

Monograph

Efectos de un Suplemento Diseñado para Incrementar los Niveles de ATP sobre la Fuerza Muscular, la Producción de Potencia y la Resistencia

Joel T Cramer, Jeffrey R Stout, Trent J Herda y Eric D Ryan

Department of Health and Exercise Science, University of Oklahoma, Norman, Estados Unidos.

RESUMEN

Antecedentes: El presente trabajo estudió los efectos agudos de un suplemento nutricional cuyo fin era mejorar las concentraciones de trifosfato de adenosina (ATP) sobre la altura del salto vertical, la fuerza isométrica de los extensores de las piernas, la resistencia en extensión de piernas y la resistencia en la flexión del brazo. **Métodos:** Veinticuatro hombres sanos (edad media \pm DS=23 \pm 4 años, talla=181 \pm 7 cm, y masa corporal=82 \pm 12 kg) se ofrecieron voluntariamente a completar la prueba de familiarización más 2 pruebas experimentales ordenadas aleatoriamente y separadas por un período de lavado o *washout* de 7 días. Los participantes recibieron ya sea 6 (masa corporal < 6) u 8 (masa corporal \geq 91 kg) tabletas de la sustancia para el tratamiento (TR; 625 mg de ácido adenilpirofosfórico y piruvato de calcio, 350,8 mg de extracto de cordiceps sinensis e hidrocloreuro de yohimbina) o placebo (PL; 980 mg de celulosa microcristalina) 1 hora antes de los siguientes tests: salto con contramovimiento (CVJ), repeticiones hasta el agotamiento en flexión del brazo, contracciones voluntarias máximas (MVCs) isométricas de los extensores de la pierna, y un test de resistencia de extensión de piernas, máximo, isocinético, concéntrico y de 50 repeticiones. **Resultados:** No hubo diferencias entre las pruebas TR y PL para la altura del CVJ ($p>0,05$), torque pico de la MVC isométrica ($p>0,05$), torque pico isocinético concéntrico máximo ($p>0,05$), porcentaje de disminución durante los test de resistencia de extensión de piernas ($p>0,05$), o repeticiones hasta el agotamiento durante el test de resistencia de flexión del brazo. **Conclusión:** Los hallazgos indican que no hubo mejoras en las variables medidas como resultado de la ingesta de este suplemento nutricional. Los trabajos futuros deberían estudiar si es necesaria la suplementación crónica o un período de carga para observar algún efecto ergogénico de este suplemento.

Palabras Clave: nucleótidos, fuerza, resistencia, prueba hasta el agotamiento

INTRODUCCION

Los suplementos nutricionales son comúnmente utilizados por los atletas recreacionales y competitivos como ayudas ergogénicas para mejorar sus capacidades psíquicas y de rendimiento. Por ejemplo, la creatina es un suplemento

nutricional ampliamente utilizado que ha sido probado en muchos estudios para incrementar las concentraciones de fosfocreatina y creatina libre en el músculo esquelético, lo cual puede mejorar la capacidad para mantener altas tasas de producción de trifosfato de adenosina (ATP) durante el ejercicio intenso [1]. Como resultado de esto, la suplementación con creatina puede retrasar la fatiga neuromuscular [2], mejorar la producción de fuerza y potencia muscular [3], e incrementar el tamaño muscular [4]. Los diferentes beneficios planteados de los suplementos nutricionales, tales como la creatina [5], han conducido subsiguientemente a la industria a explorar el potencial de suplementos nutricionales alternativos que pueden producir efectos similares (i.e., la próxima “creatina”). Entre tales suplementos nutricionales están aquellos que apuntan directamente a incrementar las concentraciones de ATP.

El ATP es un nucleótido de purina encontrado en cada célula humana. La función más importante del ATP es transferir energía [6]. Subsiguientemente, el ATP constituye la forma más pequeña de moneda energética presente en los organismos vivos [7].

Cuando el ATP es hidrolizado a adenosín difosfato (ADP) y fosfato inorgánico (P_i), el último enlace fosfato se rompe y la energía es liberada para conducir procesos biológicos [7]. Para el rendimiento humano, la energía liberada por la hidrólisis del ATP para la contracción muscular es de una importancia extrema [8]. Las concentraciones de ATP en el músculo esquelético son relativamente limitadas, así, el ATP debe ser continuamente resintetizado [9]. Así, en teoría, cualquier suplemento nutricional que pudiera incrementar las concentraciones de ATP podría también mejorar el rendimiento durante el ejercicio de alta intensidad [8].

Kichenin et al. [10] estudiaron los efectos de la suplementación oral con ATP [5 mg.kg⁻¹ de [¹⁴C] ATP (1,85-2,29 GBq.mmol⁻¹) y [¹⁴C] adenosina (GBq.mmol⁻¹) en ratas. Después de 30 días de suplementación, hubo un incremento en la exportación de ATP desde el intestino y mejoró la captación de adenosina, síntesis de ATP, y transferencia de ATP por las células rojas [10]. De este modo, estos hallazgos [10] sugieren que si es posible observar una respuesta biológica positiva a partir de la suplementación oral y crónica con ATP en ratas. En humanos, Jordan et al. [8] administraron 2 dosis de un suplemento de ATP por vía oral (dosis alta=225 mg; dosis baja: 150 mg) y no reportaron diferencias en las concentraciones de sangre entera de ATP inmediatamente después o después de 14 días de suplementación. Además, la suplementación oral con ATP no alteró la fuerza o resistencia en press de banca, y no hubo cambios en la potencia pico, media o trabajo total durante tests de Wingate de 30 s repetidos [8]. Sin embargo, hubo un incremento en el volumen de entrenamiento en press de banca, observado después de 14 días de la suplementación oral con ATP, lo cual proporciona evidencia tentativa para plantear que la suplementación oral con ATP puede ser eficaz. En conjunto, los hallazgos de Jordan et al. [8] sugieren que la dosis de 225 mg o menos de la suplementación oral con ATP puede haber sido muy pequeña para demostrar alguna mejora sustancial del rendimiento en humanos.

Además de Jordan et al. [8], no estamos al tanto de ningún otro estudio que halla investigado los efectos de los suplementos de ATP administrados en forma oral en humanos. De este modo, el propósito del trabajo fue estudiar los efectos agudos de un suplemento nutricional comercialmente disponible, destinado a mejorar la concentración de ATP sobre la altura del salto vertical, la fuerza isométrica de los extensores de las piernas, la resistencia en la extensión de piernas y la resistencia en la flexión del brazo.

METODOS

Participantes

Veinticuatro hombres sanos (edad media±DS=23±4 años, talla=181±7 cm, y masa corporal=82±12 kg) se ofrecieron voluntariamente para esta investigación.

Ninguno de los participantes reportó enfermedades neuromusculares o problemas musculoesqueléticos específicos de las articulaciones del tobillo, rodilla, y cadera en el momento del estudio o en curso. Cada participante completó un cuestionario relacionado al nivel de salud y de rendimiento pre-ejercicio y firmó un documento de consentimiento informado por escrito. Veintiuno de los 24 participantes reportaron que realizaban de 1 a 7 horas de ejercicio aeróbico, 12 de los 24 reportaron 2-7 horas de deportes recreacionales por semana, sin embargo, ninguno de los participantes era un atleta competitivo.

Protocolo de Suplementación

Fueron usados dos suplementos experimentales: un placebo (PL; 980 mg de celulosa microcristalina) y una fórmula de tratamiento comercialmente disponible [TR; 625 mg de la fórmula AdenylPyro-GTM (extracto de cordiceps sinensis e

hidrocloruro de yohimbina)] (5-TETRA, Epic Nutrition, Júpiter, FL).

Los suplementos fueron administrados en envases uniformes e identificables solo por el código alfabético tanto por los investigadores como los sujetos. De acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta, las pruebas experimentales 1 y 2 fueron realizadas 1 hora después del consumo de ya sea 6 (masa corporal < 91 kg) u 8 (masa corporal > 91 kg) tabletas del TR y el PL. Una semana después de cada visita experimental, se le preguntó a cada sujeto si había sufrido algún evento adverso desde la primera visita. Los suplementos experimentales usados durante esta investigación fueron donados.

Diseño de Investigación

Este estudio fue conducido con un diseño a doble ciego, controlado por placebo, y con entrecruzamiento. Todos los participantes completaron 2 pruebas experimentales ordenadas aleatoriamente. Las pruebas fueron separadas por un período de lavado o *washout* de 7 días y fueron realizadas en la misma hora del día (± 2 horas). Siete días antes de la primera prueba experimental, cada participante visitó el laboratorio para la prueba de familiarización para practicar los saltos verticales, las acciones musculares de extensión de pierna isométricas e isocinéticas, y las acciones musculares de flexión del brazo con resistencia externa constante y dinámica (DCER). Se instruyó a cada participante para llegar a las pruebas experimentales después de un ayuno de 4 horas, de modo que las tabletas TR y PL fueron administradas con agua en un estómago vacío en el laboratorio, bajo la supervisión de los investigadores. Sesenta minutos después de la ingestión de ya sea el TR o el PL, comenzó la prueba experimental con una entrada en calor de 5 min en una bicicleta ergométrica estática (Monark 818E, Suecia) con una carga de trabajo de 50 vatios y una cadencia de 60-70 rpm. Luego de la entrada en calor, los sujetos completaron inmediatamente los siguientes tests: salto vertical, repeticiones hasta el agotamiento de flexión del brazo (i.e., curl de bíceps) DCER, contracciones voluntarias máximas (MVCs) isométricas de los extensores de la pierna, y un test de resistencia isocinético de extensión de rodilla de 50 repeticiones. Las cuatro valoraciones fueron realizadas del mismo modo para ambas mediciones con un descanso de 5 min entre cada test.

Salto Vertical

Fueron realizados cuatro intentos de salto con contramovimiento (CVJ) en una manta Just Jump™ (Probotics, Inc., Huntsville, AL) con un período de descanso de 1 min entre cada intento. La manta Just Jump™ calculó la altura del CVJ (cm) en base al tiempo de vuelo, el cual constituye el tiempo desde el instante en que el pie deja la manta hasta el aterrizaje.

Para completar las pruebas de CVJ, los participantes se ponían de pie en la manta con los pies separados por el ancho de hombros y las manos en la cadera. Se permitió que los sujetos realizaran un rápido contramovimiento hasta el cuarto de sentadilla antes del lanzamiento hacia arriba, sin embargo, no se realizó ningún paso. Los participantes se lanzaron con ambos pies al mismo tiempo y aterrizaron en la misma posición. Fueron usados dos tests ANOVA separados a una vía para estudiar la variación sistemática entre las cuatro pruebas CVJ para las sesiones TR y TL. Los intentos de CVJ 3 y 4 fueron mayores ($p \leq 0,05$) que los 1 y 2, sin embargo, no hubo diferencias ($p > 0,05$) entre los intentos 3 y 4. De este modo, la media de las pruebas CVJ 3 y 4 fue usada como un valor representativo del CVJ.

Fuerza Isométrica

El torque isométrico para los músculos extensores de la pierna derecha fue medido usando un dinamómetro isocinético Biodex System 3 (Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY). Los participantes estaban sentados con correas por encima de la pelvis, el tronco y el muslo contralateral, y el cóndilo lateral del fémur fue alineado con el eje de entrada del dinamómetro de acuerdo a la guía para el usuario de Biodex (Biodex Pro Manual, Applications/Operations, Biodex Medical Systems, Inc., Shirley, NY, 1998). Todas las valoraciones de torque isométrico fueron realizadas en un ángulo de flexión de la pierna de 60°C debajo del plano horizontal. Pruebas submáximas de entrada en calor precedieron a las dos MVCs isométricas de 4 s de los extensores de la pierna derecha. A los participantes se les pidió que produjeran tanta fuerza como fuera posible durante 4 s, y fue proporcionado un fuerte aliento verbal. Se permitieron dos minutos de descanso entre las MVC. La señal de torque para el dinamómetro fue muestreada a 1 KHz con un convertidor analógico-digital (DAQcard™-6036E, National Instruments, Austin, TX) y un *software* hecho por encargo (LabVIEW Professional versión 7.1, National Instruments, Austin, TX) y almacenado en una computadora personal para el análisis *off-line*.

La señal de torque pasó a través de un filtro de paso bajo (filtro Butterworth de cuarto orden de fase cero) con un punto de corte a 10 Hz, y el torque pico (PT) de la MVC fue calculado como el mayor valor de torque promedio que ocurrió durante cualquier duración de 0,5 s dentro del plateau de la MVC de 4 s. Fueron usados dos test t de muestras dependientes para estudiar si hubo alguna variabilidad sistemática entre las pruebas de MVC 1 y 2 durante las sesiones TR y PL. No hubo diferencias ($p > 0,05$) entre los valores de PT para las pruebas de MVC 1 y 2; de este modo, ambas pruebas fueron promediadas y la media fue usada como el valor representativo de PT.

Resistencia en la Extensión de Piernas

Cinco minutos después de las pruebas de MVC isométricas, cada participante completó un test de resistencia de extensión de piernas en el dinamómetro isocinético Biodex System 3 en base a los procedimientos descritos por Housh, Housh, y deVries [11]. Tres a cinco pruebas submáximas precedieron a 50 acciones musculares isocinéticas de extensión de pierna concéntricas máximas realizadas a $180^{\circ} \cdot s^{-1}$ con la pierna derecha. El recorrido de movimiento activo fue estandarizado desde 90° a 180° de la flexión y extensión de rodilla, respectivamente, para cada participante. Tal como con las MVCs isométricas, la señal de torque fue muestreada a 1 KHz y pasó a través de un filtro de paso bajo (filtro Butterworth de cuarto orden de fase cero) con un punto de corte a 10 Hz. El PT fue determinado para cada una de las 50 repeticiones durante las acciones musculares de extensión como el mayor de torque promedio en 10 ms que se encontró durante cada curva de torque. No todos los sujetos fueron capaces de completar todas las 50 repeticiones; sin embargo, todos los sujetos completaron al menos 48 repeticiones. De este modo, fueron analizadas las primeras 48 repeticiones. El PT inicial (IPT) fue calculado como el promedio de los 3 valores más altos de PT encontrados durante las primeras 10 repeticiones, mientras que el PT final (FPT) representó el promedio de los tres menores valores de PT encontrados durante las 10 repeticiones finales.

La disminución porcentual fue calculada con la siguiente ecuación [11]:

$$\text{Disminución porcentual} = (IPT - FPT) \cdot 100 \cdot IPT^{-1}$$

Resistencia en la Flexión del Codo

Durante la prueba de familiarización, fue valorada la fuerza bilateral de los flexores del codo a través del procedimiento estándar de una repetición máxima (1RM) [12] con el objetivo de establecer la misma carga submáxima relativa para cada sujeto para los test de resistencia TR y PL. Cada participante realizó una entrada en calor suave de 5-10 repeticiones a aproximadamente 50% de la carga de 1RM estimada.

Luego de un descanso de 1 min, la carga fue incrementada para una segunda serie de entrada en calor de 3-5 repeticiones. La carga fue luego incrementada para el primer intento de 1 RM. Si el mismo era exitoso, se daban 3-5 minutos antes del siguiente intento con un incremento en la carga de 2,3 - 4,5 kg. Este proceso continuó hasta que ocurriera el fallo, y el último levantamiento exitoso fue registrado como el valor representativo de 1RM. La 1RM fue determinada dentro de 5 intentos.

Usando el valor de 1RM, el ejercicio de flexión bilateral del brazo fue realizado hasta el agotamiento con una carga de 70% de 1RM en una máquina cargada externamente para realizar curl de bíceps en banco predicador (TDS™ Preacher Curl Machina, New York, Barebell, Elmira, NY). El número total de repeticiones realizadas a través de todo el recorrido de movimiento fue registrado como el valor representativo. Durante las acciones de flexión muscular del brazo, se requirió a los participantes que permanecieran sentados sin inclinarse sobre el apoyo para los brazos. También se les pidió que mantuvieran sus brazos pegados contra el apoyo para los brazos, mientras el epicóndilo lateral del cúbito permanecía alineado con el eje de rotación de la máquina. Durante las pruebas TR y TL, cada participante realizó una entrada en calor al 50% de 1RM para 5-8 repeticiones 2 minutos antes del test de resistencia.

Análisis Estadísticos

Fueron usados cinco test t separados para muestras pareadas para comparar los valores de altura del CVJ, el PT isométrico de los extensores de la pierna, la disminución porcentual durante el test de resistencia de extensión de pierna, y las repeticiones hasta el agotamiento durante el test de resistencia de flexión del brazo para las pruebas TR vs. PL. Fue usado un test ANOVA para mediciones repetidas y a dos vías [prueba (TR vs. PL) x repetición (IPT vs. FPT)] para analizar los valores de PT durante el test de resistencia de extensión de piernas. Cuando fue apropiado, los análisis de seguimiento incluyeron ANOVAs de menor orden y test t para muestras pareadas, adicionales. Para todos los análisis estadísticos fue usado el *software* SPSS (SPSS, Inc., versión 12.0, Chicago, IL). El nivel alfa fue establecido a un valor de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

No hubo diferencias significativas entre las pruebas TR y PL para la altura del CVJ ($p > 0,05$), torque pico isométrico de los extensores de las piernas ($p > 0,05$), disminución porcentual durante los test de resistencia de extensión de piernas ($p > 0,05$), o repeticiones hasta el agotamiento durante los tests de resistencia de flexión del brazo ($p > 0,05$) (Tabla 1). Para el IPT y FPT, no hubo interacción a dos vías (prueba x repetición, $p > 0,05$) o un efecto principal para la prueba ($p > 0,05$); sin embargo, hubo una disminución ($p \leq 0,05$) en los valores medios límite del torque pico (colapsados entre pruebas) desde el IPT hasta el FPT durante el test de resistencia de extensión de piernas.

DISCUSION

En el presente estudio encontramos que el suplemento oral con ATP, que estaba dirigido a mejorar el rendimiento, no mejoró la altura del salto vertical, la fuerza isométrica de los extensores de la pierna, la resistencia de la extensión de la pierna, o la resistencia de la flexión del brazo. Jordan et al. [8] estudió los efectos de diferentes dosis (dosis alta=225 mg; dosis baja=150 mg) de un suplemento con ATP administrado en forma oral sobre la fuerza muscular, potencia anaeróbica, y capacidad anaeróbica. La dosis alta de ATP oral ingerida 75 min antes de la evaluación resultó en un incremento en la fuerza en press de banca, la cual los autores atribuyeron a la presencia de dos *outliers* y explicaron la mejora como "cambio espúreo en las diferencias de tratamiento observadas, en vez de ser atribuibles al tratamiento con adenosín 5'-trifosfato" (p. 988). No hubo cambios reportados para las repeticiones hasta el agotamiento al 70% de 1RM o el volumen total del entrenamiento de sobrecarga. De forma similar, no fueron observados cambios para ninguna de las mediciones de fuerza en el grupo de baja dosis. La suplementación oral con ATP no mejoró la producción de potencia pico, el trabajo total, o la producción de potencia pico durante los dos tests de Wingate de 30 s, ya sea para los grupos de alta o baja dosis. Después de 14 días de suplementación oral con una dosis elevada de ATP, el volumen total levantado se incrementó en un 22%, sin embargo, ni la fuerza muscular, la potencia anaeróbica, o la capacidad anaeróbica fueron influenciadas por la suplementación crónica [8]. Los resultados del presente estudio extienden los hallazgos de Jordan et al. [8] y sugieren que una dosis aguda mucho más alta (5,9-7,8 g) de un suplemento oral con ATP no mejoró la producción de fuerza, resistencia o potencia muscular, tal como fue medido por la producción de torque máximo voluntario en extensión de piernas isométrico e isocinético durante el test de resistencia de extensión de piernas, la disminución porcentual durante el test de resistencia de extensión de piernas, las repeticiones hasta el agotamiento para el ejercicio de curl de bíceps, o la altura del CVJ.

En estudios previos ha sido reportado que las infusiones de un suplemento con ATP incrementan la disponibilidad de ATP intracelular y extracelular en el músculo esquelético de roedor en un 116 y 50-70%, respectivamente [13, 14]. Sin embargo, Jordan et al. [8] administró un suplemento oral con ATP a humanos y no reportó diferencias en las concentraciones de ATP en sangre entera luego de una suplementación aguda o crónica. Teniendo en cuenta que nuestros hallazgos sugieren que una dosis aguda de este suplemento oral con ATP no mejoró el rendimiento del ejercicio (contrariamente a lo que es planteado en la etiqueta), es posible que el mismo no incremente la disponibilidad de ATP. De este modo, una hipótesis acerca de porque el presente suplemento con ATP ingerido por vía oral no mejoró el rendimiento del ejercicio implica que los ingredientes que se planteó incrementaban la disponibilidad de ATP no sobrevivieron el proceso de digestión y absorción en el intestino humano [8]. Una limitación del presente estudio fue que no se extrajeron muestras de tejidos o sangre de estos sujetos, así, no tenemos evidencia directa para sugerir que este suplemento altere las concentraciones de ATP. De manera contraria, el beneficio principal de este estudio aplicado implicó que fue evaluada (y finalmente refutado) la afirmación de la etiqueta que planteaba que este suplemento oral con ATP mejora el rendimiento. Teniendo en cuenta que para el momento del estudio, el suplemento oral con ATP que nosotros evaluamos estaba disponible en el mercado, los consumidores pueden encontrar a nuestros hallazgos útiles para realizar una compra informada. Para dilucidar el potencial de la suplementación oral con ATP para mejorar el rendimiento, los trabajos futuros deberían estudiar si la ingestión aguda o crónica de suplementos con ATP administrados por vía oral incrementan las concentraciones extracelulares o intracelulares y subsiguientemente, si esto se traslada a una mejora de las mediciones de rendimiento.

Test	PL	TR
Altura del Salto Vertical con Contramovimiento (cm)	51,4±1,6	51,6±1,3
Fuerza Isométrica de los Exensores de la Pierna (N.m)	186,8±10,0	187,5±9,6
Test de Resistencia de los Exensores de la Pierna (% de disminución)	64,9±1,7	64,6±1,6
Test de Resistencia de los Flexores del Brazo (nro de repeticiones)	11,8±0,4	11,7±0,4

Tabla 1. Media±DS de los valores para los tests de PL y TR.

Conclusión

En conclusión, no hubo mejoras en la fuerza muscular, producción de potencia o resistencia como resultado de la ingestión de 5,9-7,8 g de un suplemento nutricional dirigido a incrementar las concentraciones y la disponibilidad de ATP.

Teóricamente, el incremento en la disponibilidad de ATP debería mejorar el rendimiento humano, sin embargo, no ha sido demostrado que dosis menores de un suplemento de ATP oral mejoren los niveles sanguíneos de ATP [8]. Aunque una dosis aguda de este suplemento nutricional no mostró efectos beneficiosos sobre el rendimiento, tampoco hubo efectos perjudiciales. Además, no fueron reportados eventos adversos durante el transcurso de este estudio, lo cual sugiere que una dosis aguda puede no ser dañina. No está claro si la ingestión crónica de este suplemento resultaría en efectos adversos. Una diferencia entre el presente estudio y los métodos de Jordan et al. [8] fue que se dieron 60 minutos después de la ingestión antes de las mediciones de rendimiento, mientras que Jordan et al. [8] dieron 75 min. No obstante, ningún estudio demostró resultados significativos para sugerir que las dosis agudas de los suplementos administrados oralmente que son comercializados por mejorar la disponibilidad de ATP, verdaderamente incrementan el rendimiento.

Jordan et al. [8] reportaron un incremento en el volumen total de entrenamiento de sobrecarga luego de un período de suplementación de 14 días. Es posible que un período de carga crónico de 14 días o más prolongado sea necesario para demostrar algún efecto ergogénico significativo. De este modo, los trabajos futuros deberían estudiar si un período de carga crónico es necesario para observar algún efecto ergogénico de los suplementos nutricionales que son comercializados por mejorar la disponibilidad de ATP.

Contribución de los Autores

TJH fue el primer autor del manuscrito. EDR jugó un rol importante en la recolección de los datos y en la preparación del manuscrito. JRS jugó un rol importante en el diseño del estudio y en la preparación del manuscrito. JTC fue el autor principal y jugó un rol importante en el diseño del estudio, recolección e interpretación de los datos, y preparación del manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Correo Electrónico de los Autores

Trent J. Herda: tjh@ou.edu; Eric D. Ryan: eryan@our.edu; Jeffrey R. Stout: jrstout@ou.edu.

Dirección para Envío de Correspondencia

Joel T. Cramer: jcramer@ou.edu.

REFERENCIAS

1. Volek J. S., Kraemer W. J (1996). Creatine supplementaiton: Its effect on human muscular performance and body composition. *J Strength Cond Res* 1996, 10:200-210
2. Stout J., Eckerson J., Ebersole K., Moore G., Perry S., Housh T., Bull A., Cramer J., Batheja A (2000). Effect of creatine loading on neuromuscular fatigue threshold. *J Appl Physiol*, 88(1):109-112
3. Earnest C. P., Snell P. G., Rodriguez R., Almada A. L., Mitchell T. L (1995). The effect of creatine monohydrate ingestion on anaerobic power indices, muscular strength and body composition. *Acta Physiol Scand*, 153(2):207-209
4. Volek J. S., Duncan N. D., Mazzetti S. A., Staron R. S., Putukian M., Gomez A. L., Pearson D. R., Fink W. J., Kraemer W. J (1999). Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 31(8):1147-1156
5. Stout J. R., Antonio J., Kalman D (2007). Essentials of Creatine. *Totowa, NJ, Humana Press*
6. Brooks G. A., Fahey T. D., Baldwin K. M (2005). Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Application. 4th edition. *Edited by Barrosse E. New York, NY, McGraw-Hill*
7. McArdle W. D., Katch F. I., Katch V. L (2001). Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. 5th edition. *Edited by: Darcy P. Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins*
8. Jordan A. N., Jurca R., Abraham E. H., Salikhova A., Mann J. K., Morss G. M., Church T. S., Lucia A., Earnest C. P (2004). Effects of oral ATP supplementation on anaerobic power and muscular strength. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6): 983-990
9. Parkin J. M., Carey M. F., Zhao S., Febbraio M. A (1999). Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *J Appl Physiol*, 86 (3): 902-908
10. Kichenin K., Seman M (2000). Chronic oral administration of ATP modulates nucleoside transport and purine metabolism in rats. *J Pharmacol Exp Ther*, 294 (1):126-133
11. Housh T. J., Housh D. J., Devries H. A (2006). Applied Exercise & Sport Physiology. 2nd edition.. *Scottsdale, AZ, Holcomb Hathaway*
12. Cramer J. T., Coburn J. W (2004). Fitness Testing Protocols and Norms. In NSCAs Essentials of Personal Training Edited by: Earle R, Baechle TR. *Champaign, IL, Human Kinetics*
13. Agteresch H. J., Dagnelie P. C., Rietveld T., van den Berg J. W., Danser A. H., Wilson J. H (2000). Pharmacokinetics of intravenous ATP in cancer patients. *Eur J Clin Pharmacol*, 56(1): 49-55
14. Haskell C. M., Wong M., Williams A., Lee L. Y (1996). Phase I trial of extracellular adenosine 5-triphosphate in patients with

Cita Original

Herda Trent J., Eric D. Ryan, Jeffrey R. Stout, and Joel T. Cramer. Effects of a Supplement designed to increase ATP levels on muscle strength, power output, and endurance. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*; 5: 3, 2008.