

## Coste energético del combate de Judo

Gorostiaga, E.M.

Centro de Investigación y Medicina del deporte de Pamplona

### RESUMEN

Para estimar de modo indirecto el coste energético durante un combate de Judo, se estudió el reparto de los tiempos de detención temporal (TD) durante cada una de las 5 Unidades de Tiempo Real (UTE) de un combate de Judo de nivel regional. El principal hallazgo fue que (TD) aumenta significativamente a lo largo del combate. La explicación más razonable de estos resultados es que el judoka aumenta voluntariamente la frecuencia y duración de (TD) a medida que transcurre el combate. Además, estos resultados confirman la importante sollicitación energética de un combate de Judo (intensidad cercana al 100% de  $VO_2$  máx.).

### Palabras clave:

Judo, Consumo Máximo de Oxígeno.

### Introducción

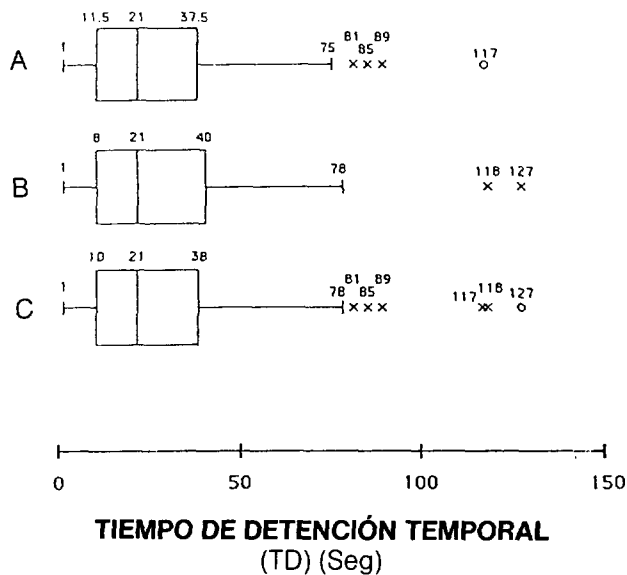
Se considera tradicionalmente que el mejor método que permite estudiar el coste energético de una actividad física de una duración superior a 3 minutos es la determinación de la intensidad relativa en relación a las posibilidades individuales máximas de transferencia de oxígeno entre el medio ambiente y la célula muscular en actividad (% de  $VO_2$  máx.<sup>1</sup> Las características peculiares de los deportes de combate impiden la realización de dichos estudios por métodos directos (medida del consumo de oxígeno) o por telemetría. El único método de estimación indirecta del coste energético que se ha utilizado hasta ahora es la determinación del lactato sanguíneo al final del combate. A partir de los valores (alrededor de  $12.5 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) obtenidos por Majeau y col.<sup>7</sup> en judokas de nivel regional, se puede estimar que la intensidad media de un combate de judo de nivel regional corres-

ponde a valores cercanos de 95-100% de  $VO_2$  máx. Sin embargo, el conocimiento de este valor medio global no proporciona información alguna sobre la sollicitación energética parcial existente durante las distintas fases del combate.

Un medio simple de estimación de dicho coste energético parcial consiste en la cuantificación de la partición de los tiempos de descuento a lo largo del combate de judo. En efecto, la duración total (TT) de un combate completo, se puede expresar como la suma de dos términos: el primer término corresponde a la duración del Tiempo Real (TR), o tiempo en el que los judokas están realmente combatiendo. La duración real de un combate completo (hasta el final del tiempo reglamentario) es de 5 minutos en las categorías de JUNIOR y SENIOR masculino. Estos 5 minutos se pueden dividir en 5 Unidades de Tiempo Real (UTE) de una duración de 1 minuto. El segundo término corresponde al Tiempo de Detención temporal (TD) del combate debido a una discusión técnica de los árbitros, amonestación arbitral a los combatientes, detenciones técnicas (Sonomama), detención para ordenar el Kimono, salida del judoka del terreno de combate, lesión y asistencia médica, etc. Se puede por tanto escribir:

$$TT = \begin{matrix} \text{TR} + & \text{TD} \\ (\geq 5 \text{ min}) & (\geq 0 \text{ min}) \\ & (5 \text{ UTE de min}) \end{matrix}$$

Desde un punto de vista teórico se puede admitir que la frecuencia y la duración de (TD) debiera distribuirse de modo uniforme a lo largo de los 5 minutos de (TR) de un combate, es decir, la duración de (TD) en cada (UTE) debiera ser similar. Si se admite esta hipótesis, y teniendo en cuenta que existe una relación inversa entre la intensidad relativa durante un combate y su duración,<sup>1, 2, 4, 6</sup> es válido admitir que un aumento de (TD) para una



**Figura 1.** Representación gráfica (Boxplot) de la distribución empírica del global de las observaciones realizadas en las dos muestras de Juniors (figura 1A) y Seniors (figura 1B).

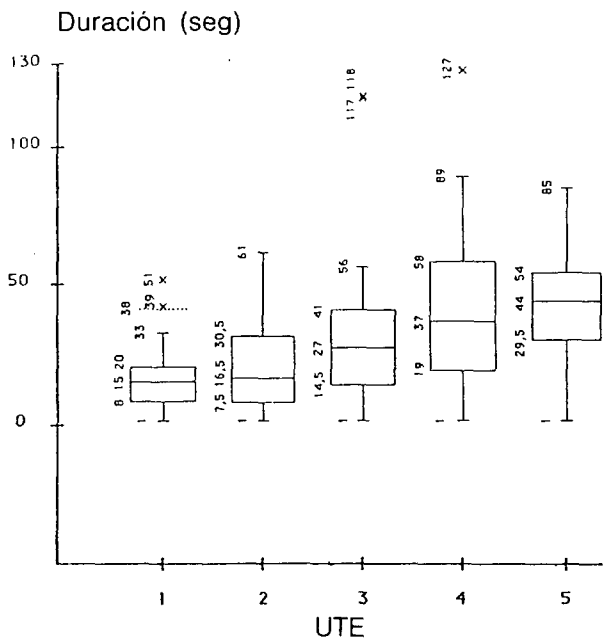
(UTE) determinada reflejará una disminución de la intensidad relativa de la fase de combate correspondiente a dicha (UTE). Inversamente, valores pequeños de (TD), reflejarán fases de combate de una intensidad relativa alta. Por último, la presencia de valores similares de (TD) durante cada (UTE) indicarán que la intensidad relativa a lo largo del combate ha sido prácticamente constante.

Bajo esta óptica, y en un intento de obtener información preliminar sobre el coste energético de las distintas fases de un combate, el objetivo de este trabajo fue analizar el reparto de los tiempos de detención Temporal (TD) durante cada una de las 5 Unidades de Tiempo Real (UTE) de un combate de judo de nivel regional de categoría JUNIOR y SENIOR (Masculina).

## Material y métodos

El estudio fue realizado al mismo tiempo que una vigilancia médica de competiciones de la Federación Francesa de Judo (nivel regional), en la región Rhône-Alpes. Las observaciones fueron tomadas en 5 días de competición repartidos entre los meses de Diciembre y Junio de la misma temporada (1984-85). Todas las competiciones tuvieron lugar en "La Maison du Judo" de Lyon (Francia) y correspondieron a combates de las categorías JUNIORS y SENIORS. La temperatura de la sala osciló entre 14-19 °C.

Para la toma de datos se procedió del modo siguiente: el Tiempo Real (TR) del combate y, por consiguiente, el tiempo correspondiente a cada (UTE) fueron controlados y dirigidos por el juez-



**Figura 2.** Representación (Boxplot) de la distribución empírica de la duración de la detención temporal (TD) en cada Unidad de Tiempo Real (UTE) en el conjunto de las dos poblaciones de Juniors y Seniors.

cronometrador del combate. Estos tiempos eran visualizados y anotados por el experimentador al estar reflejados en el cronómetro mural oficial. El tiempo total (UTE + TD) correspondiente a cada (UTE) fue tomado siempre por el mismo experimentador en un reloj-cronómetro SEIKO-QUARTZ (H 357-5100AQ). La diferencia entre el tiempo total y cada (UTE) corresponde al Tiempo de Detención temporal (TD) de cada (UTE).

Se denominó (UTE nº 1) al primer minuto de tiempo real, (UTE nº 2) al segundo minuto, y así sucesivamente hasta el quinto minuto. Para simplificar el análisis de los resultados sólo se tuvieron en cuenta las (UTE) completas. Por ejemplo, cuando un combate terminaba al cabo de 2 minutos 34 segundos sólo se analizaron las observaciones correspondientes a las dos primeras (UTE).

Teniendo en cuenta que el experimentador era al mismo tiempo responsable de la asistencia médica se suprimieron los datos correspondientes a aquellas (UTE) en las que el experimentador fue solicitado por el árbitro para examinar médicamente a uno o los dos combatientes.

Por convención se atribuyó el valor 1 cuando no hubo detención alguna en una (UTE). Se atribuyó el valor 2 cuando la duración de la detención fue de 1 segundo y así sucesivamente.

El análisis estadístico se realizó en dos partes. En la primera se estudió comparativamente de modo global la duración de los tiempos de detención temporal (TD) de los Juniors con respecto a los Seniors mediante estudio de los valores característicos (trazado "Boxplot") y estimación de la

diferencia de dos medias.<sup>3</sup> La segunda parte estudió la evolución del tiempo de detención temporal en función de cada (UTE) para el conjunto global de Juniors y Seniors. Para ello se realizó un estudio descriptivo (histograma) y de valores característicos similar al de la primera parte. Además se estudió el modelo de regresión lineal de error gaussiano<sup>3</sup> para confirmar una probable influencia lineal de cada (UTE) sobre la duración media del tiempo de detención temporal.

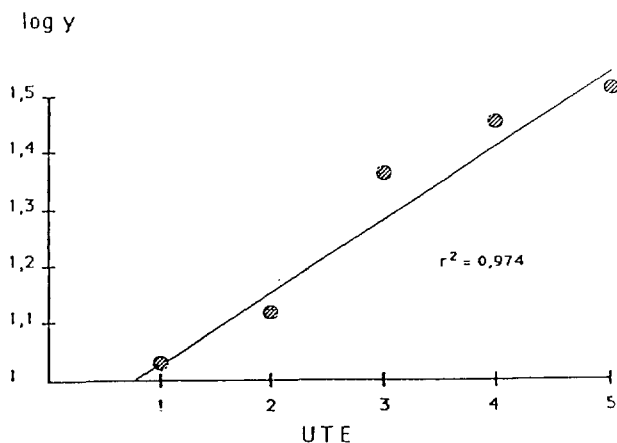
## Resultados

Se estudiaron 82 combates (57 Seniors y 25 Juniors) y 217 (UTE). Las observaciones se repartieron de la siguiente manera: UTE nº 1 (n = 61), UTE nº 2 (n = 50), UTE nº 3 (n = 45), UTE nº 4 (n = 36) y UTE nº 5 (n = 25).

### Estudio comparativo entre Seniors y Juniors del tiempo de detención (TD) global de un combate

La figura nº 1 muestra la representación gráfica (Boxplot) de la distribución empírica del global de las observaciones realizadas en las dos muestras de Juniors y Seniors separadamente (fig. 1A y 1B respectivamente), y conjuntamente (fig. 1C).

Los valores de los cuartiles de las dos muestras (A y B) son similares. Por ejemplo, la mediana tiene el mismo valor (21) en la muestra de Juniors y Seniors. El intervalo intercuartil es de 26 (11.5 – 37.5) en los Seniors y de 32 (8 – 40) en los Juniors. La estimación de la diferencia de medias entre las dos poblaciones potenciales de Juniors y Seniors indica que dicha diferencia *no* es significativa. Por consiguiente se considerará para el análisis posterior a las dos poblaciones en una sola (fig. 1C), al ser muy probable que estén distribuidas de manera idéntica con respecto a la variable estudiada (TD).



**Figura 3.** Influencia lineal de cada (UTE) sobre la duración de la detención temporal (TD). Los valores de (TD) corresponden a la transformación logarítmica de cada observación.

### Estudio de la relación entre cada Unidad de Tiempo Real (UTE) del combate y la duración del Tiempo de Detención temporal (TD) en el conjunto de Juniors y Seniors

La figura nº 2 muestra la representación gráfica (Boxplot) de la distribución empírica de la duración de la detención temporal TD en cada Unidad de Tiempo Real (UTE) en el conjunto de las dos poblaciones de Juniors y Seniors. Se observa claramente que la mediana aumenta progresivamente a lo largo del combate. Por ejemplo, la mediana tiene un valor de 15'' en la primera (UTE) y de 44'' en la quinta (UTE). También se aprecia que la dispersión aumenta a lo largo del combate. Por ejemplo el intervalo intercuartil de la primera (UTE) es 12 (8-20), mientras que el de la quinta (UTE) es de 24.5 (29.5-54). No se aprecian valores muy alejados del intervalo intercuartil.

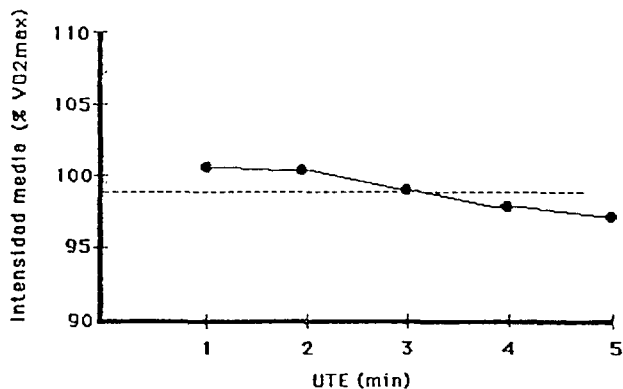
La figura nº 3 muestra la influencia lineal significativa ( $p < 0.0001$ ) de cada (UTE) sobre la duración de la detención temporal después de haber realizado la transformación logarítmica de cada observación de (TD). La ecuación de la recta de regresión ponderada es  $Y = 0.139X + 0.868$ , con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.974. Por consiguiente la variable determinista (X) tiene una influencia significativa sobre la variable aleatoria (Y), o lo que es lo mismo, la duración de la detención temporal (TD) está influenciada por cada (UTE).

## Discusión

La metodología empleada en este estudio para la determinación del Tiempo de Detención temporal (TD) a lo largo del combate está sujeta a un número de críticas que pueden influir en los resultados. Dos problemas metodológicos deben ser tenidos en cuenta al interpretar los resultados.

a) El número de efectivos de la distribución de la muestra es distinto en cada (UTE). Esta diferencia se debe a las características técnicas propias del judo. En efecto, teniendo en cuenta que el combate puede terminarse antes del tiempo reglamentario, el número de observaciones de las primeras (UTE) fue lógicamente superior al de las últimas. Sin embargo, debido a que el efectivo de cada (UTE) fue importante (entre 25 y 61) y que la recta de regresión ponderada (fig. nº 3) es similar a la no ponderada, se puede eliminar la hipótesis de un error sistemático debido a un desequilibrio en el número de observaciones.

b) Se excluyeron las observaciones de los combates en los que se solicitó asistencia médica. Esto se realizó con objeto de anular un posible "factor experimentador", *no* aleatorio, puesto que el médico que prestaba la asistencia médica y el experimentador que tomaba la observación eran la misma persona. Aunque es evidente que, debido a esta exclusión, la duración total media de un com-



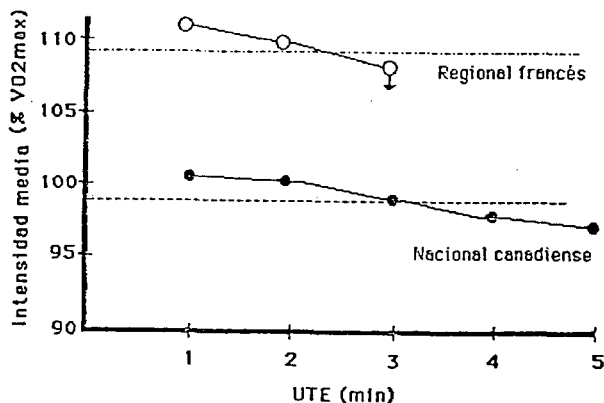
**Figura 4.** Estimación de la evolución de la intensidad relativa (en % de  $VO_2$  máx.) a la que trabajan los judokas de este estudio en las distintas fases del combate.

bate es en realidad superior a la calculada en este estudio, es posible aceptar que la intervención del médico debiera repartirse de modo aleatorio a lo largo del combate y, por consiguiente, no debiera alterar sustancialmente los resultados. De todos modos, futuros estudios deberán confirmar o rechazar esta hipótesis.

El principal hallazgo de este estudio fue que la duración de la detención temporal (TD) o tiempo de descuento aumenta significativamente a lo largo de un combate de judo a nivel regional. Si excluimos los factores metodológicos señalados anteriormente existen probablemente dos razones que pueden explicar este hecho:

a) La primera es que, debido a motivos exclusivamente técnicos, las detenciones temporales en el judo no se reparten de modo aleatorio a lo largo del combate. Sin embargo, el análisis de las causas de detención temporal no parece apoyar esta hipótesis. En efecto, existen dos tipos de detención temporal que no dependen directamente del judoka: una discusión arbitral entre los tres jueces que dirigen el combate, y/o una detención solicitada por el presidente de la competición para solucionar un problema de organización (mal comportamiento del público, entrenadores, etc.). Es lógico admitir que estas dos detenciones se reparten de modo aleatorio durante el combate. Por otro lado, existen 5 causas principales de detención temporal que dependen directamente del judoka: amonestación del árbitro, detención técnica (Sonomama), colocarse correctamente el kimono, salida del combatiente del terreno de combate y lesión. Parece también lógico admitir que, en principio, estos 5 tipos de detención temporal debieran repartirse de modo homogéneo a lo largo del combate. Por consiguiente es muy probable que exista otro motivo distinto del puramente técnico o reglamentario que provocó el aumento progresivo de la duración del Tiempo de Detención temporal (TD) durante el combate.

b) Si excluimos la hipótesis anterior, la explica-



**Figura 5.** Estimación de la evolución teórica de la intensidad relativa a la que trabajan dos combatientes de distinta aptitud física: representante del equipo nacional canadiense ( $VO_2$  máx. de  $57 \text{ ml.Kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) y representante del nivel regional francés ( $VO_2 = 52 \text{ ml kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ). El judoka francés se agota a los 2'40" de combate.

ción más razonable es que el judoka aumenta *voluntaria y sistemáticamente* la frecuencia y la duración de las detenciones temporales a lo largo del combate. Esto implica que la intensidad relativa individual disminuye a lo largo del combate debido a que el judoka no puede mantener el ritmo de las dos primeras (UTE). La principal razón de esta variación en la intensidad puede estribar en que el combate de judo puede terminarse antes del tiempo reglamentario (realización de un IPPON) y, por consiguiente, el combatiente prefiere utilizar la mayor parte de su potencial energético en las primeras fases del combate en detrimento de las últimas.

En función de las observaciones del presente estudio se puede intentar realizar una estimación del costo energético global y parcial de un combate de judo, en el supuesto de que al final de un combate completo de judo (5 UTE) el combatiente esté próximo al agotamiento. En el presente estudio la duración total ( $TT = UTE + TD$ ) media de un combate completo de judo fue de 7'19". Algunos autores<sup>1, 2, 4, 6</sup> han establecido la relación inversa existente entre la intensidad relativa de distintas actividades físicas (en % de  $VO_2$  máx.) y el tiempo en que éstas pueden ser mantenidas hasta el agotamiento. En función de estos datos se puede estimar que la intensidad relativa media de un combate completo de judo de nivel regional es de 99% de  $VO_2$  máx. Los valores de lactato sanguíneo (cerca de  $13 \text{ mmol.l}^{-1}$ ) encontrados al final del combate por otros autores<sup>7</sup> confirman por una parte que la intensidad relativa del combate está cercana de 100% de  $VO_2$  máx. y, por otra parte, que el judoka se encuentra al final del combate muy cerca del agotamiento. De igual modo, y a partir de las distintas duraciones de los tiempos de detención temporal de cada (UTE) se puede estimar la evolución de la intensidad relativa (en % de  $VO_2$  máx.) a

la que trabaja el judoka en las distintas fases del combate (Figura nº 4). Se observa que la intensidad relativa disminuye progresivamente a lo largo del combate con valores extremos de 100.5% de VO<sub>2</sub> máx. (UTE nº 1) y 97.1% de VO<sub>2</sub> máx. (UTE nº 5).

La confirmación de la importante sollicitación del metabolismo energético durante un combate de judo implica que el judoka que posea un buen nivel de aptitud física (VO<sub>2</sub> máx.) estará aventajado con respecto al que posea un nivel mediocre. La observación de Majeau<sup>7</sup> que VO<sub>2</sub> máx. en el judoka de élite es superior a la del judoka de nivel regional, apoya esta afirmación. La figura nº 5 muestra la evolución teórica de la intensidad relativa de cada combatiente durante un combate de judo entre un judoka representativo del equipo nacional de Canadá, cuyo VO<sub>2</sub> máx. medio es de 57 ml.Kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> <sup>(6)</sup> y un judoka representativo del nivel regional de Francia (VO<sub>2</sub> máx. medio de 52 ml.min<sup>-1</sup> Kg<sup>-1</sup> <sup>(5)</sup>), en el supuesto de que los dos combatientes tuviesen

las mismas características técnicas y tácticas. Si el judoka canadiense impone un ritmo de combate normal (99% de su VO<sub>2</sub> máx.), el francés debe trabajar a una intensidad relativa correspondiente a 110% de su VO<sub>2</sub> máx. En este caso y en función de la relación intensidad-duración,<sup>1, 2, 4</sup> el judoka francés se agotaría al cabo de 2'40" de combate, mientras que el canadiense no tendría ningún problema para terminarlo.

En conclusión, este estudio muestra que la duración del Tiempo de Detención temporal aumenta a lo largo de un combate de judo de nivel regional. Esto refleja probablemente una disminución voluntaria de la intensidad relativa individual a la que combate el judoka. Por otra parte, la confirmación de una sollicitación del metabolismo energético durante un combate cercano a 100% de VO<sub>2</sub> máx., postula en favor de la práctica de un entrenamiento orientado a mejorar la aptitud física aeróbica (VO<sub>2</sub> máx.) como complemento del programa clásico de entrenamiento técnico-táctico del judoka.

## Bibliografía

---

1. ASTRAND, P.O. and RODHAL, K.: Textbook of work Physiology. Mc Graw-Hill Inc., 1977.
2. COSTILL, D.L. and FOX, E.L.: Energetics of marathon running. Med. Sci. Sports. 1: 81-86, 1969.
3. DAGNELIE, P.: Théorie et Méthodes statistiques. Les Presses Agronomiques de Gembloux (Belgique), 1973.
4. DAVIES, C.T.M. and THOMPSON, M.W.: Aerobic performance of female marathon and male ultramarathon athletes. Eur. J. Appl. Physiol., 41: 233-345, 1979.
5. FERRET, J.M. et GUILLOT, Y.: Aptitude physique du judoka français de niveau regional. Unpublished data. Comunicación personal.
6. LEGER, L., MERCIER, D. and GAUVIN, L.: The relationship between % VO<sub>2</sub> máx. and running performance time. Unpublished manuscript. Comunicación personal.
7. MAJEAN, J.: Etude sur le terrain de l'acide lactique sanguin chez le judoka. Thèse Médecine. Grenoble.
8. TAYLOR, A.W. and BRASSARD, P.A.: Physiological profile of the canadian judo team. J. Sports Medicine, 21: 160-164, 1981.

