

LACTATO SANGUÍNEO A PARTIR DE BIOMARCADORES SALIVALES. UN ESTUDIO CON INDICADORES FISIOLÓGICOS EN CICLISTAS DE LA CIUDAD DE TUNJA (COLOMBIA) DURANTE PRUEBA DE ESFUERZO

RAFAEL IGNACIO QUINTERO BURGOS¹, FRED MANRIQUE ABRIL², GIOMAR MARITZA HERRERA AMAYA³

Recibido para publicación: 25-09-2017 - Versión corregida: 02-12-2017 - Aprobado para publicación: 02-12-2017

Resumen

Objetivo: determinar la correlación entre las proteínas totales salivales y el lactato salival con las concentraciones de lactato en sangre en ciclistas, como un punto de partida para construir un modelo no invasivo de medición de lactato sanguíneo. En atletas de alto rendimiento es de gran interés conocer el comportamiento y concentración de lactato en diferentes niveles de estrés físico, ya que es el mejor indicador metabólico del esfuerzo. **Materiales y métodos:** es un diseño cuantitativo de tipo descriptivo correlacional, se aplicó un análisis de medidas repetidas para las variables de estudio en laboratorio, frecuencia cardíaca, concentración de lactato y proteínas en saliva, y lactato en sangre. **Población y muestra:** Ocho ciclistas rutereros del equipo pre juvenil de Boyacá, participaron de forma voluntaria. **Resultados:** el lactato sanguíneo en reposo $2,70 \pm 0,74$ mmol/l, en máximo esfuerzo $14,60 \pm 3,39$ mmol/l y en recuperación $12,59 \pm 3,08$ mmol/l concuerdan con los resultados de otras investigaciones. Las concentraciones de proteínas se dieron desde $0,22 \pm 0,16$ mg/dl y $50,75 \pm 29,05$ mg/dl respectivamente hasta $0,46 \pm 0,15$ 15,71mg/dl y $76,34 \pm 15,71$ mg/dl, con un comportamiento parcialmente uniforme entre ellas, pero sin incremento lineal como se observó en las concentraciones de lactato sanguíneo y salival frente a la intensidad del ejercicio. **Conclusiones:** el lactato sanguíneo se correlaciona muy bien con el lactato salival, el cual puede ser un biomarcador útil en el control de la intensidad del ejercicio.

Palabras claves: proteínas y péptidos salivales, ácido láctico, prueba de esfuerzo, altitud, presión atmosférica, ciclismo.

Archivos de Medicina (Manizales), Volumen 17 N° 2, Julio-Diciembre 2017, ISSN versión impresa 1657-320X, ISSN versión en línea 2339-3874. Quintero Burgos R.I.; Manrique Abril F.; Herrera Amaya G.M.

- 1 Licenciado en educación física, Magister en Pedagogía de la Cultura Física, Profesor asistente UPTC. raficoquintero@yahoo.es
- 2 Rn. PhD. Salud Pública. Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Profesor Asociado Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en salud Pública GISP fred.manrique@uptc.edu.co
- 3 RN MSc.PhD(c). Profesora Asistente. Escuela de Enfermería Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja – Boyacá. Grupo de Investigación en salud Pública GISP-UPTC. Giomar.herrea@uptc.edu.co

Quintero-Burgos RI, Manrique-Abril F, Herrera-Amaya GM. Lactato sanguíneo a partir de biomarcadores salivales. Un estudio con indicadores fisiológicos en ciclistas de la ciudad de Tunja (Colombia) durante prueba de esfuerzo. Arch Med (Manizales) 2017;17(2):379.90. DOI: <https://doi.org/10.30554/archmed.17.2.2408.2017>

Blood lactate from salivary biomarkers. A study with physiological indicators in cyclists from the city of Tunja (Colombia) during stress test

Summary

Objective: to determine the correlation between total salivary proteins and salivary lactate with blood lactate concentrations in cyclists, as a starting point to construct a non-invasive blood lactate measurement model. In high performance athletes it is of great interest to know the behavior and concentration of lactate in different levels of physical stress, since it is the best metabolic indicator of the effort. **Materials and methods:** it is a quantitative design of correlational descriptive type, an analysis of repeated measures was applied for the variables of laboratory study, heart rate, concentration of lactate and proteins in saliva, and lactate in blood. Population and sample: eight bikers from the pre-juvenile team of Boyacá participated voluntarily. **Results:** the blood lactate at rest 2.70 ± 0.74 mmol / l, at maximum effort 14.60 ± 3.39 mmol / l and in recovery 12.59 ± 3.08 mmol / l agree with the results of other investigations. Protein concentrations were given from 0.22 ± 0.16 mg / dl and 50.75 ± 29.05 mg / dl respectively up to 0.46 ± 0.15 15.71mg / dl and 76.34 ± 15.71 mg / dl, with a partially uniform behavior among them, but without linear increase as observed in blood and salivary lactate concentrations versus exercise intensity. **Conclusions:** blood lactate correlated very well with salivary lactate, which can be a useful biomarker in the control of exercise intensity.

Key words: salivary proteins and peptides, lactic acid, exercise test, altitude, atmospheric pressure, bicycling.

Introducción

Para el entrenamiento deportivo con atletas de alto rendimiento es de gran interés conocer el comportamiento y concentración del ácido láctico en diferentes niveles de estrés físico, ya que es el mejor indicador metabólico del esfuerzo [1], por lo que se convierte en una herramienta que permite conocer la intensidad del trabajo y dosificar la carga de entrenamiento.

La utilización de análisis bioquímicos puede identificar diversos metabolitos y sustratos que modifican su concentración frente al esfuerzo físico los cuales están presentes en la sangre, la orina, la saliva o el sudor [2].

El entrenamiento deportivo moderno, exige un permanente acompañamiento de la investigación en el comportamiento fisiológico del atleta, sobre todo cuando es sometido a elevados niveles de estrés físico, por lo tanto

se hace necesario conocer de indicadores o parámetros fisiológicos de fácil aplicación en el control del entrenamiento, que apoyen los modelos de planeación y dosificación de la carga, desde los principios biológicos del entrenamiento deportivo [3].

Actualmente las ciencias biomédicas centran su atención en desarrollar modelos o dispositivos de uso no invasivo, para la medición o predicción de la concentración de lactato en diferentes niveles de intensidad del ejercicio en deportistas de alto rendimiento, esto con el objeto de disminuir costos y causar la menor agresión al deportista.

Desde el comienzo de la década del sesenta, se han desarrollado investigaciones en el área de la sialoquímica aplicada al deporte; estos estudios han proporcionado pistas significativas en el propósito de encontrar elementos en la saliva (Proteínas totales, amilasa, lactato, sodio, cloro, potasio e inmunoglobulinas entre otros), que pueden estar relacionados con la concentración del metabolismo del lactato en sangre, bajo condiciones de esfuerzo físico [4-6].

Si bien, es clara la evolución del lactato como parámetro fisiológico de medición de la intensidad del ejercicio, y si "se puede decir adecuado" como un método invasivo basado en el metabolismo, es de cierta relevancia encontrar nuevas técnicas no invasivas y de bajo costo, que faciliten la valoración permanente al seguimiento del proceso de entrenamiento respecto a la adaptación fisiológica del deportista.

Estudios con alta confiabilidad han demostrado que los biomarcadores en la saliva como sodio, cloro, lactato, amilasa y proteínas totales se relacionan directamente con la intensidad del ejercicio y que pueden ser utilizados para conocer las concentraciones de lactato en sangre [4,5,7-13].

El comportamiento de la saliva en ejercicio se viene estudiando desde 1963, cuando Salminen y Kontinen describieron las modifica-

ciones de este fluido durante el ejercicio [14], posteriormente en la década del 80, Dawes realizó una prueba de análisis de saliva de la glándula parótida a una proporción de flujo constante, en ejercicio físico; colectó saliva antes del ejercicio, inmediatamente después de ejecutar de 3 a 8 millas y 3 horas después del ejercicio; mediante el análisis de las muestras por electroforesis, encontró que el ejercicio causó una marcada elevación en la concentración de las proteínas totales [15].

Con relación a lo anterior, la posibilidad de utilizar la saliva como biomarcador del ejercicio fue sugerido desde 1984 por Anderson *et al*, cuando se insinuó que las catecolaminas podrían estar involucradas en el control de la composición de la saliva. Indicando así, un posible cambio en las hormonas salivales [16]. En otro estudio realizado por Ohkuwa y un grupo de investigadores, se compararon las concentraciones de lactato salival y sanguíneo en muestras tomadas a atletas de larga distancia y de velocidad; el cual mostro que las concentraciones de lactato salival eran más altas en los corredores de velocidad y que había una alta relación entre el lactato salival y sanguíneo, lo que deja ver que el método de identificación de lactato salival puede ser una alternativa para conocer la intensidad del ejercicio en atletas [17].

En el mismo sentido, para probar la hipótesis referente a que las concentraciones de lactato en sangre se podrían reflejar en las concentraciones de esta sustancia en la saliva, Segura en 1996 realizó un estudio con el objetivo de utilizar el lactato en saliva, como una variable muy conveniente y útil en el estudio del metabolismo anaeróbico, encontró que la concentración de lactato en la saliva fue aproximadamente de un equivalente al 15% de la concentración en plasma y que seguía el mismo modelo de evolución durante la prueba, mostrando una buena correlación ($r=0,81$). Adicionalmente postuló que como el lactato parecía ser muy estable en la saliva porque después de la re-

colección de las muestras y mantenidas a 4c°, en un período de 40 días, las concentraciones eran casi idénticas a aquéllas analizadas en las muestras frescas, la saliva podría usarse como una alternativa para la determinación de la intensidad del ejercicio [18].

Así mismo otros investigadores [4, 6, 19] plantean que la α -amilasa salival es la proteína que más aumenta durante el ejercicio y que se correlaciona con índices metabólicos como el lactato sanguíneo, y que en tal sentido se puede utilizar como un método de medición de la intensidad del ejercicio por correlación de las concentraciones de lactato en sangre.

En un estudio realizado por Pérez en 1999, sobre el máximo estado estable del lactato en la saliva, encontró que 0.8 mmol/L es el nivel más bajo de la concentración de lactato durante un test de nivel constante y que este puede ser usado como equivalente para la determinación del lactato en sangre como indicador de la intensidad del ejercicio en zona aeróbica [11].

[16] Plantean la probabilidad de identificar las proteínas totales salivales en ácido sulfosalicílico y correlacionar las concentraciones con la intensidad del ejercicio en una prueba de esfuerzo incremental. En el estudio lograron identificar concentraciones de proteínas totales desde 2 mg/dl hasta 41 mg/dl, pero el comportamiento de las concentraciones de proteína no mostro una correlación significativa frente a las concentraciones de lactato en sangre.

Análisis de los referentes: En los estudios revisados se encontró una buena correlación entre los diferentes biomarcadores, especialmente entre el lactato salival y sanguíneo. Así Tekus *et al* [13], hallaron la mejor correlación entre lactato salival y sanguíneo en atletas especialmente en el minuto 4 y 12, esto es en la segunda y tercer etapa de trabajo. Bocanegra *et al* [8] encontraron que la correlación presentada entre lactato salival y lactato sanguíneo fue mayor que la relación de los otros elementos con lactato sanguíneo.

Oliveira [10] en su estudio encontraron una alta correlación de las proteínas totales, la amilasa y el lactato sanguíneo frente a los Watios movilizados. Amirsasan [20] y Santos determinaron que una mejor correlación se presentó en las estaciones de trabajo al 80 y 90 % de la reserva cardiaca. Las concentraciones de lactato absoluto en saliva y sangre fueron medidas en el equipo YSI 1500, Yellow springs, con buena correlación en especial del kilómetro 18 hacia arriba [12]. Neves de Oliveria [9] encontró una alta correlación de la amilasa salival con las proteínas totales en saliva y a su vez con el lactato sanguíneo. [21]. Realizaron pruebas en ergómetro de brazos y cicloergómetro, encontrando diferencias significativas de lactato producido por tren inferior y tren superior. Moura [4] afirma que hay una muy buena correlación entre los biomarcadores salivales (Na, Mg, Mn y Lactato) frente al Vo2 máximo y a los Watios movilizados. Perez [11] logró identificar una concentración máxima de 8 mmol/l de lactato en saliva para un trabajo en estado estable. Segura [18] encontró una muy buena correlación de lactato, realizando pruebas en sangre y saliva con la misma cantidad tanto de sangre como de saliva (25 microlitros).

Por lo anterior el objetivo de este trabajo se orienta a determinar la correlación entre las proteínas totales salivales y el lactato salival con las concentraciones de ácido láctico en sangre en prueba de esfuerzo en deportistas, como un punto de partida para construir un modelo no invasivo de medición del ácido láctico.

Materiales y métodos

Tipo de estudio: es un diseño cuantitativo, descriptivo correlacional.

Población y muestra: Ocho ciclistas ruter del equipo pre juvenil de Boyacá, participaron entre enero y abril de 2015 de forma voluntaria en el presente estudio, luego de explicar los procedimientos y la intención del estudio firmaron el consentimiento informado.

Procedimientos: A cada individuo se realizó examen médico general en el que se registraron datos de peso, talla, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, presión arterial antes de la prueba, y se establecieron los indicadores a evaluar al inicio, durante y al final del test de MacDougal.

Los deportistas accedieron a la limpieza oral 8 días antes de la prueba, con el objeto de reducir al máximo lesiones orales que pudieran incidir en la concentración de las sustancias a medir, para el día del test se les indico lavarse la boca dos horas antes, posterior a esto solo se les permitió ingerir agua para mantener la hidratación, igualmente se les indico enjuagar la boca con un sorbo de agua, antes de tomar cada muestra de saliva.

Medidas fisiológicas y antropométricas: Se diseñó un análisis de medidas repetidas para las variables de estudio, en el laboratorio se midieron las variables fisiológicas frecuencia cardiaca, concentración de lactato y proteínas en saliva, y lactato en sangre. Con tallimetro y báscula marca Tanita®, se tomaron medidas según los protocolos preestablecidos, igualmente se identificó la edad.

Aplicación de las pruebas

Prueba de esfuerzo: Las pruebas se realizaron en un Cicloergometro alemán marca Dinavit 400®, en el laboratorio del Centro Bio-Médico de la Escuela de Educación Física de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, el cual cuenta con los equipos y materiales necesarios para aplicar pruebas de esfuerzo. La temperatura ambiente del cuarto estuvo en 18°C, con humedad de 53% y presión atmosférica 553 mmhg. La frecuencia cardiaca se monitoreo en reposo, trabajo y recuperación con un equipo Polar (ELECTRO, OY CE0537®). Todos los voluntarios realizaron la prueba en condiciones normales de hidratación, para lo cual ingirieron $\pm$ 400 ml de agua 30 minutos antes de la prueba, bebieron un sorbo de agua y enjuagaron la boca 10 segundos antes de terminar cada etapa. Se aplicó el

protocolo modificado de MacDougal tipo II, para ciclistas, correspondiente a un test maximal de desarrollo escalonado y continuo. La prueba empezó con 100 Vatios (W), aumentando de 50 en 50 cada 2 minutos hasta 300 W, en adelante se aumentó de 25 en 25 W, con los mismos dos minutos hasta el agotamiento, debiendo mantener una cadencia de pedaleo entre 70 y 80 rpm. La terminación de la prueba se daba si: 1) El testeado lo solicitaba voluntariamente. 2) si el testeado no podía mantener la cadencia de pedaleo. 3) Cuando la frecuencia cardiaca teórica alcanzaba el 100% de su capacidad.

Toma de muestras en saliva para Proteínas Totales: La concentración de las proteínas totales en saliva fue cuantificada por medio de reactivos de dos casas, el primero por el método Proti 2 y el segundo con el método de ácido sulfosalicilico. Se expresó la medición en mg/dl con la utilización del método de espectrofotometría en el laboratorio de bacteriología del Instituto de Cancerología en la ciudad de Tunja, con la dirección de una bacterióloga, bajo los parámetros establecidos sobre bioseguridad.

La producción de saliva fue estimulada durante toda la prueba mediante una goma de mascar Trydent sin sabor, la saliva se depositó directamente de la boca a los frascos estériles de polipropileno (Colectores), mediante el método de escupido (Navazesh, 1993), en reposo, en la finalización de cada etapa y a los 5 minutos de recuperación, la cual se mantuvo en refrigeración durante un tiempo máximo de 4 horas, para medir la concentración de proteína.

Fundamentos de la técnica para concentración de proteínas: El método de medición Proti 2 de Winer lab, se basa en la reacción de los enlaces peptídicos de las proteínas con el ion cúprico en medio alcalino, lo que forma un complejo color violeta con máximo de absorción de 540 nanómetros, cuya intensidad es proporcional a la concentración de las proteínas totales en la muestra. Se tomaron volúmenes de muestra de 50 microlitros más el reactivo de 3,5 mililitros, para un volumen final

de reacción de 3,55 mililitros. El cual fue medido en un espectrofotómetro Marca Merck - Vita Lab ®. Multicanal, a una longitud de onda de 546 nanómetros, después de una incubación de 15 minutos a 37° en baño serológico, más un tiempo de temperatura ambiente de 5 minutos.

Para el método de ácido sulfosalicílico se utilizó un espectrofotómetro marca Compur CS2 M2000 ®. El método se basa en la reacción de la proteína total presente en la saliva con el reactivo, la cual desarrolla turbiedad proporcional a la concentración. Esta es leída después de 5 minutos a temperatura ambiente a una longitud de onda de 405 nanómetros con un factor de calibración del analito para la absorbencia de 133. Se tomaron volúmenes de muestra de 100 microlitros más el reactivo de 5 mililitros, para un volumen total de 6 mililitros.

Toma de muestra sanguínea para lactato.

Se aplicaron las normas de bioseguridad para la toma de las muestras (uso de bata, guantes quirúrgicos y tapa boca por parte del evaluador, y asepsia local con alcohol en el testeo a nivel de pulpejo del dedo índice y perforación a través de la lanceta con disparador automático (Soft click®). La muestra fue tomada de la primera gota de sangre colocada directamente sobre la zona sensible de la tirilla correspondiente al equipo portátil Láctate Scout ®.

Medición de lactato en Saliva: se realizó seguidamente a la prueba en sangre, de cada muestra de saliva colectada simultáneamente a la prueba en sangre, se tomó una pequeña gota mediante una paleta plástica y se midió la concentración de lactato usando el mismo equipo portátil Láctate Scout ® de Senslab®, de lectura óptica en mmol/litro.

Análisis estadístico: los datos se llevaron en hojas de Excel con las variables de estudio, se registraron y se exportaron al software SPSS 15 ® donde se realizó análisis descriptivos sobre las variables demográficas de los participantes, luego análisis descriptivo de variables fisiológicas antropométricas y cálculo de las

medidas de tendencia central y dispersión de las variables bioquímicas en sangre y saliva. Se realizó un análisis de correlación bivariado a una cola y se usó la medida de correlación de Sperman con coeficiente de correlación, se exploró con coeficiente de Pearson para ver diferencias en las medidas.

Se exploró finalmente un análisis de regresión lineal por ser las variables cuantitativas continuas. Para establecer un modelo optimo predictor del lactato sanguíneo a partir de los indicadores fisiológicos y bioquímicos salivales.

Se controló el sesgo de medición e información usando el mismo equipo en todas las medidas y elido? por la misma persona en todos los momentos, el error posible de medición relacionados con el aparato se controló con la calibración previa con los controles positivos y negativos que contienen los kits comerciales usados.

Resultados

Las características antropométricas de los participantes se observan en la tabla 1. Es importante saber que los participantes en general: son nacidos en Tunja, departamento de Boyacá - Colombia, de sexo masculino, y pertenecientes a la categoría pre- juvenil, los cuales han estado en clubes con experiencia deportiva entre 3 y 6 años.

Tabla 1. Características antropométricas de los participantes (n=8)

	Media	Desv. Típica	Mínimo	Máximo	Moda	Mediana
Edad	15,37	0,49	15,00	16,00	15,00	15,00
Talla	1,69	0,07	1,58	1,79	1,63	1,70
Peso	58,60	7,78	48,00	69,00	51,00	56,00
IMC	20,53	1,67	18,80	23,80	19,30	20,10

IMC: Índice de Masa corporal

Fuente: Base de datos de los autores.

Las mediciones iniciales fisiológicas para frecuencia cardiaca, según intensidad, en Watts se representan en la tabla 2 y figura 1, observándose el incremento de latidos por

minuto a medida que aumenta la intensidad en watts, y la resistencia diferenciadora en el número de participantes.

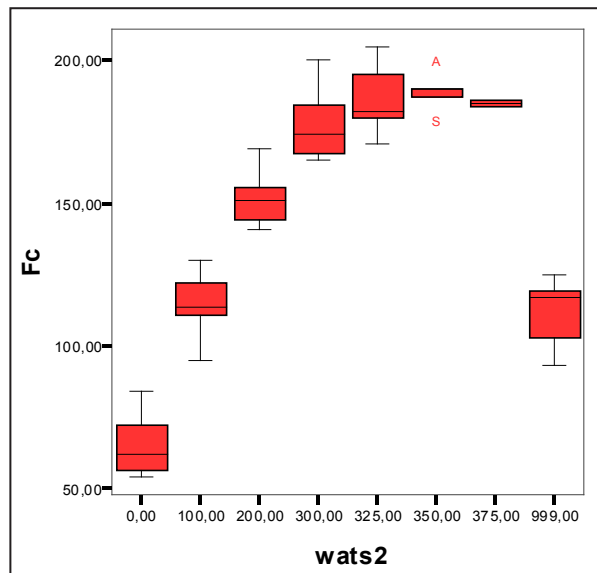


Figura 1. Valores mínimos máximos, mediana, q1 y q3 de la Frecuencia cardiaca (Fc) (latidos x minuto) según intensidad del ejercicio en Watts.

Fuente: Base de datos de los autores.

La media del comportamiento de las variables estudiadas del Lactato sanguíneo y salival y proteínas según intensidad del ejercicio se observa en la tabla 3 y figuras 2,3 y 4.

Los resultados obtenidos para el lactato sanguíneo en reposo $2,70 \pm 0,74$ mmol/l, en máximo esfuerzo $14,60 \pm 3,39$ y en recuperación $12,59 \pm 3,08$. El lactato salival muestra concentraciones a partir de 200 Watios de carga, explicable no porque exista ausencia de la concentración de lactato en saliva, sino por la sensibilidad del equipo usado, que reporta mediciones sobre los 0,5 mmol/l, iniciando su concentración con $0,52 \pm 0,04$ y continuando en asenso hasta $0,75 \pm 0,07$ en máximo esfuerzo, incluso en recuperación a los cinco minutos hay un aumento hasta llegar a $1,01 \pm 0,44$ mmol/l. Al igual que el lactato sanguíneo, se observa que en saliva la concentración también va en aumento a medida que crece la intensidad del ejercicio en Watios. Se observa en la tabla 3 y figuras 2,3 y 4.

Tabla 2. Frecuencia cardiaca relación intensidad

Etapa		Reposo	100	200	300	325	350	375	Recuperación
Frecuencia Cardiaca	Media	64,88	114,75	151,38	177,13	186,86	188,40	185,00	112,13
	DE	10,76	10,47	9,13	12,93	11,95	7,57	1,41	11,06
	N	8	8	8	8	7	5	2	8

DE. Desviación estándar

Fuente: Base de datos de los autores.

Tabla 3. Resultados de las concentraciones de Lactato sanguíneo, Lactato salival, Proteína con prot1 y Proteína con Ácido Sulfosalicílico.

Etapa Vs. Variables		Watts	Reposo	100	200	300	325	350	375	Recup.
Lactato Sanguíneo mmol/dl	Media		2,70	6,51	5,18	7,31	9,44	11,14	14,60	12,59
	De		0,74	2,16	1,67	2,32	1,26	3,42	3,39	3,08
Lactato Salival mmol/dl	Media				0,52	0,55	0,70	0,76	0,75	1,01
	De				0,04	0,08	0,16	0,15	0,07	0,44
Prot1 mg/dl	Media		0,36	0,44	0,24	0,22	0,34	0,46	0,44	0,35
	De		0,19	0,24	0,19	0,16	0,20	0,15	0,09	0,22
Prot2 mg/dl	Media		50,75	73,37	60,52	56,96	55,22	51,35	76,34	63,18
	De		29,05	39,31	34,48	34,55	54,29	4,11	15,71	30,02

Prot1: Método de medición de la concentración de proteína

Prot2. Sulf.: Método de medición de proteínas con ácido sulfosalicílico

Recup.: Periodo de recuperación

De: Desviación estándar

Fuente: Base de datos de los autores.

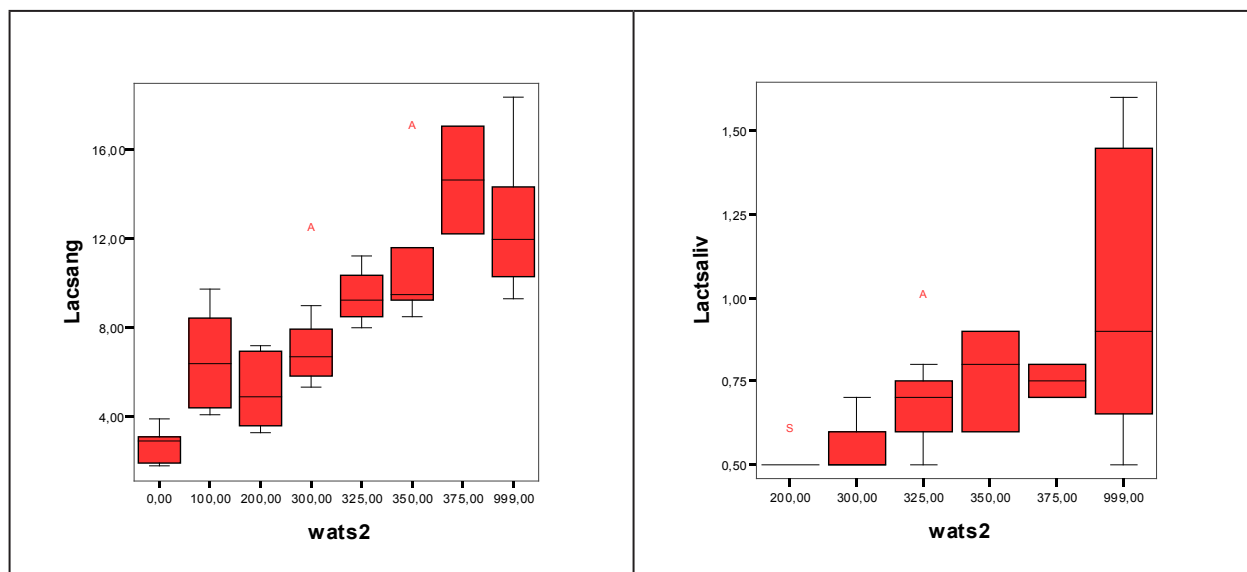


Figura 2. Valores mínimos máximos, mediana, q1 y q3 de la concentración de lactato sanguíneo (Lacsang), salival (Lactsaliv) en mmol/l según intensidad del ejercicio en Watts.

Fuente: Base de datos de los autores

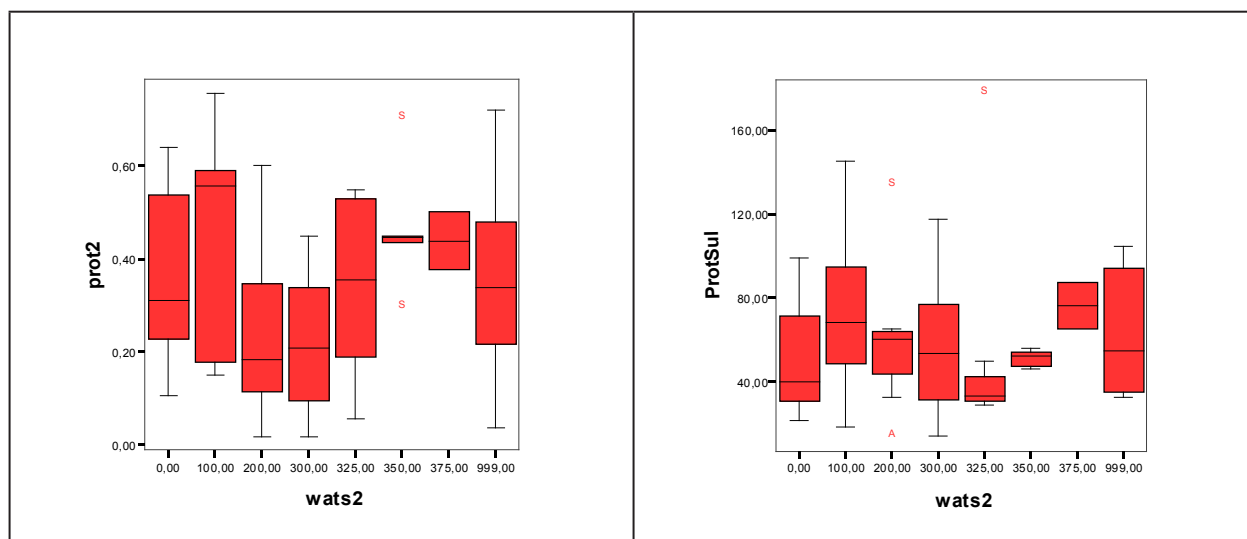


Figura 3. Valores mínimos máximos, mediana, q1 y q3 de la concentración de Proteínas salivales (Prot2: Método de medición de la concentración de proteína) y (ProtSul.: Método de medición de proteínas con ácido sulfosalicilico) en mmol/l según intensidad del ejercicio en Watts.

Fuente: Base de datos de los autores

Las proteínas medidas en saliva por los dos métodos Prot2 y Acido sulfosalicilico, presentaron concentraciones desde $0,22 \pm 0,16$ mg/dl y $50,75 \pm 29,05$ mg/dl respectivamente hasta $0,46 \pm 0,15$ 15,71mg/dl y $76,34 \pm 15,71$ mg/dl y mostraron un comportamiento parcialmente uniforme entre ellas, sin embargo no existió un incremento lineal como se observó en las

concentraciones de lactatos sanguíneo y salival frente al incremento de la intensidad en el ejercicio.

Análisis bivariado de las correlaciones:

Para explorar correlaciones entre las variables, en especial para el lactato sanguíneo vs. biomarcadores salivales (Lactato y proteínas

totales) se estableció no incluir las mediciones en reposo y de recuperación ya que tienden a ser constantes en la población y por su comportamiento de aumento, en especial en la recuperación sin carga que pueden subestimar la verdadera correlación entre las variables.

Se observa en la matriz de correlaciones (tabla 5) que el lactato sanguíneo se correlaciona significativamente ($p < 0,001$) con el lactato salival ($R^2 = 0,68$) y con la frecuencia cardiaca ($R^2 = 0,62$).

Por lo cual se explora una regresión lineal predictora del lactato sal así:

$$Y = a + b(x_1) + c(x_2),$$

$$Y = -14,323 + 0,564(\text{Lactato salival}) + 0,109(\text{Frecuencia cardiaca})$$

Donde Y= lactato sanguíneo

a= es constante (– 14.2323)

b= es constante para el valor del lactato salival-

X_1 : Concentración de lactato salival en mmol/l

c: constante para frecuencia cardiaca

X_2 : es Frecuencia cardiaca en lat/min

El modelo presenta el siguiente análisis de varianza:

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) para las variables del modelo de regresión predictor de lactato sanguíneo.

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	139,148	2	69,574	10,791	,000(a)
	Residual	154,739	24	6,447		
	Total	293,887	26			

a Variables predictoras: (Constante), Frecuencia cardiaca, Lactatosalival

b Variable dependiente: Lactato sanguíneo

Fuente: Base de datos de los autores.

Tabla 5. Correlaciones bivariadas. Spearman

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lactato Sanguíneo	1,0	,05	-,235	,686(**)	,141	,621(**)	,132	,035	,089
Prot1		1,0	,169	,453(**)	-,003	-,126	,265	,435(**)	,283(*)
Prot2			1,0	,048	-,361(*)	-,096	-,330(*)	-,189	-,146
Lactato Salival				1,0	,043	,747(**)	-,026	,063	-,089
IMC					1,0	,016	,793(**)	,488(**)	,460(**)
Frecuencia cardiaca						1,0	-,126	-,177	-,099
Peso							1,0	,758(**)	,773(**)
Edad								1,0	,424(**)
Talla									1,0

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).

Prot1: Método de medición de la concentración de proteína

Prot2. Sulf.: Método de medición de proteínas con ácido sulfosalicílico

IMC: Índice de Masa corporal

Fuente: Base de datos de los autores.

Discusión

La saliva inicialmente se ha usado como una herramienta de diagnóstico clínico debido a los diferentes elementos que se encuentran en ella, que proporcionan información bioquímica sobre el funcionamiento del organismo [22], en el deporte puede ser un punto de apoyo importante para conocer el comportamiento fisiológico del organismo del deportista, especialmente cuando es sometido a niveles altos de estrés físico en donde el aumento de la concentración de diferentes sustancias en la saliva es alto [14, 15, 23, 24].

Las pruebas en saliva tienen una mayor ventaja sobre las pruebas venosas o capilares, inicialmente es menos estresante e incómoda debido a que no se requieren punciones en especial repetidas, ni entrenamiento especial para la toma de la prueba, como si lo requieren las pruebas en sangre [7]. De otra parte las muestras en saliva permanecen prácticamente constantes hasta 40 días después de la colección [18], lo que permite almacenar las pruebas y repetir las mediciones si es el caso .

La concentración de lactato en la saliva es mucho más bajo que en plasma sanguíneo, correspondiendo aproximadamente a un 15% observado en los estudios [18]. Sin embargo se puede afirmar que este porcentaje de equivalencia es muy fluctuante, dependiendo de factores a nivel individual.

Las curvas de inflexión del lactato Sanguíneo y salival son similares a las presentadas en los estudios de lo que confirma la correlación de 0,686 con nivel de significancia $p < 0,000$ encontrado en este estudio [8, 12, 13, 18, 20].

En lo referente a las proteínas totales salivales y su correlación con el lactato salival y sanguíneo, no presentaron correlación, contrario a lo presentado por Oliveira *et al* [10]. En este estudio las proteínas presentan un comportamiento muy variado por los dos métodos usados (Prot1 y Prot2) durante la prueba sin aumento lineal, diferente al presentado por el

lactato salival vs. lactato sanguíneo; aunque se encontraron concentraciones desde 0,22 mg/dl a 0,46 mg/dl por el reactivo Proti2 y desde 50,75 mg/dl a 76,34 mg/dl con ácido sulfosalicílico muy cercanos a los valores encontrados en el estudio sobre concentración de proteínas totales salivales con ácido sulfosalicílico durante una prueba incremental, desde 2.7 mg/dl hasta 41mg/dl realizado por Porras *et al* [16]. Esto debido probablemente a los métodos utilizados con los dos reactivos Proti2 y ácido sulfosalicílico, por lo que se deben realizar más estudios que permitan confirmar lo anterior.

Sobre el comportamiento de la frecuencia cardiaca se encontró una buena correlación similar a lo encontrado en otros estudios [4, 20, 24].

Las concentraciones de lactato sanguíneo y salival se incrementaron de manera lineal frente a la intensidad del ejercicio con ruptura del estado estable, con una correlación de 0,686 y un nivel de significancia de 0, mientras que la concentración de proteínas totales solo presentaron un comportamiento similar entre ellas pero sin correlación con el lactato.

Es posible que para el desarrollo de pruebas cortas de alta intensidad entre 3 y 10 minutos, la predicción de las concentraciones de lactato sanguíneo por medio de la medición del lactato salival en el equipo láctate scout, resulte ser efectiva, pero para trabajos de larga duración muy seguramente por ser concentraciones muy bajas, no se logre identificar la concentración por debajo de 5 mmol.

Según la procedencia de la saliva se distinguen dos tipos de saliva, una saliva total o mixta como producto de todas las secreciones de las glándulas salivales y una saliva parcial, que es la obtenida por cateterismo de los respectivos conductos excretores de cada una de las glándulas, lo que requiere realizar investigaciones más profundas para identificar que grupo glandular provee mayor concentración de lactato.

Además de los muy precisos y confiables analizadores de lactato de laboratorio, hoy en día se cuenta con equipos portátiles como el láctate scout que permiten las valoraciones de lactato sanguíneo en el ambiente de entrenamiento del deportista y de esta manera se obtienen resultados casi instantáneos, por lo que mediante una ecuación de regresión y medidas de lactato salival como método no invasivo se podría predecir la concentración de lactato en sangre, hecho que representa una ventaja importante a la hora de realizar evaluaciones in situ y de aplicación inmediata a la marcha del entrenamiento.

Es de recordar, que el ácido láctico sanguíneo tiene un comportamiento individual de acuerdo a diferentes variables como intensidad, nivel de preparación y grupos musculares participantes en la actividad física entre otras, por lo que se debe realizar una prueba de sangre con un analizador de lactato, en esfuerzo para lograr encontrar el punto de inflexión y confrontarlo con el modelo propuesto.

Dentro de las limitaciones que se pueden relacionar en el desarrollo de este estudio, se pueden mencionar los costos elevados de los equipos y reactivos para el análisis tanto en sangre como en saliva. El acceso a la población objeto de estudio, dado que son deportistas de competencia y están condicionados a los planes de entrenamiento, reglamentos de ligas y clubes deportivos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los deportistas voluntarios que participaron en el estudio, a la bacterióloga Alix Dalos por el procesamiento de las muestras de laboratorio.

Conflictos de interés: los autores declaran que no existe conflicto de interés declarado.

Fuentes de financiación: el proyecto se financió con recuso propios aportados por el grupo de investigación, sin participación alguna de laboratorio o fabricante de equipos y pruebas usadas.

Literatura citada

1. Leminszka MA, Dieck-Assad G, Martinez SO, Garza JE. **Modelacion del nivel de acido lactico para atletas de alto rendimiento.** *Revista Mexicana de Ingenieria Biomedica* 2010; 31(1):41-56.
2. Moreno Lemos SM. **Importancia de las valoraciones bioquímicas como medio de control del entrenamiento en deportistas de alto rendimiento.** *Revista Antioqueña de medicina deportiva y ciencias aplicadas al deporte y a la actividad física* 2008; 5(149):1-9.
3. Garcia MJ, Navarro VM, Ruiz CJ. **Bases teoricas del entrenamiento deportivo.** Madrid: Gymnos, Editorial deportiva; S.L.; 1996. 518 p.
4. Chicharro J, Pérez M, Carvajal A, Bandres F, Lucia A. **The salivary amylase, lactate and electromyographic response to exercise.** *Jpn J Physiol* 1999; 49(6):551-4.
5. Chicharro JL, Legido JC, Alvarez J, Serratosa L, Bandres F, Gamella C. **Saliva electrolytes as a useful tool for anaerobic threshold determinación.** *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994; 68(3):214-8.
6. Chicharro JL, Lucia A, Perez M, Vaquero A, Ureña R. **Saliva Composition and Exercise.** *Sports Med* 1998; 26(1):17.
7. Bishop P, Martino M. **Blood Lactate in Recovery as an Adjunct to Training.** *Sports Med* 1993; 16(1):5-13.
8. Bocanegra O, Teixeira R, Espindola F, Diaz M, Soares S. **Determination of the lactate threshold by means of salivary biomarkers: chromogranin A as novel marker of exercise intensity** *Eur J Appl Physiol* 2012; 112(9):3195-203.
9. Neves de Oliveira V, Bortolini MJ, Reis IT, Lamounier RPMS, Espindola FS. **Salivary biomarkers for evaluation of anaerobic threshold.** *Fitness & Performance Journal* 2005; 4(2):85-9.
10. Oliveira A, Besa RPMS, Lamounier M, Santana M, Mello F, Espindola S. **Changes in the salivary biomarkers induced by an effort test.** *Int J Sports Med* 2010; 31(6):377-81.

11. Pérez M, Lucia A, Carvajal A, Pardo J, Chicharro JL. **Determination of the Maximum Steady State of Lactate (MLSS) in Saliva: An Alternative to Blood Lactate Determination.** *Jpn J Physiol* 1999; 49:395-400.
12. Santos ALR, Almeida EC, Caperuto E, Martins J. **Effects of a 30 -km race upon salivary lactate correlation whit blod lactate.** *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 2006; 145(1):114-7.
13. Tékus E, Kaj M, Szabó E, Szénási N, Kerepesi I, Figler M. **Comparison of blood and saliva lactate level after maximum intensity exercise** *Acta Biol Hung* 2012; 63(Supl 1):89-98.
14. Calderón FJ, Benito P, Peinado AB, Díaz V. **Significado fisiológico de la transición aeróbica-anaeróbica.** *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte* 2008; 8(32):321-37.
15. Dawes C. **The effects of exercise on protein and electrolyte secretion in parotid saliva.** *J Physio* 1981; 320(1):139-48.
16. Porras AJ, Cote F, Avila F. **Concentración de proteínas totales salivales con acido sulfosalicilico durante el ejercicio.** *Arch Med (Manizales)*. 2014;14(2):203-9.
17. Ohkuwa T, Itoh H, Yamazaki Y, Sato Y. **Salivary and blood lactate after supramaximal exercise in sprinters and long-distance runners.** *Scand J Med Sci Sports* 1995; 5(5):285-90.
18. Segura R, Javierre C, Ventura JL, Lizarraga MA, Campos B, Garrido E. **A new approach to the assessment of anaerobic metabolism: measurement of lactate in saliva.** *Br J Sports Med* 1996; 30:305-9
19. Calvo F, Chicharro JL, Bandrés F, Pérez M, Alvarez J, Mojares L, et al. **Anaerobic threshold determination with analysis of salivary amylase.** *Can J Appl Physiol* 1997; 22(6):553-61.
20. Amirsasan R, Sari-Sarraf V, Nikookheslat S, Rahimzadeh G, Letafakar K. **Relationship between salivary lactate concentration with blood lactate and heart rate.** *World Appl Sci J* 2010; 9(8):945-9.
21. Moura A, Papoti M, Caputo F, De Castro O, Denadai B, Baldissera V, et al. **Comparacao entre a utilizacao de saliva e sangue para determinacao do lactatominimo em cicloergometro e ergometro de braco em mesa tenistas.** *Rev Bras Med Esporte* 2004;10(6):475-80.
22. Medina ML, Merino LA, Gorodner JO. **Unidad de saliva como fluido diagnóstico.** *Salud Bucal* 2002; 91:37-41.
23. Anderson L, Garrett J, Johnson D, Kauffman D, Keller P, Thulin A. **Influence of circulating catecholamines on protein secretion into rat parotid saliva during parasympathetic stimulation.** *The Journal of Physiology* 1984; 352:163-71.
24. Ben-Aryeh H, Roll N, Lahav M, Dlin R, Hanne-Paparo N, Szargel R, et al. **Effect of Exercise on Salivary Composition and Cortisol in Serum and Saliva in Man.** *Journal of Dental Research* 1989; 68:4.

