

PROTEINURIA EN FATIGA AGUDA

*Javier Padilla **
*Ma. Cristina Egúa Lis G. ***
*Jacinto Licea Mendoza ****
*y cols. *****

INTRODUCCION

El ejercicio ocasiona ajustes regulatorios a nivel funcional y metabólico; el sistema renal participa en la regulación acidobásica e hidroelectrolítica y juega papel relevante en la excreción de catabolitos y de algunos fármacos solubles en los líquidos corporales. Gracias a sus mecanismos de filtración, secreción, resorción y excreción, el plasma sanguíneo se depura de catabolitos que de otra manera se acumularían peligrosamente y más cuando se trata de fármacos que fueron introducidos. Por esta participación del sistema renal en el mantenimiento de la homeostasis,¹ se sabe que dada la regulación funcional y metabólica durante el ejercicio, existen diferencias en el funcionamiento renal antes y después del esfuerzo.

El ejercicio intenso influye sobre la función renal; disminuyen los flujos sanguíneo y plasmático renales en proporción a la severidad del ejercicio; no obstante, la tasa de filtración glomerular disminuye ligeramente debido a la autorregulación del riñón. También aumenta la vasoconstricción renal y hay incremento relativo (15 a 25%) de la filtración durante ejercicio intenso y de corta duración bajo condiciones de laboratorio².

Por otro lado, existe correlación entre la depuración de creatinina y disminución del flujo urinario (30%) durante ejercicio prolongado e intenso que, se ha sugerido, obedece principalmente a disminución en la filtración glomerular. Mientras que durante el ejercicio intenso la depuración de insulina no disminuyó tanto, lo que supone disminución de 25% en la fracción de filtración y de aproximadamente 50% en los flujos sanguíneo y plasmático renales.² Se dice que la disminución de la excreción de agua en la orina obedece a la hormona antidiurética.

Llama la atención que durante el ejercicio intenso pueden encontrarse proteínas y eritrocitos en la orina; sin embargo, esto que se llama pseudonefritis atlética, no es habitual y se desconoce su frecuencia y mecanismos que la producen;³ parece también que el entrenamiento disminuye la proteinuria.

JUSTIFICACION

EL propósito de este trabajo es estudiar la frecuencia de proteinuria y posible hematuria, postejercicio y si pueden ser indicadores del estado de fatiga.

HIPOTESIS

Si la severidad del esfuerzo físico realizado se asocia con proteinuria y hematuria, entonces estos dos últimos deberán aparecer en estado de fatiga. Si la proteinuria disminuye con el entrenamiento, ésta deberá ser menor en los entrenados o presentarse con menos frecuencia en ellos.

* Sección de Graduados de la Escuela Superior de Medicina (E.S.M.) del I.P.N.

** Departamento de Ciencias Fisiológicas de la E.S.M., I.P.N.

*** Centro Médico Deportivo E.S.M., I.P.N.

**** Alumnos de la Escuela Superior de Medicina del I.P.N.: Rosa M. Guerrero C., Jorge Sánchez R., Víctor H. Galván F., Leonel García G., Juan A. González S. y L. Alejandro Ramos M.

MATERIAL Y METODO

Previo examen médico y al no encontrar contraindicaciones para aplicar prueba de esfuerzo, se trabajó con 32 jugadores de futbol americano de liga mayor (entrenados) cuyo promedio de edad fue de 25 años 5 meses \pm 5 años 6 meses y 17 individuos no entrenados con edad promedio de 23 años 1 mes \pm 3 años. Se formó en grupo (A) con 18 entrenados y 17 no entrenados; otro grupo (B) con 14 entrenados. Los integrantes del A realizaron una prueba de esfuerzo en el cicloergómetro electrónico; se aplicó el método de Åstrand⁵ hasta que lograron su frecuencia cardiaca máxima y a continuación trabajaron al 80% de la carga máxima, medida en vatios, hasta que se fatigaron.⁴ Los del grupo B realizaron una práctica de entrenamiento de futbol americano que duró 120 minutos y se le tomaron muestras de orina antes y después del entrenamiento, mientras a los del grupo A se les tomaron antes, al terminar la prueba de esfuerzo y a los 20 y 40 minutos de recuperación.

A cada muestra de orina se le determinó lo siguiente: Nitrito mediante la reacción específica de Griess (sensibilidad de 0.05 mg de nitrito / 100 ml); pH por medio del indicador rojo de metilo y azul de bromotimol (para un rango de pH 5-9); proteínas por medio del indicador tetraclorofenol-tetrabromo sulfaleína para 30 y 500 mg / 100 ml); glucosa, con el método específico de glucosa oxidasa e indicador 3 amino-6-cloro-9-dimetilaminopropil-carbazol (para 100, 300 y 1000 mg / 100 ml); cuerpos cetónicos, basado en la prueba con ácido acetoacético y acetona que reaccionan con nitroprusiato sódico y glicina en medio alcalino (el rango para ác. acetoacético es de 5-10 mg y para acetona es de 40-70 mg / 100 ml); urobilinógeno, basado en la reacción instantánea que da con la sal de diazonio (para 1, 4, 8 y 12 mg / 100 ml); bilirrubina con la reacción que presenta al ponerse en contacto con una sal de diazonio en medio ácido (para 0.2, 0.4 y 0.5 mg / 100 ml); sangre, que reacciona con hidróperóxido orgánico: *a*) para eritrocitos (detecta de 5-15, 30-100 y 150-300 erit / μ l) y *b*) para hemoglobina.

RESULTADO

En todos los individuos de los grupos A y B resultaron negativos los nitritos, cuerpos cetónicos, glucosa, sangre, eritrocitos, hemoglobina, urobilinógeno y bilirrubina. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el pH y concentración de hidrogeniones* en las muestras de orina de entrenados respecto de los no entrenados del grupo A; no obstante, existe tendencia a ser más ácida la de los entrenados. Mientras las muestras de orina antes y después del entrenamiento (grupo B) sí resultaron significativamente diferentes (tabla 1), las muestras de orina durante la recuperación resultaron también diferentes ($p < 0.05$) respecto del nivel basal (excepto la 4a. muestra de los entrenados). Los cambios porcentuales correspondientes se muestran en la gráfica 1.

En el grupo A, la carga de trabajo que lograron los entrenados fue mayor (tabla 2), pero las frecuencias cardiacas máxima y al finalizar la prueba de esfuerzo, no difirieron respecto de los no entrenados; sin embargo, en todos los del grupo A se encontró proteinuria durante los primeros 40 minutos de recuperación y en los del grupo B ocurrió lo mismo al terminar el entrenamiento (tabla 3). En ninguno de los casos se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) en las proteinurias de los entrenados respecto de los no entrenados, pero a los 20 y 40 minutos de recuperación presentaron proteinuria el 70% de los integrantes del grupo A y lo mismo ocurrió en los entrenados del grupo B al terminar su práctica de entrenamiento (gráfica 2).

DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Con base en que los individuos entrenados y no entrenados resultaron clínicamente sanos, y dado que los estudios correspondientes de las muestras de orina no revelaron datos anorma-

* Se utilizan las dos formas: pH y concentración de hidrogeniones debido a que el primero es log. negativo, y en ocasiones las diferencias pequeñas son difíciles de expresar y graficar, en tanto que por medio de la concentración de hidrogeniones en nanomoles por litro resultan más ostensibles.

les, se considera que los resultados con consecuencias fisiológicas del estado a que se somete el organismo durante una prueba de esfuerzo. Cabe también mencionar que tanto los entrenados como los no entrenados, al no ser significativamente diferentes en edad, peso y frecuencia cardíaca máxima, cuentan con capacidad biológica semejante para enfrentarse a la prueba de esfuerzo, y aunque los entrenados, debido a su preparación, logran mayores cargas de trabajo y tardan más tiempo en fatigarse, en este trabajo no se encontraron diferencias significativas entre las muestras de orina de ambos; se observa en cambio, en la orina de los entrenados, tendencia a ser más ácida y con mayor grado de proteinuria.

Por otro lado, si en los no entrenados la acidez de las dos últimas muestras de orina durante la recuperación resultaron significativamente mayores que su nivel basal, esto significa que se enfrentaron a una mayor respuesta acidótica metabólica durante la prueba de esfuerzo, mientras que en los entrenados sólo aumentó significativamente la de los 20 minutos de recuperación respecto de su basal. En los entrenados del grupo B la diferencia en la acidez de la orina fue significativamente mayor al terminar el entrenamiento respecto de su basal, debido a la mayor duración de trabajo realizado y su repercusión en la función excretora renal.

La proteinuria que se encontró en todos los casos durante los primeros minutos de recuperación (grupo A) y al terminar la práctica de entrenamiento de fútbol americano (grupo B) refleja que existe asociación entre esfuerzo intenso hasta fatigarse y la frecuencia de aparición de proteinuria de aproximadamente 70%; sin embargo, tiende a ser menos frecuente en los entrenados (38.88 a 61.11%) que en los no entrenados (29.41 a 70.58%), y es muy probable que en los primeros lo anterior se deba a su adaptación al entrenamiento, a la regulación óptima para responder en forma gradual al esfuerzo físico deportivo y a la capacidad para mantener la homeostasis en condiciones de ejercicio.

Se ha tratado de explicar el origen de la proteinuria por esfuerzo; Castenfors (1976) pro-

pone que puede deberse a un aumento de la permeabilidad de la membrana de filtración glomerular,² debido quizá a que aumenta su "fluidez" por efecto de la temperatura corporal al realizar ejercicio,¹ asociada también a vasoconstricción en las arteriolas glomerulares durante las descargas del sistema nervioso simpático y la influencia de las catecolaminas que causan hipoxia en la membrana de filtración.⁵ El mismo autor opina también que puede deberse a la disminución en la resorción de aquellas proteínas que en poca cantidad y debido a su peso molecular alcanzan a filtrarse; no obstante, Nilo (1983)⁷ señala a su vez que por medios electroforéticos se ha demostrado que se trata principalmente de albúmina, acompañada ocasionalmente de globulina alfa dos y rara vez globulina gamma.

Es probable que las cifras mayores de proteinuria durante la recuperación en el grupo A se deban a redistribución sanguínea (sobre todo en los entrenados). Tanto los integrantes del grupo A como los del B no presentaron hematuria, probablemente debido a que no realizaron un esfuerzo prolongado y extenuante.

Por lo anterior, se puede decir que existe proteinuria asociada al esfuerzo intenso y puede ocurrir en 70% de los casos durante los primeros 40 minutos de recuperación en personas en estado de fatiga aguda causada por prueba de esfuerzo realizada en laboratorio. También existe tendencia no significativa a presentar mayor intensidad y frecuencia de proteinuria en los no entrenados. Debido a la dificultad médica legal y ética de provocar fatiga extrema, no fue posible continuar la observación en dichas condiciones, por lo que parece difícil que ocurra hematuria en condiciones de laboratorio. La importancia que tiene el componente neuroantropológico de la persona que está dispuesta a realizar esfuerzo físico-deportivo, como correr maratón por ejemplo y con la idea de ganar, le motiva hacia esfuerzo supramáximo; por eso es necesario continuar estos estudios en las diferentes actividades deportivas competitivas para demostrar la frecuencia de proteinuria y posible hematuria, igual que su eventual uso como indicadores objetivos de fatiga.

RESUMEN

Se ha observado que durante el ejercicio físico y la fatiga aparecen en la orina proteínas y eritrocitos, en ocasiones se aprecia verdadera hematuria. Sin embargo, la frecuencia y mecanismo de estos fenómenos se desconoce aunque parece que el entrenamiento los disminuye.

En este experimento realizado tanto con atletas como con sujetos sedentarios se presentó proteinuria en ambos grupos pero no hematuria. Es posible que la ausencia de ésta se deba a que las condiciones experimentales, con trabajo regulado, sean diferentes a las de competición en las que el sujeto recurre a su esfuerzo máximo y puede caer en fatiga extrema.

SUMMARY

Proteinuria and hematuria have been observed in athletes during physic exercise and fatigue, nevertheless frequency and mechanism of production are unknown. It seems probable that training decreases this phenomenon. In this experiment, with athletes and sedentary subjects, proteinuria was present in both groups at the end of exercise or the recuperation period, but hematuria was not observed. Perhaps the experimental conditions are diffe-

rent to those in competition when the athletes behavior may produce him extreme fatigue.

BIBLIOGRAFIA

1. **Appenzeller, O.** y **R. Atkinson**: *Sport-Medicine Urban & Schwarzenberg*: 154-159. Baltimore, Maryland, U.S.A. (1981).
2. **Castenfors, J.**: Renal function during prolonged exercise: The Marathon: Pshysiological function medical, epidemiological, psychocological studies" *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 301: 151-159 New York, U.S.A. (1976).
3. **Padilla, J.P.**; **F.C. de la Vega L.** y **R. Yañez A.**: "Apuntes de pH: Taller de Bioquímica del Ejercicio". Sección de Graduados, Escuela Superior de Medicina, I.P.N. México D.F. (1982).
4. **Padilla, J.P.**; **M.C. Eguía Lis G.**; **J. Sánchez R.**; **R.M. Guerrero C.**; **V.H. Galván F.**; **L.A. Ramos M.** y **J.A. González S.**: "Fatiga Aguda por trabajo en cicloergómetro". *Acta Médica*, 19: 73-74, pp. 53-59. Escuela Superior de Medicina, I.P.N. México, D.F. (1983).
5. **Férez, S.M.** y **M. Shapiro**: *Adaptación Cardiovascular a la prueba de esfuerzo*, Salvat Mexicana de Ediciones: 89, 459. México, D.F. (1981).
6. **Astrand, I.**: "Aerobic Work capacity in men and women with special reference to age", *Acta Physiol. Scand.* 40: 67 (1960).
7. **Nilo, J.L.**: "Fisiología del aparato urinario en el deporte", *Medicina del Deporte*. La Prensa Médica, S.A. 20: 250-252. México, D.F. (1983).

TABLA 1

pH y concentración de hidrogeniones (nM) en las muestras de orina obtenidas antes (1) y al terminar (2) la prueba de esfuerzo en cicloergómetro, así como durante la recuperación a los 20 (3) y 40 minutos (4) de los integrantes del grupo A. Los del grupo B, realizaron una práctica de futbol americano y se les tomaron muestras antes (Pre) y después (Post) de éste.

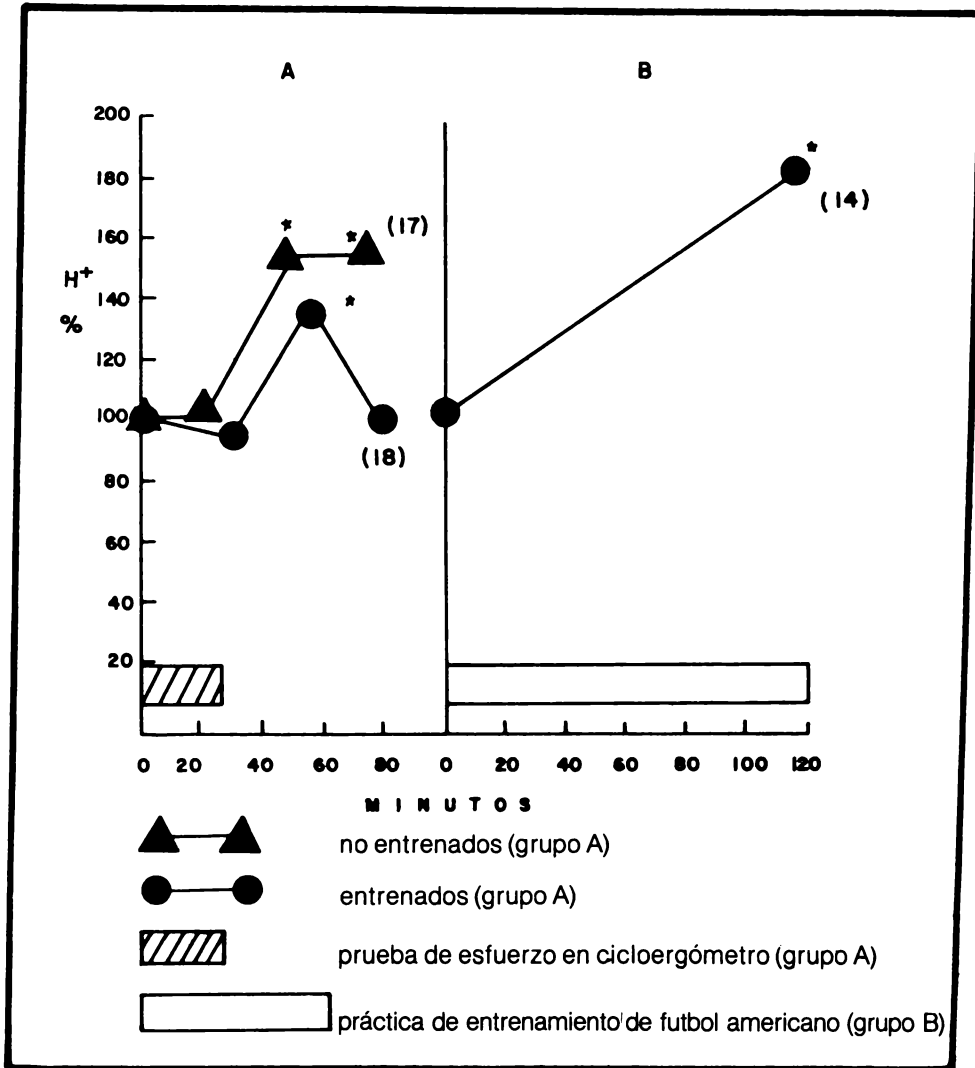
GRUPO A					
VARIABLE	RANGO	$\bar{X} \pm$ d.s.	RANGO	$\bar{X} \pm$ d.s.	p *
NO ENTRENADOS (17)			ENTRENADOS (18)		
UpH ₁	5 - 8	5.76 \pm 0.94	5 - 8	5.5 \pm 0.83	>0.05
UpH ₂	5 - 8	5.82 \pm 1.1	5 - 6.5	5.44 \pm 0.57	>0.05
UpH ₃	5 - 6	5.12 \pm 0.27	5 - 6	5.06 \pm 0.23	>0.05
UpH ₄	5 - 8	5.29 \pm 0.75	5 - 6	5.33 \pm 0.47	>0.05
U(H ⁺) ₁	10 - 10 ⁴	5547.65 \pm 4733	10 - 10 ⁴	6895 \pm 4398.68	>0.05
U(H ⁺) ₂	10 - 10 ⁴	5590 \pm 4689.05	3162.3 - 10 ⁴	6740.25 \pm 4486.86	>0.05
U(H ⁺) ₃	3162.3 - 10 ⁴	8666.15 \pm 2913.08	10 ³ - 10 ⁴	9500 \pm 2061.55	>0.05
U(H ⁺) ₄	10 - 10 ⁴	8353.53 \pm 3562.18	10 ³ - 10 ⁴	7000 \pm 4242.64	>0.05
VARIABLES CONFRONTADAS			p *		
			NE	E	
U(H ⁺) ₁	vs	U(H ⁺) ₂	>0.05	>0.05	
U(H ⁺) ₁	vs	U(H ⁺) ₂	<0.05	<0.05	
U(H ⁺) ₁	vs	U(H ⁺) ₃	<0.05	>0.05	
U(H ⁺) ₁	vs	U(H ⁺) ₄	<0.05	<0.05	
U(H ⁺) ₂	vs	U(H ⁺) ₃	<0.05	>0.05	
U(H ⁺) ₃	vs	U(H ⁺) ₄	>0.05	<0.05	
			GRUPO B ENTRENADOS (14)		
VARIABLE	RANGO	$\bar{X} \pm$ d.s.	p *		
UpH Pre	5 - 8	6.32 \pm 1.01	} <0.05		
UpH Post	5 - 6	5.21 \pm 0.04			
U(H ⁺) Pre	10 - 10 ⁴	478.30 \pm 0.81	} <0.05		
U(H ⁺) Post	10 ³	6165.95 \pm 3.89			

* Valor de p calculado mediante prueba t de student de una cola (p>0.05 = diferencia no significativa, p<0.05 = diferencia significativa)

TABLA 2

Consumo de oxígeno ($\dot{V} O_2$, ml/min) y gasto energético (kcal/min) equivalentes* de las cargas de trabajo máxima (V_M, vatios) y al 80% de V_M (V_F, vatios), de los integrantes del grupo A que realizaron una prueba de esfuerzo hasta fatigarse.^{5, 6}

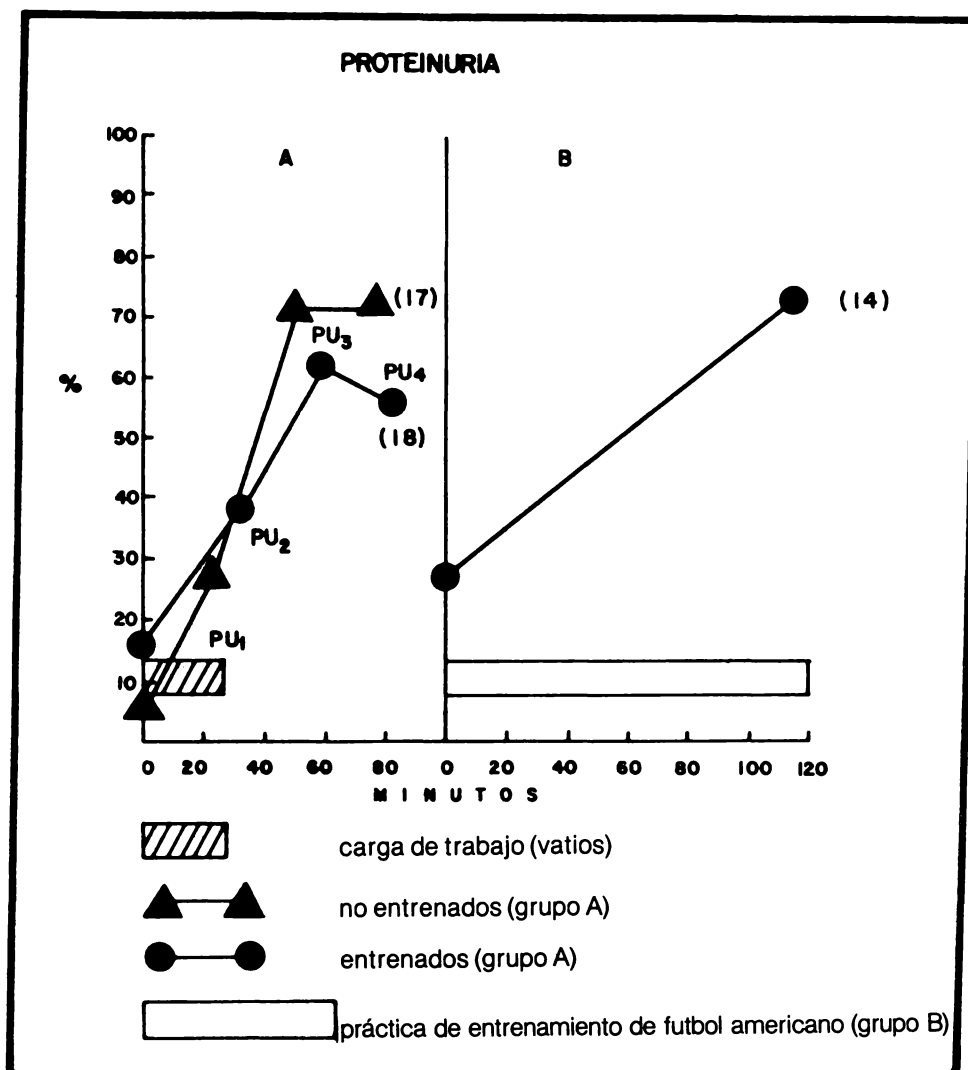
NO ENTRENADOS (17)			ENTRENADOS (18)		
VATIOS	$\dot{V} O_2$	kcal/min	VATIOS	$\dot{V} O_2$	kcal/min
V _M 166.67	2333.38	11.43	215	2902.50	15.05
V _F 131.83	1898.35	9.01	172.67	2368.04	11.84
* VATIOS	25	50	75	100	125
$\dot{V} O_2$	600	900	1200	1500	1800
kcal/min	3	4 a 4.5	6	7 a 7.5	9
VATIOS	150	175	200	250	
$\dot{V} O_2$	2100	2400	2700	3300	
kcal/min	10 a 10.5	12	14	17	



Gráfica 1. Excreción urinaria de hidrogeniones respecto de la basal en no entrenados del grupo A que realizaron una prueba de esfuerzo en cicloergómetro hasta quedar fatigados; mientras que los del grupo B realizaron un práctica de entrenamiento de futbol americano.

% indica excreción urinaria.

* diferencia significativa ($p < 0.05$) calculada por prueba *t* de Student de una cola.



Grafica 2. Por ciento de sujetos de los grupos A y B que tuvieron proteinuria. En ningún caso fue significativa ($p > 0.05$) la diferencia de los entrenados de los no entrenados.

PU₁ = Proteinuria antes de la prueba de esfuerzo.

PU₂ = Proteinuria al terminar la prueba de esfuerzo.

PU₃ = Proteinuria a los 20 minutos de recuperación.

PU₄ = Proteinuria a los 40 minutos de recuperación.