



Cuantificación de la respuesta fisiológica de jugadores de rugby subacuático durante un partido

Quantification of the physiological response of underwater rugby players during a match

Jorge Luis Petro Soto¹⁰

Robinson Vásquez Gómez¹¹

Jaime Albarracín¹²

Resumen

El propósito del presente estudio fue cuantificar la respuesta fisiológica de los jugadores de Rugby Subacuático (RA) durante un partido. Se realizó una investigación descriptiva, donde se evaluaron 12 jugadores de la selección del Valle del Cauca de RA, con una edad de 25.5 ± 7.3 , masa corporal total de 79.65 ± 11.9 kg, talla de 172.3 ± 4.4 cm e Índice de Masa Corporal (IMC) 26.8 ± 3 . Se efectuaron mediciones de lactato sanguíneo [bLa], con el equipo analizador Lactate Plus®; registros de Frecuencia Cardíaca (FC), a través de pulsómetros POLAR S810™ y Saturación Periférica de O₂ (SpO₂), utilizando para ello un oxímetro de

¹⁰ Grupo de Investigación GICAFS - Universidad de Córdoba.

¹¹ Estudiante de Profesional en Ciencias del Deporte, Universidad del Valle Cauca. Entrenador de Actividades Subacuáticas.

¹² Médico Deportólogo InderValle – Federación Colombiana de Natación.



pulso portátil. De acuerdo al análisis estadístico, la concentraciones de [bLa] halladas en el grupo de estudio fueron 7.9 ± 2.7 mM; de FC fue de 156.5 ± 20.0 Lat.min y de SpO_2 93.5 ± 2.9 %. Entre los resultados obtenidos, se resalta que los guardas fueron los jugadores con mayores niveles de [bLa]; por otro lado, no se encontró una correlación importante entre las variables fisiológicas de estudio. Se concluye que el RA es un deporte complejo que impone grandes demandas fisiológicas al organismo y que, desde el punto de vista metabólico, requiere de la sinergia de los sistemas anaeróbicos y aeróbicos, para mantener una producción y remoción de [bLa] a niveles suficientes para responder a las exigencias de este novedoso deporte.

Palabras Clave: *Rugby Subacuático, Lactato Sanguíneo, SpO_2 , Frecuencia Cardíaca.*

Abstract

The purpose of this study was to quantify the physiological response of Underwater Rugby (RA) players during a match. We performed a descriptive research, which evaluated 12 players from the Cauca Valley of RA, with an age of 25.5 ± 7.3 , total body mass 79.65 ± 11.9 kg, and size of 172.3 ± 4.4 cm and Body Mass Index 26.8 ± 3 . Measurements of blood lactate (bLa) with Lactate Plus[®] analyzer equipment records heart rate (HR), heart rate monitors by Polar S810[™] and peripheral O₂ saturation (SpO₂) using a portable pulse oximeter. According to statistical analysis, the concentrations of [bLa] found in the study group were 7.9 ± 2.7 mM, of FC was beat.min 156.5 ± 20.0 and $93.5 \pm 2.9\%$ SpO₂. Among the results obtained, it is emphasized that the guards were the players with higher levels of [bLa], on the other hand, no significant correlation was



found between the physiological variables of study. We conclude that RA is a complex sport that puts high physiological demands the body and from the metabolic point of view, requires the synergy of anaerobic and aerobic systems to keep production and removal of [bLa] at levels sufficient to meet the demands of this new sport.

Keys Words: Underwater Rugby, Blood Lactate, SpO₂, Heart Rate.

1. Introducción

El rugby subacuático (RA) es una disciplina deportiva que se viene practicando desde 1960 en Alemania. Introducido por Ludwig Von Bersuda, miembro del Club Subacuático Alemán (DUC) de Colonia, quien tuvo la idea de desarrollar un juego bajo el agua con un implemento de flotabilidad negativa, para lo cual utilizó una bola que contenía una solución de agua con sal. Además, se utilizó como recurso de algunos centros de buceo, quienes, en búsqueda de mantenerse en forma en la época de invierno, ayudaron a desarrollar este deporte. En 1978, el RA es reconocido oficialmente por La Confederación Mundial de las Actividades Subacuáticas CMAS, como un juego de equipo, y se lleva a cabo el primer Campeonato Europeo en la ciudad de Malmo, Suecia. Posteriormente se abrió paso en otros países europeos. En Cali, Colombia, se realizó un Campeonato mundial con el propósito de promocionar esta disciplina en Suramérica (Castrillón & Escobar, 1995).

Según la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas CMAS (González, 2012), el RA se define, de acuerdo a su reglamentación, como:



Deporte jugado por dos equipos de seis jugadores dotados con equipo básico de buceo (aletas, máscara y snorkel), bajo la superficie del agua en una piscina. El objetivo del juego consiste en introducir un balón de flotabilidad negativa en la portería del equipo contrario. Cada portería está ubicada en el fondo de la piscina a cada extremo del área de juego.

Un equipo de RA está conformado por doce (12) jugadores que participan todo el tiempo, de forma alternada, ya que los cambios son libres. Seis (6) de ellos deben estar en el agua y los seis (6) restantes en banca. Las posiciones o roles de juego de esta disciplina, para el desarrollo de un partido, son: Arquero, Guarda-Portero y Delantero. A pesar del rol que ocupa el jugador dentro del partido, éstos tienen claro que en diferentes circunstancias como defensa, transición y ataque, debe quedar un jugador por posición en inmersión como mínimo; es decir, deberían encontrarse, en teoría, tres (3) jugadores de un mismo equipo bajo el agua durante todo el partido. La dinámica del juego en esta disciplina, en situaciones ofensivas, no establece una posición de juego definida. De manera que la definición de los nombres y las funciones está determinada por las situaciones defensivas (Stewenius, 2008).

Este deporte tiene una condición especial y lleva consigo un alto nivel de esfuerzo físico, que expone al deportista a un medio subacuático, el cual le concede un estado de ingravidez, cambios respiratorios, resistencia al avance, presión hidrostática y exige una alta capacidad pulmonar, características fisiológicas dignas de ser estudiadas. En este sentido, las demandas y el riesgo que implica la práctica de esta disciplina deportiva,



hace necesario intervenir desde la perspectiva del entrenamiento deportivo y las ciencias aplicadas al mismo (Martí, 1970; Gallo, 1998).

En la actualidad existen pocas investigaciones que documenten la demanda fisiológica de jugadores de RA durante un partido, las cuales puedan brindar una mayor comprensión acerca de diversos aspectos de interés como, por ejemplo, el predominio de los sistemas energéticos, la utilización de sustratos energéticos y el estrés cardiovascular al que se someten los jugadores durante la práctica de este deporte.

Puesto que numerosos estudiosos en el ámbito deportivo han considerado necesario conocer las demandas fisiológicas a las que se someten los deportistas en situaciones reales de juego (Grosgeorge, 1990) y que, además, estas aproximaciones del esfuerzo físico aportan conocimientos acerca de los diferentes medios en los que se practican los deportes, no se pueden desconocer las características y condiciones de la disciplina, pues el medio acuático es altamente exigente y la práctica de este deporte exige un incremento considerable del esfuerzo físico. (Martí 1970)

Se ha documentado que indicadores como el Lactato Sanguíneo [bLa] y la Frecuencia Cardíaca (FC), han sido uno de los parámetros más estudiados por excelencia para el análisis de la respuesta –tanto aguda como crónica- al esfuerzo físico, así como también para la planificación y control del entrenamiento deportivo (Viru & Viru, 2001; Mujika, 2006; Borresen & Jill, 2009).

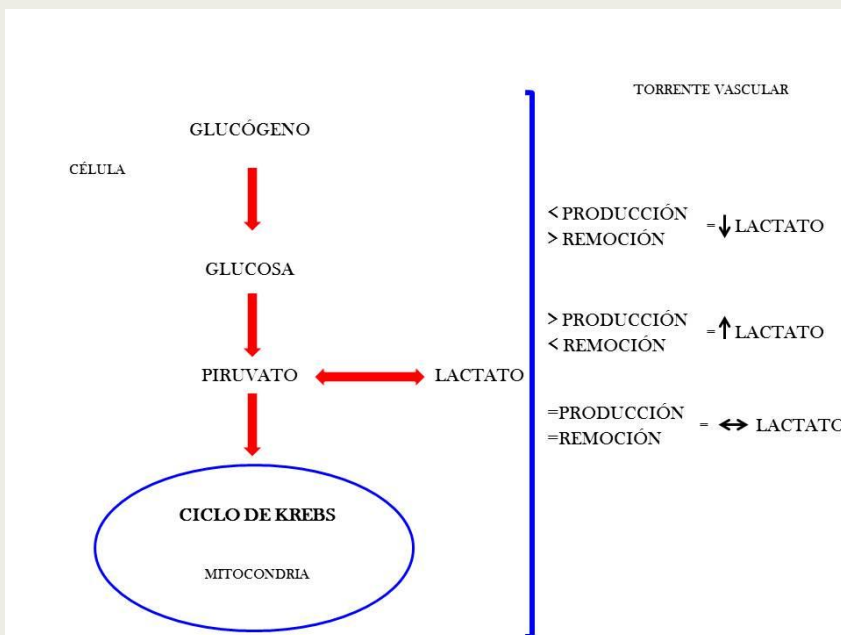
El [bLa] es una molécula orgánica que se produce a partir de piruvato, en reacción catalizada por la Lactato Deshidrogenasa (LDH).



Considerando los niveles de pH fisiológico celular (7.2 – 7.4) y/o sanguíneo (7.4) (Lodish & col. 2005) y el pK del ácido láctico (3.86), el producto que se formará es Lactato y no ácido láctico (Robergs & col. 2001; Robergs & col. 2004, Mendoza, 2008). El [bLa], como indicador bioquímico de control de la carga física, expresa la implicancia de la glucólisis en el esfuerzo físico y, por consiguiente, la intensidad del esfuerzo (Mazza, 1997). Para ello, se debe considerar aspectos como el recambio de Lactato intracelular (*Turnover Lactate*), es decir, la relación entre la tasa de producción (TS) y la tasa de remoción (TR). Así, en esfuerzos físicos intensos y sostenidos, la TS supera a la TR, elevándose la concentración de [bLa] en sangre (figura 1). Otro aspecto importante a considerar para el estudio del lactato en sangre, es el fenómeno del “*Shuttle del Lactato*”, que es el transporte de lactato que se da entre las células musculares y otras células musculares o celular musculares y otros tejidos para su metabolización (Brooks & col. 1999; Brooks, 1986, 2000, 2002, 2007).



Figura 1. Esquema de la producción y remoción de lactato. Adaptado de Mazza, 1997.

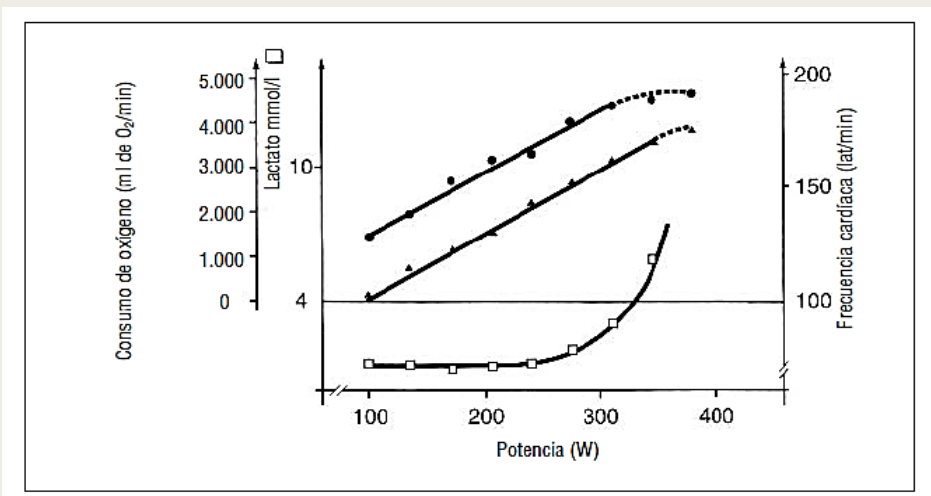


Por su parte, la FC es un indicador que expresa la intensidad del esfuerzo físico, mostrando un comportamiento similar al consumo de Oxígeno cuando el ejercicio se mantiene constante por unos pocos minutos; por consiguiente, puede utilizarse de manera parecida –al VO_2 – para estimar la intensidad del esfuerzo bajo este criterio (Mujica, 2006). Según Hopkins (1991), el método de la FC cardíaca presenta como ventaja principal, sobre el consumo de Oxígeno, que es mucho más sencillo, práctico y económico (Hopkins 1991). De acuerdo con Billat (2002), al inicio de un esfuerzo se produce un aumento rápido de la frecuencia cardíaca. Se ha demostrado que la frecuencia cardíaca y el



gasto cardíaco (volumen de sangre que expulsa el corazón en un minuto) empiezan a aumentar en los primeros segundos del ejercicio. Si éste se efectúa a potencia constante y por debajo del umbral de inicio de acumulación [bLa] se obtiene, en 2 a 3 minutos, una meseta de la frecuencia y del gasto cardíaco (salvo, precisamente, en condiciones de calor y humedad). Esta respuesta es paralela a la del consumo de Oxígeno (figura 2).

Figura 2 Evolución del consumo de Oxígeno (●), frecuencia cardíaca (▲) y lactemia (□) durante un test de rendimiento en bicicleta ergométrica hasta el agotamiento. Fuente: Billat (2002).



Por otra parte, la saturación de Oxígeno ha sido un indicador utilizado con menos frecuencia, en comparación con los indicadores mencionados, en las evaluaciones en el campo de las ciencias del ejercicio; sin embargo, se han realizado diversas investigaciones que han evidenciado la desaturación de O₂ inducida por el esfuerzo físico



distintas especies de mamíferos (Dempsey & Wagner, 2001) y varias disciplinas deportivas o esfuerzo físico (Martín, 1997; Escudero, 1997; Garrido & col. 2005; Escudero, 2006). Estas mediciones de saturación de O_2 , se pueden realizar a través de oxímetros de pulso, los cuales permiten, de una forma rápida y sencilla, medir de forma indirecta los niveles de saturación de Oxígeno periféricos (SPO2). Este indicador, en deportistas que entrenan o compiten en medio subacuático, se puede configurar en una variable de gran interés, debido a las constantes y prolongadas apneas a las que se ven expuestos, sumadas al esfuerzo físico realizado que conllevaría, en consecuencia, a una desaturación importante.

Con base en este marco referencial, el presente estudio tuvo como finalidad cuantificar la respuesta fisiológica durante un partido de RA de la Selección de Valle del Cauca, realizando para ello: registro de los valores de frecuencia cardíaca, mediciones de [bLa] y mediciones de Saturación de Oxígeno Periférica (SPO2).

2. Metodología

2.1 Tipo de Estudio

Siguiendo los planteamientos de Hernández & col. (2006), el presente estudio se enmarca bajo un enfoque cuantitativo, debido a que la implementación de los procedimientos estadísticos de las variables de estudio es imprescindible para alcanzar los objetivos. Según el alcance, es una investigación de tipo exploratorio, debido a que existen pocos antecedentes en esta línea. A su vez, es un estudio de tipo de



descriptivo porque se caracteriza la demanda del esfuerzo mediante el estudio de las variables fisiológica de [bLa], FC y SpO₂.

2.2 Sujetos

Participaron doce jugadores de la selección de RA de la Selección Valle del Cauca, con edades de 25.55 ± 7.3 , masa corporal total de 79.65 ± 11.9 kg, talla de 172.3 ± 4.4 cm e Índice de Masa Corporal (IMC) 26.8 ± 3.7 .

Estos deportistas cumplieron los criterios de selección establecidos, como es: pertenecer a la selección de RA del Valle del Cauca, participar voluntariamente en el presente estudio (firmando para ello el consentimiento informado), estar activo y no tener impedimentos físicos o de cualquier índole que pudiera inviabilizar las mediciones planteadas.

2.3 Procedimientos

Las mediciones se realizaron durante el desarrollo de un partido de RA. Se tomaron 4 muestras de cada variable (Tabla 1) por jugador, durante todo el partido; de esta forma, se tomaron 2 muestras en el primer tiempo y 2 en el segundo tiempo. En el primer tiempo, la primera muestra se tomó después de su primera participación en el momento de la sustitución en banca de cada jugador. La segunda, después de su tercera participación en el momento de la sustitución (Las sustituciones en un partido de RA son libres y se pueden presentar en promedio 4 veces por jugador, por cada tiempo del partido). Del mismo modo, se realizó la medición en el segundo tiempo.



Las mediciones de [bLa] se tomaron con el Analizador Lactate Plus® de Nova Biomedical®, previa calibración del mismo. El sitio seleccionado para tomar la muestra fue el lóbulo de la oreja. El registro de la FC se realizó mediante Pulsómetros Polar S810™. Finalmente, la SPO2 se midió con un Oxímetro de pulso Nonin®, en el pulgar de la mano derecha.

Tabla 1. Variable de estudio contemplado en la presente investigación.

Variable	Instrumento de Medición	Unidad de Medida
Lactato Sanguíneo	Analizador de Lactato Lactate PLUS	<i>Milimoles por Litro de Sangre (mmol·Lit⁻¹ ó mM)</i>
Frecuencia Cardíaca	Pulsómetro Polar S810™	<i>Latidos por minutos (Lat.min)</i>
Saturación de Oxígeno Periférica	Oxímetro de Pulso Nonin®	<i>Porcentaje (%)</i>

Estas mediciones se llevaron a cabo en la piscina de Rugby Subacuático “Alberto Galindo” (Cali), cuya dimensión es de 4,5 metros de profundidad, 18 metros de largo y 12 metros de ancho aproximadamente, a una temperatura ambiental de 28 °C y una Humedad Relativa del 80%.

2.4 Procedimientos estadísticos

Con los datos recolectados se elaboró una base de datos en el programa informático Microsoft® Excel® 2010. El procesamiento estadístico se realizó con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS®) Versión 21 para Windows versión 21 y El software Statgraphics Centurion Versión XV.



Se realizaron pruebas estadísticas descriptivas de tendencia centralizada (media) y de variabilidad (desviación estándar, rango y coeficiente de variación simple). Para establecer la normalidad de los datos de las variables a estudiar se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para establecer la diferencia entre las medias de las muestras tomadas durante el partido, se empleó la prueba de análisis de varianza (Anova), previa comprobación de normalidad y de la varianza de las muestras, teniendo en cuenta un nivel de confiabilidad del 95% (nivel de significancia de 0,05). La correlación entre las variables de estudios ([bLa], FC, SpO₂), se realizó con la prueba de regresión simple, estableciendo así el coeficiente de correlación de Pearson.

3. Resultados

Los resultados estadísticos descriptivos de las variables de concentración de [bLa], FC, y SpO₂ evaluados en los dos tiempos (dos veces por cada tiempo) durante un partido de RA, son muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados estadísticos descriptivos de las variables fisiológicas de estudio durante los tiempos de juego de un partido de Rugby Subacuático.

	1T:1 Muestra	1T: 2 Muestra	2T: 3 Muestra	2T: 4 Muestra	Total
[bLa] (mM)	8.3 ± 2.6	9.0 ± 2.6	7.8 ± 2.7	6.8 ± 2.7	7.9 ± 2.7
FC (Lat.min ⁻¹)	158.2 ± 18.0	156.9 ± 21.5	158.4 ± 21.3	152.6 ± 21.1	156.5 ± 20.0
SpO ₂ (%)	94.3 ± 2.3	92.5 ± 3.6	94.3 ± 2.6	92.9 ± 3.0	93.5 ± 2.9



De acuerdo con estos resultados, podemos destacar que para la variable [bLa] –el cual indica en buena medida la participación de la glucólisis en el aporte energético durante un esfuerzo físico y, además, el balance entre los proceso de producción y remoción– expresó su máximo valor promedio en el grupo en la segunda muestra del primer tiempo (9.0 mM), mientras que en la última muestra realizada –del segundo tiempo– se encontró el menor valor promedio y variación de [bLa], 6.8 mM. De acuerdo a la prueba de análisis de varianza (ANOVA), no se presentó diferencia estadísticamente significativa ($p>0,05$) entre los valores de la media de [bLa] de las muestras realizadas durante el partido.

Con relación a la FC, según el análisis estadístico realizado, se mantuvo alrededor de las 156 Lat.min, sin mostrar cuantitativamente grandes cambios entre la media y la desviación estándar. Al igual que aconteció con las concentraciones de [bLa], no se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$) entre las medias de las muestras realizadas durante el partido, para este indicador de estrés cardiovascular. En cuanto a la SpO₂, se halló la menor desaturación de O₂ (92%) en el grupo de deportistas en la última toma de cada tiempo, encontrándose una reducción cercana del 7-8% de la media con relación a los valores iniciales (98%) antes de iniciarse el partido. Se destaca que no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de las muestras de SpO₂ grupo tomadas durante el partido.

En la tabla 3 se presentan los resultados estadísticos de las variables de cuantificación del estrés fisiológico estudiadas en esta investigación, por posición de juego (arqueros, delanteros y guardas).



Tabla 3. Resultados estadísticos descriptivos de las variables fisiológicas de estudio, por posición de juego, durante un partido de Rugby Subacuático.

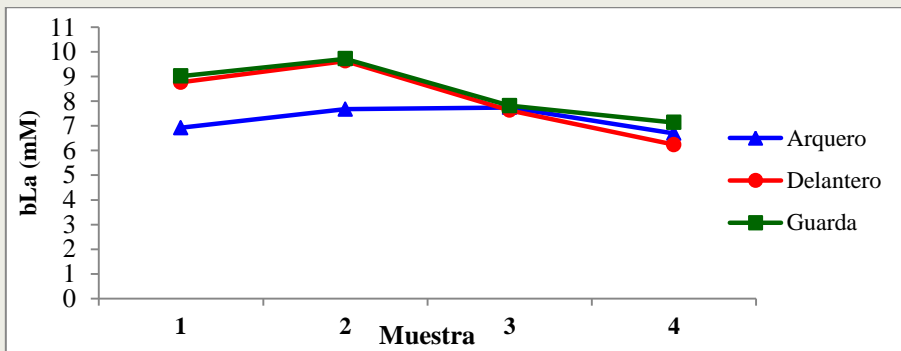
		1T: 1	1T: 2	2T: 3	2T: 4
		Muestra	Muestra	Muestra	Muestra
Arquero	[bLa] (mM)	6.9 ± 1.4	7.7 ± 2.5	7.8 ± 3.3	6.7 ± 2.0
	FC (Lat.min ⁻¹)	161.8 ± 14.9	152.3 ± 13.5	152.8 ± 19.6	151.5 ± 6.4
	SpO2 (%)	94.3 ± 2.8	93.0 ± 3.5	92.5 ± 3.0	92.8 ± 1.5
Delantero	[bLa] (mM)	8.8 ± 2.7	9.6 ± 2.0	7.6 ± 2.3	6.2 ± 2.3
	FC (Lat.min ⁻¹)	162.0 ± 18.2	173.3 ± 20.6	161.7 ± 26.1	167.0 ± 36.5
	SpO2 (%)	96.7 ± 1.2	94.0 ± 3.5	96.7 ± 1.5	92.3 ± 6.4
Guarda	[bLa] (mM)	9.0 ± 3.3	9.7 ± 3.0	7.8 ± 3.0	7.1 ± 3.7
	FC (Lat.min ⁻¹)	153.0 ± 22.4	150.8 ± 25.5	161.0 ± 23.9	144.8 ± 17.3
	SpO2 (%)	92.8 ± 0.8	91.2 ± 4.1	94.2 ± 1.6	93.4 ± 1.5
Total	[bLa] (mM)	8.3 ± 2.6	9.0 ± 2.6	7.8 ± 2.7	6.8 ± 2.7
	FC (Lat.min ⁻¹)	158.2 ± 18.0	156.9 ± 21.5	158.4 ± 21.3	152.6 ± 21.1
	SpO2 (%)	94.3 ± 2.3	92.5 ± 3.6	94.3 ± 2.6	92.9 ± 3.0

Los guardas fueron los jugadores que más mostraron incrementos en la concentración de [bLa] durante el partido, seguidos por los delanteros, mientras que los arqueros mostraron, generalmente, la menor concentración de este indicador bioquímico (gráfico 1), expresando que



la demanda de esfuerzo y la mayor participación glucolítica es un poco mayor en los guardas, por las acciones de juegos que deben realizar (propias de su rol durante el partido). El comportamiento de la curva muestra que las mayores concentraciones de [bLa] en el primer tiempo y específicamente sobre el final del primer tiempo aumenta, situación que acontece para todas las posiciones de juego, pero el segundo tiempo tiende a ser menor.

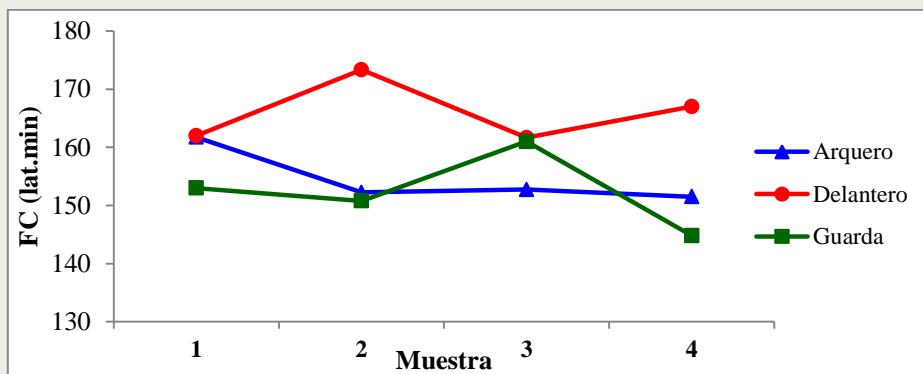
Gráfica 1. Concentraciones de Lactato en Sangre [bLa], por posiciones de juego, durante un partido de Rugby Subacuático.



En lo que respecta a la FC, se encontraron diferentes tendencias en la respuesta de este indicador en los jugadores de las distintas posiciones. En primer lugar, se destaca que el análisis estadístico indicó que los delanteros fueron los jugadores que mostraron los valores más altos de esta variable, sobre todo al finalizar cada tiempo de juego. Los guardas solo mostraron el mayor incremento de la FC en la primera parte del segundo tiempo, mientras que los porteros tuvieron el máximo registro en la primera parte del primer tiempo, manteniendo una cifra regular durante las demás tomas del partido (Gráfica 2).



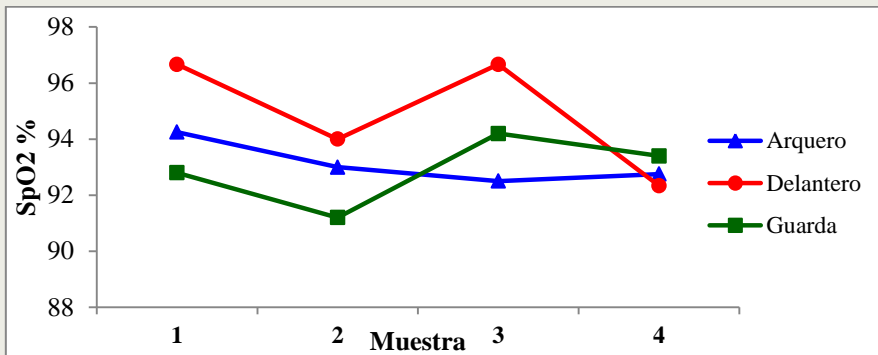
Gráfica 2. Respuesta de la Frecuencia Cardíaca, por posiciones de juego, durante un partido de Rugby Subacuático.



Con relación a la SpO₂ (Gráfica 3), los guardas mostraron la mayor desaturación de O₂ durante el primer tiempo del partido, especialmente hacia el final del mismo; en el segundo tiempo la saturación fue mayor. Por su parte, los delanteros mostraron la mayor desaturación al final de cada tiempo, siendo mayor en el segundo periodo. El comportamiento de la variable en cuestión en los Arqueros, durante el partido, muestra la mayor desaturación hacia la parte final del primer tiempo, manteniendo posteriormente valores alrededor del 92% y cercana a los valores de la media del grupo de jugadores (93.5%).



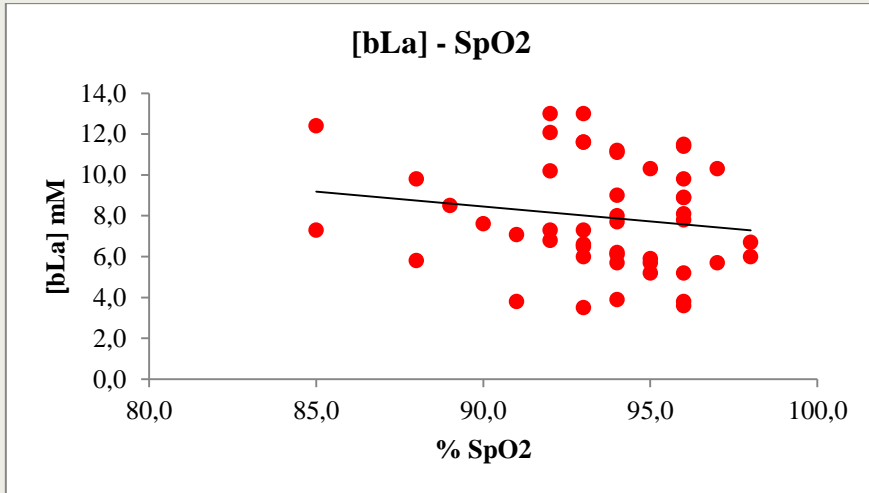
Gráfica 3. Niveles de Saturación de la Hemoglobina con el Oxígeno (SpO₂), por posiciones de juego, durante un partido de Rugby Subacuático.



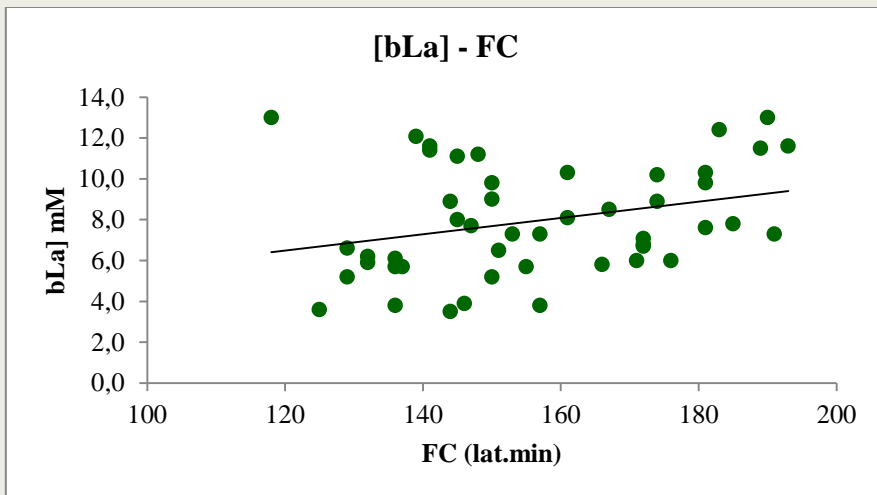
El análisis de correlación entre las variables fisiológicas de estudio de FC, SpO₂ y [bLa] del grupo de deportistas que jugaron el partido, arrojó como resultado de las pruebas de modelo de regresión simple, que no hay un correlación importante entre las variables FC vs SpO₂, FC vs [bLa], SpO₂ vs [bLa], no siendo mayor el valor R cuadrada del 12% para ninguna de las correlaciones entre las variables y, lo que sería una correlación débil según el coeficiente de correlación de Pearson, (Hernández & col. 2006).



Gráfica 4. Correlación entre las concentraciones de bLa y SpO2 durante un partido de los jugadores de Rugby Subacuático estudiados. Valor de R-cuadrada = 2.5%.

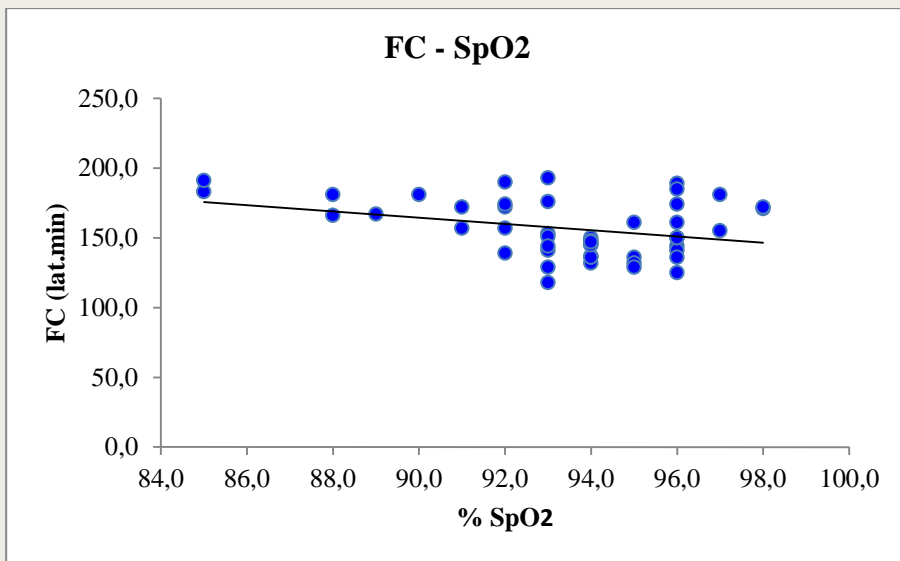


Gráfica 5. Correlación entre las concentraciones de bLa y FC durante un partido de los jugadores de Rugby Subacuático estudiados. Valor de R-cuadrada = 8.9 %.





Gráfica 6. Correlación entre las concentraciones de FC y SpO2 durante un partido de los jugadores de Rugby Subacuático estudiados. Valor de R-cuadrada = 10,7%.



4. Discusión

El RA es un deporte relativamente nuevo en nuestro país, encontrándose muy poca información científica acerca de los aspectos fisiológicos de este deporte. La presente investigación estuvo centrada en el estudio de tres variables que permiten conocer algunos fenómenos de gran interés relacionados con la demanda fisiológica de esta disciplina.

Los niveles de [bLa] encontrados en este estudio, van de un rango de 3.5 a 13.0 mM [valores medio de 7.9 ± 2.7 mM], lo cual pone manifiesto que



las repetidas acciones de tipo intermitentes de este deporte, donde se combinan manifestaciones complejas de fuerza, velocidad y resistencia (desplazamientos, lanzamientos, forcejeos, entre otros) realizadas en un medio que es 770 veces más denso que el aire y con posibilidades de realizar movimientos en todas las direcciones del espacio de juego, involucra una importante participación de la glucólisis y, por tanto, utilización importante del glucógeno muscular.

En este sentido, el RA es un deporte que impone una gran demanda tanto en los sistemas anaeróbico como aeróbico, ya que el elevado flujo glucolítico produce una rápida resíntesis del ATP, pero, a la par, se requiere una alta capacidad oxidativa para que se dé la remoción y oxidación del lactato, como producto metabólico intermediario, permitiendo, de esta manera, tener una mayor eficiencia en la producción de energía y ahorrar glucógeno muscular.

De acuerdo a las áreas funcionales para la natación, basada en las concentraciones sanguíneas de Lactato, propuesta por Mazza (no publicadas aun) y que están fundamentadas en los planteamientos que hizo Maglisco, los resultados encontrados en el presente estudio, muestran que el partido jugado por estos deportistas se desarrolla principalmente en la zona 2 y la zona 3, la cual tiene un alto compromiso del sistema aeróbico y anaeróbico láctico.



Figura 3. Áreas Funcionales según niveles de Lactato Sanguíneo. Fuente: Mazza, modificado de Maglischo, 1990.



Comparado con otros deportes, el RA tiene una gran exigencia física; muestra de ello es el estudio que se ha llevado a cabo en varios deportes donde se han realizado mediciones de [bLa] (tabla 4) y Frecuencia Cardiaca (tabla 5).



Tabla 4. Estudios de concentración de lactato en sangre en varios deportes

Disciplina Deportiva	Media mM	Autor
Rugby Seven	8	Ruffino & Wheeler, 2003
Voleibol	3.92	González, 2001
Baloncesto	5.2	Fernández & col., 2000
Futbol	12	Eklblom, 1986
Voleibol	3.8	González, 2002
Baloncesto	3.9	Calleja, 2008
Rugby Subacuático	6.7	Presente estudio , 2013

Disciplina Deportiva	Media FC (Lat.min).	Autor
Padel Masculino	148	Sañudo & col., 2008
Waterpolo	148	Konstantak & col., 1998
Rugby Seven	167	Ruffino y Wheeler, 2003
Voleibol	148	González, 2001
Baloncesto	174	Fernández & col., 2000
Futbol sala	165	Álvarez & col., 2002
Futbol	169	Fornaris & col., 1989
Futbol	175	Chamoux, 1988
Rugby Subacuático	156	Presente Estudio, 2013

Observando las concentraciones de [bLa] y los registros de FC, se recomienda entrenar globalmente las vías metabólicas, debido a las constantes acciones individuales de corta duración y de alta intensidad que requiere este deporte.

Otro punto de gran interés en este deporte, es la apnea que tienen que realizar los deportistas durante la participación de las acciones críticas



del juego que se dan en zonas profunda de la piscina, lo cual conduce a una desaturación importante de la hemoglobina. Se debe tener en cuenta factores como los cambios en el pH, la temperatura, la difusión alveolar y tisular de O₂, entre otros, que conducen a un caída de la saturación de la Hb durante el esfuerzo físico (Garrido & col. 2005). Considerando los resultados de SpO₂ obtenidos en los jugadores (93.5±2.9 %) y la relación entre la presión parcial de O₂ en sangre (PO₂) y la Saturación de la Hemoglobina con el O₂ (Garrido & col. 2005), se puede estimar que los jugadores llegaron a una PO₂ de 50 mmHg. La tabla 6 expone los resultados de los cambios de saturación de O₂ en diferentes disciplinas deportivas.

Tabla 5. Estudios de % Saturación de Oxígeno en Varias disciplinas deportivas

Disciplina Deportiva	Media SpO ₂	Autor
Futbol	92	
Baloncesto	92	
Karate	90	Martin, 1997
Atletismo	93.5	
Judo	88.5	
Rugby Subacuático	93	Presente Estudio, 2013

Según Garrido & col. (2005), “un valor crítico de PO₂ de 60 mmHg que se corresponde con una saturación del 90%, por debajo de la cual, pequeñas disminuciones de la PO₂ ocasionan desaturaciones importantes”. En este sentido, la exposición crónica a las apneas podría suponer adaptaciones orgánicas a estos deportistas, que les permitirían desaturar más lentamente y tolerar desaturaciones más bajas que



individuos promedio, aspecto que debería ser profundizado en futuras investigaciones. En tal sentido, se encontraron jugadores con valores de SpO₂ de 85% al finalizar el primer y segundo tiempo.

5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación y al respectivo análisis estadístico, se concluye:

Se hallaron concentraciones de [bLa] media de 7.9 ± 2.7 mM en los jugadores durante el partido de RA, con rangos que van desde los 3.5 a 13.0 mM, lo cual supone una alta intervención del metabolismo glucolítico y oxidativo para el aporte energético. Es clave la producción y remoción del lactato en este deporte, para una mayor eficiencia en la utilización de sustratos energéticos.

Se registraron FC media de 156.5 ± 20 Lat.min y, de la misma manera, valores superiores al 80% de la FCMáx (Teórica), lo que denota el gran estrés cardiovascular y metabólico de este deporte.

Las mediciones de SpO₂ en los jugadores de RA durante el partido, arrojó valores medio de 93.5 ± 2.9 y desaturaciones inferiores hasta del 85%, lo cual es producto de la apnea y la intensidad del esfuerzo físico en el medio acuático donde se desarrolla el juego.

Los valores más alto de [bLa] se hallaron en los guarda al final del segundo tiempo. La comparación estadística entre las medias reflejó que no hubo una diferencia significativa entre las muestra de [bLa], FC y SpO₂ de los jugadores.



Referencias

- Álvarez J, Giménez L, Corona P, Manonelles P (2002). Necesidades Cardiovasculares y metabólicas del fútbol sala. *Apunts Educación Física y Deportes*, 67: 45-51.
- Billat V (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento: de la teoría a la práctica*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Borresen J, Lambert M (2009). The Quantification of Training Load, the Training Response and the Effect on Performance. *Sports Med* 39(9):779-95.
- Brooks G (2007). Lactate: Link Between Glycolytic and Oxidative Metabolism. *Sports Med*, 37(4-5):341-43.
- Brooks GA (2000). Intra and extra cellular lactate shuttles. *Med Sci Sports Exerc*, 32:790-9.
- Brooks GA, Dubouchaud H, Brown M, Sicurello JP, Butz CE (1999). Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96:1129-34.
- Brooks GA (2002). Lactate shuttles in Nature. *Biochem Soc Tran*, 30(2):258-64.
- Brooks GA (1986). The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med Sci Sport Exerc*, 18:360-8.
- Calleja J, Lekue J, Leibar X, Terrados N (2008). Análisis de la concentración de lactato en competición en jugadores internacionales junior de baloncesto. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(123):11-8.



- Castrillón A, Escobar J (1995). Quinto mundial de rugby subacuático. *El País*, 12 de Abril.
- Chamoux A (1988). Football profesional sur le terrain, suivi de l'entraînement par la fréquence cardiaque el lactatémie. *Medecine du Sport*, 62(2).
- Dempsey J, Wagner P (1999). Exercise-induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol* 87:1997-2006.
- Eklblom B (1986). Applied physiology of soccer. *Sport Medicine*, 3:50-60.
- Escudero MP, Tobal M, Monasterio AB, Galindo CM, Silveira MJP, Dotor CML, & col. (2006). Aportaciones fisiológicas de la medida continua de la saturación de Oxígeno en atletas de ambos sexos que realizan pruebas de esfuerzo máximas. *Revista Española e Iberoamericana de Medicina de la Educación Física y el Deporte* 15(3):132-43.
- Fernández R, Rodríguez M, Terrados N, Fernández B, Pérez J (2000). Valoración Fisiológica en jugadoras de baloncesto. *Apunts Medicina de l'Esport*, 132:11-37
- Fornaris E, Vankersschaver J, Vanuxem D, Zakarian H, Commandré F, Vanuxem, P (1989). Football. Aspects energetiques. *Medecine du Sport*, 63.
- Gallo DM (1998). Rugby Subacuático: un deporte de limites fisiológicos. *Kinesis*, 27:71.
- Garrido R, González M, García M, Expósito I (2005). Patrones de desaturación ergoespirométricos en función de la edad. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte*, 5(18):100-17.
- González C (2001). *Análisis del esfuerzo en el juego de voleibol, tras los nuevos cambios en el reglamento, mediante una observación sistemática y una medición telemétrica y lactacidémica* (Tesis doctoral). España: Universidad de Granada.



- Gonzales C, Ureña A, Santos J, Llop F, Valdivieso N. (2002). Análisis del lactato de los jugadores de voleibol libero y central. *Archivos de Medicina del Deporte*, 19(91): 385-91.
- Gosgeorge B (1990). *Observation et entrainement en sports collectifs*. Paris: Editorial INSEP.
- Hernández R, Collado C, Baptista P (2006). *Metodología de la Investigación (4ª Ed.)*. México: Mc Graw Hill Interamericana
- Hopkins W (1991). Quantification of training in competitive sports. Methods and applications. *Sports Med*, 12:161-83.
- Konstantaki M, Trowbridge E, Swaine I (1998). The relationships between blood lactate and heart rate responses to swim bench exercise and women's competitive water polo. *J Sports Sci*, 16: 251-6.
- Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser CH, Krieger M, Scott M, Zipursky L, Darnell J (2005). *Biología Celular y Molecular (5ª Ed.)* México: Editorial Panamericana.
- Martí JJ (1970). *El esfuerzo en apnea* (Ponencia). La Habana, Cuba: I Congreso Científico Mundial de la CMAS
- Martín M (1997). *La oximetría en registro continuo en el esfuerzo máximo en distintas especialidades deportivas* (Tesis Doctoral). Madrid: Universidad Complutense.
- Mazza JC (2009). *El desarrollo de los aspectos metodológicos-científicos de las cargas de entrenamiento por áreas funcionales aeróbicas: Foco en Natación*. En: Capacitación de Recursos Humanos en: Ciencias del Ejercicio y el Deporte, con aplicación en la esfera de alto rendimiento. Bogotá, Colombia.
- Mendoza A (2008). El origen de la acidez en la glucólisis anaerobia. *REB* 27(4):111-18.



- Mujika I (2006). Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición. *Kronos Revista Universitaria de la Educación Física y el Deporte*, 5(10)
- Robergs R, Farzenah G, Daryl P (2004). Biochemistry of exercise - induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology*; 287: R502-51.
- Robergs RA (2001) Exercise-Induced Metabolic Acidosis: Where do the Protons come from? *Sportsmedicine* 5(2).
- Ruffino J, Wheeler A (2003). Niveles de lactato en sangre y frecuencia cardiaca en partidos de rugby modalidad seven. *EF Deportes Revista Digital*, 8(58).
- Sañudo B, De Hoyos M, Carrasco L (2008). Demandas fisiológicas y características estructurales de la competición en Pádel masculino. *Apunts Educación Física y Deporte*, 94:23-8
- Stewenius H (2008). *Unterwasserrugby schwedische taktik*. Dresden: Editorial Torpedo.