el Crossfit: aplicación en cuatro sesiones de entrenamiento. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(3) . Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002017000300006&lng=es&tlng=es.

Candia Luján, R., & De Paz Fernández, J. (2014). ¿ Son efectivos los antiinflamatorios no esteroides en el tratamiento del dolor muscular tardío? *CienciaUAT*, 9(1), 76-83.

Cárdenas, D., Conde González, J., & Perales, J. (2017). La fatiga como estado motivacional subjetivo.. *Revista andaluza de Medicina del Deporte*, 10(1), 31-41.

Cerda-Kohler, H., Aguayo Fuentealba, J., Francino Barrera, G., Guajardo-Sandoval, A., Jorquera Aguilera, C., & Báez-San Martín, E. (2015). Control autonómico del ritmo cardiaco, lactato sanguíneo y aceleración durante un combate simulado en atletas de taekwondo de elite. . *Nutricion Hospitalaria*, 32(3), 1234–1240. doi:https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9253

Cote Mogollón, F., & Petro Soto, J. (2012). Planteamientos relevantes sobre el metabolismo del lactato y su relación con el ejercicio físico. (U. d. Pamplona, Ed.) *Revista Actividad Física y Desarrollo Humano.* .

Garber, C., Blissmer, B., Deschenes, M., Franklin, B., Lamonte, M., Lee, I., & Swain, D. (2011). Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healt Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercice*, 43(7), 1334-1359. doi:Doi:10.1249/mss.0b013e318213fefb

Garber, C., Blissmer, B., Deschenes, M., Franklin, B., Lamonte, M., Lee, I., & Swain, D. (2012). Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healt Adults. . *Medicine & Science in Sports & Exercice*, 43(7), 1334-1359. doi:Doi:10.1249/mss.0b013e318213fefb

Goris, G., & Adolf, S. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura. 9(2), 0-0. Obtenido de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2015000200002

Guillamón, A. R. (2015). Metabolismo energético y actividad física. . *Lecturas: Educación física y deportes*, (206), 9.

Holfelder , B., Brown , N., & Bubeck , D. (2013). The Influence of Sex, Stroke and Distance on the Lactate Characteristics in High Performance Swimming. *PLOS ONE*, 8(10): e77185. doi:https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077185

Kenney, W., Wilmore, J., & Costill, D. (2014). Fisiología del esfuerzo y del deporte. 5º Edición. *Editorial Panamericana*.

Letieri, R., Holanda, F., Oliveira, M., Júnior, A., de Almeida, T., Furtado, G., & Teixeira, A. (2016). Respostas agudas do lactato sanguíneo ao exercício de força com oclusão vascular periférica em jovens adultos. *Motricidade*, 12, 107-115.

Lopez Chicharro, J., & Fernandez Vaquero, A. (2006). Fisiología del ejercicio. 3º Edición. *Editorial Panamericana*.

Lucertini , F., Gervasi , M., D'Amen , G., Sisti , D., Rocchi , M., & Stocchi , V. (2017). Effect of water-based recovery on blood lactate removal after high-intensity exercise. . *PLoS ONE 12(9): e0184240.* . doi:https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184240

Malhotra, R. (2017). Sueño, recuperación y rendimiento en los deportes. . *Clínicas neurológicas*, 35 (3), 547–557. doi:doi: 10.1016 / j.ncl.2017.03.002

McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2015). Fisiología del ejercício - Nutrición, rendimiento y salud. 8º Edición. *Editorial Wolters Klumer Health*.

Rosa Guillamón, Á. (2015). Metabolismo energético y actividad física. *Educación física y Deportes. Dialnet- Revista digital. , 20*(206).

Sánchez, A. (2014). Ácido láctico y rendimiento físico. *Spin cero, 23.*

Tortora, G., & Derrickson, B. (2013). Principios de anatomía y fisiología. 13a Edición. *Editorial Panamericana*.

Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J., & Cejuela, R. (2012). Indicadores del Rendimiento Deportivo: Aspectos Psicológicos, Fisiológicos, Bioquímicos y Antropométricos. *Unidad de Fisiología del Deporte y Entrenamiento en Altitud*, 17, no 173.

Viana-Montaner, B., & Gómez-Puerto, J. (2012). Estimación del gasto energético en actividades de corta duración y alta intensidad. . *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 5(4), 147–155. Obtenido de Retrieved from https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct

Vikmoen, O., Raastad , T., Seynnes , O., Bergstrøm , K., Ellefsen , S., & Ellefsen , B. (2016). Effects of Heavy Strength Training on Running Performance and Determinants of Running Performance in Female Endurance Athletes. PLoS ONE 11(3): e0150799. Obtenido de https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150799