

INTERPRETAR UNA PRUEBA DE ESFUERZO

¿Qué es una Prueba de Esfuerzo?

La prueba de esfuerzo, también conocida como ergoespirometría, nos permite conocer la relación entre los aparatos respiratorio, cardiovascular y sanguíneo. Su principal virtud es que mide de forma directa todos los parámetros que evalúa.

¿Cómo se realizan las pruebas de esfuerzo?

Las pruebas de esfuerzo deben ser realizadas con el control de un médico especialista en medicina del deporte.

Generalmente se utilizan cicloergómetros (simulación del ciclismo) o tapices rodantes (simulación de la carrera a pie). También existen ergómetros que simulan la remada, el nado e incluso el esquí de fondo o el patinaje.

El aparataje que supone la toma directa de los valores, implica que dichas pruebas deban realizarse en laboratorio. No obstante, en los últimos años se están validando protocolos en los que el sujeto realiza el test en una pista de atletismo o en un velódromo. Este importante avance en la especificidad del protocolo ha sido gracias al avance tecnológico, ya que actualmente se puede contar con analizadores de gases portátiles y transmisores de información inalámbricos de gran potencia.

Todos los protocolos coinciden en que la prueba comienza con una carga relativamente suave, para ir incrementando dicha carga progresivamente hasta que el sujeto no es capaz de responder a la exigencia externa que se le solicita.

Los protocolos pueden ser de carga continua o de carga discontinua. Los protocolos de carga discontinua se caracterizan por incluir descansos entre escalón y escalón del aumento progresivo de la carga. En estos descansos se aprovecha para tomar muestras de lactato y presión arterial. No todas las pruebas de esfuerzo incluyen estos parámetros.

¿Qué datos se obtienen de una prueba de esfuerzo?

Como parámetros fundamentales que son mesurables en una prueba de esfuerzo, los más relevantes serán:

- Consumo de oxígeno (VO₂) en ml/kg/min o en l/min
- Frecuencia cardiaca (FC) en pul/min
- Potencia (Pot) en vatios (W) en el caso del cicloergómetro
- Velocidad (Vel) en km/h en el caso del tapiz rodante

Otros parámetros también interesantes, aunque no tan útiles para el control del entrenamiento serán:

- Concentración de lactato (Lact) en sangre en mmol/l
- Producción de dióxido de carbono (VCO₂) en l/min

- Cociente respiratorio (RER) entre el VO_2 y el VCO_2
- Pulso de oxígeno (VO_2/FC) en ml/lat
- Ventilación pulmonar (VE)
- Ritmo Respiratorio (RR) en rep/min
- Presión arterial

Todos estos parámetros, e incluso otros más, dependiendo del protocolo y de la tecnología utilizada, son recogidos constantemente a lo largo de la prueba. Finalizada la misma, los datos son analizados y se establecen unas “zonas de entrenamiento”. Generalmente las zonas que se establecen en una prueba de esfuerzo (que no tienen que ser las mismas que las que el preparador físico divide su escala de intensidades), están delimitadas por los siguientes umbrales.

1. Umbral aeróbico (U.Aero)
2. Umbral anaeróbico (U.Anaero)
3. Consumo máximo de oxígeno ($VO_{2máx}$)

Las definiciones y características de cada uno de estos umbrales, sería tema de otro extenso artículo, así que los interesados les remito a cualquier manual de entrenamiento o de fisiología del ejercicio.

¿Cómo ordenar de manera práctica para el control del entrenamiento los datos de una prueba de esfuerzo?

Generalmente los umbrales localizados en una prueba de esfuerzo han sido obtenidos por parámetros ventilatorios o lactacidémicos. Si no ha sido de esta manera, no podemos decir que la prueba de esfuerzo haya utilizado parámetros medidos de forma directa, y por lo tanto sus resultados son de menor fiabilidad.

Personalmente, prefiero los parámetros ventilatorios como datos más fiables. Es decir, el deportista tendrá un $VO_{2máx}$ a partir del cual podrá seguir aumentando la carga externa aunque a costa de involucrar en mayor medida a vías energéticas anaeróbicas.

En la prueba de esfuerzo nos indicarán cuál es el $VO_{2máx}$ del deportista. A dicho $VO_{2máx}$ le corresponderá una FC y una potencia de pedaleo o una velocidad de desplazamiento.

Estos serán los datos más útiles para el control del entrenamiento, ya que el deportista no sale a la carretera con un analizador de gases portátil en la mochila, o con un analizador de lactato en el bolsillo. Sin embargo, todo deportista tiene a su acceso un pulsómetro, y los más afortunados, un sistema de platos sensorizados (SRM) que miden la potencia de pedaleo. La FC se comporta como un parámetro altamente variable, pero es el que, actualmente, es más fácil de medir durante el entrenamiento. Todos aquellos que puedan instalar un SRM en su bicicleta de entrenamiento, tendrán la herramienta más eficaz para el control de su entrenamiento que actualmente hay en el mercado.

Igual que en la prueba nos indicaba la FC y la Potencia o la Velocidad que corresponde a nuestro $VO_{2máx}$, nos indicará la FC y la Potencia o la Velocidad que

corresponde a nuestro Umbral Aeróbico y a nuestro Umbral Anaeróbico. Por supuesto, además de FC, Pot y Vel en cada umbral de entrenamiento, la prueba de esfuerzo nos ofrecerá RR, VE, RER, etc. pero son parámetros poco útiles para el control.

Con todos estos datos, y para facilitar su consulta, podemos elaborar una tabla similar a la siguiente:

	Umbral Aeróbico	Umbral Anaeróbico	VO2máx
Frecuencia Cardiaca			
Potencia			
Velocidad			

¿Cómo interpretar los datos de una prueba de esfuerzo?

Una vez están ordenados los datos que utilizaremos para regular las cargas del entrenamiento, queremos saber cuál es nuestro estado de forma, que aspectos debo mejorar en mi preparación o cuáles son mis posibilidades en el deporte que practico.

El indicador fundamental que nos delimitará nuestras posibilidades en el triatlón será el VO2máx. El VO2máx corresponde a la capacidad máxima del deportista para coger oxígeno del aire y llevarlo hasta los músculos para su utilización. Por lo tanto, será un parámetro fundamental en el rendimiento deportivo de una especialidad de larga duración como el triatlón. Además, tenemos que saber que el VO2máx viene, en gran medida, determinado genéticamente; y aunque podremos mejorarlo con el entrenamiento, el margen no irá más allá de un 15-20%.

Un sujeto “normal” tendrá un VO2máx del 45ml/kg/min aproximadamente, mientras que un deportista de fondo a nivel medio estará su VO2máx en 55-65ml/kg/min. No sabemos si este mayor consumo de oxígeno es debido a la práctica regular de ejercicio aeróbico desde la infancia, o simplemente que sus cualidades genéticas le han llevado a escoger aquella modalidad deportiva para la que está mejor capacitado. No obstante, un triatleta de élite no alcanzará un nivel aceptable si su VO2máx no está por encima de 70ml/kg/min y lo aconsejable sería que estuviera cercano a los 80ml/kg/min.

El valor del VO2máx cambia ligeramente de las pruebas realizadas en cicloergómetro a las pruebas en tapiz rodante. Suele ser más alto en el tapiz rodante por implicar una mayor musculatura en demanda de oxígeno con la actividad de carrera a pie.

En la prueba de esfuerzo hay otro dato fundamental para el rendimiento del triatleta con una mejor adaptabilidad a los efectos del entrenamiento. Hablamos del Umbral Anaeróbico, o zona de carga en la cual la producción de ácido láctico es superior a la capacidad del organismo para su eliminación o resíntesis. Cuando trabajamos en una intensidad inferior al U.Anaeróbico, la fatiga aparecerá por el vaciamiento de las reservas energéticas, lo cual puede alargar mucho la duración del ejercicio. Cuando superamos esta zona de U.Anaeróbico, la fatiga viene provocada por

la acumulación de ácido láctico y el final del ejercicio no estará muy lejos si se continúa a esta intensidad.

Por lo tanto, el deportista que sea capaz de desplazarse a una mayor velocidad sin superar el U.Anaeróbico, tendrá la capacidad de mantener esta velocidad durante mayor tiempo. Es decir, cuando dos triatletas corren a 20km/h, uno de ellos puede estar acumulando ácido láctico, mientras el otro todavía no ha superado su umbral anaeróbico.

El VO₂ en umbral anaeróbico suele encontrarse en torno al 80% del VO₂máx. y gracias al entrenamiento puede aumentarse hasta el 90 o incluso al 95% del VO₂máx. Si en nuestra prueba de esfuerzo al comienzo de la temporada encontramos el U.Anaeróbico al 82% del VO₂máx, es un indicador de que debemos entrenar a esta intensidad para seguir mejorándolo, y que además tenemos un amplio margen de mejora. Si por el contrario hemos realizado la prueba de esfuerzo una semana antes de la competición más importante, y el U.Anaeróbico está al 82%, es un claro indicador de que nuestro nivel de condición física no es el óptimo para afrontar la competición.

Volviendo con un ejemplo entre dos triatletas. El triatleta A tiene un VO₂máx de 65ml/kg/min moviendo 400W y su U.Anaeróbico al 80% del VO₂máx (52ml/kg/min) moviendo 320W. El triatleta B tiene un VO₂máx de 60ml/kg/min moviendo 390W y su U.Anaeróbico al 90% (54ml/kg/min) moviendo 350W. Como podemos comprobar en este ejemplo, el triatleta A tendría mejores condiciones para la práctica del triatlón, pero con su deficiente preparación tendría peores resultados en una competición de las características del triatlón (más de una hora de duración).

Cuando valoremos la Potencia del sujeto, no debemos olvidar relacionarla con su peso corporal (potencia relativa), ya que un deportista con menor potencia absoluta, puede tener una mejor potencia relativa y demostrará mayor facilidad para superar las ascensiones en bicicleta. Los triatletas suelen desarrollar grandes potencias absolutas ya que sus pruebas no se caracterizan por incluir grandes puertos de montaña.

Por último, el tercer parámetro que nos ofrece la prueba de esfuerzo, el U.Aeróbico, también es fácilmente entrenable. Esta intensidad es la que los deportistas llaman rodajes largos, entrenamientos de fondo, etc. Se trata de mejorar las capacidades aeróbicas del deportista (oxidación de lípidos, transporte de nutrientes, capilarización, aumento del VS del ventrículo izquierdo, etc.). La prueba de esfuerzo nos indicará, al igual que en los casos anteriores, la potencia o la velocidad de desplazamiento a U.Aeróbico. Igual que en el caso anterior, nos interesará con el entrenamiento mejorar estos parámetros en términos de eficacia mecánica. Es decir, ser capaces de desplazarnos más deprisa con el mínimo coste energético.

Muchos deportistas tienen la duda de si su FC es alta o baja, y qué es lo mejor. La FC, además de ser muy variable en cada situación, es un parámetro muy personal de cada deportista. La fórmula extendida de $FC_{máx}=220-edad$ (205-edad en natación), no es válida cuando estamos hablando de mediciones tan precisas como las de una prueba de esfuerzo y con poblaciones tan particulares como los deportistas de fondo. La tendencia con el entrenamiento aeróbico es que la FC_{máx} tienda a disminuir, ya que el corazón prefiere aumentar el Gasto Cardíaco (sangre necesaria para cubrir las demandas del organismo) mejorando el Volumen Sistólico (cantidad de sangre expulsada del

corazón en cada latido) antes que aumentando la FC. No obstante, el deportista que sea capaz de alcanzar una FC más alta, también tendrá mayor margen a la hora de aportar grandes cantidades de oxígeno a los músculos activos. En resumen, no hay una norma fija, y triatletas de alto nivel presentan FC por encima de las 220pul/min, y otros triatletas del mismo nivel no superan nunca las 190pul/min.

Otros datos que acompañan a las pruebas de esfuerzo

En la mayoría de las clínicas especializadas, además de la prueba de esfuerzo propiamente dicha, se realizan una serie de valoraciones complementarias que también aportan cierta información al deportista y a su preparador físico.

1. Historial clínico: Alertará al médico de posibles alteraciones que puede encontrarse al examinar al deportista.
2. Revisión general: El médico observará alteraciones óseas, como curvaturas anómalas en la columna vertebral o en la forma de las piernas. También realizará una revisión de la vista, los reflejos nerviosos, el equilibrio, etc.
3. Medición antropométrica:

La medición antropométrica tendrá dos apartados. Por un lado se estudiará la proporcionalidad del sujeto, es decir, la relación entre el tamaño de extremidades superiores, inferiores y tronco.

Por otro lado, se estudiará la composición corporal y el somatotipo:

- Composición corporal: Podemos descomponer el cuerpo en Masa muscular, masa ósea, masa grasa, masa residual y piel. A partir de allí se pueden extraer los % de cada uno de estos componentes en relación al total de la masa corporal. Los más característicos son el % graso (%MG) que en el caso de los triatletas masculinos estaría entre el 5-10% y de las femeninas entre el 10-15%; junto con el %muscular (%MM) que nos indicaría el desarrollo muscular del sujeto, en íntima relación con su capacidad de producir fuerza.
 - Somatotipo: Describe la morfología del deportista y lo sitúa en la somatocarta, que es un instrumento de comparación morfológica entre deportista. Intenta describir la tendencia del deportista hacia la endomorfia (gordura relativa o adiposidad), hacia la mesomorfia (robustez músculo-esquelética), o hacia la ectomorfia (linealidad corporal relativa). Los triatletas tienen tendencia hacia el Meso-ectomorfismo (el mesomorfismo es dominante y el ectomorfismo es mayor que el endomorfismo)
4. Espirometría: Analizará las capacidades máximas ventilatorias del sujeto. Los datos más interesantes serán:
 - Capacidad Vital (l): Indica la capacidad total de aire en los pulmones. Suele ser mayor de los 5,5 l. y en triatletas de élite alcanzar los 8 l.
 - Volumen expirado en el primer segundo FEV1 (l): Indica la cantidad de aire que el sujeto es capaz de expirar de una sola vez en el primer

segundo. Suele estar por encima de los 4,5-5 l. en deportistas de nivel medio.

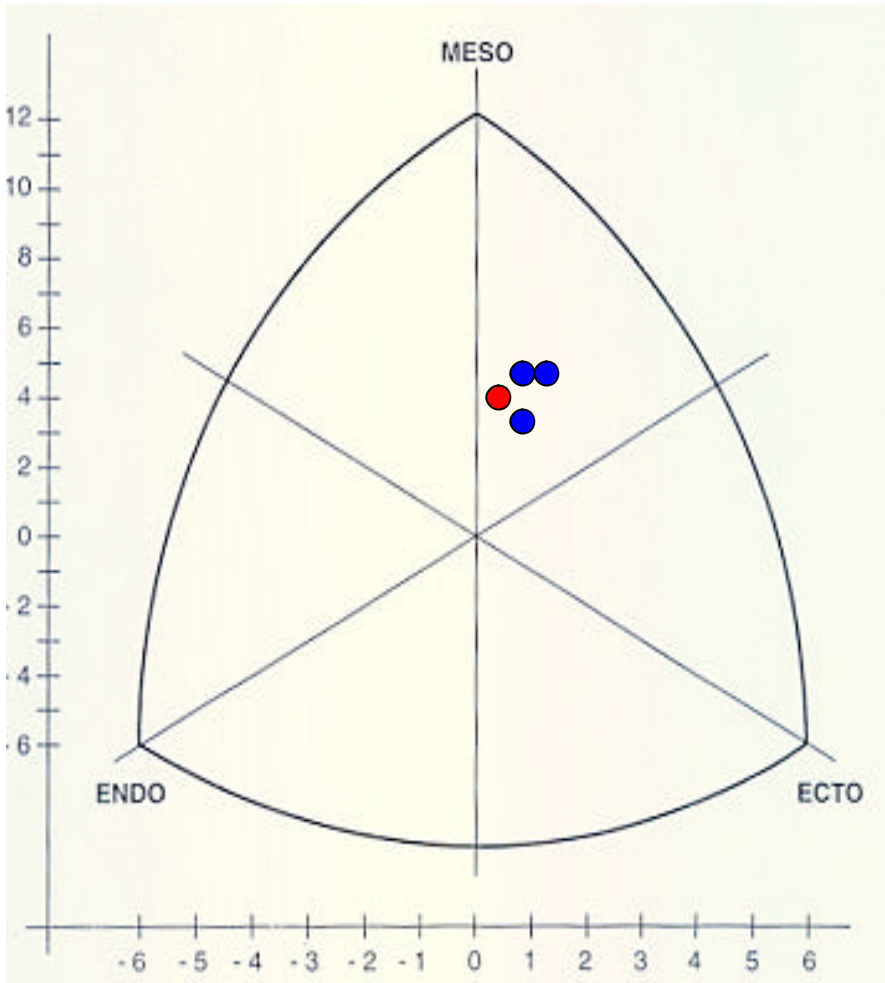
- Flujo Respiratorio Máximo PEFR (l/seg): Indica la capacidad máxima del deportista para mover aire hacia los pulmones por unidad de tiempo. Suele ser superior a los 10 l/seg.

Ejemplo de organización de los datos para su interpretación

Cuando los entrenadores manejan mucha cantidad de información, deben seleccionar aquella que consideran más relevante para sus deportistas y organizarla de manera útil. Presento un ejemplo de las pruebas de esfuerzo realizadas a un equipo de ciclismo Júnior al comienzo de la temporada 2005.

	ESPIROMETRÍA			COMPOSICIÓN CORPORAL							SOMATOTIPO			X	Y
	CV	FEV1	PEFR	Talla	Peso	IMC	P.Graso	% Graso	P.Muscular	P.Ideal	MESO	ECTO	ENDO		
S1	6,36	5,39	9,33	1,75	69,7	22,75918367	5,9	8,46485	35,4	68,7	4,34	2,55	2,09	0,46	4,04
S2	5,85	5,01	10,74	1,738	66,8	22,11448949	6,17	9,23653	33,75	65,3	4,77	2,78	2,76	0,02	4
S3	5,2	4,58	9,31	1,728	76,5	25,61969522	14,75	19,281	31,1	67,25	6,2	1,22	3,43	-2,2	7,75
S4	5,09	4,33	10,28	1,785	76,4	23,97821874	12,3	16,0995	34	69,6	4,53	2,21	4,26	-2,1	2,59
S5	5,26	4,75	8,94	1,746	66,4	21,78108955	7,2	10,8434	32,4	63,9	4,05	2,98	2,5	0,48	2,62
S6	4,68	3,71	8,45	1,744	66	21,69956233	5,3	8,0303	34	65,3	3,86	3,01	2,03	0,98	2,68
S7	6,07	4,6	9,28	1,813	72,5	22,05679457	7,1	9,7931	35,4	70,5	4,6	3,25	2,52	0,73	3,43
S8				1,75	70	22,85714286	7,44	10,6286	34,07	67,5	5,2	2,42	2,2	0,22	5,78
S9	5,05	4,35	8,08	1,746	64,1	21,0266241	4,5	7,02028	32,3	64	3,92	3,36	2,09	1,27	2,39
S10	4,56	3,86	6,95	1,757	58,5	18,95013652	3,6	6,15385	29,1	59	3,09	4,55	1,47	3,08	0,16
S11	5,33	4,94	8,45	1,805	65,3	20,04281735	6,8	10,4135	30,6	63,1	4,03	4,23	2,14	2,09	1,69
S12	3,9	3,85	8,61	1,674	58,4	20,84020275	6,9	11,8151	27,1	55,6	4,06	3	3,5	-0,5	1,62
S13	4,94	4,62	10,48	1,774	63,4	20,14568444	3,8	5,99369	32,9	63,8	3,59	3,99	1,66	2,33	1,53
S14	5,48	4,14	7,66	1,719	63,3	21,42160252	5	7,89889	32,2	62,7	4,33	2,99	2,06	0,93	3,61
S15	5,4	3,94	7,59	1,684	66,6	23,48497244	8,3	12,4625	31,9	63	4,68	1,83	3,09	-1,3	4,44
S16	4,24	3,73	8,25	1,695	61,2	21,30158979	5,2	8,49673	30,7	60,3	3,87	2,9	2,33	0,57	2,51
S17	5,43	4,56	7,17	1,744	66,2	21,76531858	4,8	7,25076	33,9	66	5,01	2,98	1,65	1,33	5,39
S18				1,68	58	20,54988662	2,3	3,96552		60					
PROMEDIO	5,18	4,40	8,72	1,74	66,07	21,80	6,52	9,66	32,40	64,20	4,36	2,96	2,46	0,50	3,31
MÁXIMO	6,36	5,39	10,74	1,813	76,5	25,61969522	14,75	19,281	35,4	70,5	6,2	4,55	4,26	3,08	7,75
MÍNIMO	3,9	3,71	6,95	1,674	58	18,95013652	2,3	3,96552	27,1	55,6	3,09	1,22	1,47	-2,2	0,16

	VALORACIÓN ERGOMÉTRICA													VALORACIÓN
	A3						A2				A1(70% VO2máx)			
	Potencia	Pot relat	F.C.A3	VO2	V02	VO2/kgmusc	Potencia	F.C.A2	VO2	% VO2	Potencia	F.C.A1	VO2	
S1	360	5,164993	203	62,7	4,37019	123,4516949	240	162	48,35	77,1132	252	142,1	43,89	VALORACIÓN
S2	330	4,94012	215	64,67	4,31996	127,9986963	240	183	44,76	69,2129	231	150,5	45,269	VALORACIÓN
S3	330	4,313725	205	60,39	4,61984	148,5477492	300	180	44,05	72,9425	231	143,5	42,273	VALORACIÓN
S4	330	4,319372	182	59,82	4,57025	134,4190588	240	169	52,62	87,9639	231	127,4	41,874	VALORACIÓN
S5	330	4,96988	200	70,48	4,67987	144,4404938	240	178	57,08	80,9875	231	140	49,336	VALORACIÓN
S6	330	5	194	64,55	4,2603	125,3029412	240	181	54,24	84,0279	231	135,8	45,185	VALORACIÓN
S7	390	5,37931	190	61,52	4,4602	125,9943503	307	172	52,14	84,7529	273	133	43,064	VALORACIÓN
S8	330	4,714286	184	63,17	4,4219	129,7886704	240	161	46,48	73,5792	231	128,8	44,219	VALORACIÓN
S9	300	4,680187	204	60,37	3,86972	119,8054799	240	186	44,77	74,1594	210	142,8	42,259	VALORACIÓN
S10	300	5,128205	204	64,44	3,76974	129,5443299	210	173	50,26	77,995	210	142,8	45,108	VALORACIÓN
S11	300	4,594181	188	57,89	3,78022	123,5365033	210	164	43,19	74,607	210	131,6	40,523	VALORACIÓN
S12	290	4,965753	203	57,19	3,3399	123,2433948	210	190	53,08	92,8134	203	142,1	40,033	VALORACIÓN
S13	330	5,205047	201	66,25	4,20025	127,6671733	210	179	51,89	78,3245	231	140,7	46,375	VALORACIÓN
S14	330	5,21327	185	76,15	4,8203	149,6986025	255	160	59,24	77,7938	231	129,5	53,305	VALORACIÓN
S15	300	4,504505	197	59,16	3,94006	123,5127273	210	155	41,29	69,7938	210	137,9	41,412	VALORACIÓN
S16	330	5,392157	191	66,83	4,09	133,2246254	240	175	54,74	81,9093	231	133,7	46,781	VALORACIÓN
S17	330	4,984894	202	67,67	4,47975	132,1461357	240	173	51,06	75,4544	231	141,4	47,369	VALORACIÓN
S18	250	4,310345	199	63	3,654	#¡DIV/0!	200	185	46	73,0159	150	155	44,1	
PROMEDIO	321,67	4,91	197,06	63,68	4,23	130,72	237,33	173,67	49,74	78,14	228,12	138,81	44,58	
MÁXIMO	390	5,392157	215	76,15	4,8203	149,6986025	307	190	59,24	92,8134	273	155	53,305	
MÍNIMO	250	4,313725	182	57,19	3,3399	119,8054799	200	155	41,29	69,2129	203	127,4	40,033	



Ciclistas Júnior del equipo ●

Ciclistas Profesionales ●