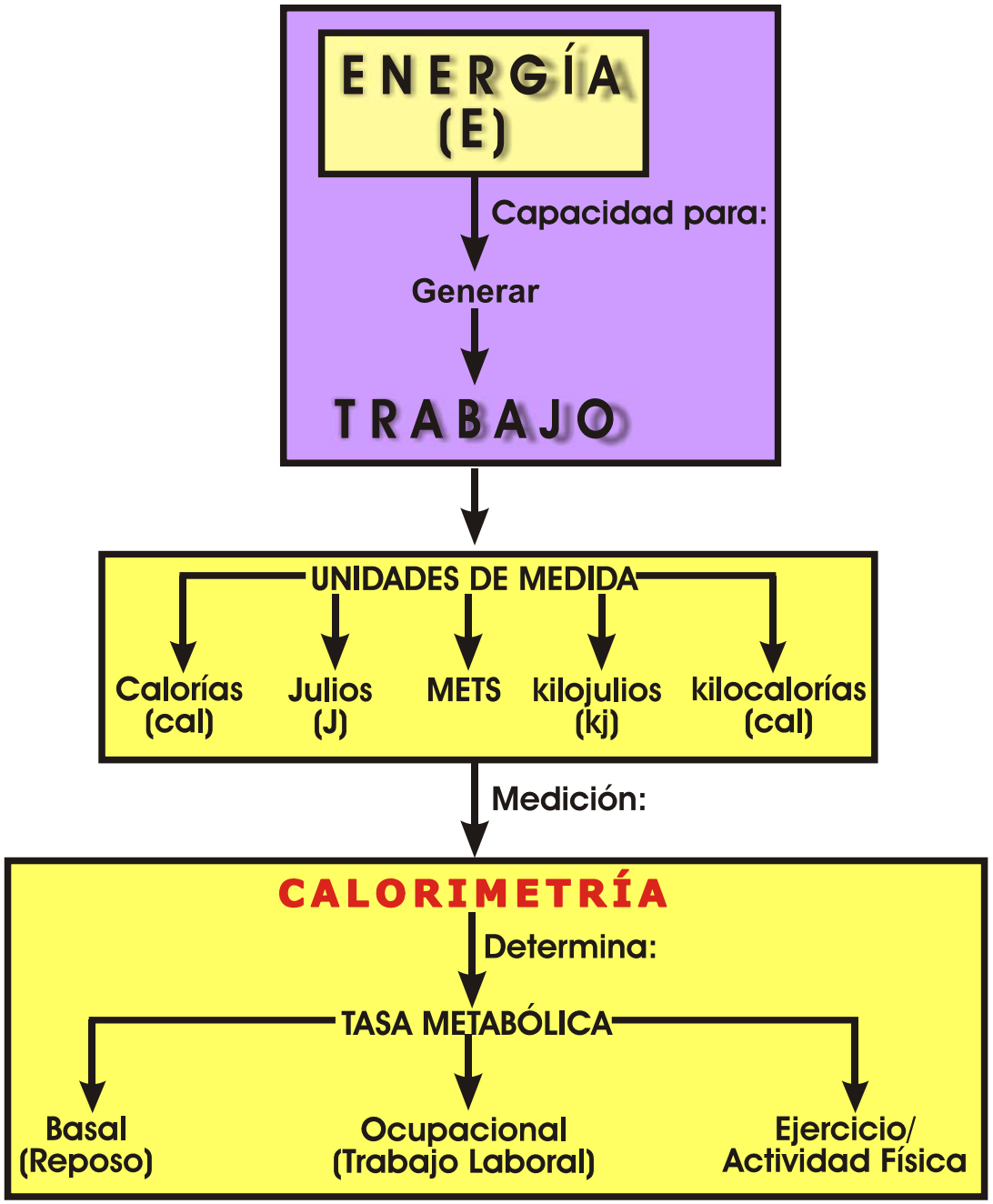
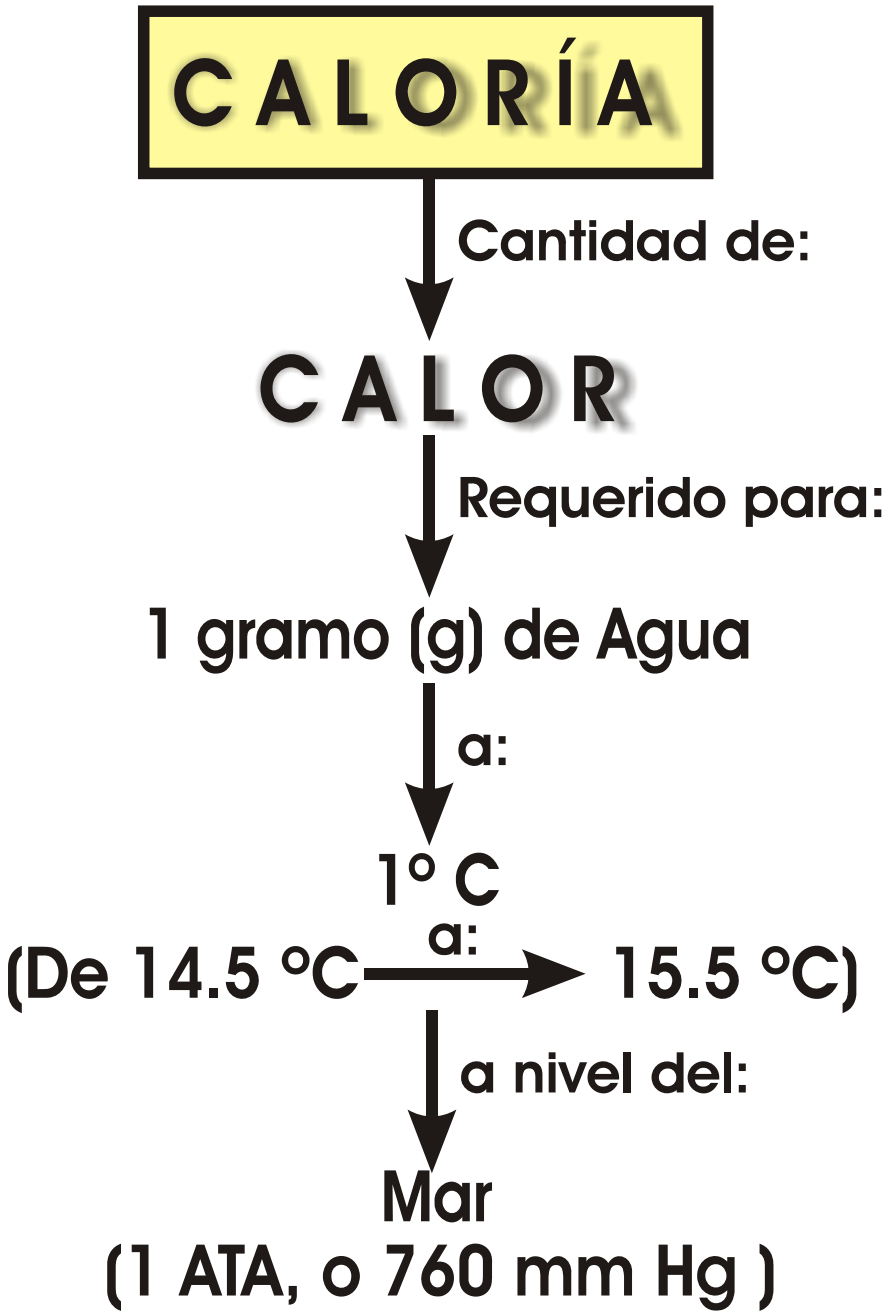
MEDICIÓN DE ENERGÍA, TRABAJO, POTENCIA Y ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO

Prof. Edgar Lopategui Corsino
M.A., Fisiología del Ejercicio

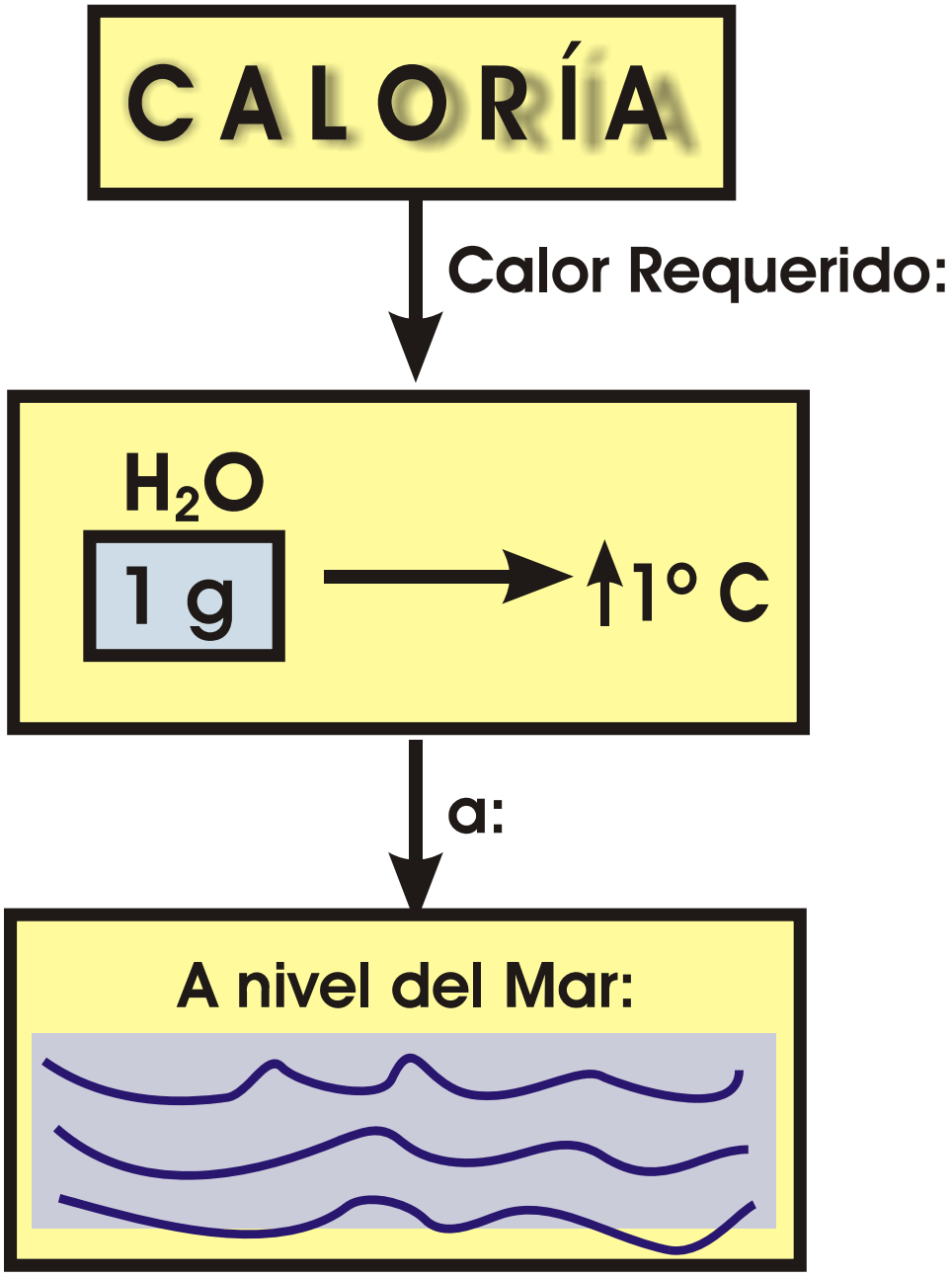
Saludmed 2016, por ***Edgar Lopategui Corsino***, se encuentra bajo una licencia *"Creative Commons"*, de tipo: ***Reconocimiento-NoComercial-Sin Obras Derivadas 3.0. Licencia de Puerto Rico***.
Basado en las páginas publicadas para el sitio Web: ***www.saludmed.com***.



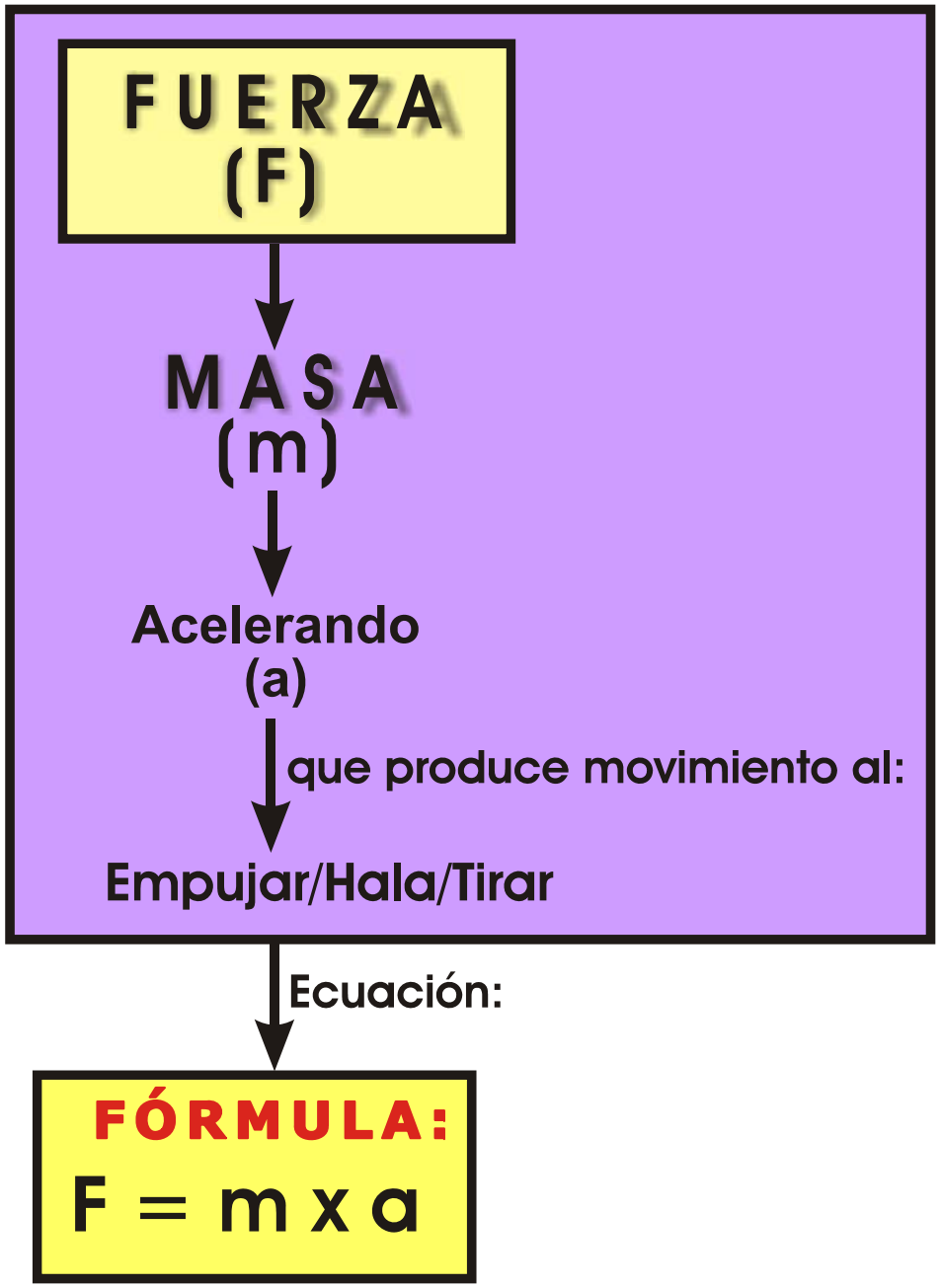
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



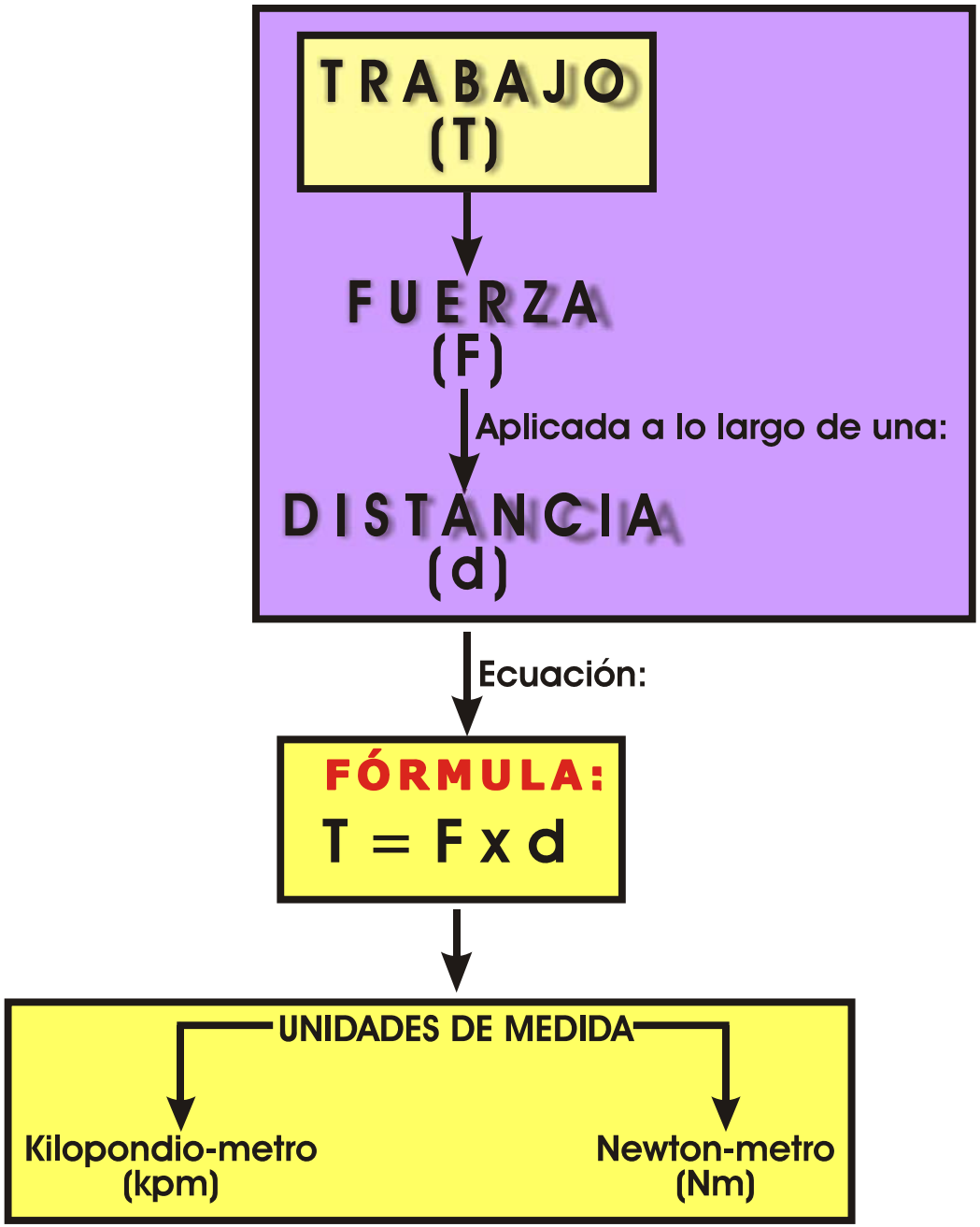
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



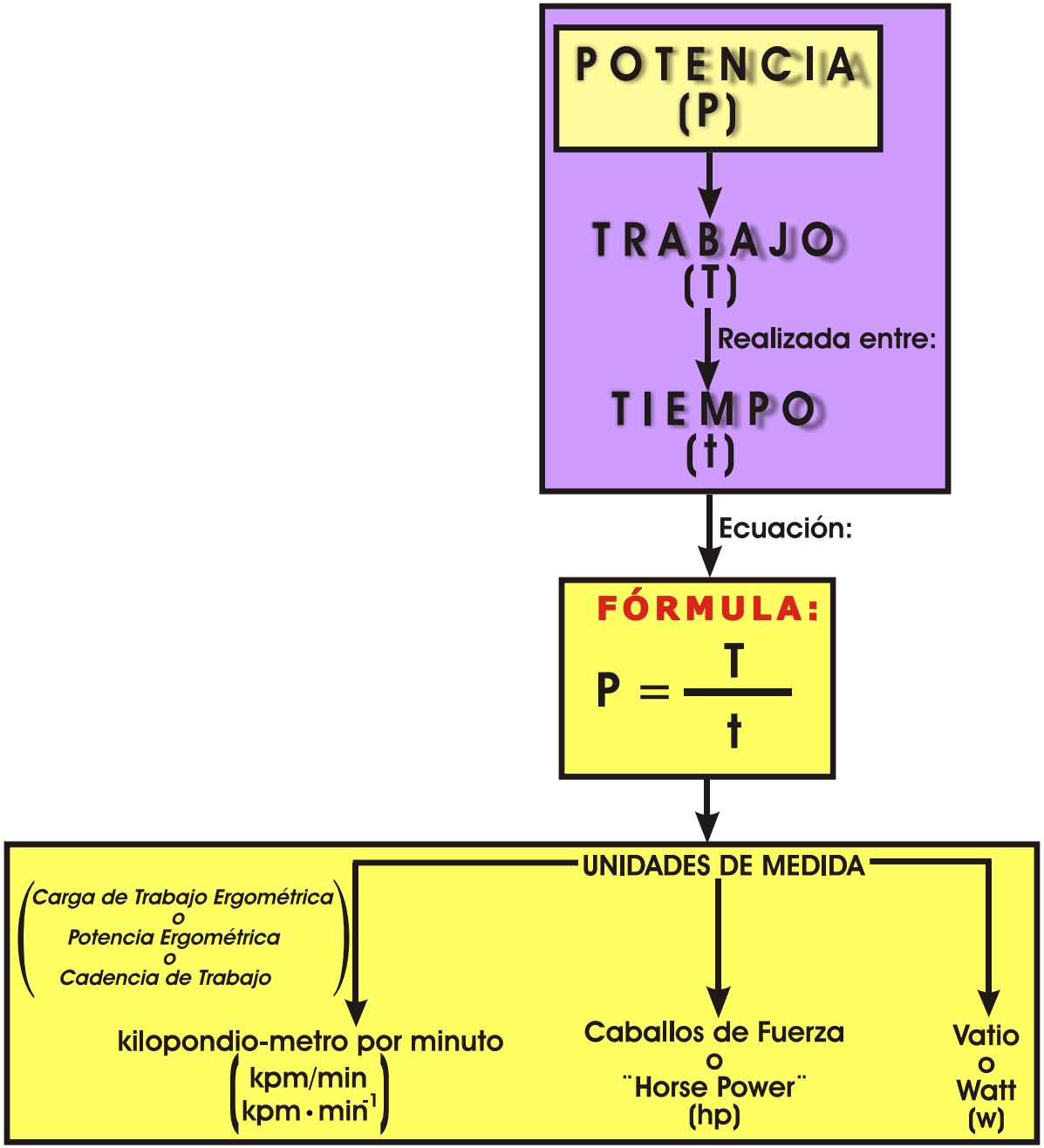
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

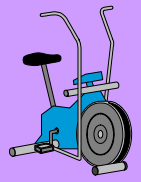
ERGOMETRÍA

Medición de:

Trabajo/Potencia/Esfuerzo Físico

Utilizando/Realizando Ejercicio en un:

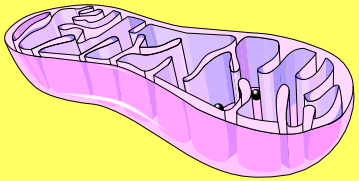
ERGÓMETRO



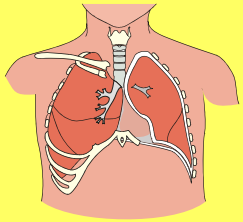
Donde se evalúan:

VARIABLES FISIOLÓGICAS
(Prueba Funcional Ergométrica)

- **Metabólicas**



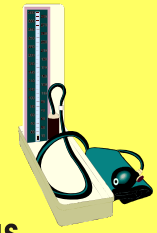
- **Pulmonares/ Ventilatorias**

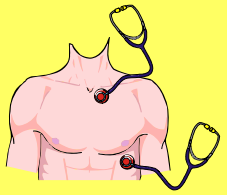


- **Gasto Energético**
  - *Durante un:*
  - Tiempo Específico

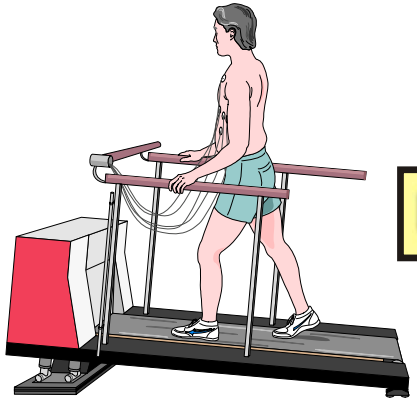
- **Hematológicas**

- **Cardio-Circulatoria**





Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

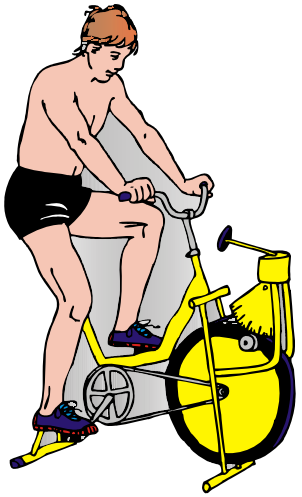


ERGOMETRÍA

Prueba Funcional Ergométrica

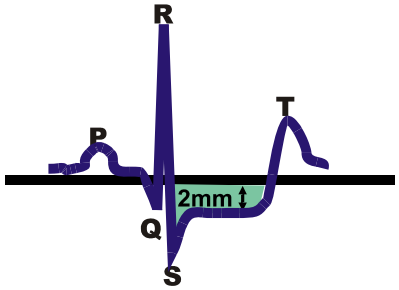
Determinación de parámetros de

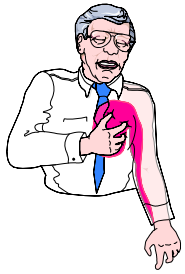
RENDIMIENTO PULMONAR



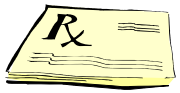
INDICACIONES

Diagnóstico
(Confirmar Enfermedad)



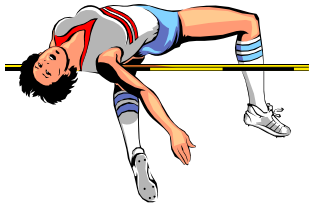


Evaluativas
(Capacidad Funcional)



Objetivos

- Prescripción de Ejercicio
- Diseño Entrenamiento Físico para Atletas
- Evaluar la Efectividad del Entrenamiento Deportivo



Investigativo
(Estudio Respuestas Funcionales/Fisiológicas)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ERGÓMETRO

Artefacto

Mide Respuéstas Fisiológicas, particularmente:

Trabajo Mecánico
y
Potencia Ergométrica

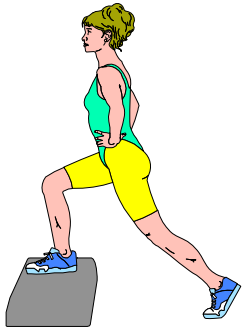
TIPOS

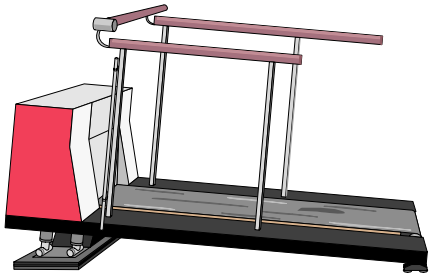
AMBIENTE AIRE

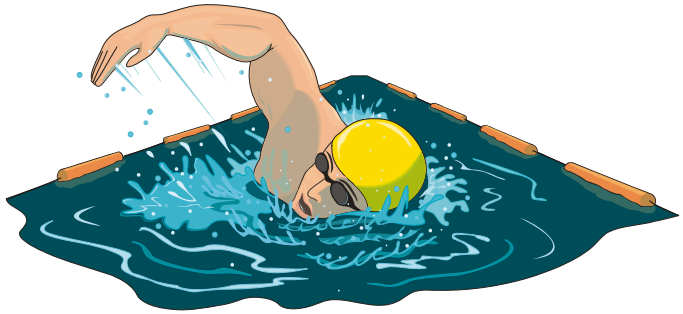
- Cicloergómetro
- Escalón
- Remo-Ergómetro
- Banda Sinfín

AMBIENTE AGUA

- Ergómetro de Brida (Natación Estática)
- Canal de Natación

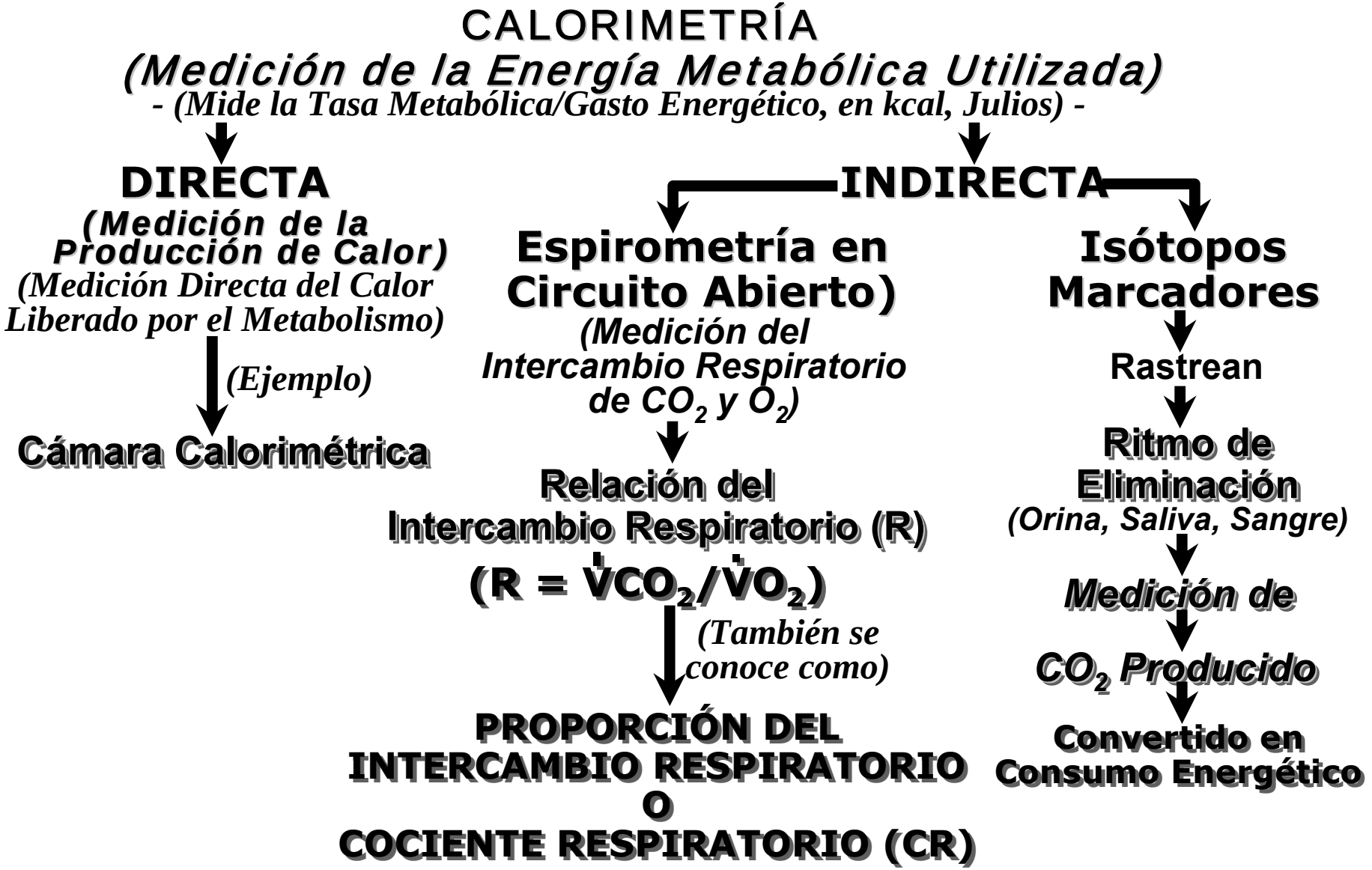




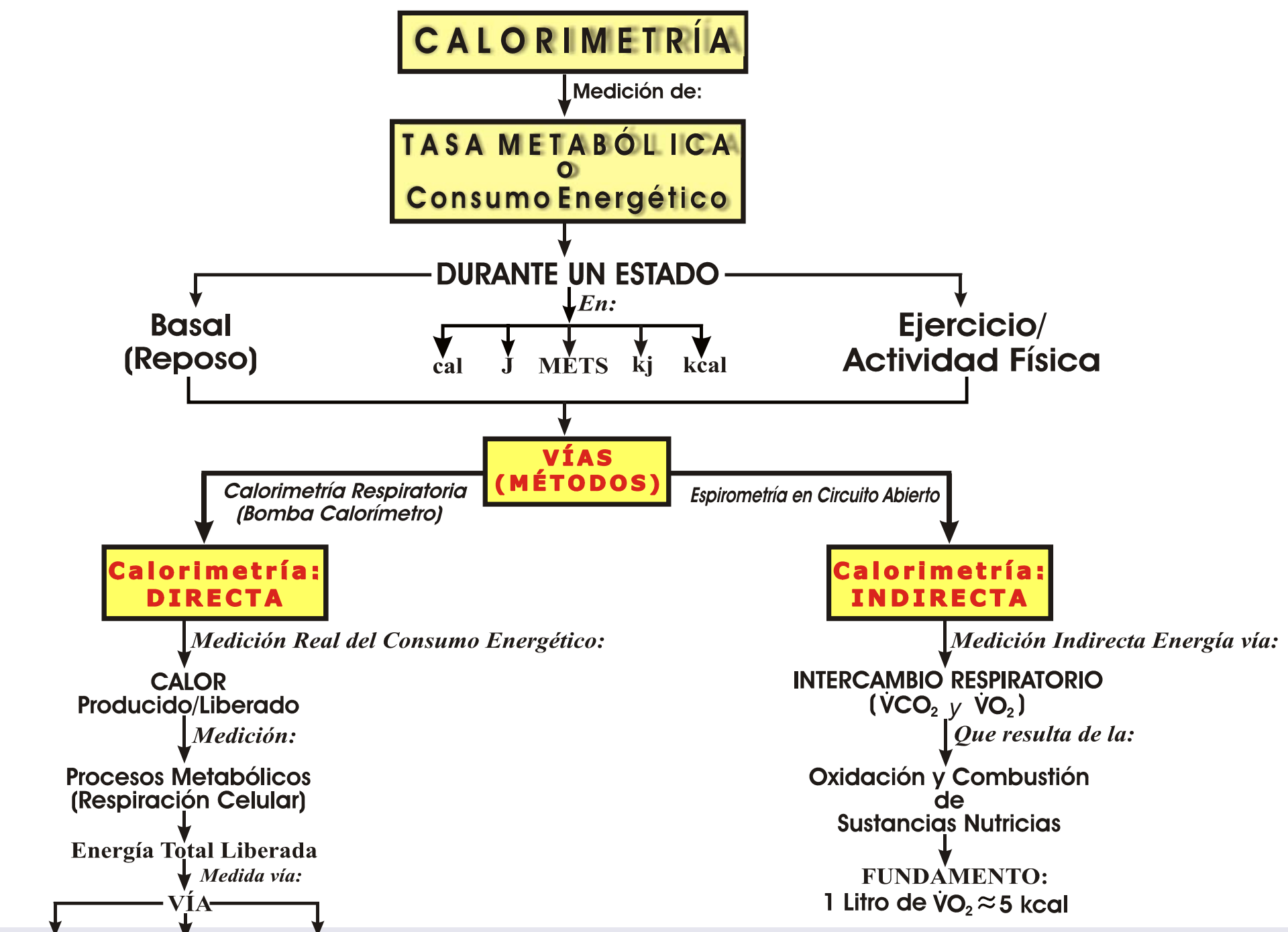


Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

Calorimetría directa—mide la producción de calor del cuerpo para poder, entonces, calcular el gasto energético.

Calorimetría indirecta—calcula el gasto energético que se obtiene de la proporción o relación del intercambio respiratorio (RER) del $\dot{V}CO_2$ y $\dot{V}O_2$.

NOTA. Adaptado de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. 130-131), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA DIRECTA

↓

Metabolismo

↓

Energía Liberada

↓

60% Convertido en Calor

↓

Medición

↓

SE ESTIMA EL RITMO E INTENSIDAD DE LA ENERGÍA

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA DIRECTA

VENTAJAS

- **Medición Directa/Precisa del Calor Metabólico**

DESVENTAJAS

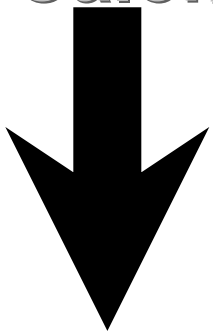
- **No Puede Seguir Cambios Rápidos en la Liberación de Energía, es decir, Toma mucho Tiempo el Cálculo de la Producción de Calor (Ej: Ejercicios de Alta Intensidad)**
- **No es portable/práctico**
- **Es muy Costoso**
- **No Aplica para Actividades Recreativas Comunes**

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA DIRECTA

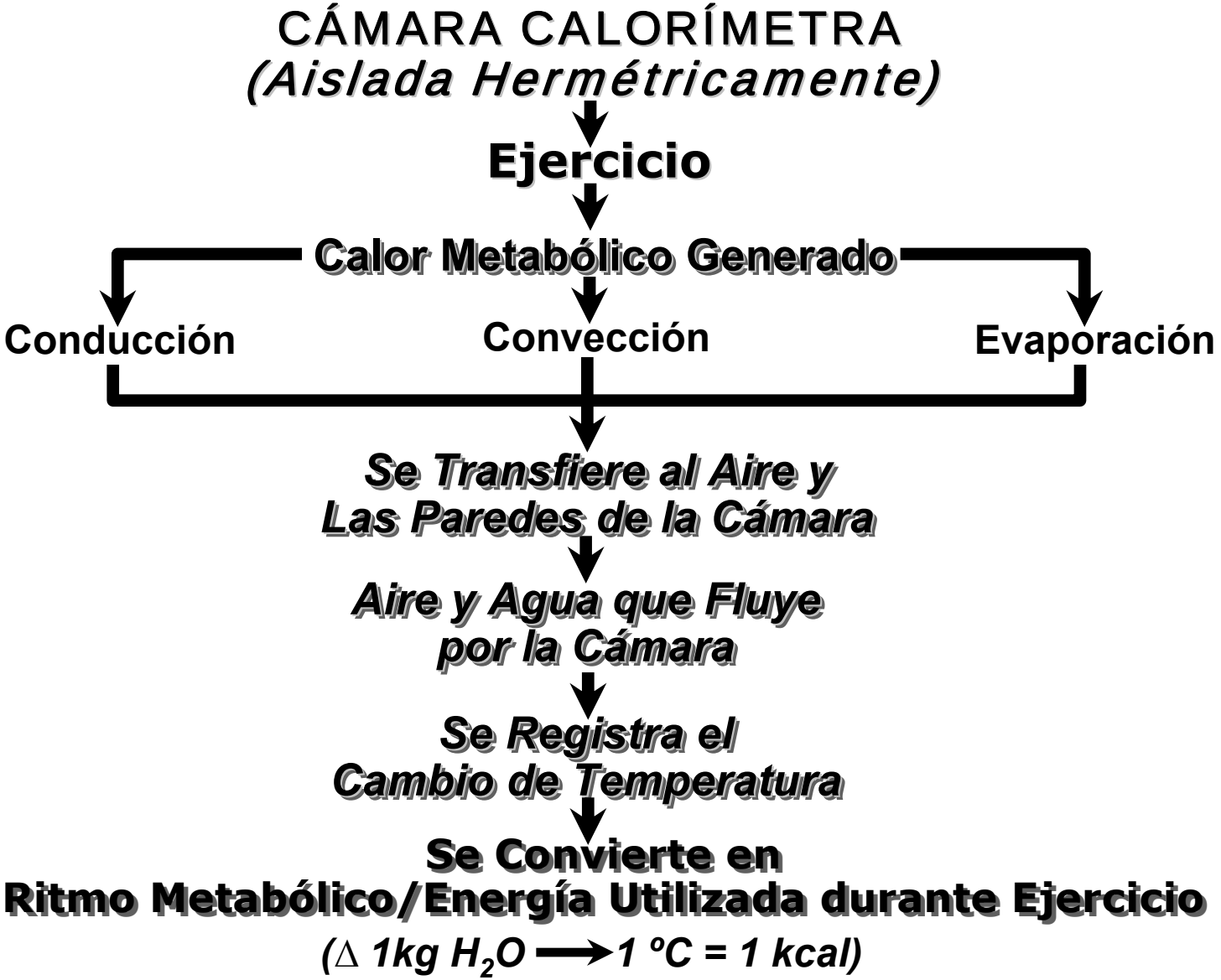
Calorímetro
(Aparato para Medir Calor/Energía Metabólica)



CÁMARA COLORIMÉTRICA
(BOMBA CALORÍMETRA)

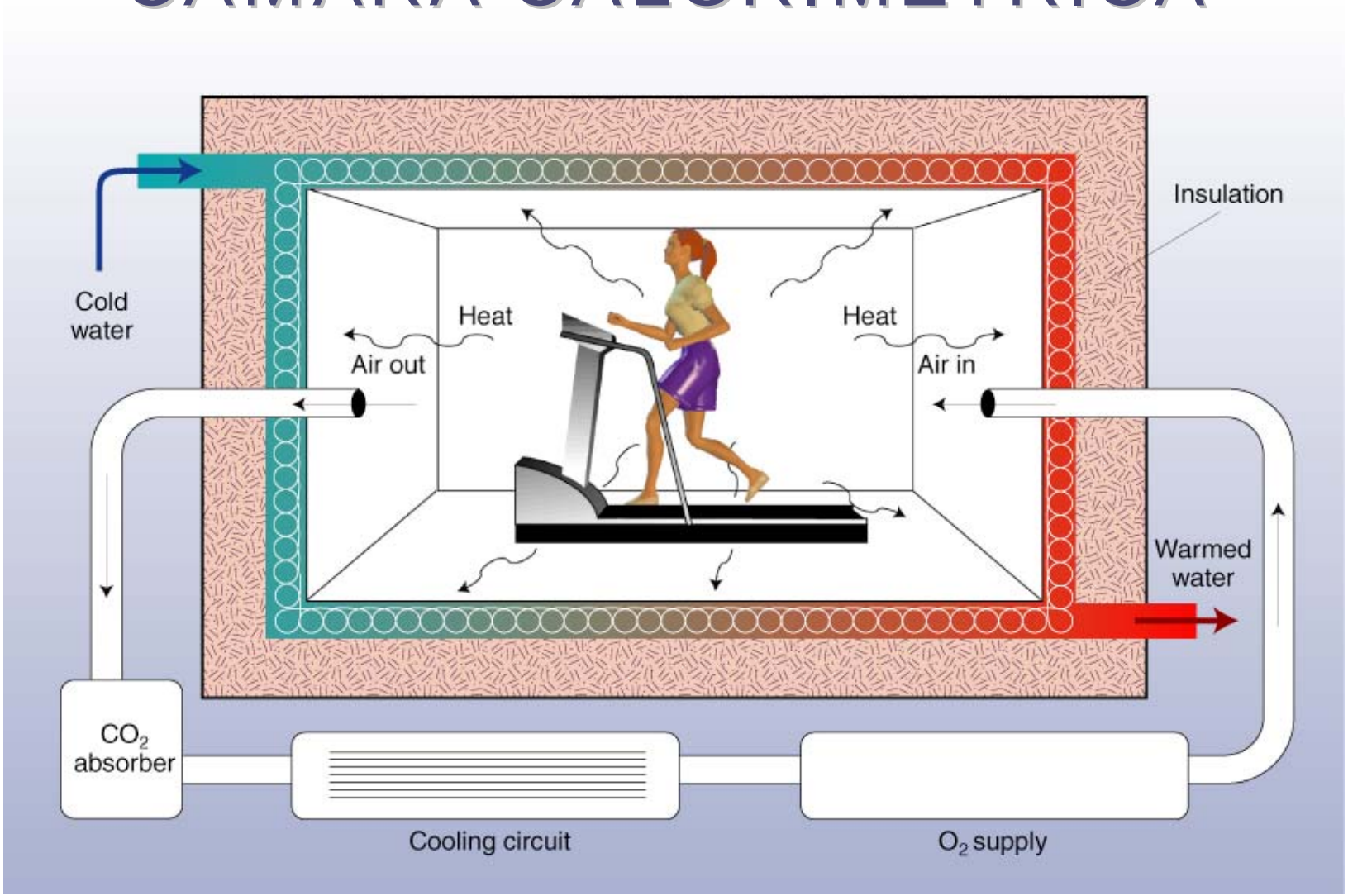
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



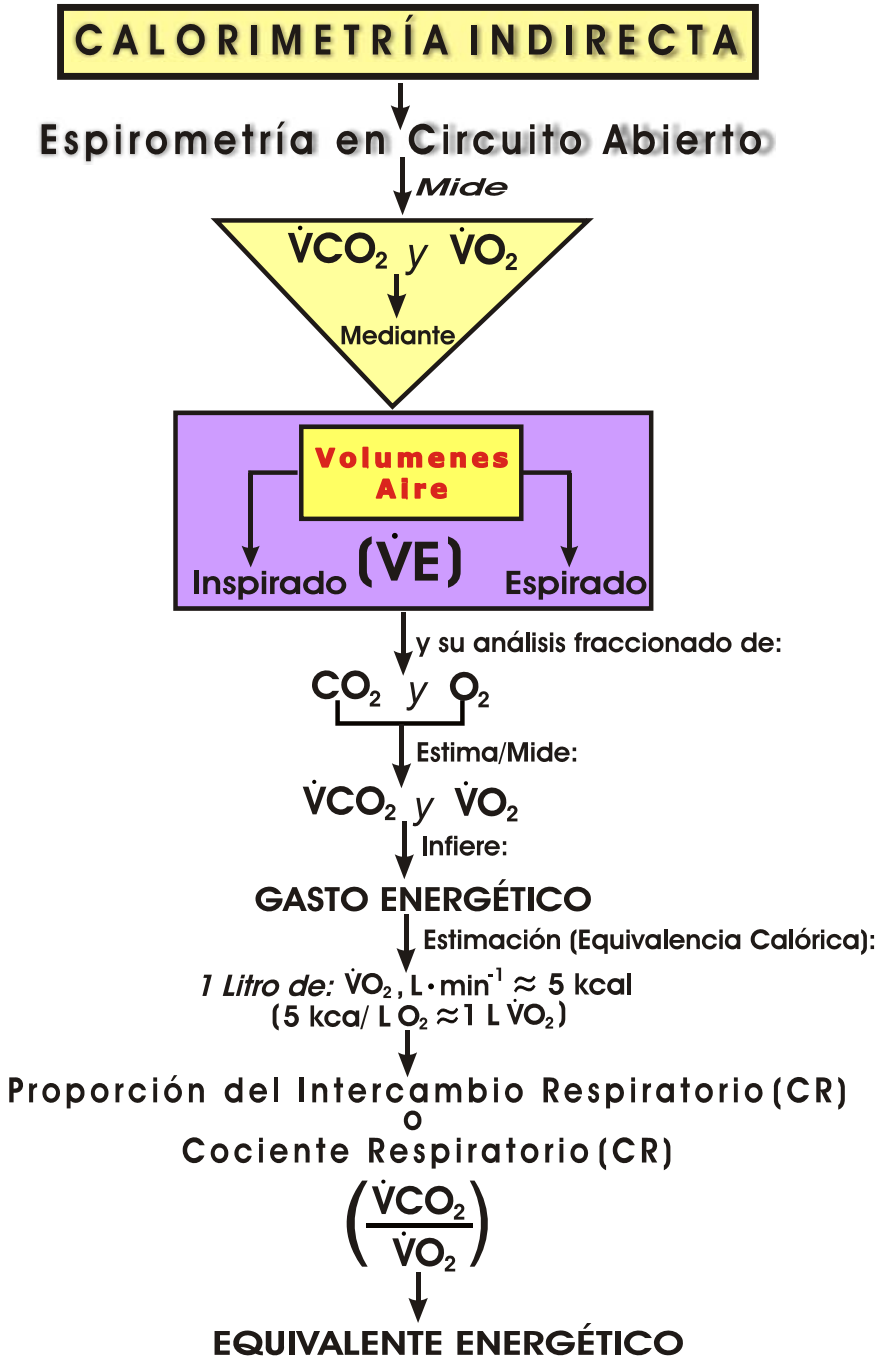
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CÁMARA CALORIMÉTRICA



NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. 130), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

(Basado en)

Equivalencia Energética/Calórica del $\dot{V}O_2$

Utilizado para la Oxidacion de los Sustratos (CHO y GRASAS)

(Se estima que)

1 Litro de O_2 Consumido por Minuto ($\dot{V}O_2$, *L/min* = 1.0)

Equivale Aproximadamente a:

(Equivalencia Energética/Calórica)

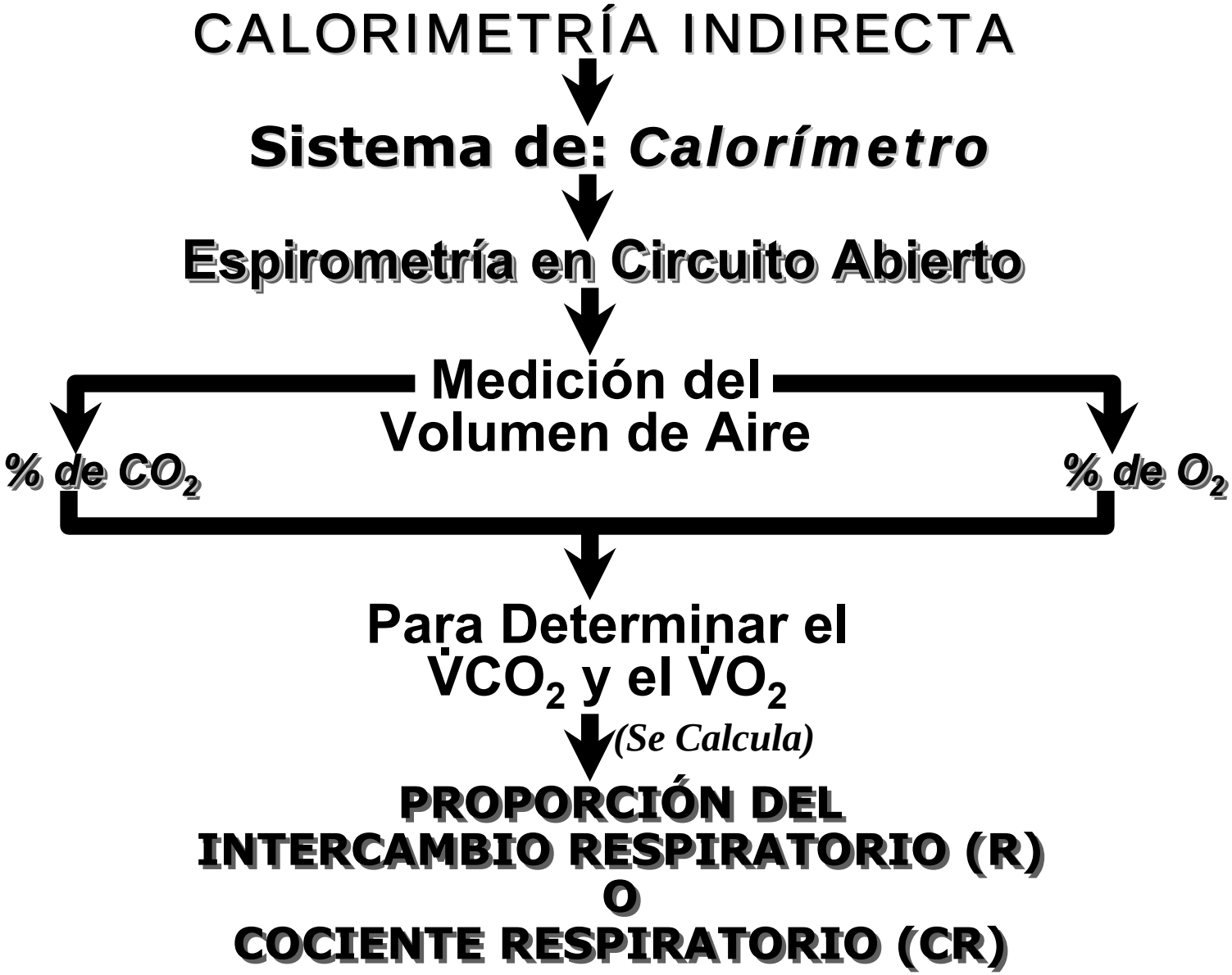
5 kcal/min

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO DE GASES

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. 131), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

$\dot{V}O_2$—volumen de O_2 consumido por minuto (L/min).

$\dot{V}CO_2$—volumen de CO_2 producido por minuto (L/min).

$$\dot{V}O_2 = (\dot{V}_I \times F_IO_2) - (\dot{V}_E \times F_EO_2)$$

$$\dot{V}CO_2 = (\dot{V}_E \times F_ECO_2) - (\dot{V}_I \times F_ICO_2)$$

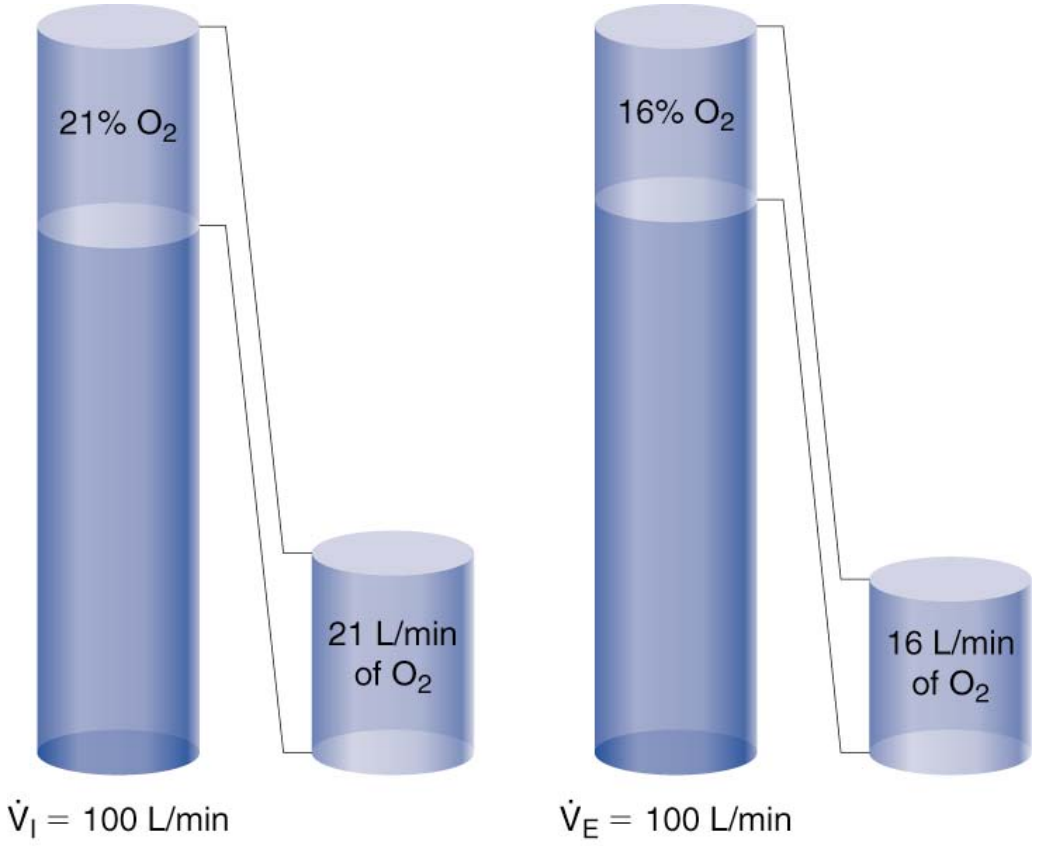
Donde $\dot{V}_E$ = ventilation expirada; $\dot{V}_I$ = ventilation inspirada; F_IO_2 = fracción del oxígeno inspirado; F_ICO_2 = fracción del bióxido de carbon inspirado; F_EO_2 = fracción del oxígeno expirado; y F_ECO_2 = fracción del bióxido de carbono expirado.

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CALCULANDO EL CONSUMO DE OXÍGENO

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.



$$\dot{V}O_2 = \dot{V}_I \times F_IO_2 - \dot{V}_E \times F_EO_2$$
$$\dot{V}O_2 = 100\ \text{L/min} \times 0.21 - 100\ \text{L/min} \times 0.16$$
$$\dot{V}O_2 = 21\ \text{L/min} - 16\ \text{L/min} = 5\ \text{L/min}$$

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

TRANSFORMACIÓN DE HALDANE

Tú puedes usar el $\dot{V}_E$ para calcular $\dot{V}_I$ dado que el volumen del nitrógeno expirado es constante:

$$\dot{V}_I = (\dot{V}_E \times F_E N_2)/F_I N_2 \text{ y } F_E N_2 = 1 - (F_E O_2 + F_E CO_2)$$

$$\dot{V}O_2 = (\dot{V}_I \times F_I O_2) - (\dot{V}_E \times F_E O_2)$$

$$\dot{V}O_2 = [(\dot{V}_E \times F_E N_2)/(F_I N_2 \times F_I O_2)] – (\dot{V}_{E)} \times F_E O_2)$$

Luego substituye los valores conocidos por el $F_I O_2$ de 0.2093 y el $F_I N_2$ de 0.7903:

$$\dot{V}O_2 = (\dot{V}_E \times \{[(1 – (F_E O_2 + F_E CO_2)) \times 0.265] – F_E O_2\}$$

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

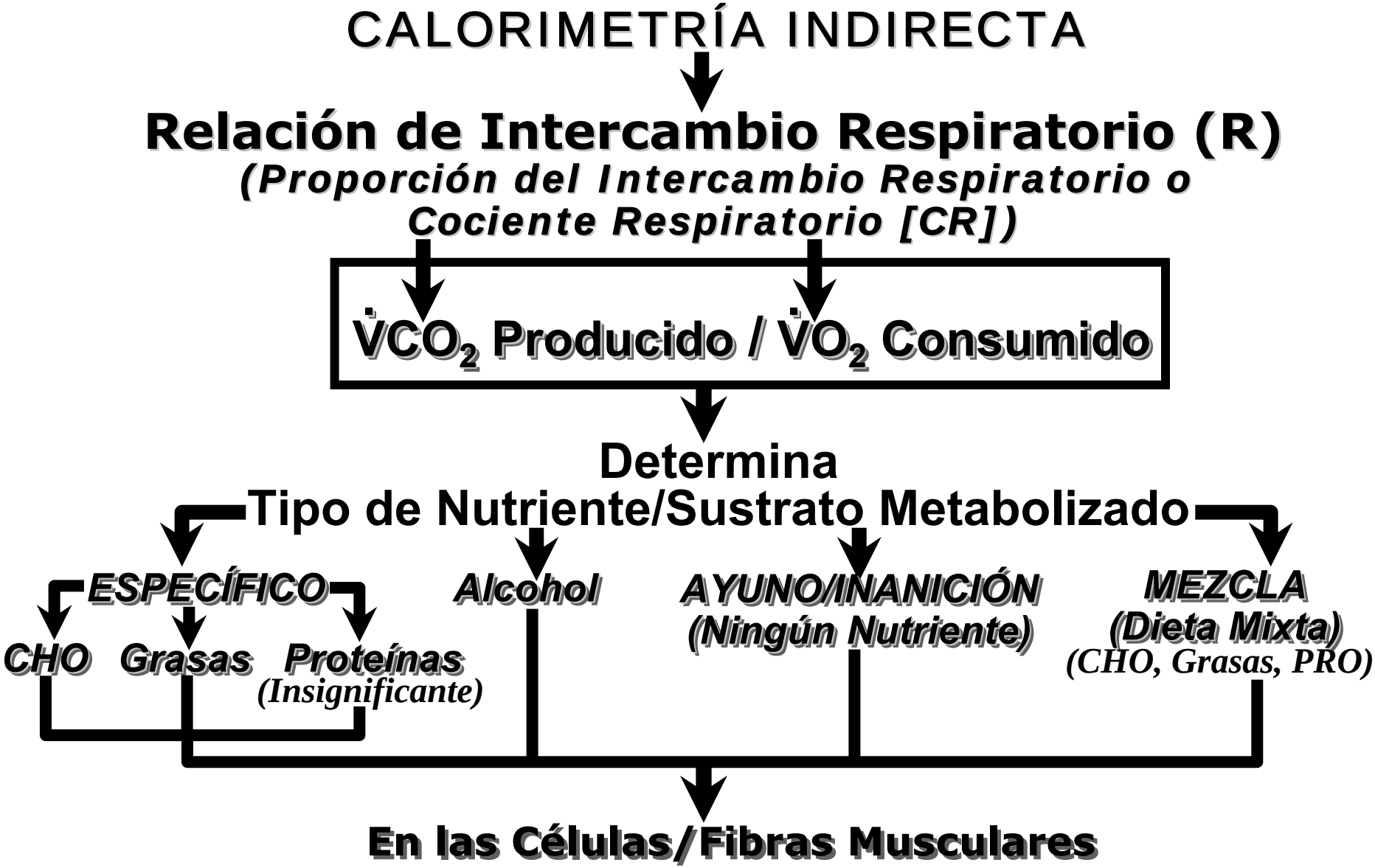
PROPORCIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO

- La proporcióm entre el CO_2 liberado ($\dot{V}CO_2$) y el oxígeno consumido ($\dot{V}O_2$)
- RER = $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$
- El valor de la RER en reposo es usualmemte de 0.78 a 0.80
- El valor de la RER puede ser utilizada para determinar el sustrato metabólico usado en reposo y durante el ejercicio, donde un valor de 1.00 indica la oxidación de CHO y 0.70 indica que se oxidan las grasas.

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

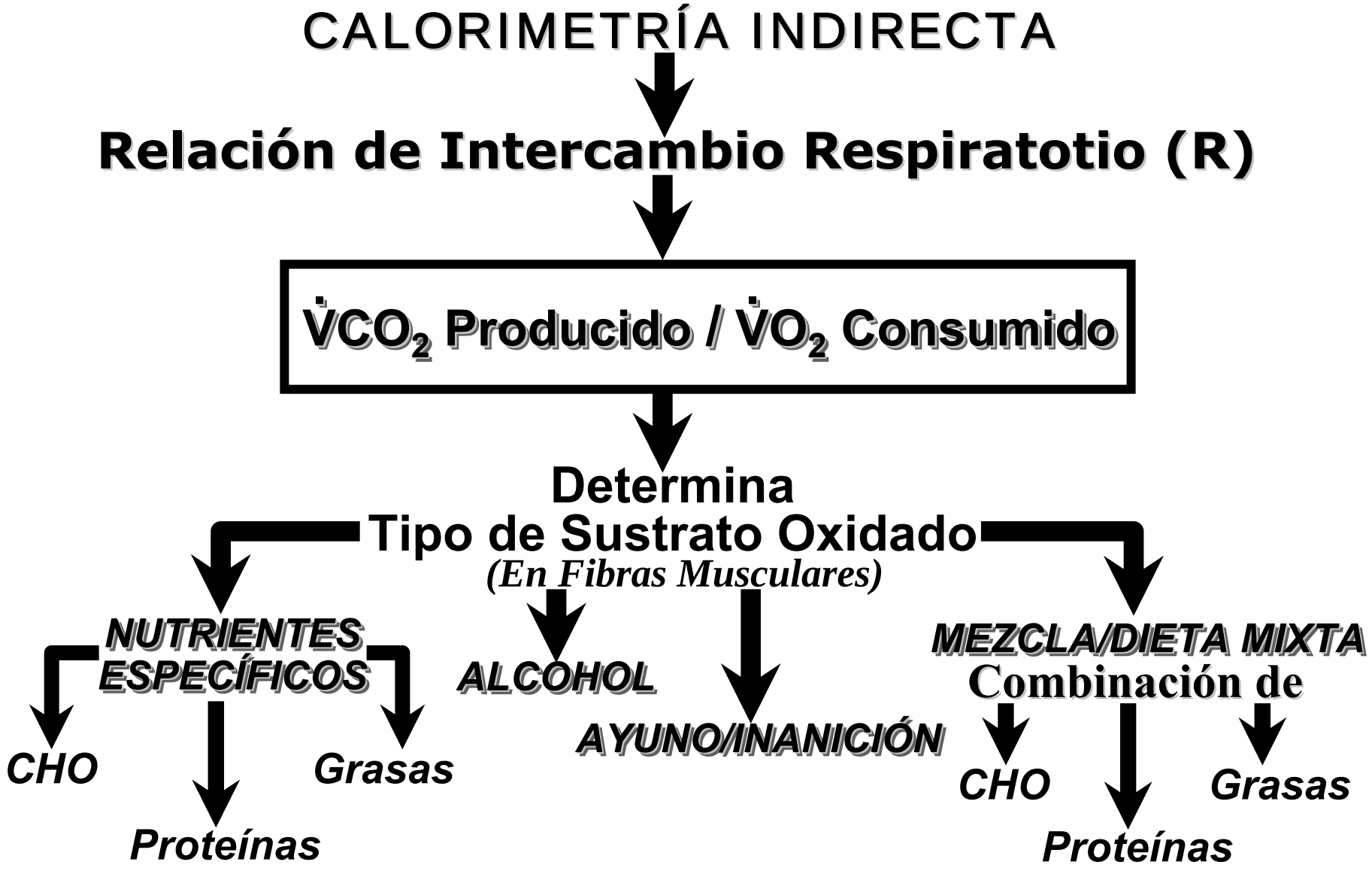
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

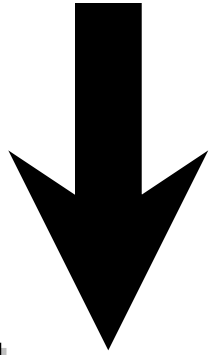
MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



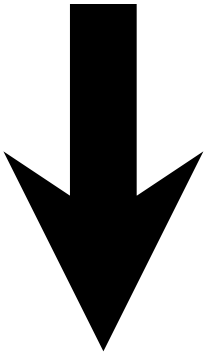
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

Cantidad de O_2 Usado Durante el Metabolismo (R)



Determina



Tipo de Nutriente Oxidado

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

PROPORCIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R ó RER)
O
COCIENTE RESPIRATORIO (CR)

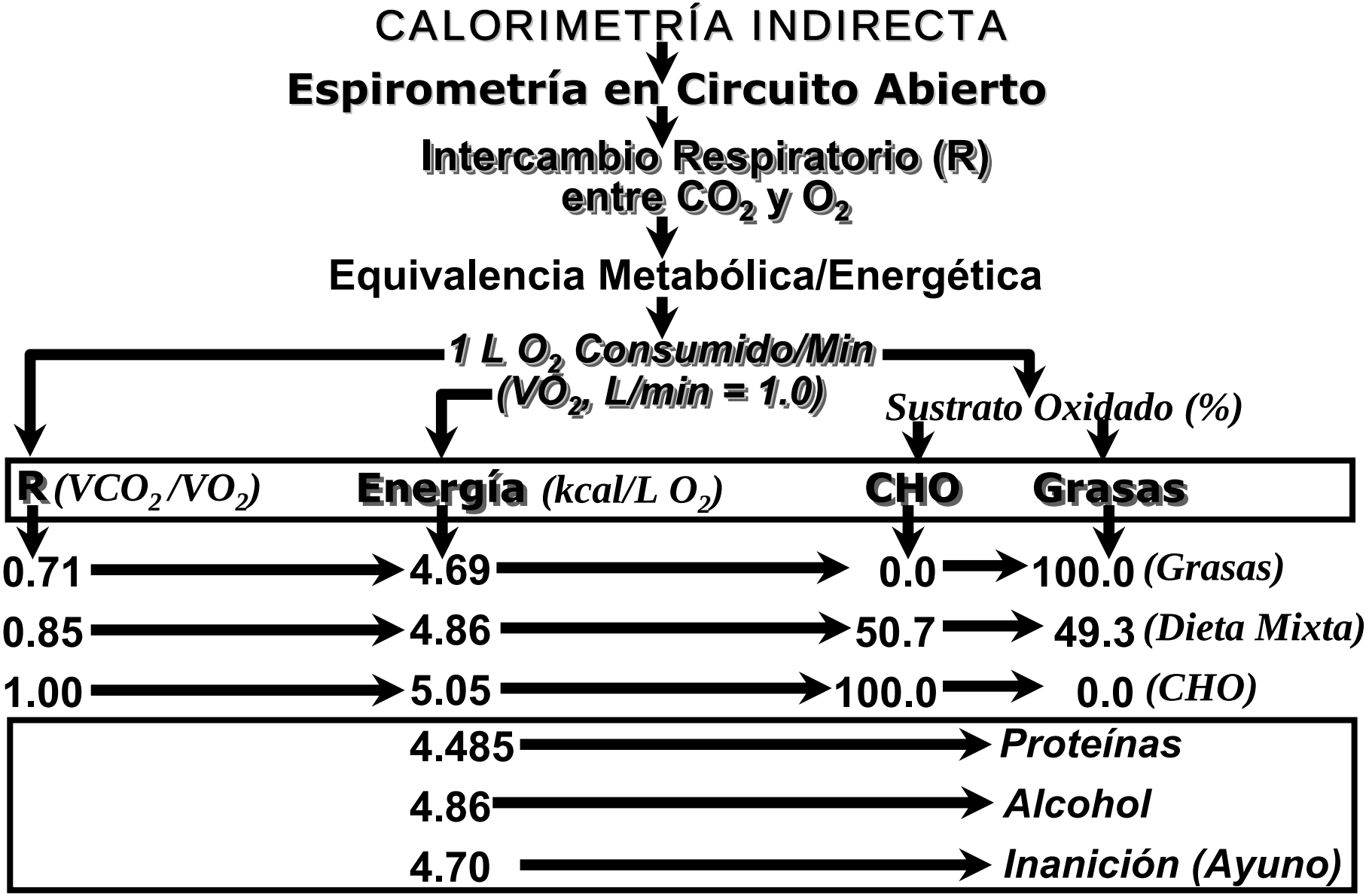
Equivalentes Energéticos

R ó CR	CALORIMETRÍA INDIRECTA kcal: 1 Litro de Oxígeno — Valor Calórico (Kcal/ L O_2)	Contribución Relativa de los Sustratos Oxidados — CHO (%)	Grasas (%)	Proteínas (%)
1.00	5.047	100	0	0
0.85	4.862	50	50	0
0.70	4.686	0	100	0
	4.485	0	0	100

4.863	Dieta Mixta
4.86	Alcohol
4.70	Inanición (Ayuno)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Equivalencia Calórica de la Proporción del Intercambio Respiratorio (RER) y el % de kcal derivado de los Hidratos de Carbono y Grasas

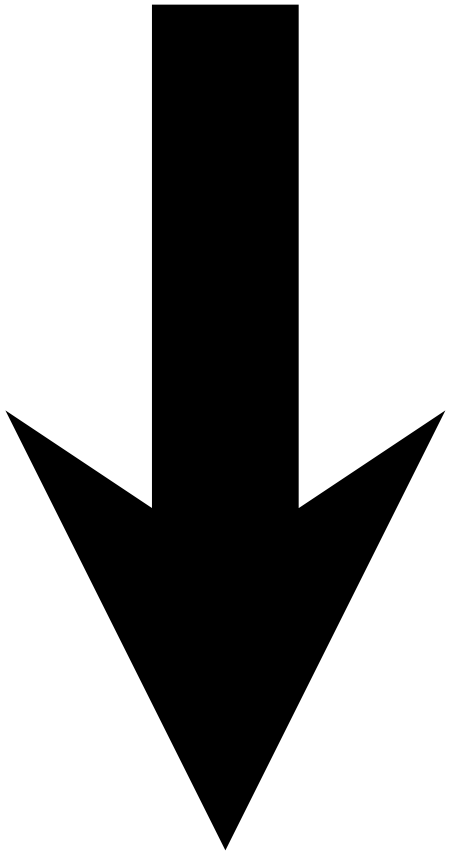
	Energía	% kcal	
RER	kcal/L O_2	Hidratos de Cabono	Grasas
0.71	4.69	0.0	100.0
0.75	4.74	15.6	84.4
0.80	4.80	33.4	66.6
0.85	4.86	50.7	49.3
0.90	4.92	67.5	32.5
0.95	4.99	84.0	16.0
1.00	5.05	100.0	0.0

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. 132), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

ESTIMACIÓN



1 L O_2 consumido/min ≈ 5 kcal/L

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

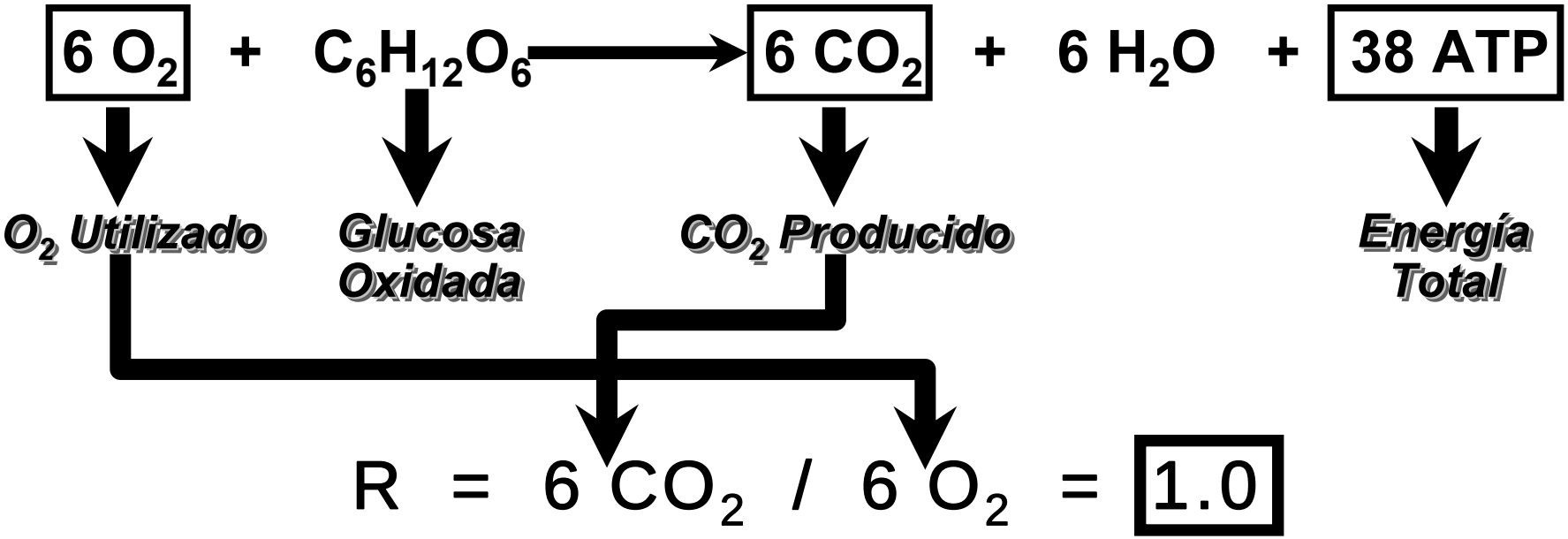
La Cantidad de O_2 Necesario para Oxidar Completamente una Molecula de CHO o Grasas

↓

Propocional a

↓

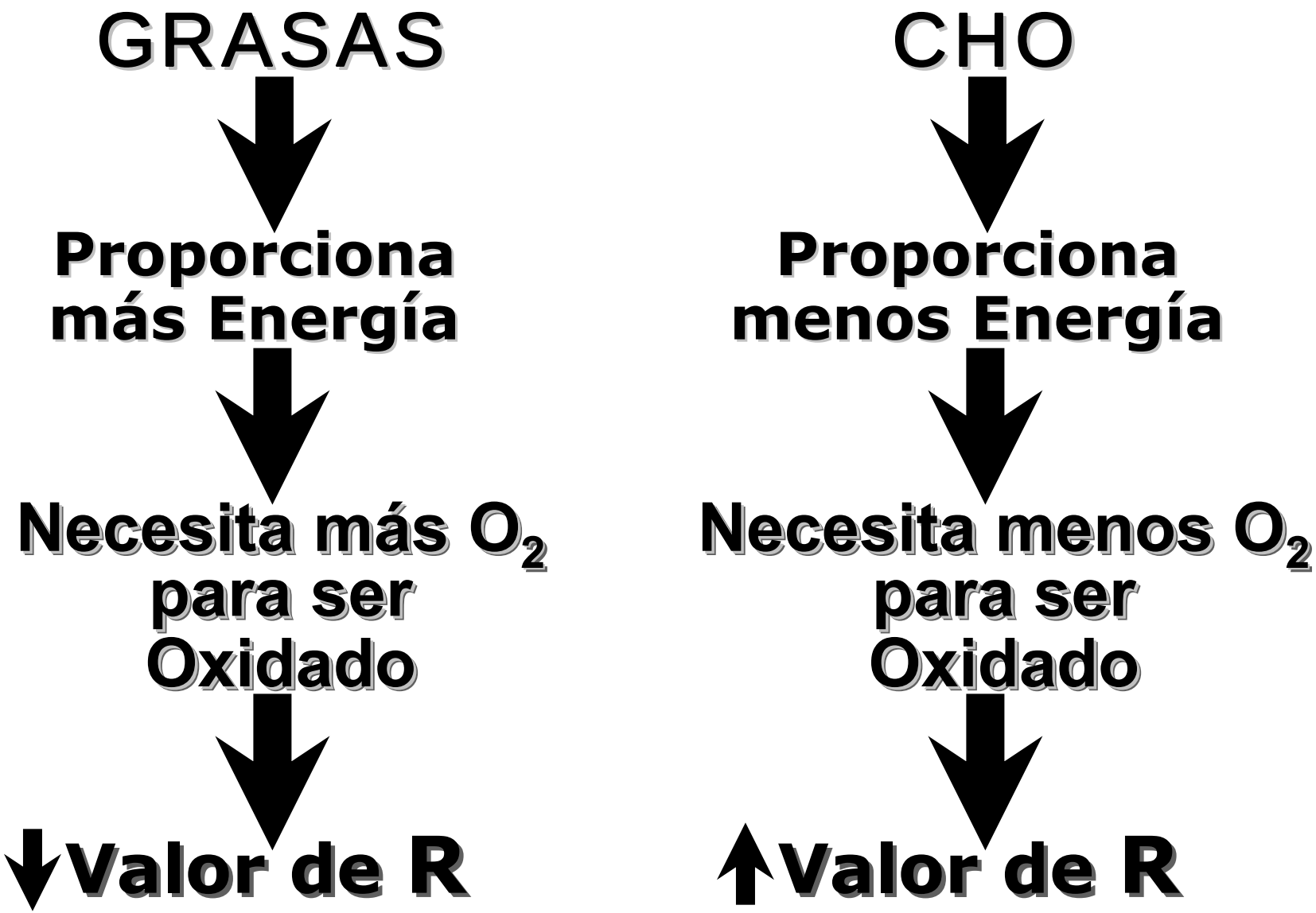
La Cantidad de Carbono (C) Existente en Tales Sustratos



$$R = 6\ CO_2 / 6\ O_2 = \boxed{1.0}$$

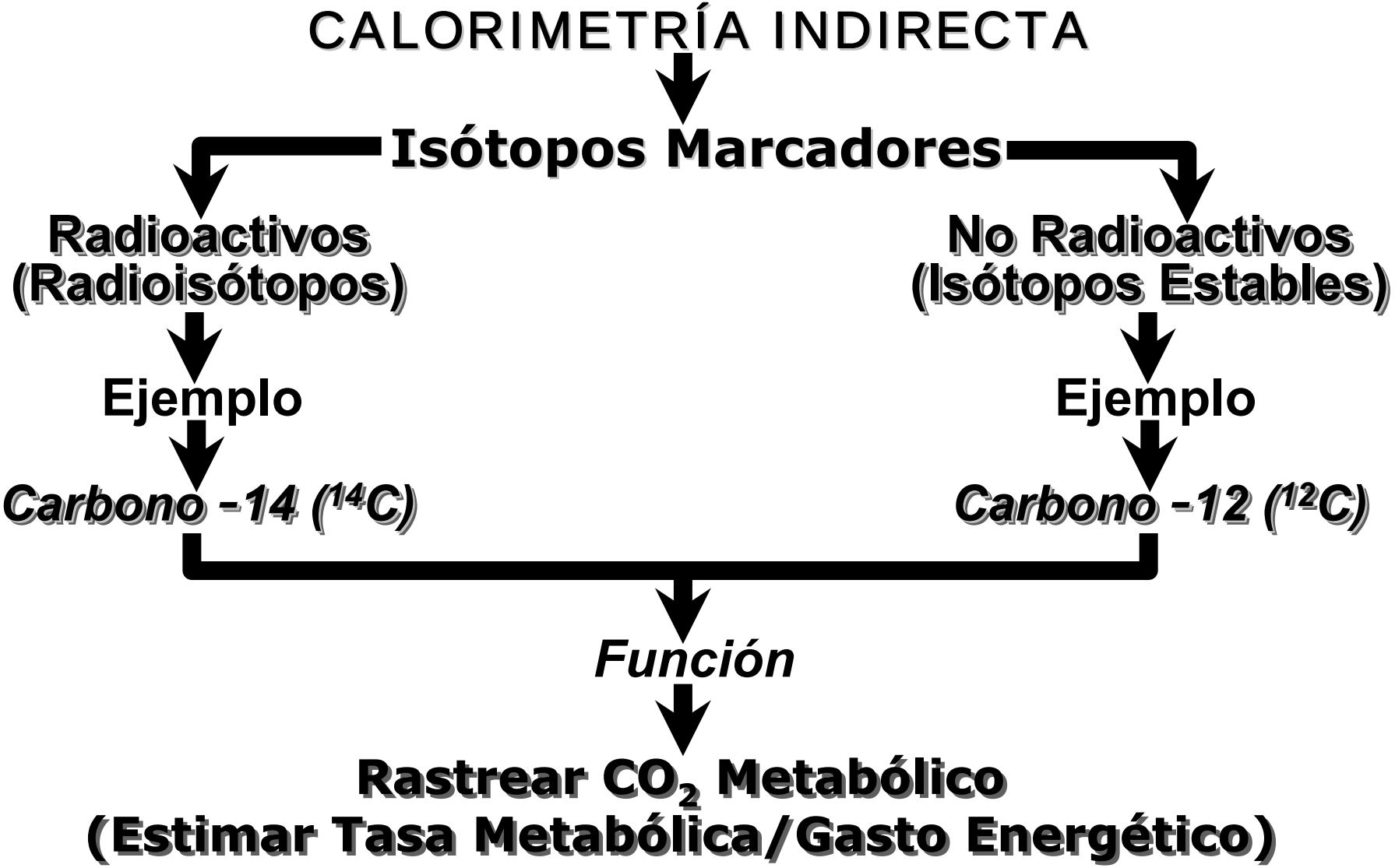
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



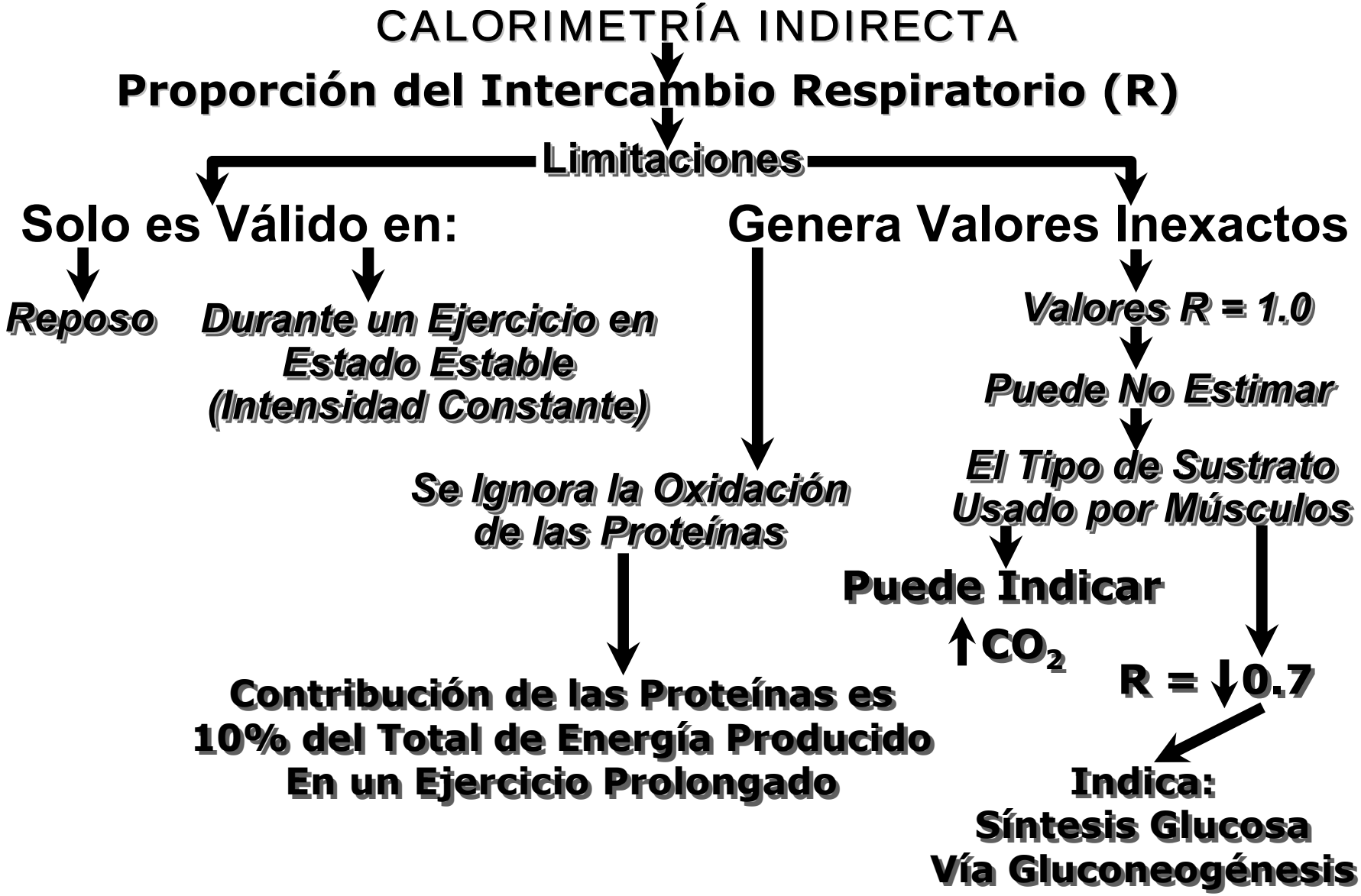
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO



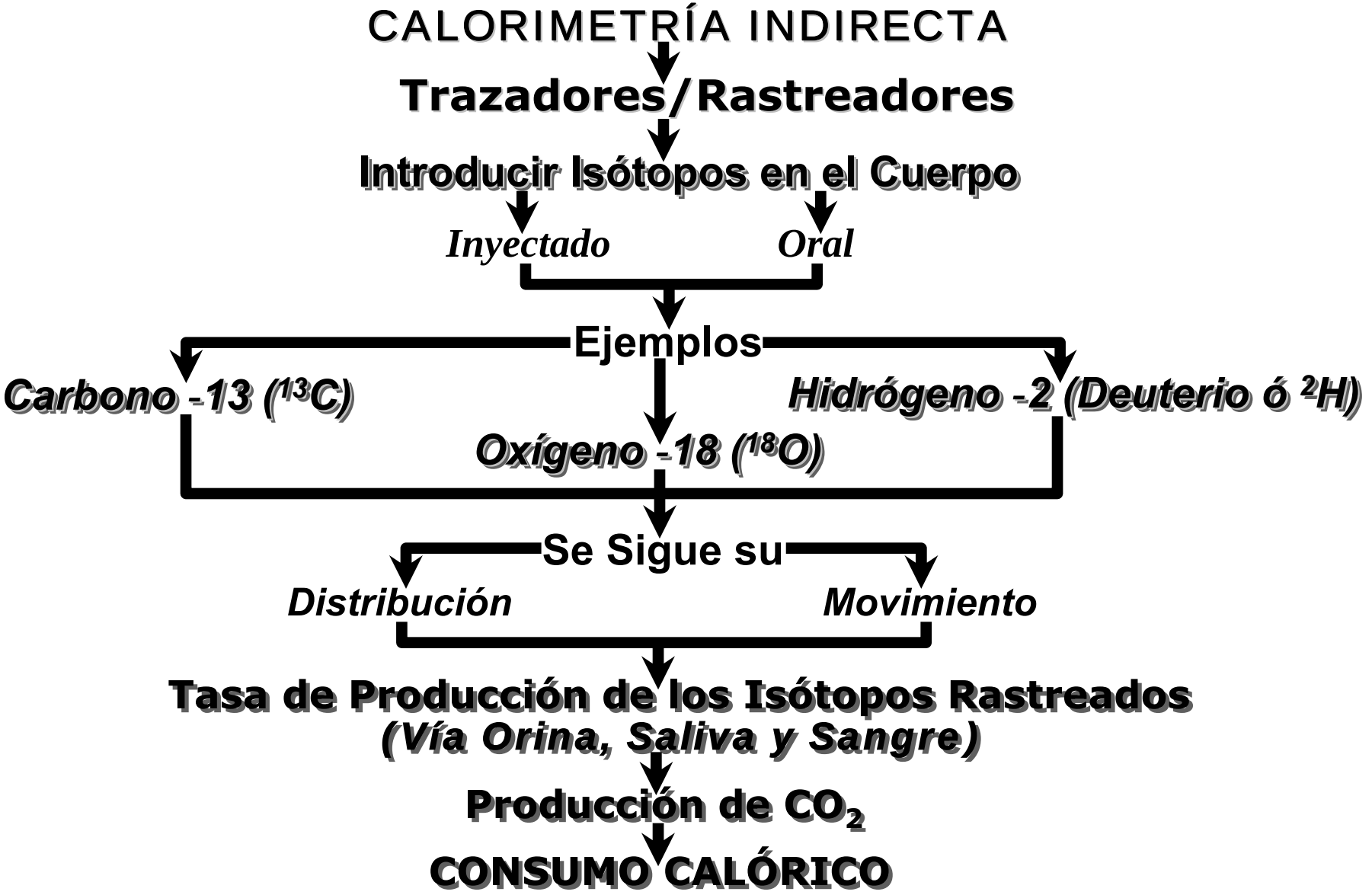
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



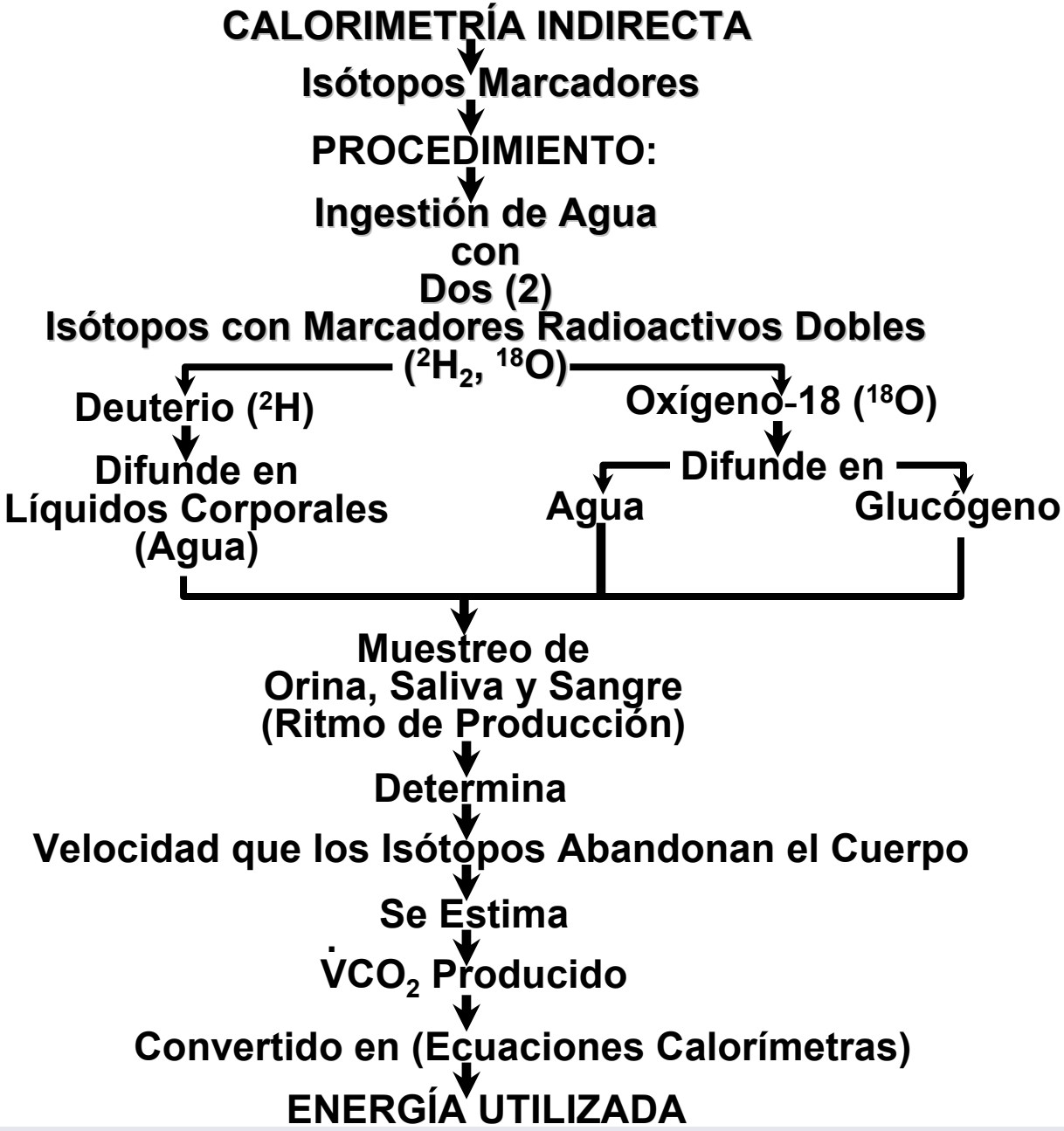
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO

Carbón-13—Infundido y rastreado de manera selectiva para detreminar su movimiento y distribución

Agua de doble marcador radioactivo—$^{2}H_{2}{}^{18}O$ es ingerida y se monitorea la tasa en la cual ^{2}H y ^{18}O se difunde a través de los líquidos corporales (agua) y en las reservas de bicarbonato para eventualmente abandonar el cuerpo, de manera que se pueda calcular la cantidad de energía gastada

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

MEDICIONES DEL GASTO ENERGÉTICO

CALORIMETRÍA INDIRECTA

Isótopos Marcadoes

VENTAJAS

- **Altamente Preciso**
- **Escaso Riesgo**

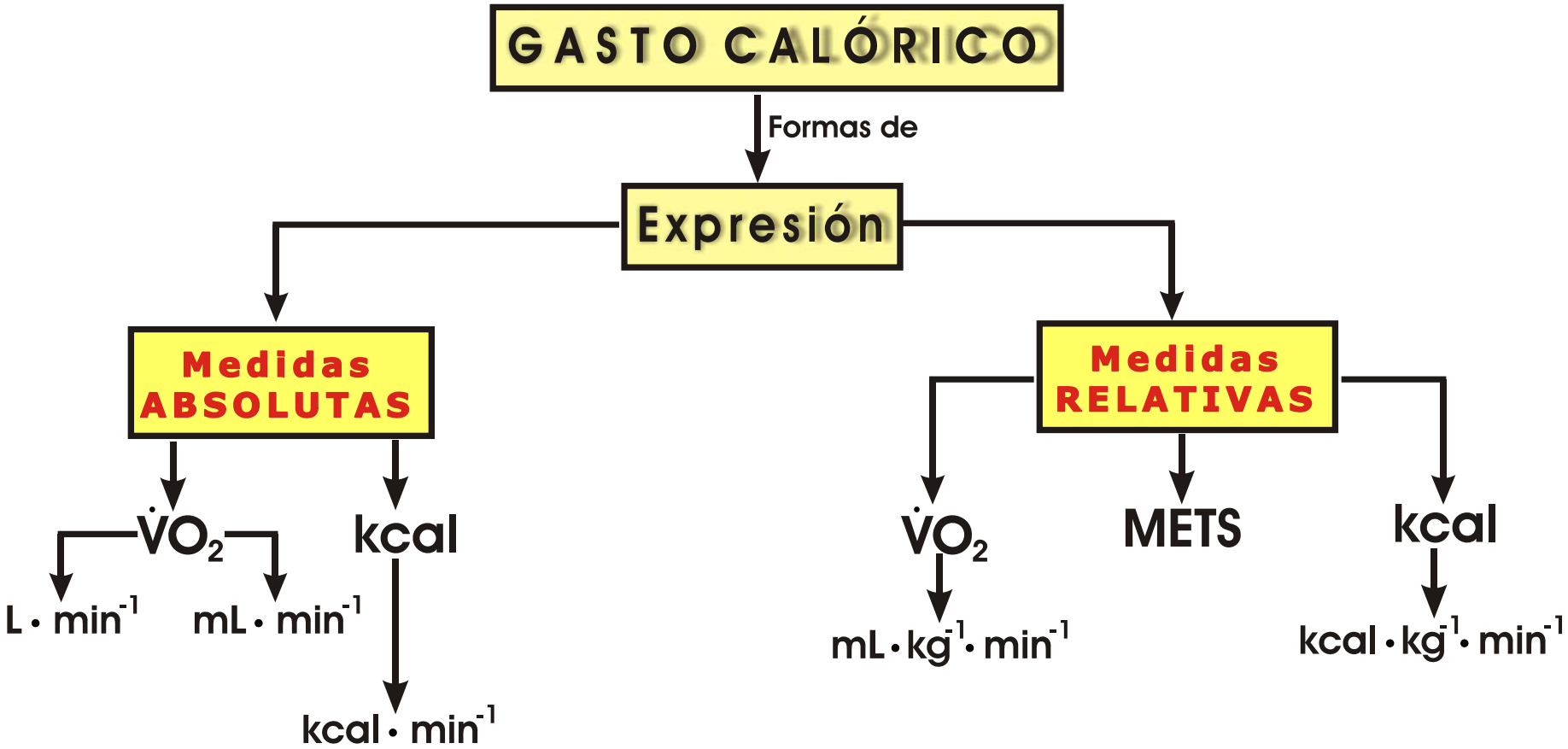
DESVENTAJAS

- **No es adecuado para medir el metabolismo durante el ejercicio agudo (es lento, tarda varias semanas)**
- **Si se usan isótopos radioactivos, existe peligro para los tejidos corporales**

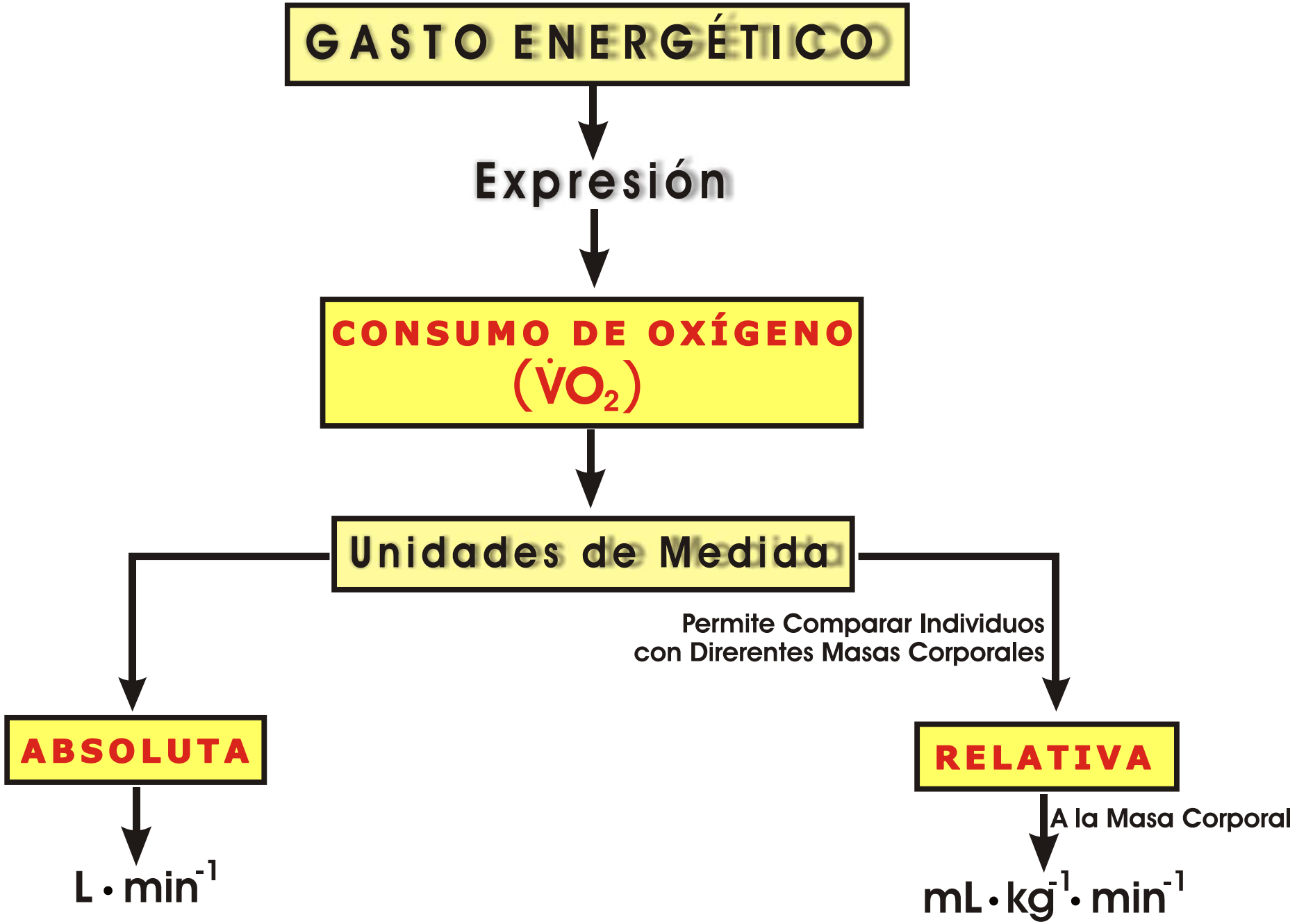
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

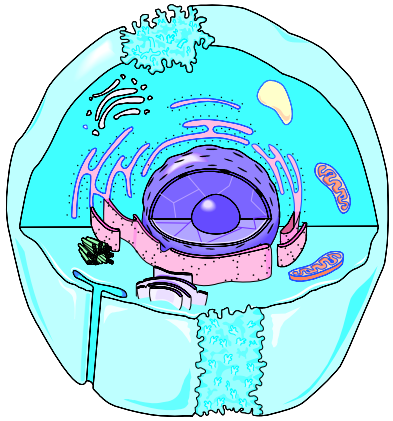


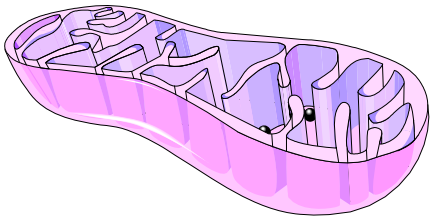
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

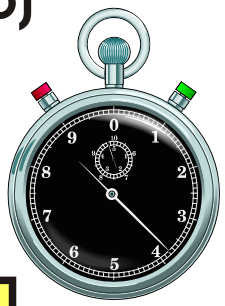
CONSUMO DE OXÍGENO
(VO_2)





Volumen de Oxígeno Utilizado
por
Mitocondrias
(Organelos dentro Células del Cuerpo)

Durante Intérvalos de:



1 Minuto

A Nivel del Mar:

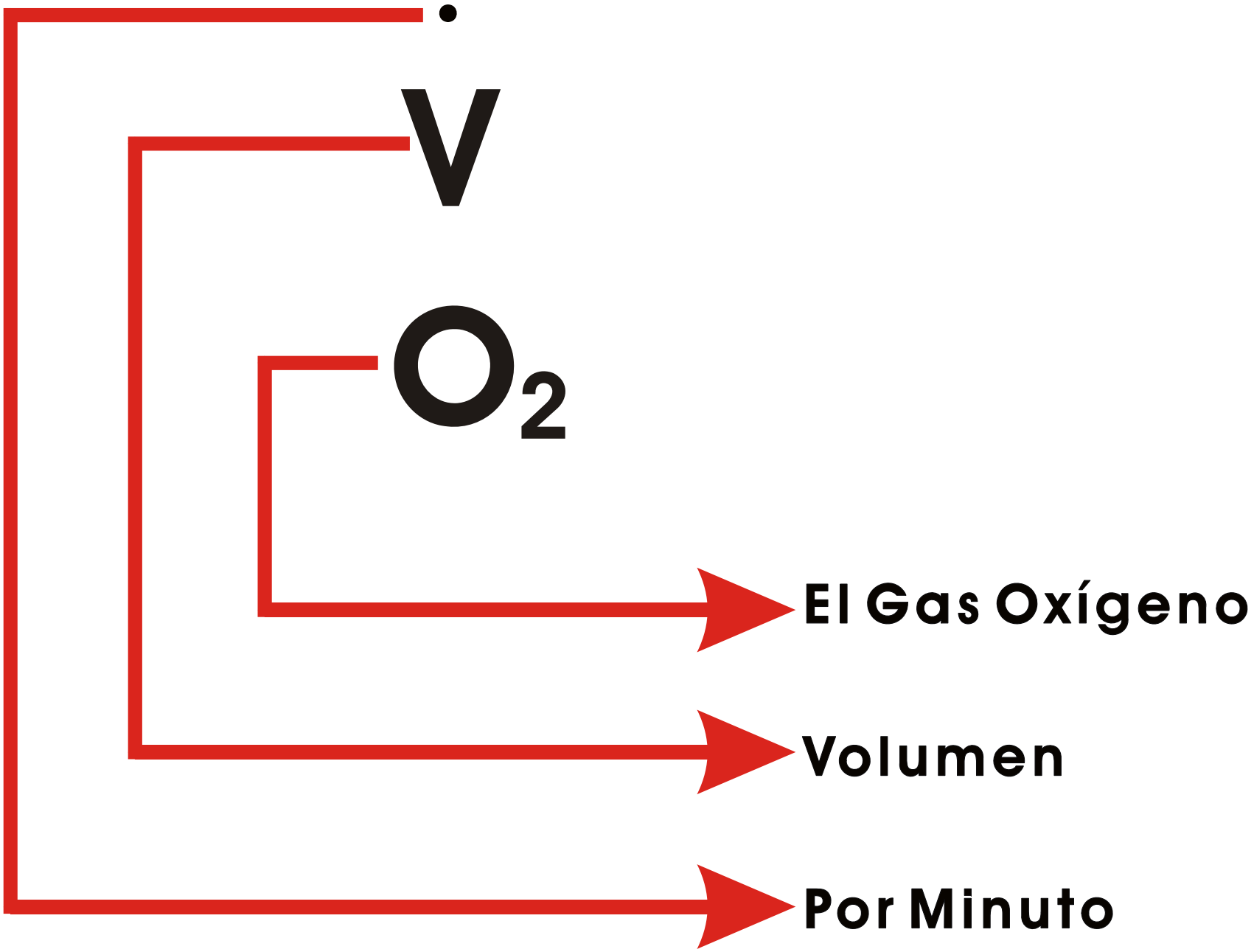
CONDICIONES ESTANDARIZADAS (STPD)

Temperatura (T) (273ºK ó 0ºC)

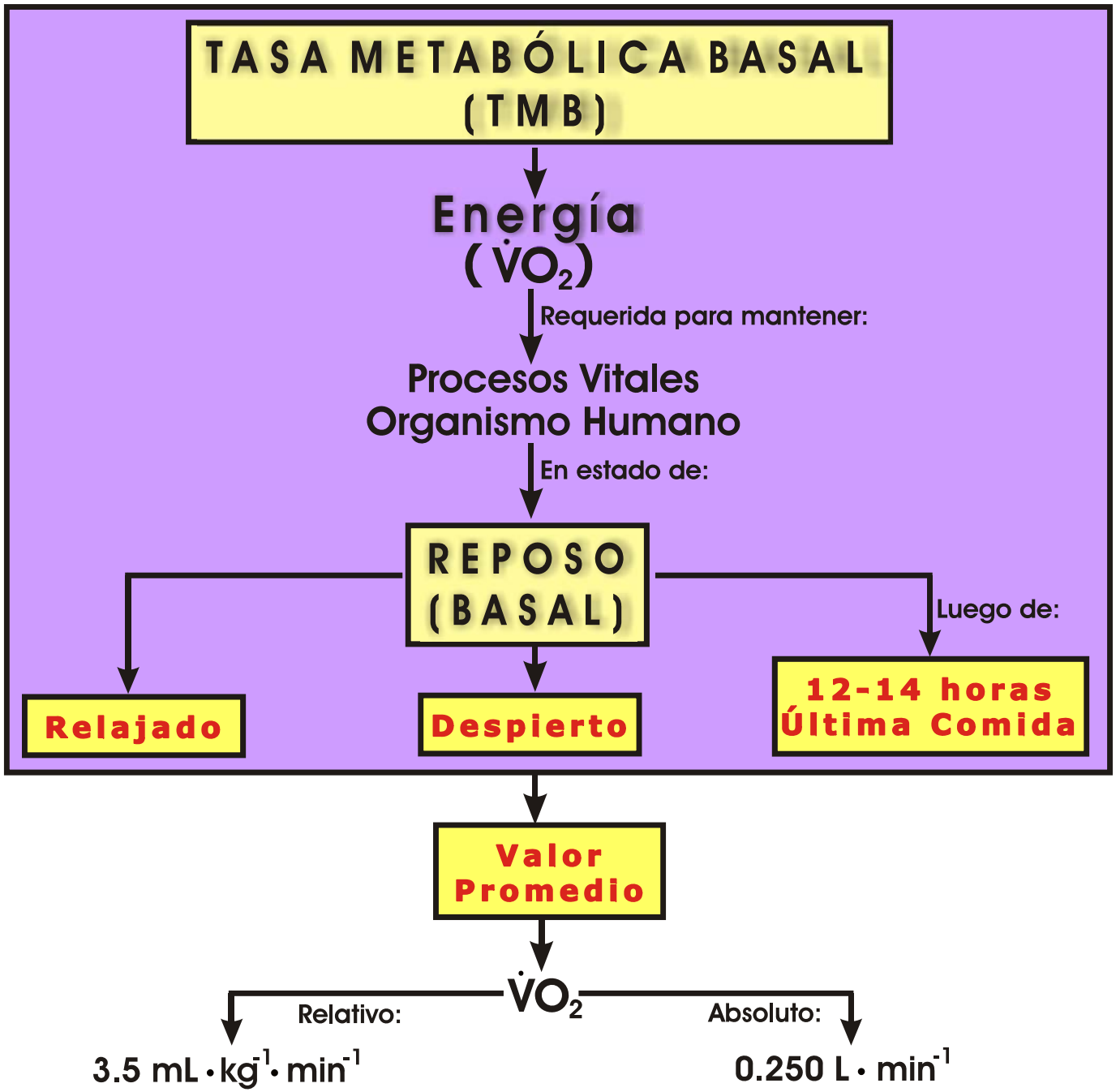
Presión Barométrica (PB) (70 mm Hg ó 1 ATA)

Humedad Relativa (HR) (Seco, 0% HR, Ausencia Vapor de Agua)

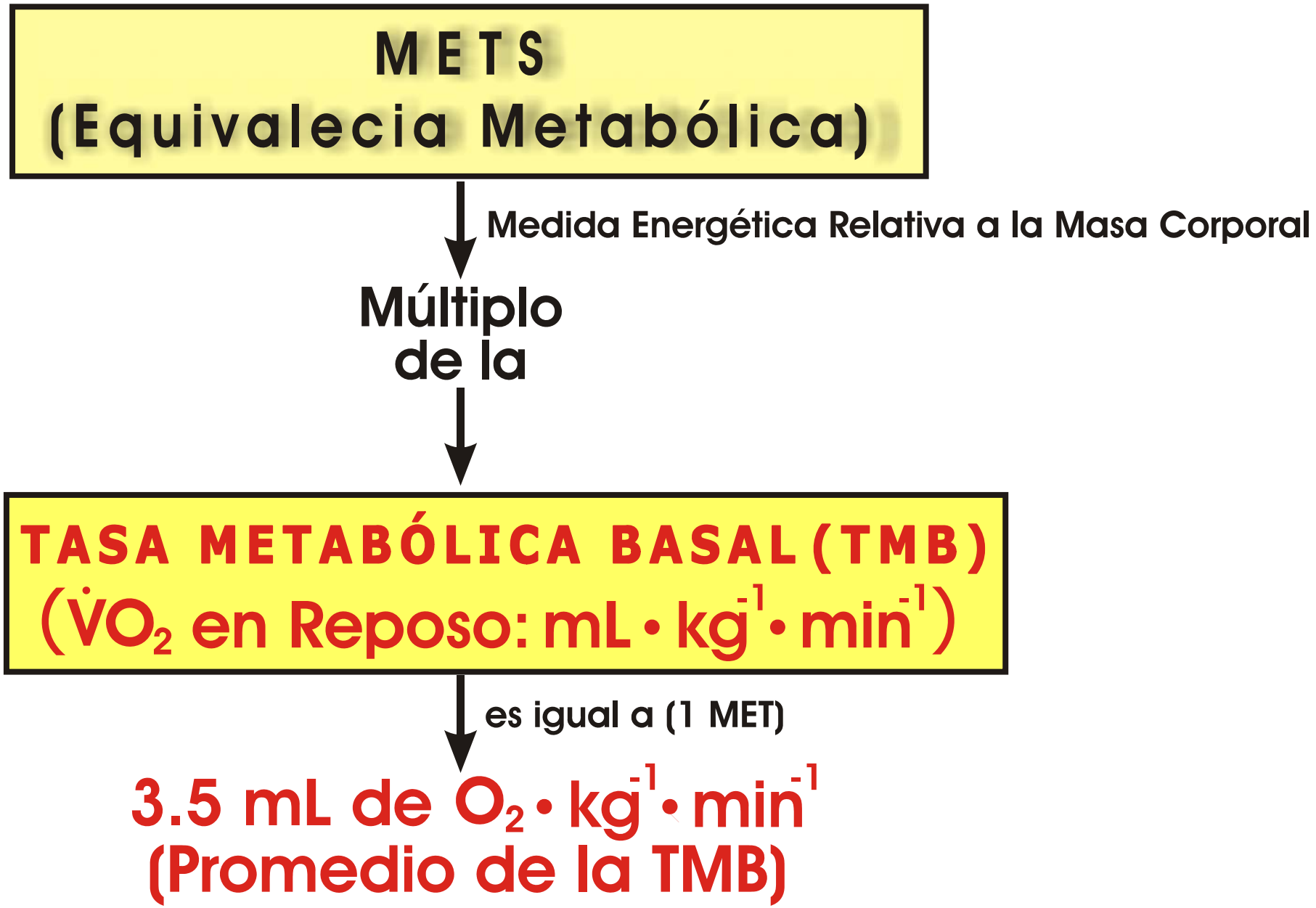
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



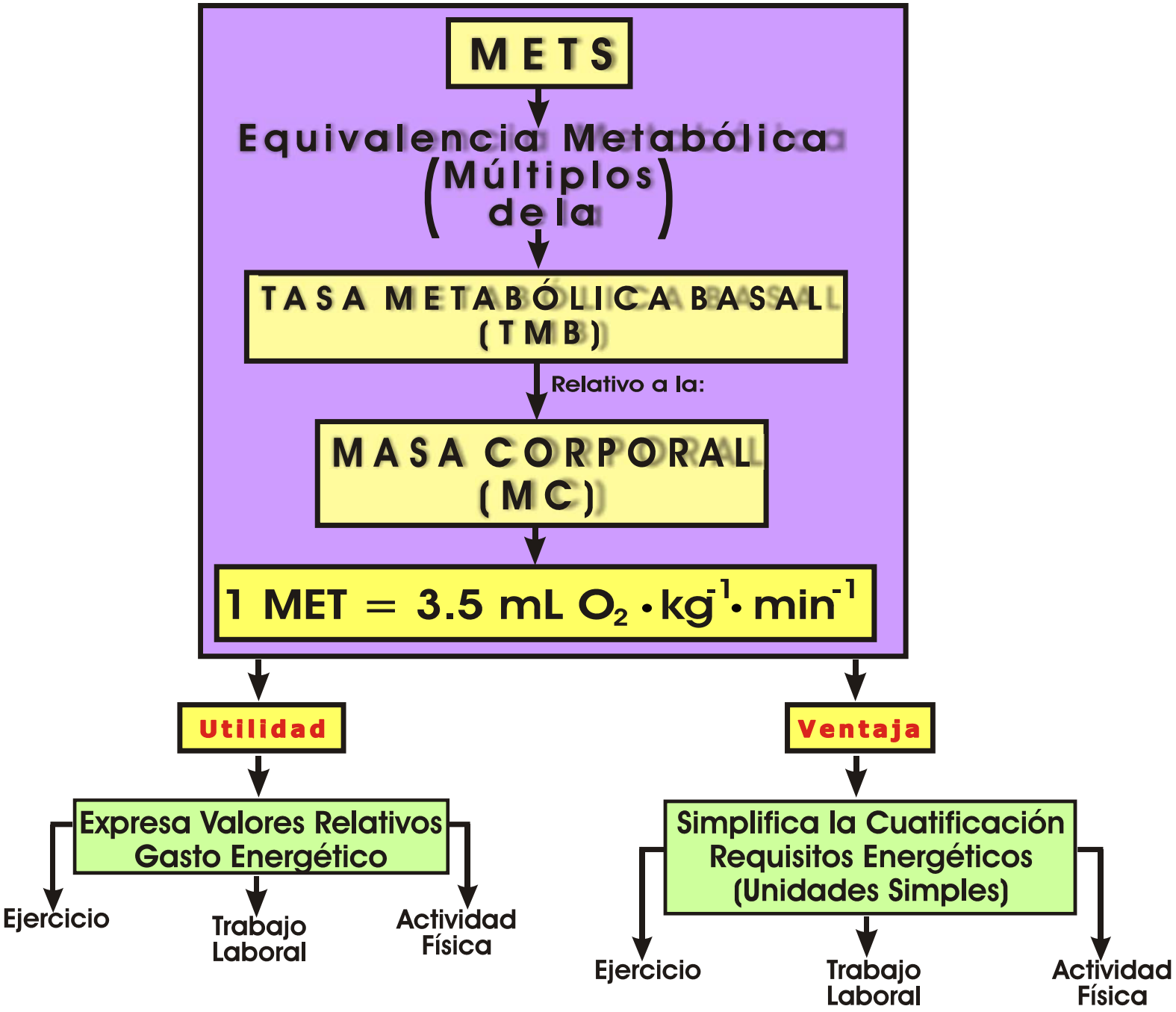
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

CALORIMETRÍA

↓

Ejercicios Anaeróbicos

↓

Estimación del Metabolismo Anaeróbico
(Interacción de los Procesos Oxidativos y No-Oxidativos)

↓

MÉTODOS

CONSUMO DE OXÍGENO EN EXCESO POSTERIOR AL EJERCICIO (COEP), Oxígeno de Recuperación o Deuda de Oxígeno

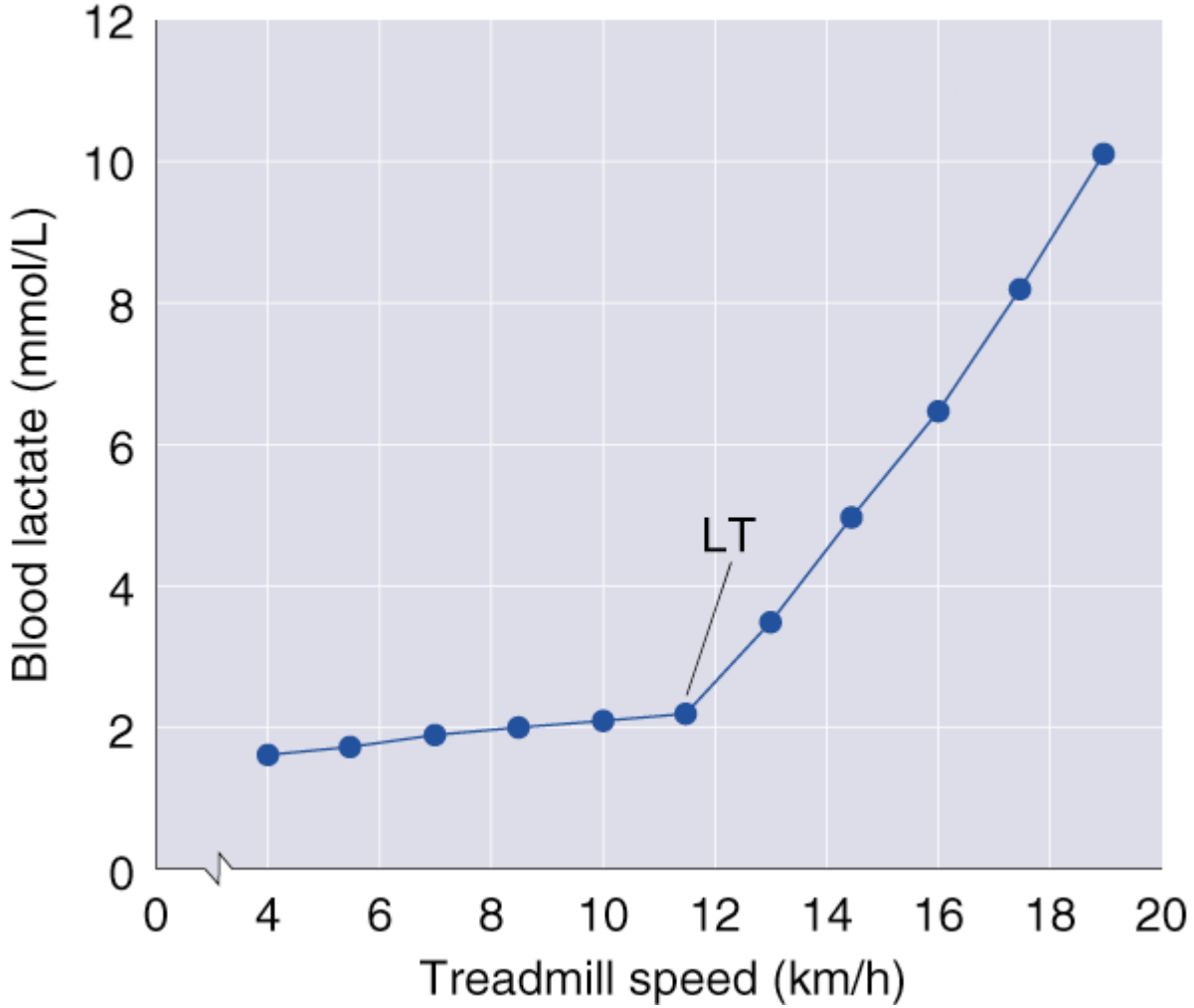
UMBRAL DE LACTATO (UL), Nivel del Umbral Anaeróbico (UAn)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Estimaciones del Esfuerzo Anaeróbico: *Nivel del Umbral de Lactato o Anaeróbico*

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

INTENSIDAD DEL EJERCICIO Y ACUMULACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO



NOTA. Foto reproducida de: ***Physiology of Sport and Exercise***. (p. 109), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 1994, Champaign, IL: Human Kinetics. Copyright 1994 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

NIVEL DEL
UMBRAL DE LACTATO (UL)
(UMBRAL ANAERÓBICO [UAn])

↓

EJERCICIO AGUDO
DE
INTENSIDAD PROGRESIVA

↓

Durante la Actividad
más Intensa

↓

↑Acumulación de Lactato

↓

Punto de Inicio para la
Acumulación del
Lactato Sanguíneo (OBLA)
(2.0 - 4.0 mmol/L O_2)

↓

GLUCÓLISIS ANAERÓBICA
(CAPACIDAD ANAERÓBICA)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

NIVEL DEL
UMBRAL DE LACTATO (UL)
(UMBRAL ANAERÓBICO [UAn])

↓

MEJOR INDICADOR DEL
POTENCIAL DE EJECUTORIA
EVENTOS DE TOLERANCIA/FONDO

↓ *(porque)*

↑ **UL**
(un Alto Nivel de UL)
en Relación al
$\dot{V}O_2$máx

↓ *(Implica)*

↑ **Rendimiento en**
Competencias de Fondo
(Mejor Ejecutoria en Deportes de Tolerancia)

↓

A una
Alta Intensidad
sin que se Produzca los
Disturbios Homeostáticas
Asociados con la
Acidosis Metabólica

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

UL (OBLA)

Se Expresa como un

%$\dot{V}O_2$máx

(UL %VO_2)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

NIVEL DE UMBRAL DE LACTATO (UL) (UMBRAL ANAERÓBICO [UAn])

Individuos No Entrenados

55 - 65 % $\dot{V}O_2$máx

Atletas Elites de Tolerancia

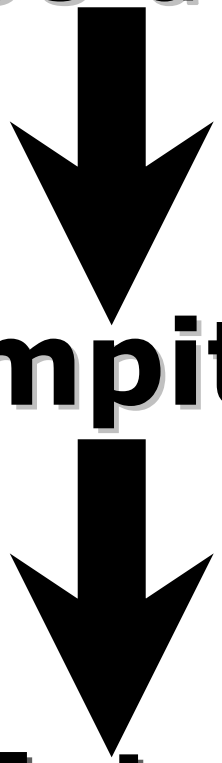
80% del $\dot{V}O_2$máx

Indica Mayor Tolerancia Al Ejercicio

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO

Atletas Elites de Tolerancia

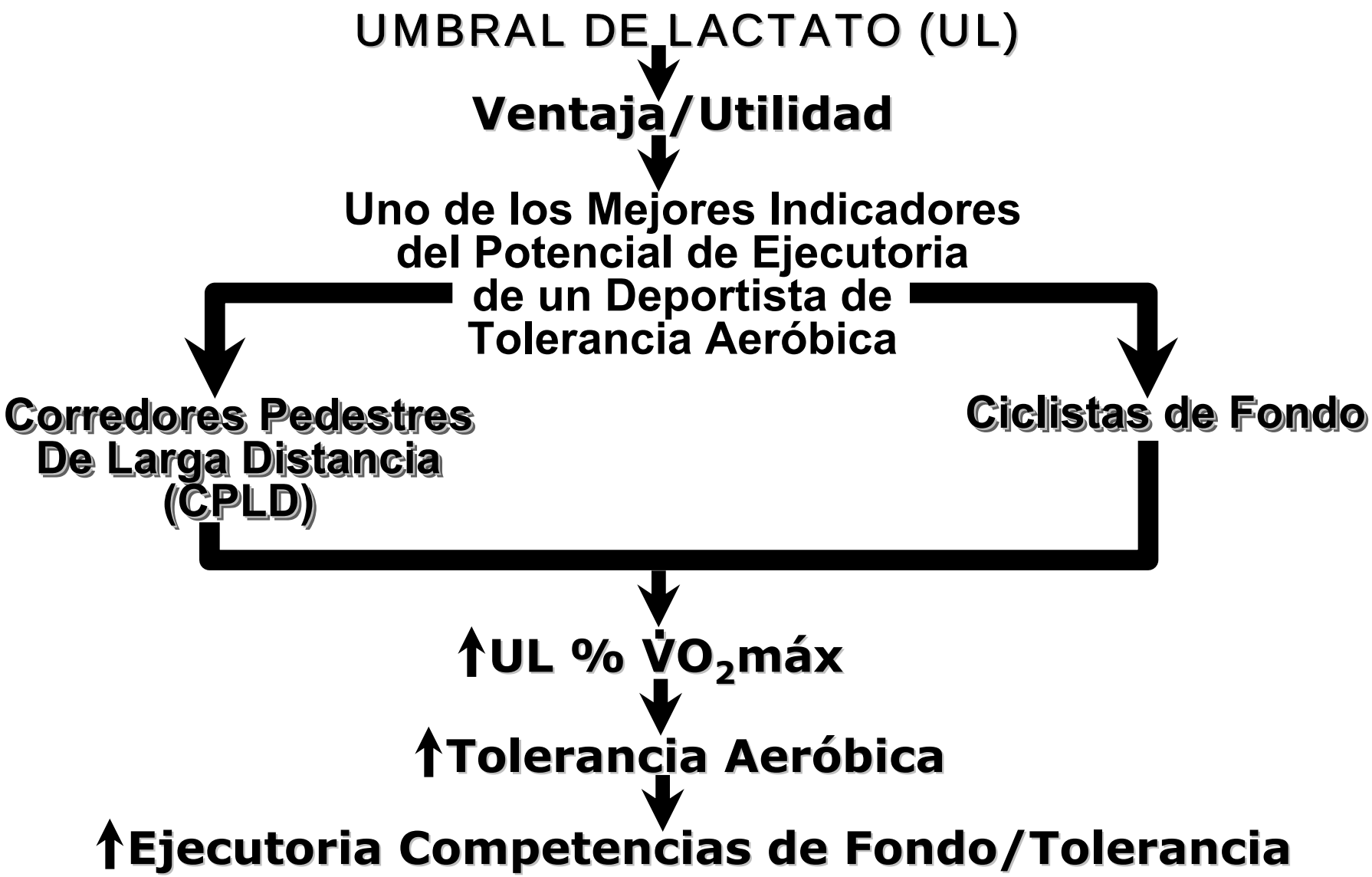


Compiten

A una Intensidad Levemente Mayor del UL (OBLA)

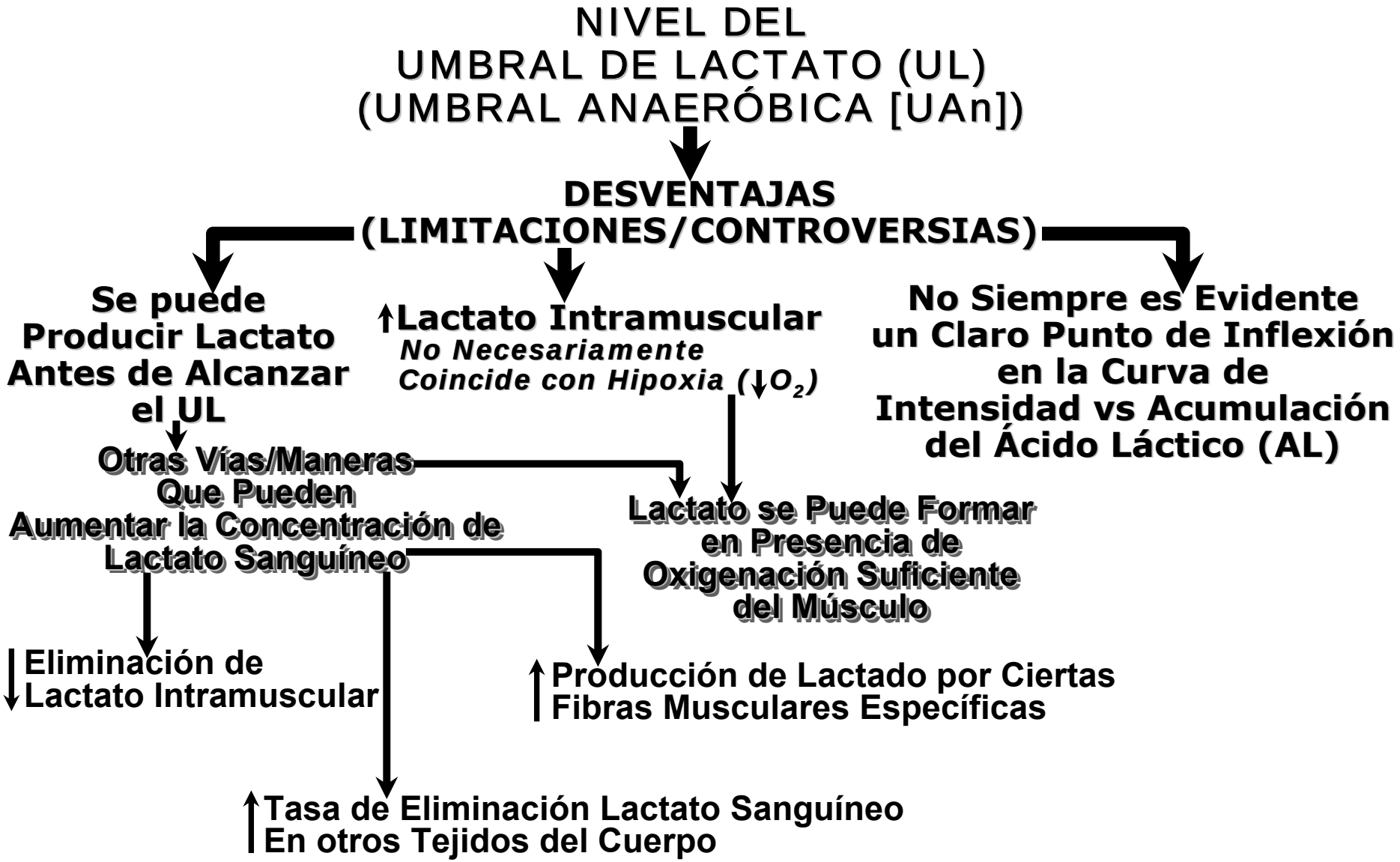
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ESTIMACIONES DEL ESFUERZO ANAERÓBICO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Umbral de Lactato

- El punto en el cual comienza la acumulación del lactato sanguíneo sobre los niveles en reposo durante un ejercicio de intesidad progresiva, donde la producción de lactato excede su eliminación
- El aumento súbito en el lactato sanguíneo que responde al incremento del esfuerzo puede ser el resultado de un aumento en la producción de lactato o a una reducción en la eliminación del lactato de la sangre
- Puede indicar un potencial para los ejercicios de tolerancia; la formación de lactato contribuye a la fatiga

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

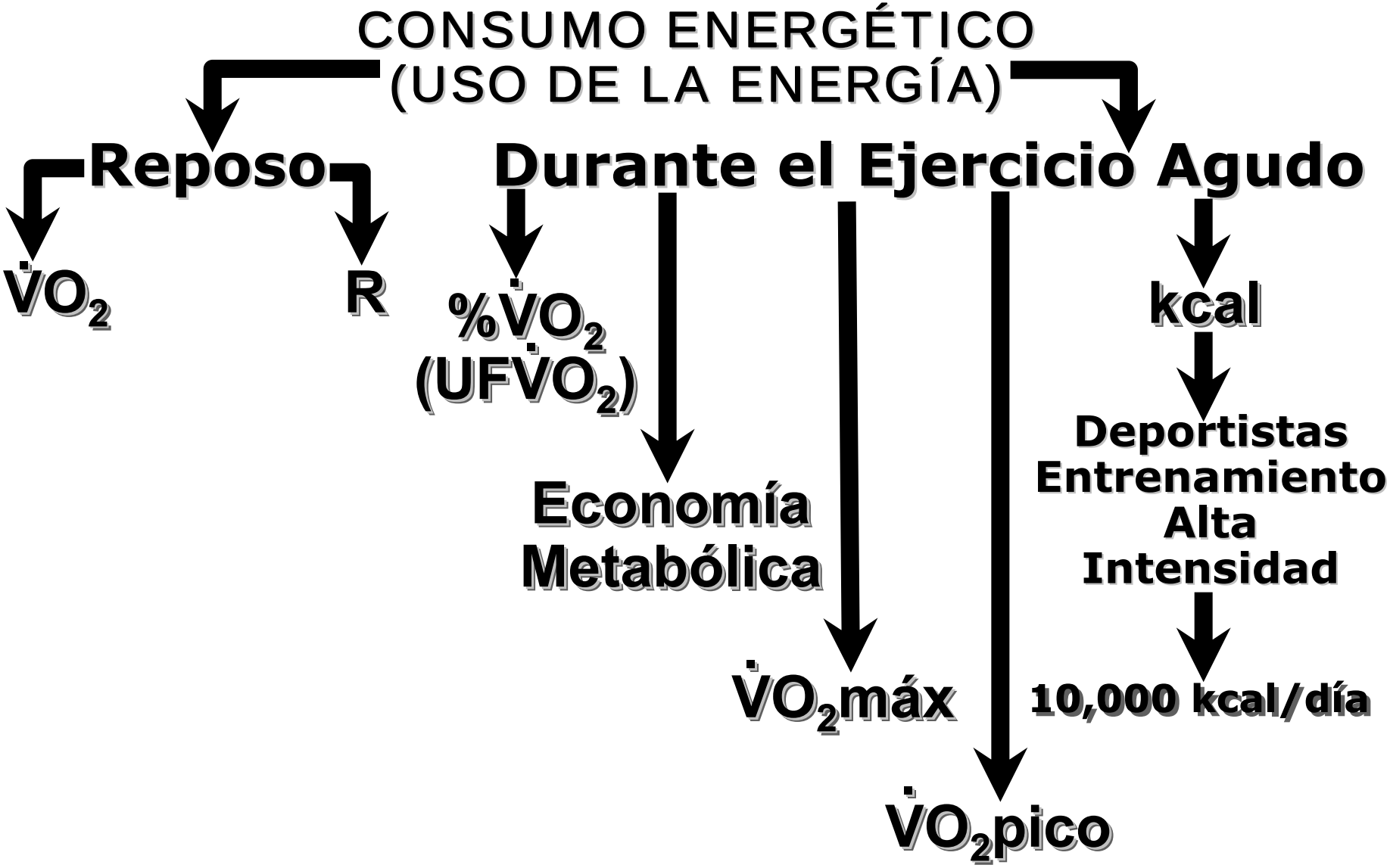
¿Sabía Usted…?

Cuando el umbral de lactato (UL) se expresa como un porcentaje del $\dot{V}O_2$máx, representa uno de los mejores determinantes para la cadencia/paso del atleta en eventos de tolerancia, tales como carreras de fondo y el ciclismo. Mientras que individuos no entrenados típicamente poseen un UL cerca de 50% a 60% de su $\dot{V}O_2$máx, los atletas elites alcanzan un UL más alto relativo al $\dot{V}O_2$máx, esto es, entre 70% y 80% del $\dot{V}O_2$máx.

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

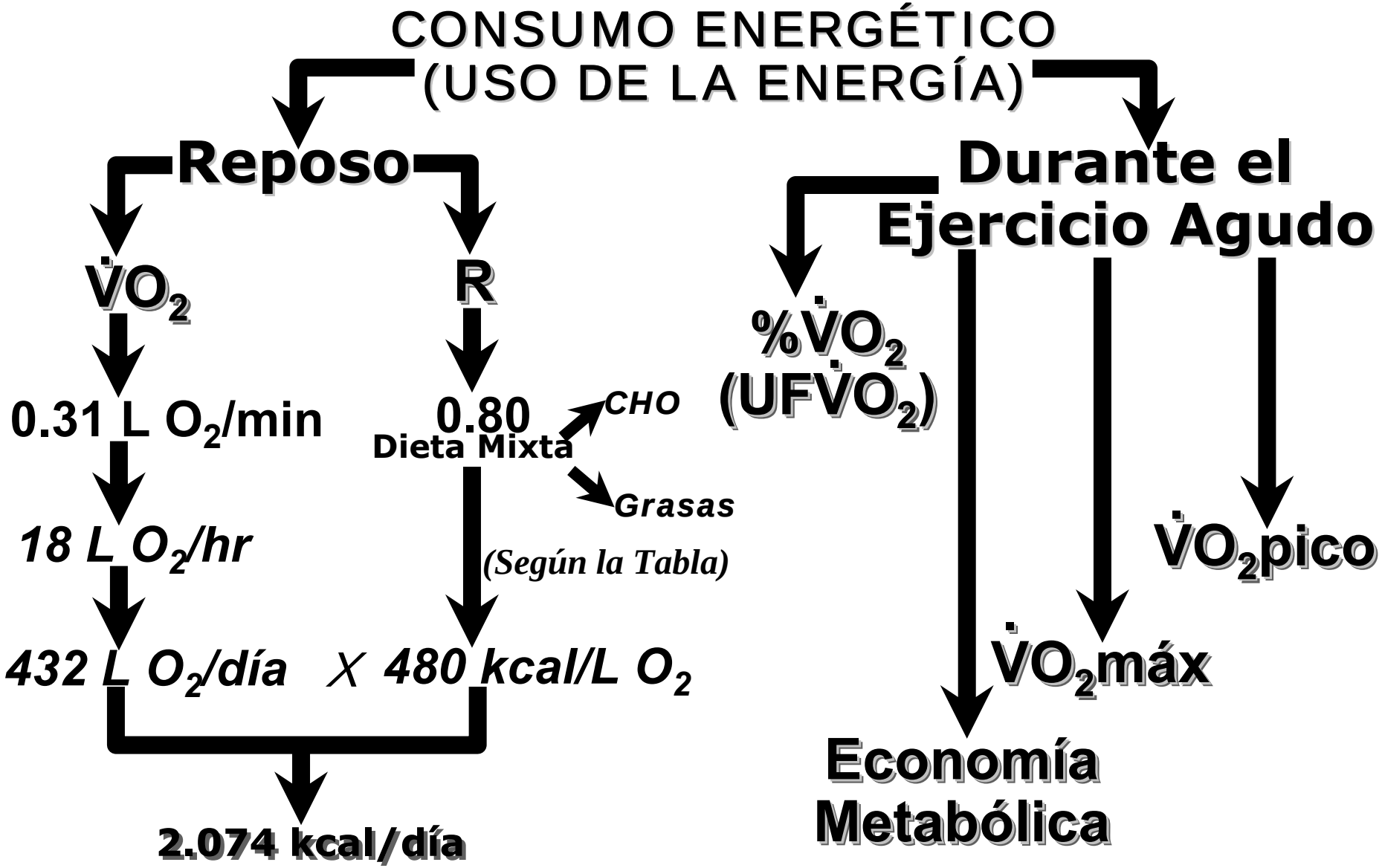
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

EQUIVALENTES CALÓRICOS

- Equivalentes energéticos de los alimentos
  - CHO: 4.1 kcal/g
  - Grasas: 9.4 kcal/g
  - Proteína: 4.1 kcal/g
- Energía por litro de oxígeno consumido
  - CHO: 5.0 kcal/L
  - Grasas: 4.7 kcal/L
  - Proteínas: 4.5 kcal/L

Ejemplo: $\dot{V}O_2$ reposo = 0.300 L/min $\times$ 60 min/hr $\times$ 24 hr/día = 432 L/día $\times$ 4.8 kcal/L = 2,074 kcal/día

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO

PROBLEMA:

- ¿Cuál es el consumo calórico en reposo diario para un individio promedio (70 kg)?

CONOCIDO/DADO:

$\dot{V}O_2$ Reposo = 0.3 L O_2/min = 432 L O_2/día

R = 0.80 = 4.80 kcal/L O_2 consumido

SOLUCIÓN:

Calorías Diarias, *kcal/día*

$$= \frac{\text{L } O_2}{\text{día}} \text{ X } \frac{\text{kcal}}{\text{L } O_2}$$

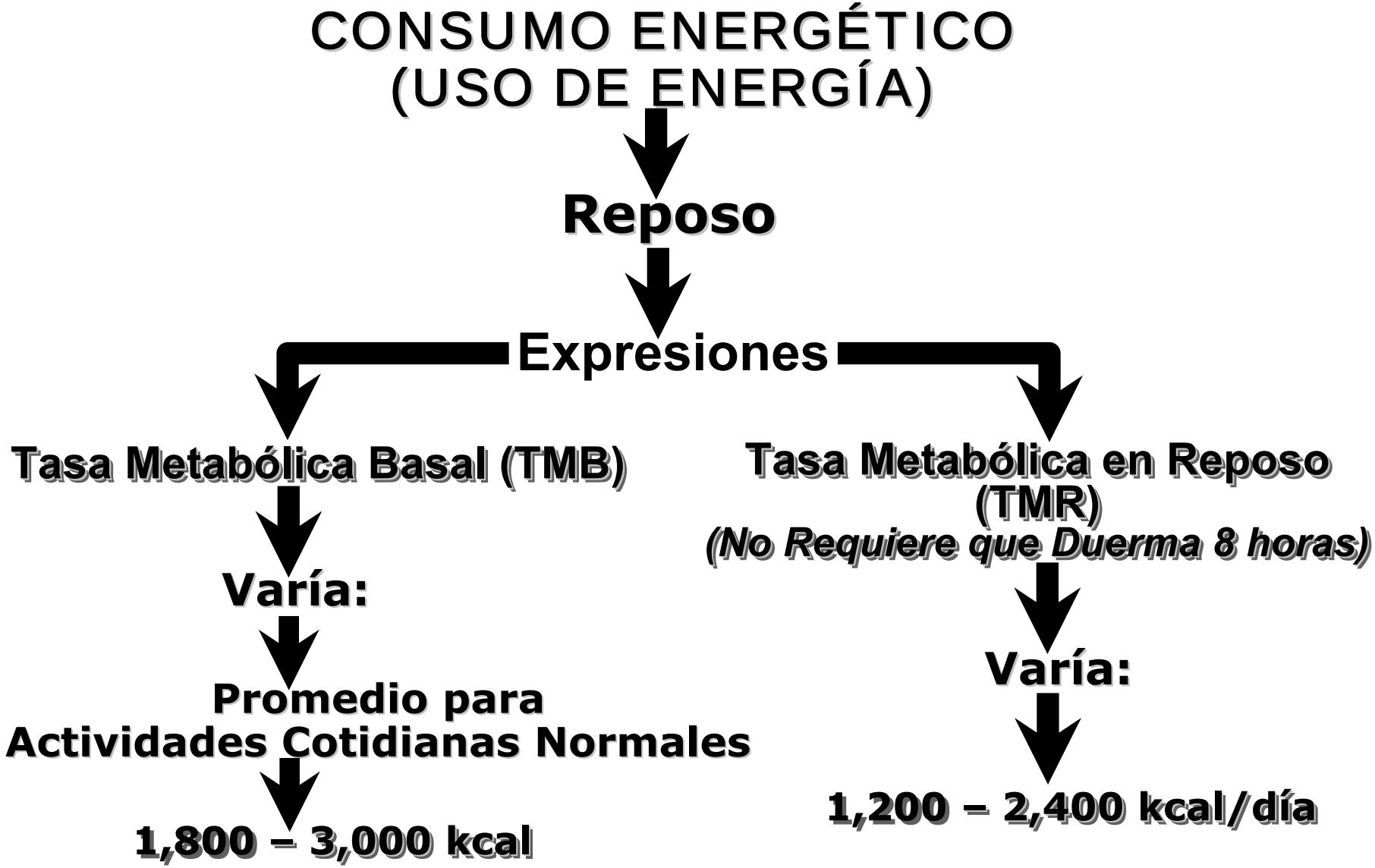
$$= \frac{432 \cancel{\text{L } O_2}}{\text{día}} \text{ X } \frac{4.80 \text{ kcal}}{\cancel{\text{L } O_2}}$$

$$= \boxed{2.074 \text{ kcal/día}}$$

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE ENERGÍA)

↓

Reposo

↓

Tasa Metabólica Basal (TMB)

↓

**Cantidad Mínima de Energía
Requerida para
Mantener las Funciones Fisiológicas Escenciales
del Cuerpo Humano**

↓

Medición/Estimación

↓

**Reposo, Posición Supina
Medido Después de
8 hr. de Sueño y
12 hr. de Ayuno**

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

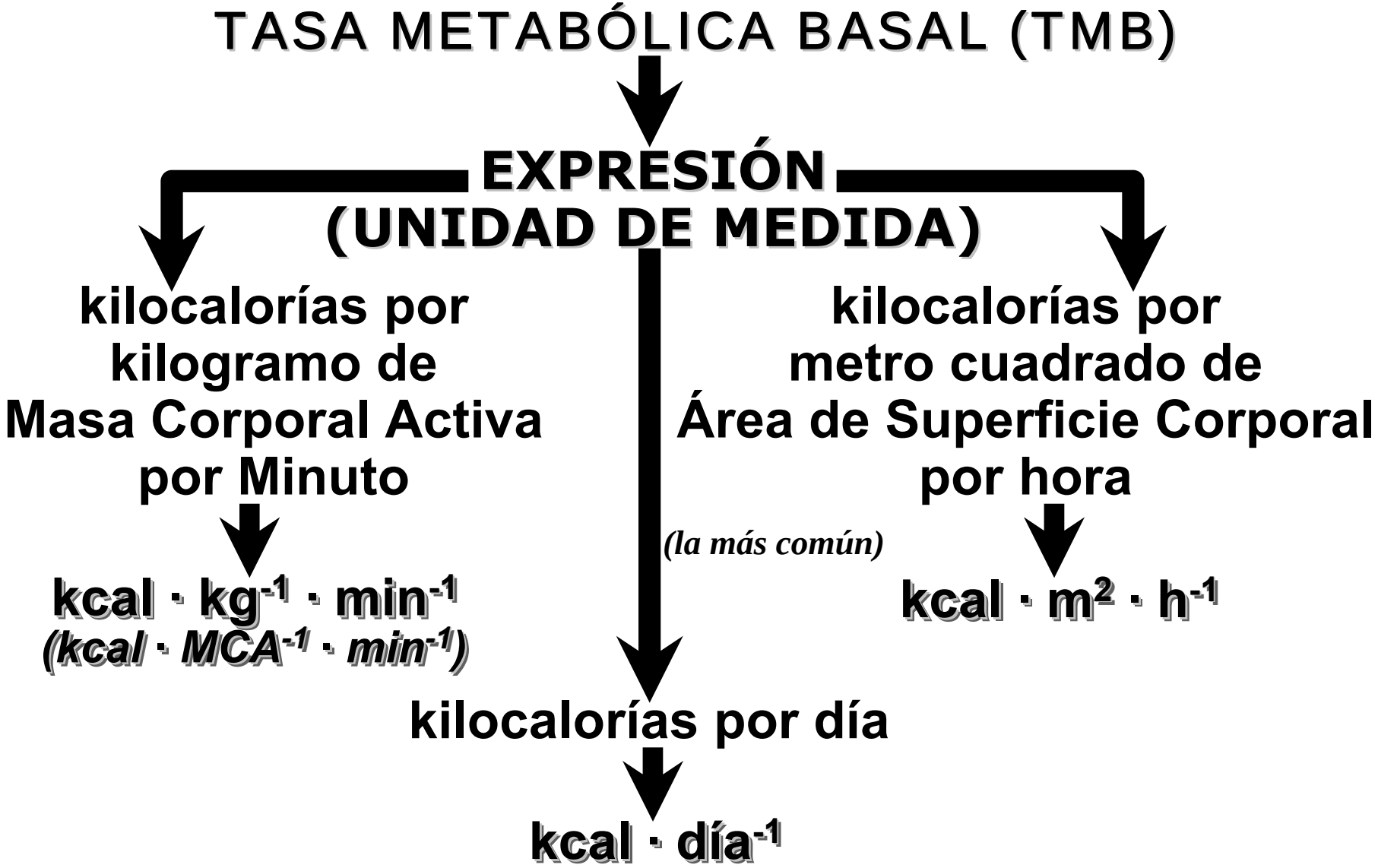
TASA METABÓLICA

- La taza en la cual el cuerpo gasta energía en descanso y durante el ejercicio
- Medida como un consumo de oxígeno total del organismo y su equivalente calórico
- La taza metabólica basal o en reposo (TMB) es la energía mínima requerida para las funciones fisiológicas esenciales (varía entre 1,200 y 2,400 kcal/24 hr)
- La energía mínima requerida para las actividades diarias nomales puede fluctuar de 1,800 ao 3,000 kcal/24 hr

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

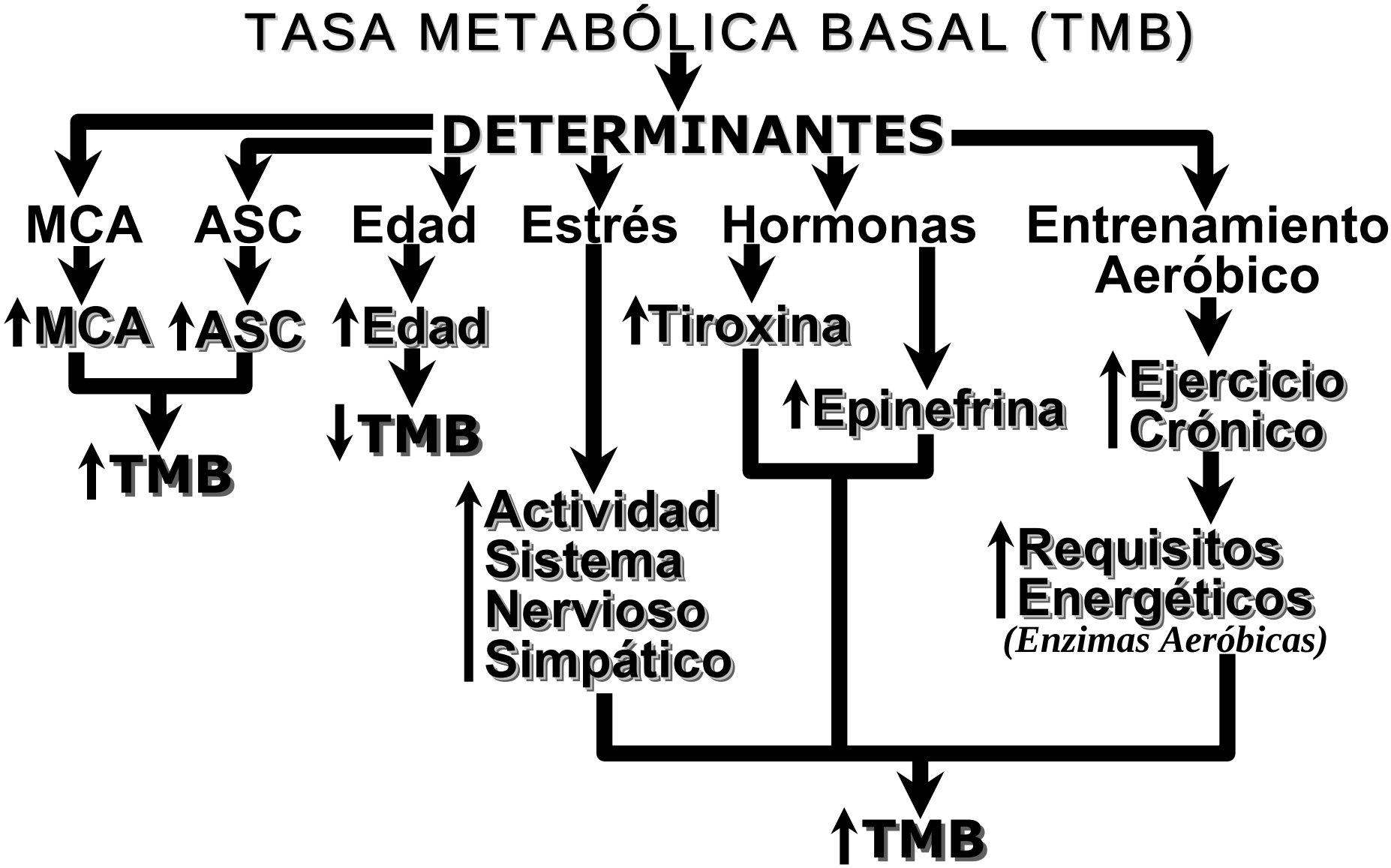
FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

- Entre mayor sea la ***masa libre de grasa***, más alto será la TMR
- Entre mayor sea el ***área de superficie corporal***, más alto será la TMR
- La TMR disminuye gradualmente con la ***edad***
- La TMB aumenta con la ***temperatura corporal***
- Entre mayor sea el ***estrés***, más alto será la TMR
- Entre más alto sean los niveles de ***tiroxina*** y ***epinefrina***, más alto será la TMR

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

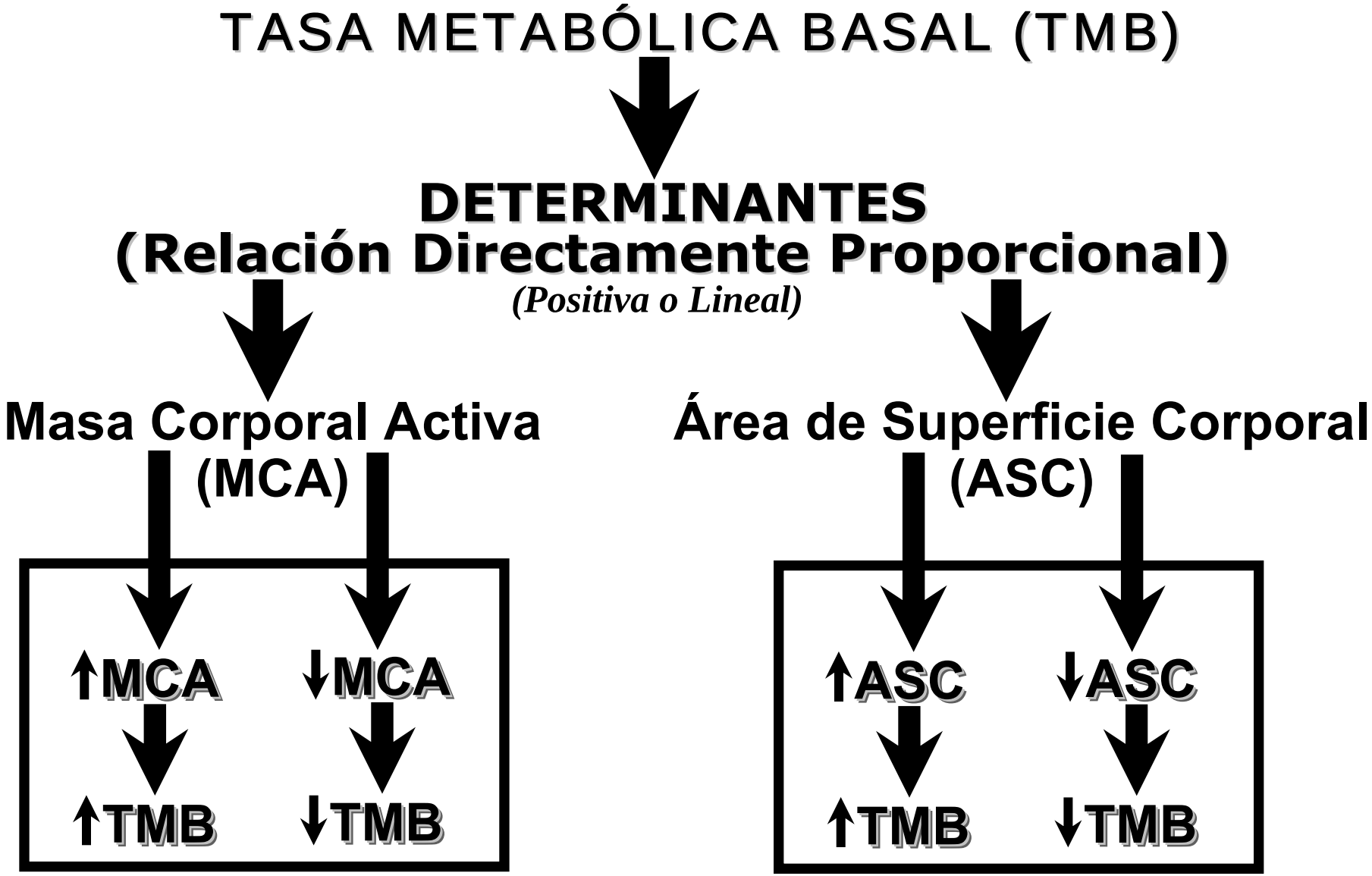
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR



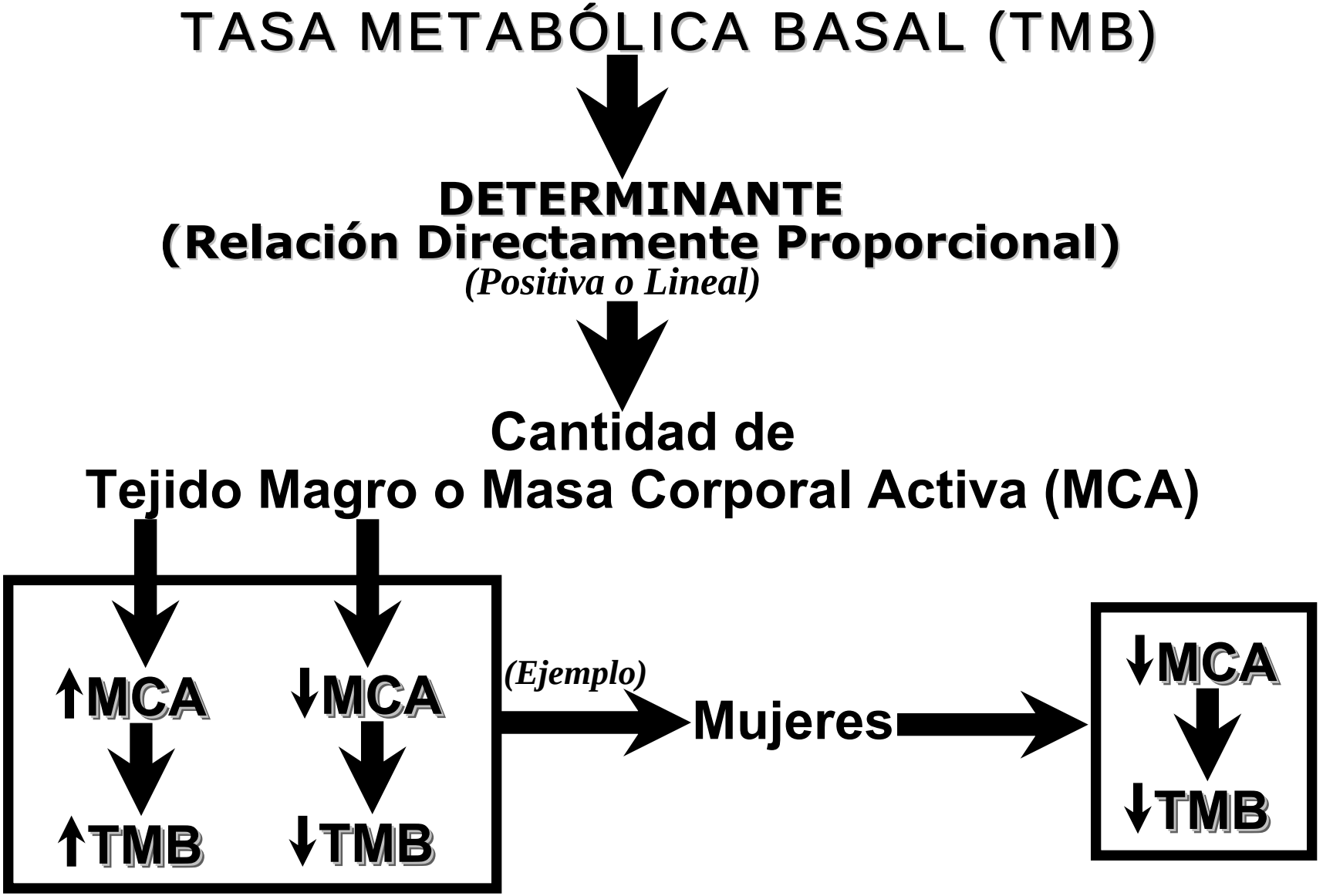
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

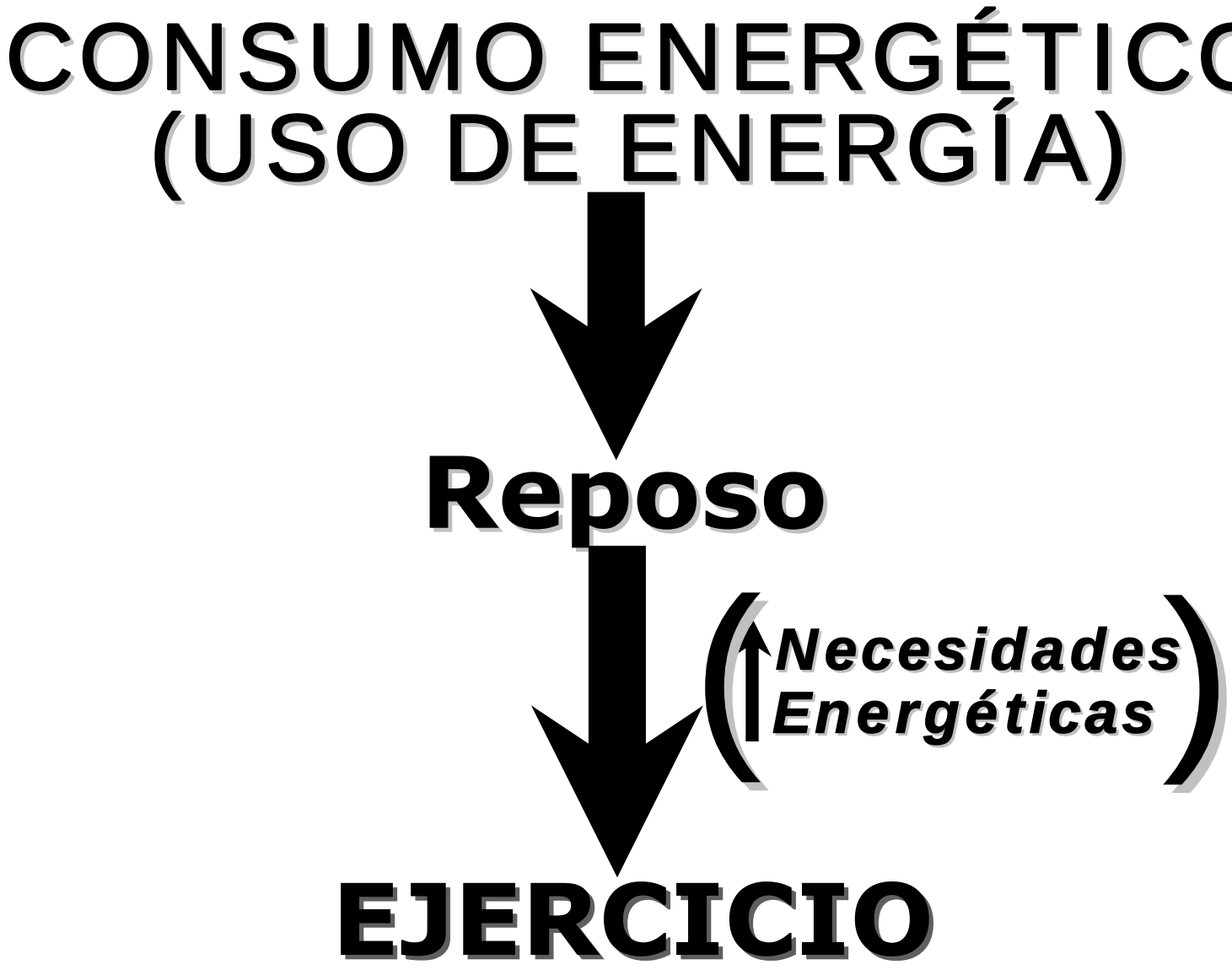


Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO: EJERCICIO

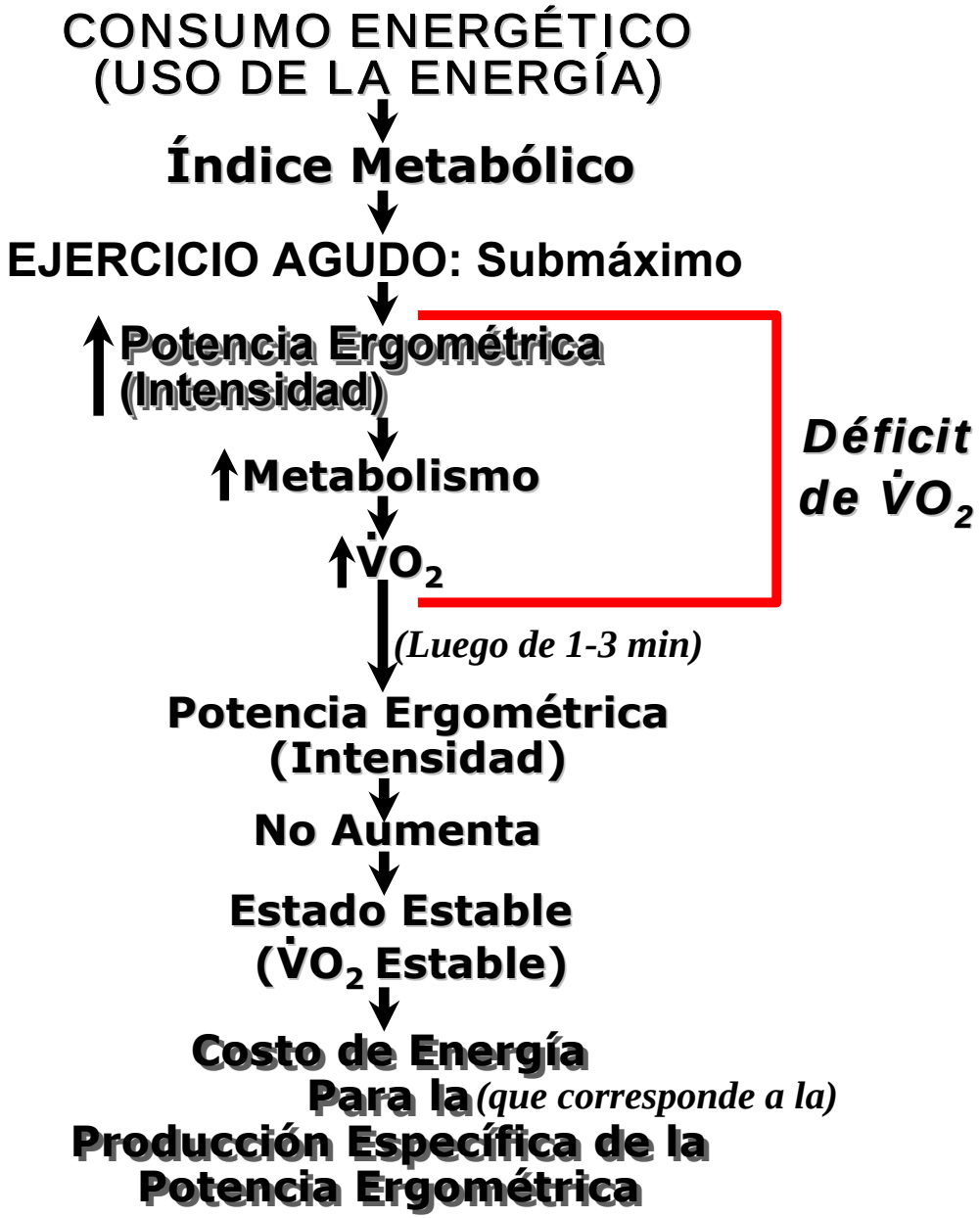


Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO: EJERCICIO SUBMÁXIMO

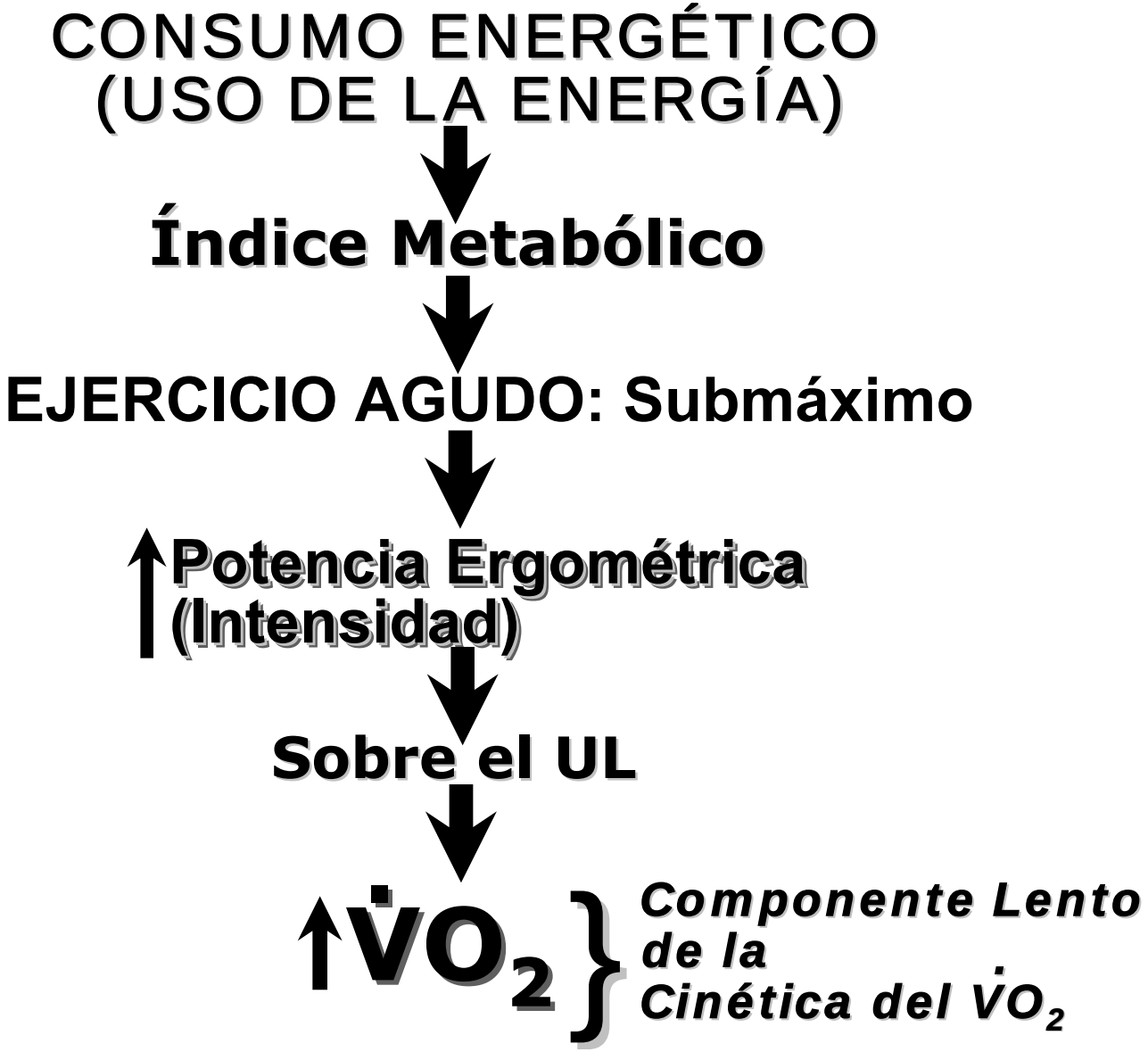
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO: EJERCICIO SUBMÁXIMO



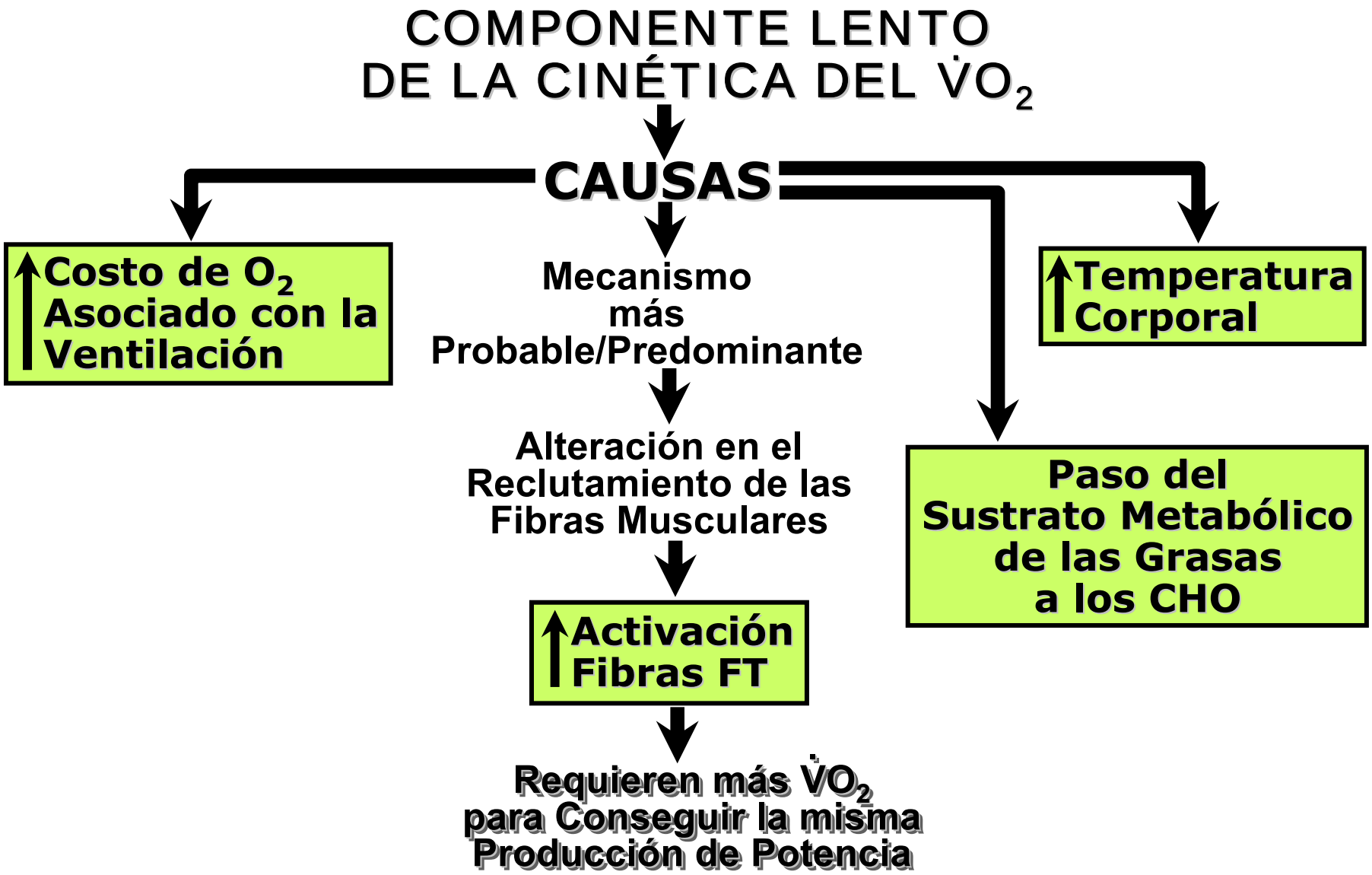
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO ENERGÉTICO: EJERCICIO SUBMÁXIMO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

EJERCICIO SUBMÁXIMO: Índice Metabólico



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Consumo Energético: Ejercicio Submáximo

CONSUMO ENERGÉTICO
(USO DE LA ENERGÍA)

↓

Índice Metabólico

↓

EJERCICIO AGUDO: Prolongado y Submáximo

↓

Potencia Ergométrica (Intensidad):
Estable/Constante

↓

Bastante por Abajo del UL

↓

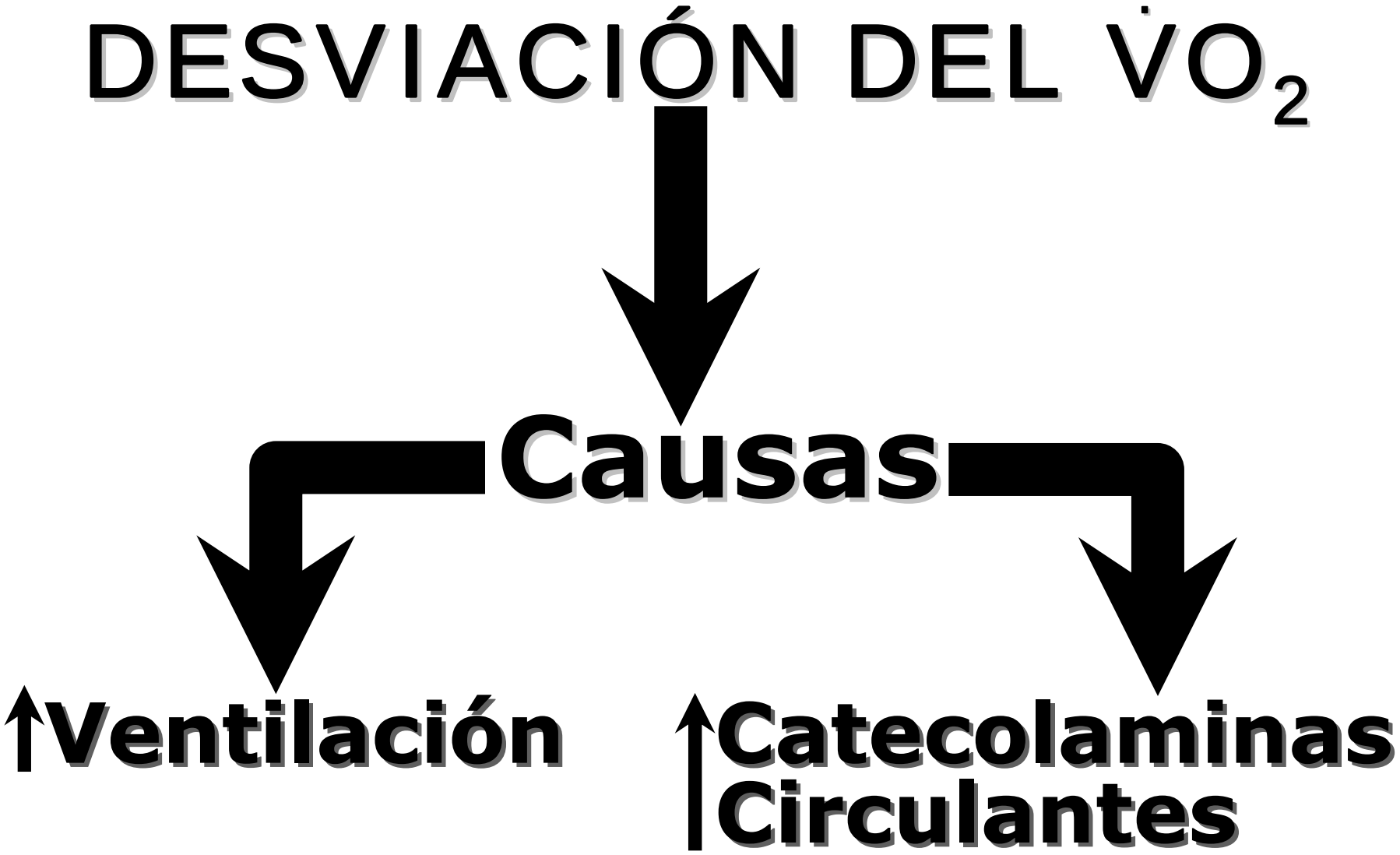
Lento ↑ $\dot{V}O_2$

↓

Desviación del $\dot{V}O_2$

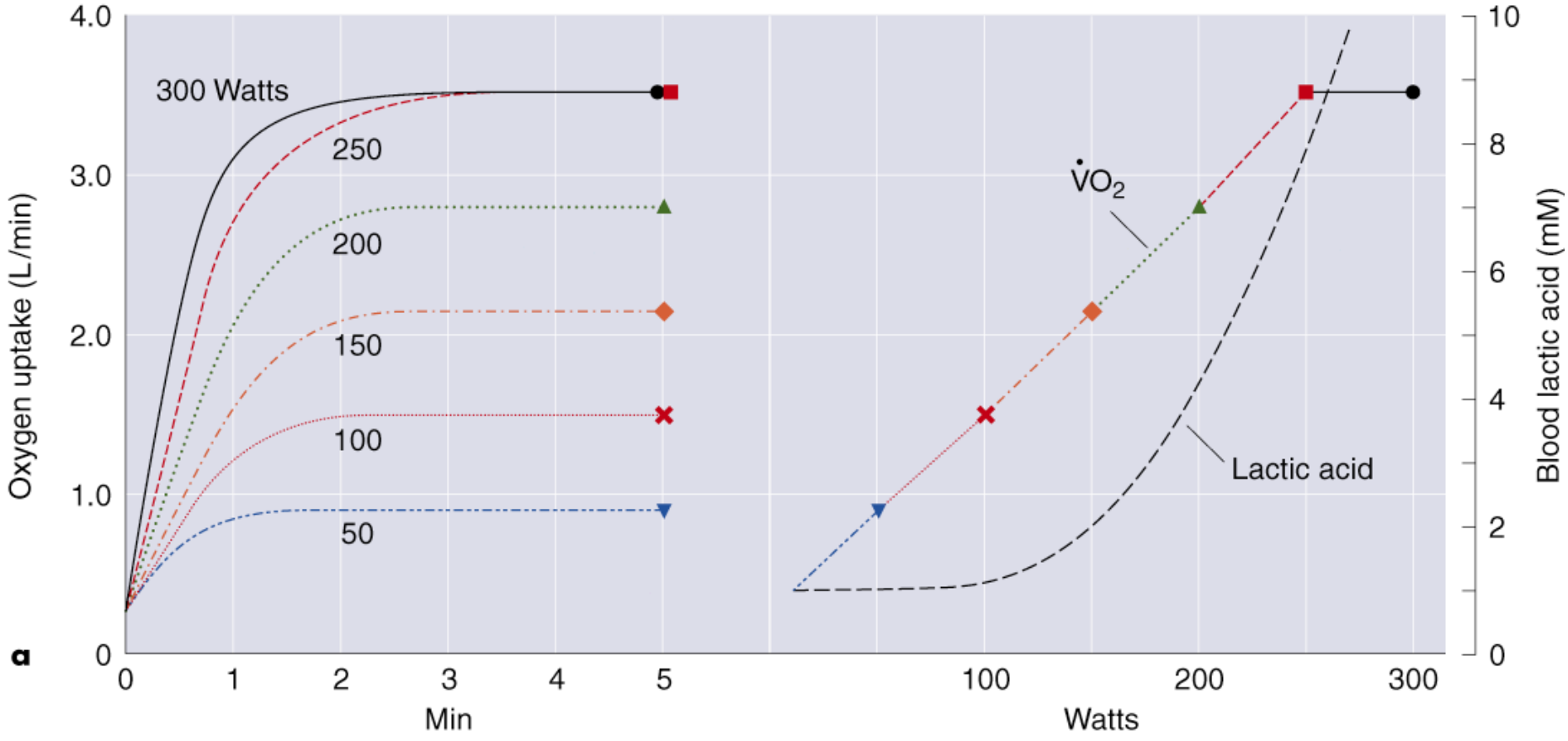
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

EJERCICIO SUBMÁXIMO: Índice Metabólico



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

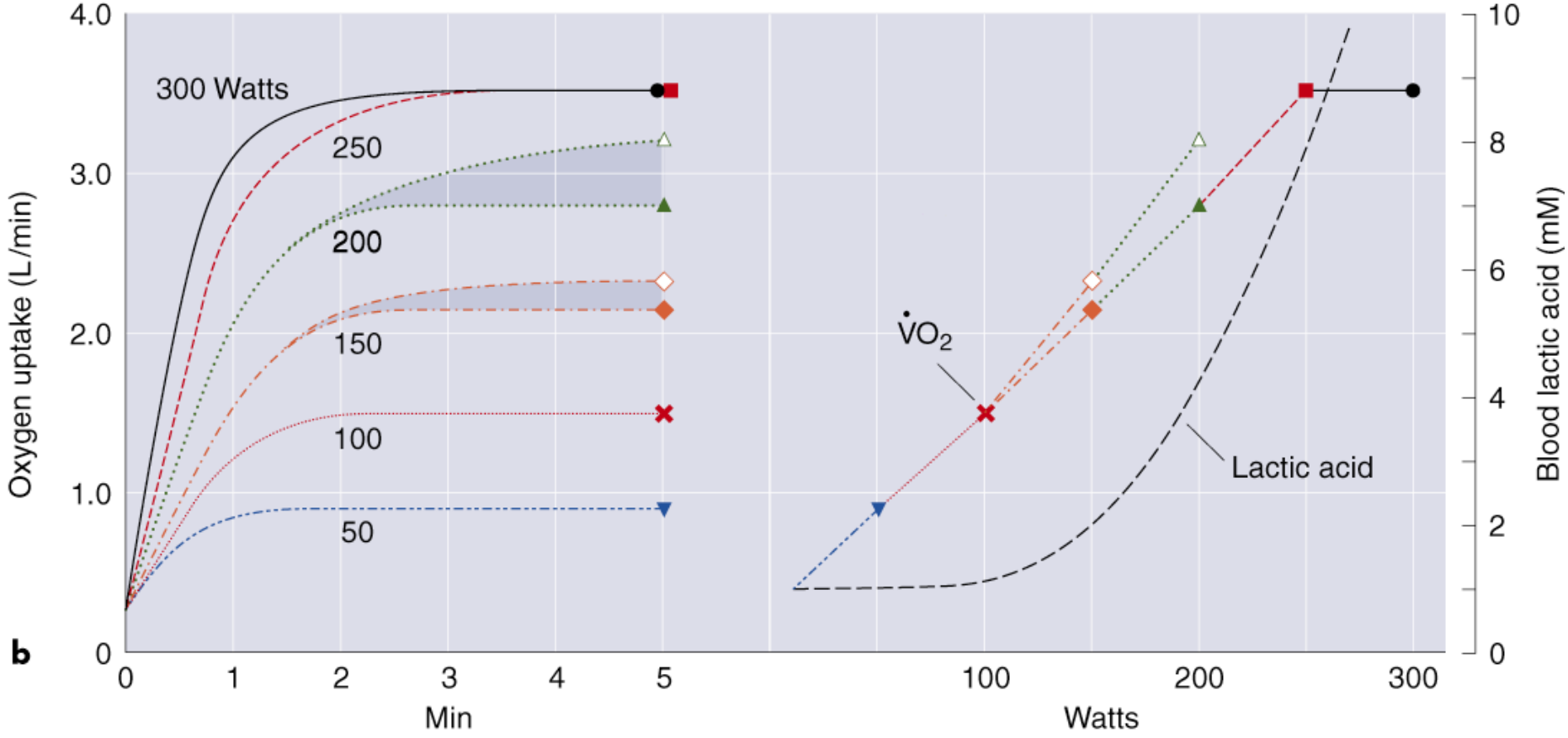
CONSUMO DE O_2 vs POTENCIA ERGOMÉTRICA O INTENSIDAD (1986)



NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

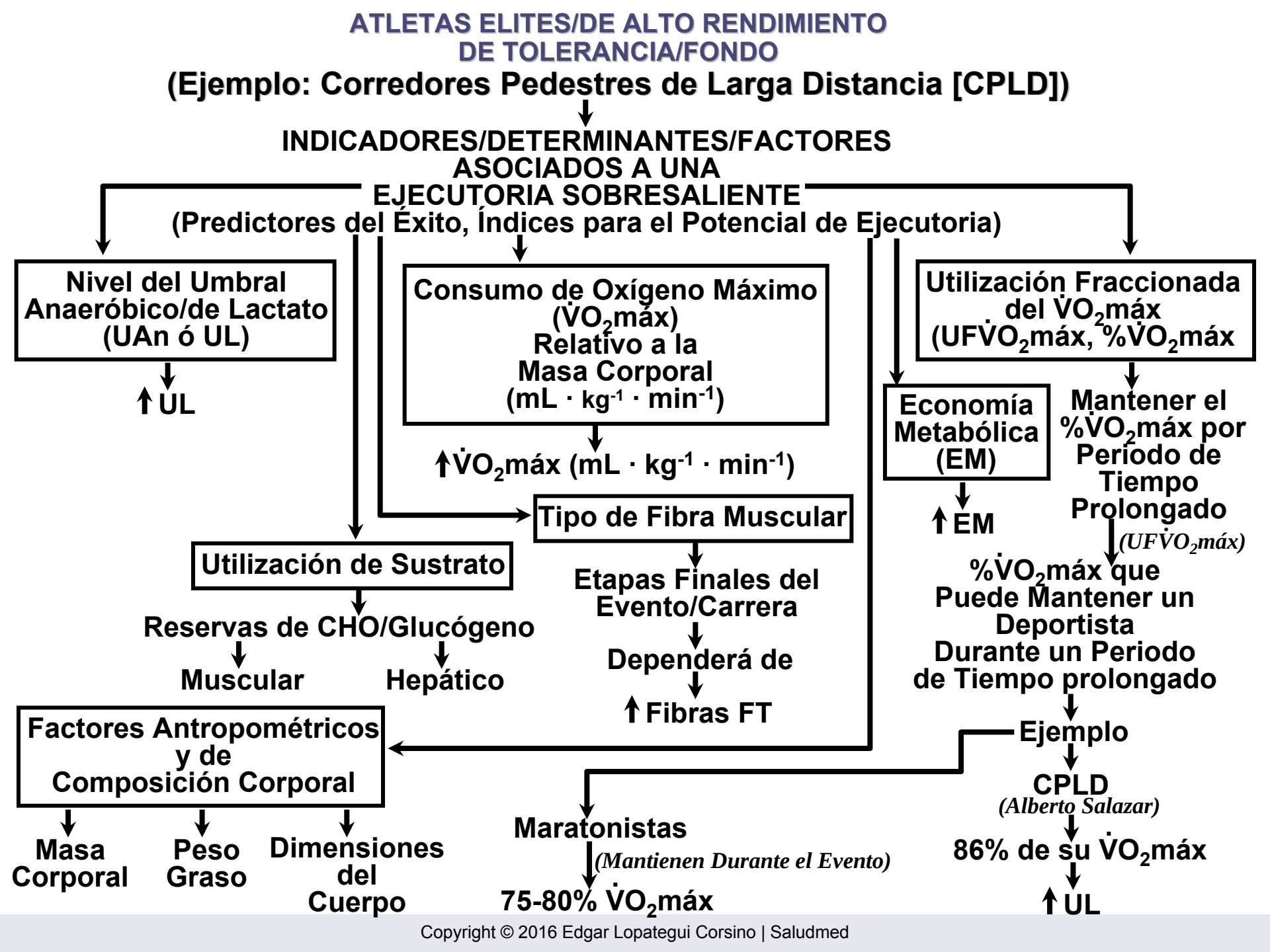
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE O_2 vs POTENCIA ERGOMÉTRICA O INTENSIDAD (1996)



NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

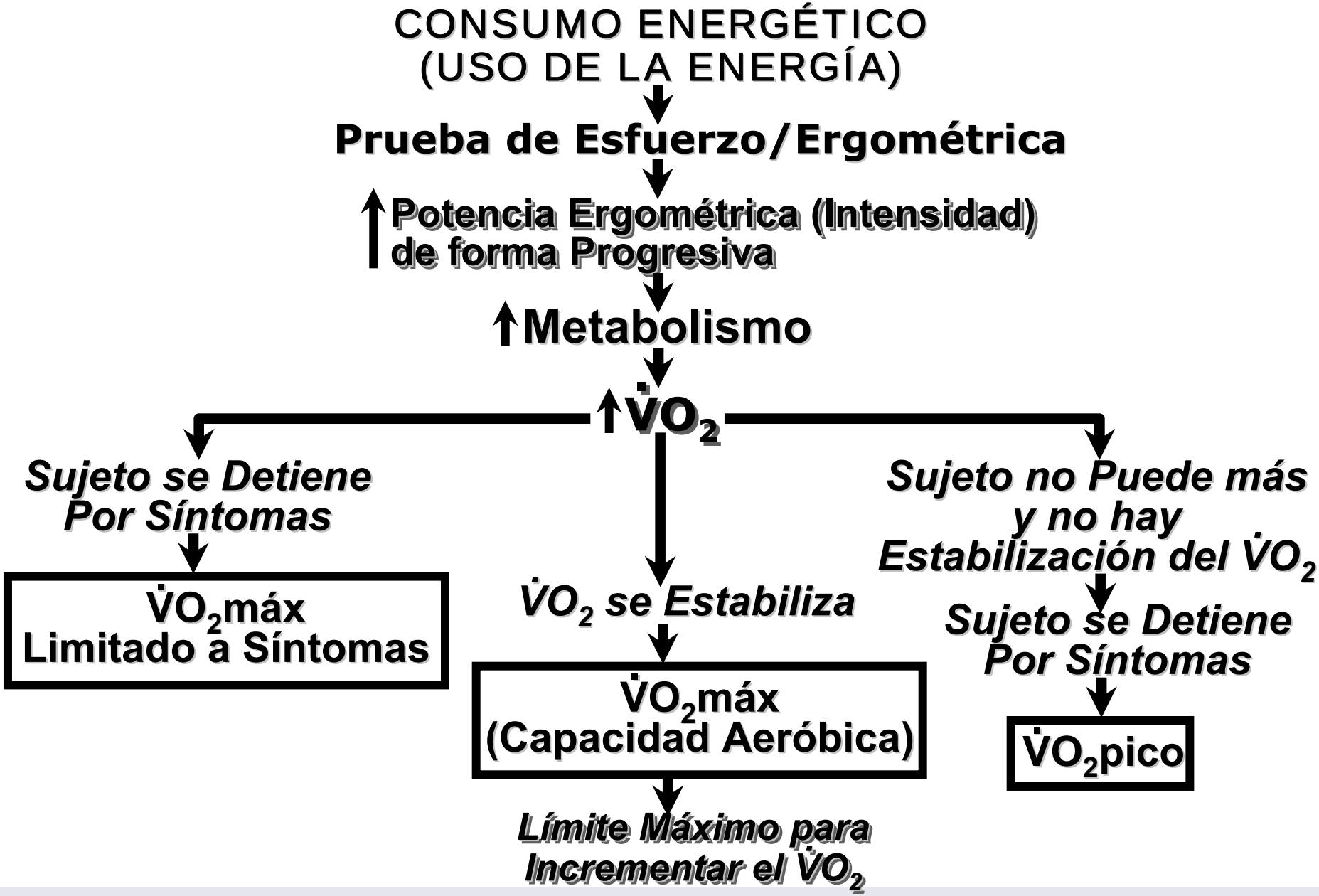
DETERMINANDO EL ÉXITO EN EVENTOS DE TOLERANCIA

- Alto consumo de oxígeno ($\dot{V}O_2$máx)
- Elevado umbral de Lactato
- Alta economía del esfuerzo (metabólica)
- Alto porcentaje de fibras musculares de contracción lenta

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

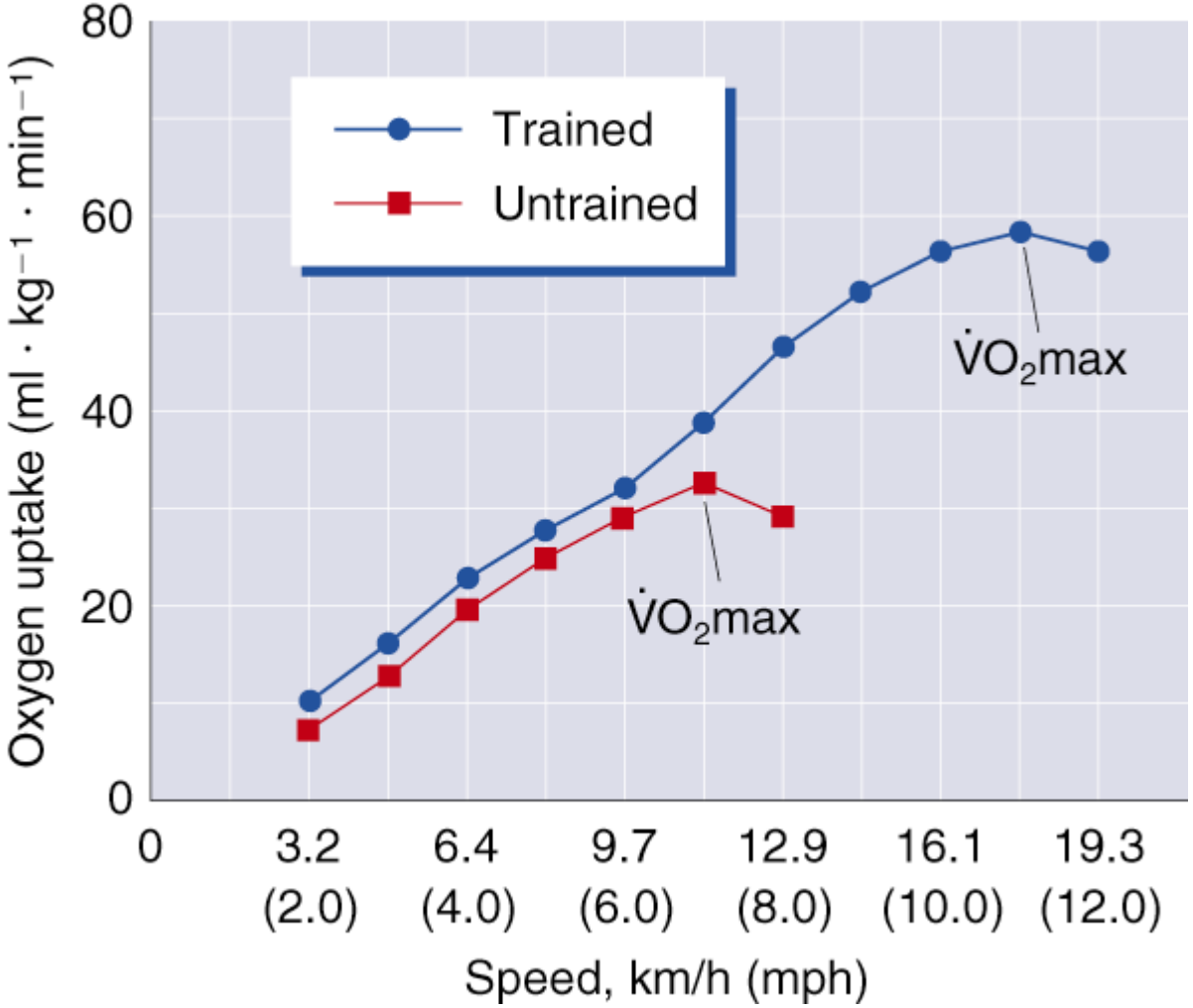
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CAPACIDAD MÁXIMA PARA EL EJERCICIO



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

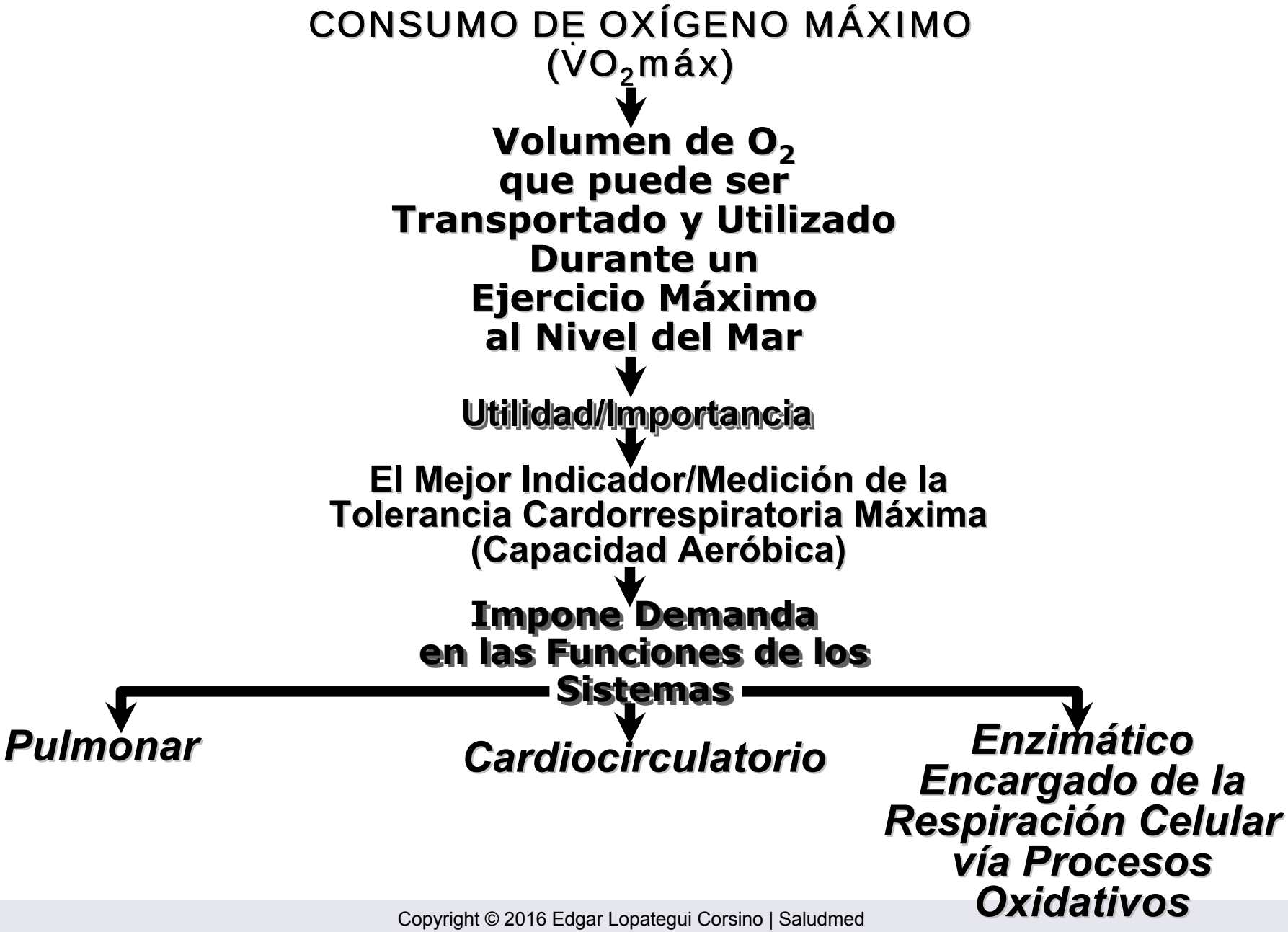
INTENSIDAD DEL EJERCICIO Y EL CONSUMO DE OXÍGENO



NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. 142), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)

FORMAS DE EXPRESARSE (VALORES)

RELATIVO

En relación a la Masa Corporal (MC):

Mililitros de Oxígeno Consumido por Kilogramos de la Masa Corporal por Minuto ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)

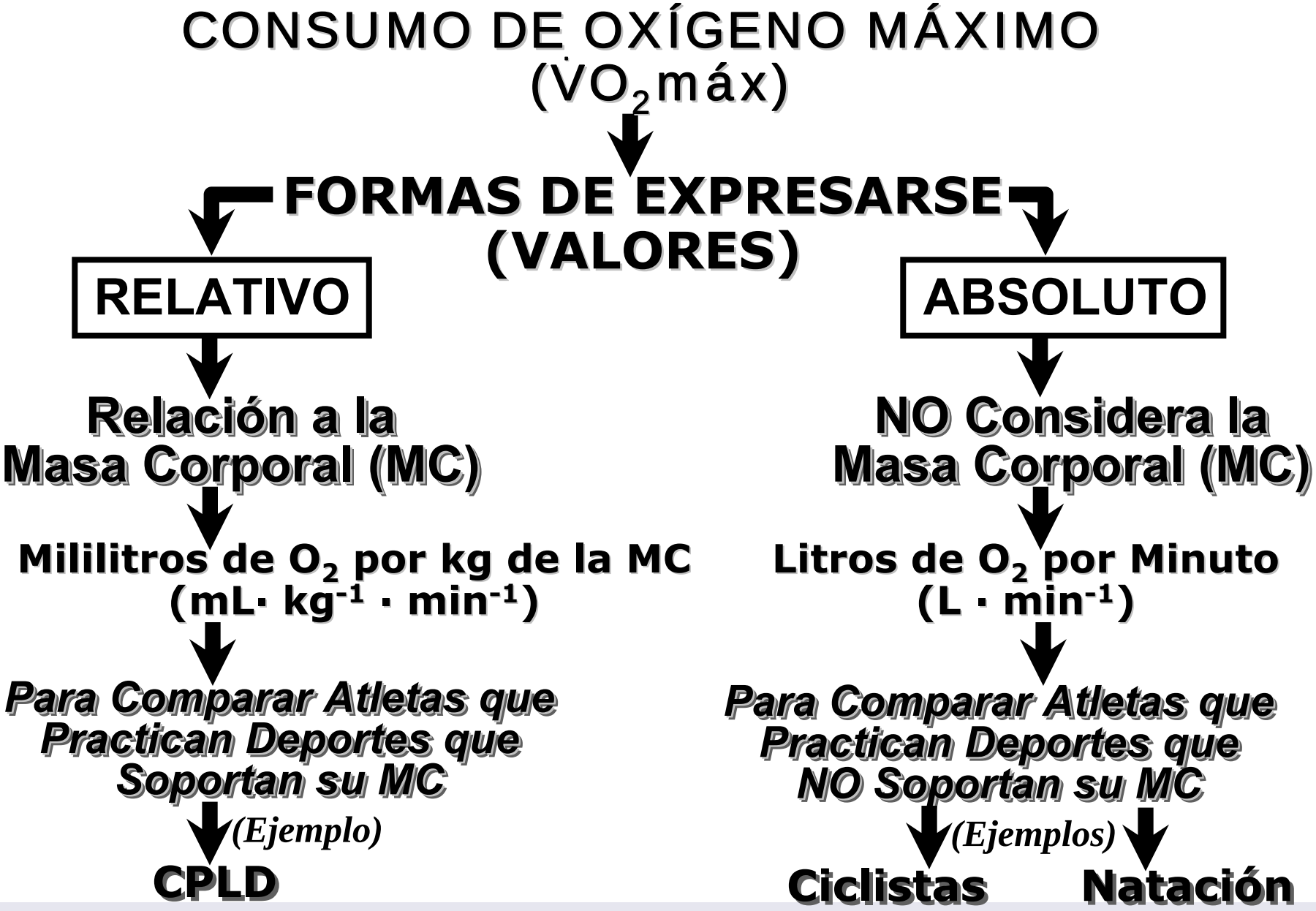
ABSOLUTO

NO Considera la Masa Corporal (MC):

Litros de Oxígeno Consumido por Minuto ($L \cdot min^{-1}$)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2máx$)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO
($\dot{V}O_2$máx)

↓

Determinante
para Propósito de Comparación

↓

Masa Corporal (MC)

↓

(Porque)

Las Necesidades Individuales de Energía
Varían con
el Tamaño del Cuerpo

↓

Ventaja para Expresar el
$\dot{V}O_2$máx
Relativo a la MC

↓

Permite una
Comparación más Precisa de
Individuos de Tamaños Diferentes
Que Participan en Deportes que Requieren
Soportar su Propia MC
(Ejemplo: Corredores Pedestres de Larga Distancia [CPLD])

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)

Deportes que NO Requieren Soportar su MC (Ejemplos: Natación, Ciclismo)

La Tolerancia Posee una Relación más Estrecha con el $\dot{V}O_2$máx Absoluto ($L \cdot min^{-1}$)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

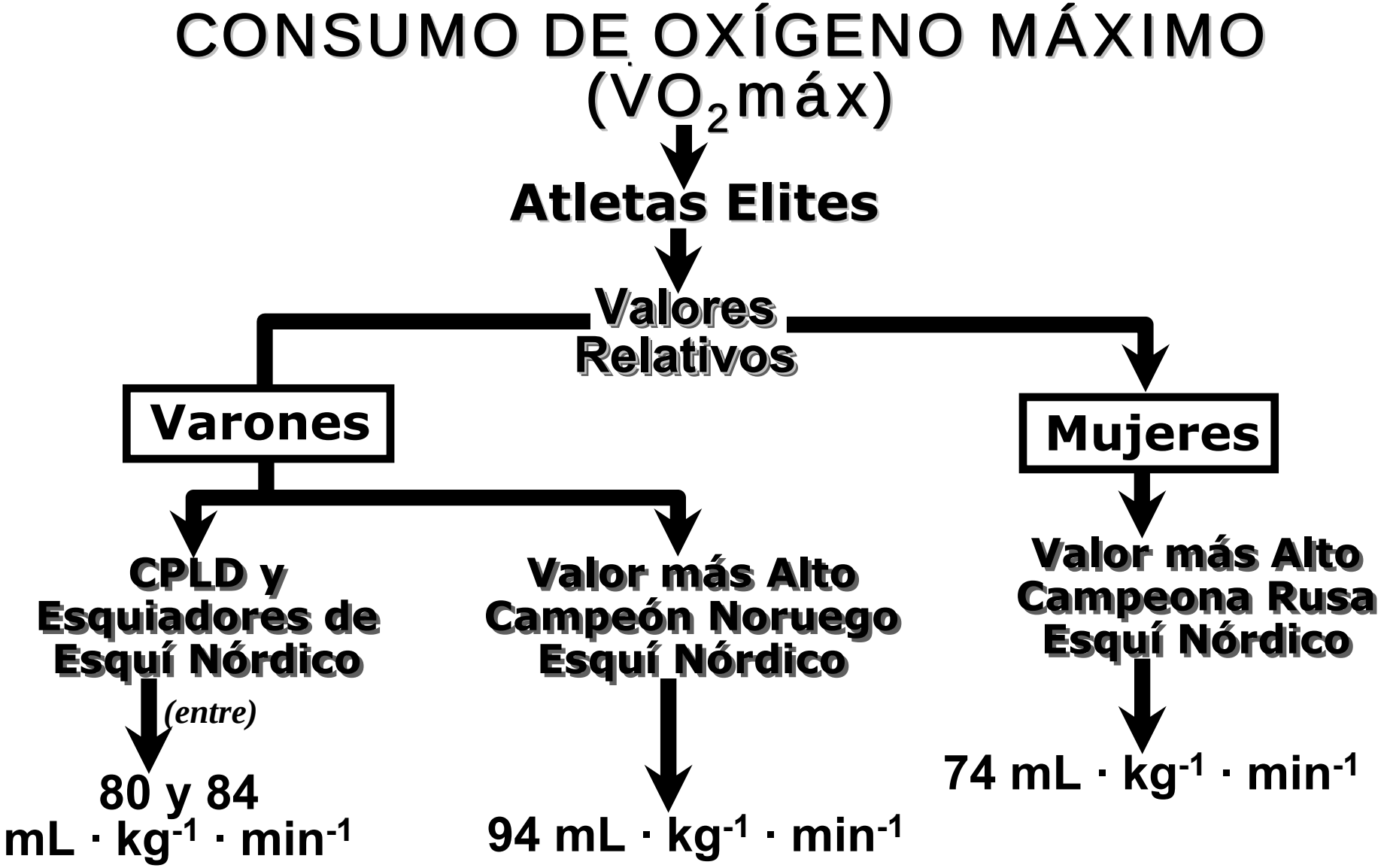
CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)

- Límite superior de la habilidad de una persona para aumentar el consumo de oxígeno.
- Buen indicador de tolerancia cardiorrespiratoria y aptitud aeróbica.
- Varía según el género (sexo), tamaño corporal, edad y se encuentra altamente influenciado por el nivel del entrenamiento aeróbico.
- Expresado relativo a la masa (peso) corporal, es decir, en mL de O_2 consumido por kg de masa corporal por min ($mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$).

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

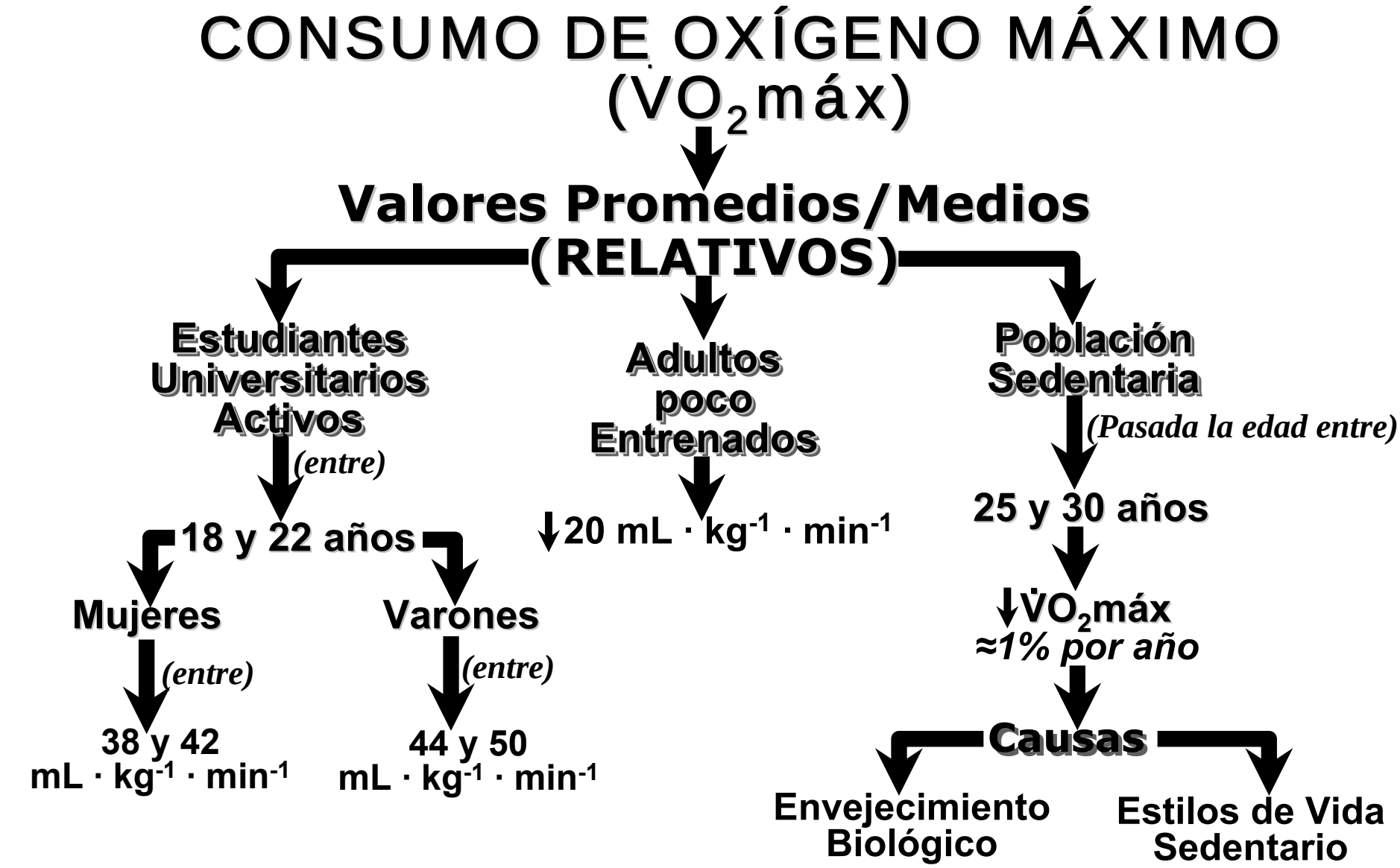
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)



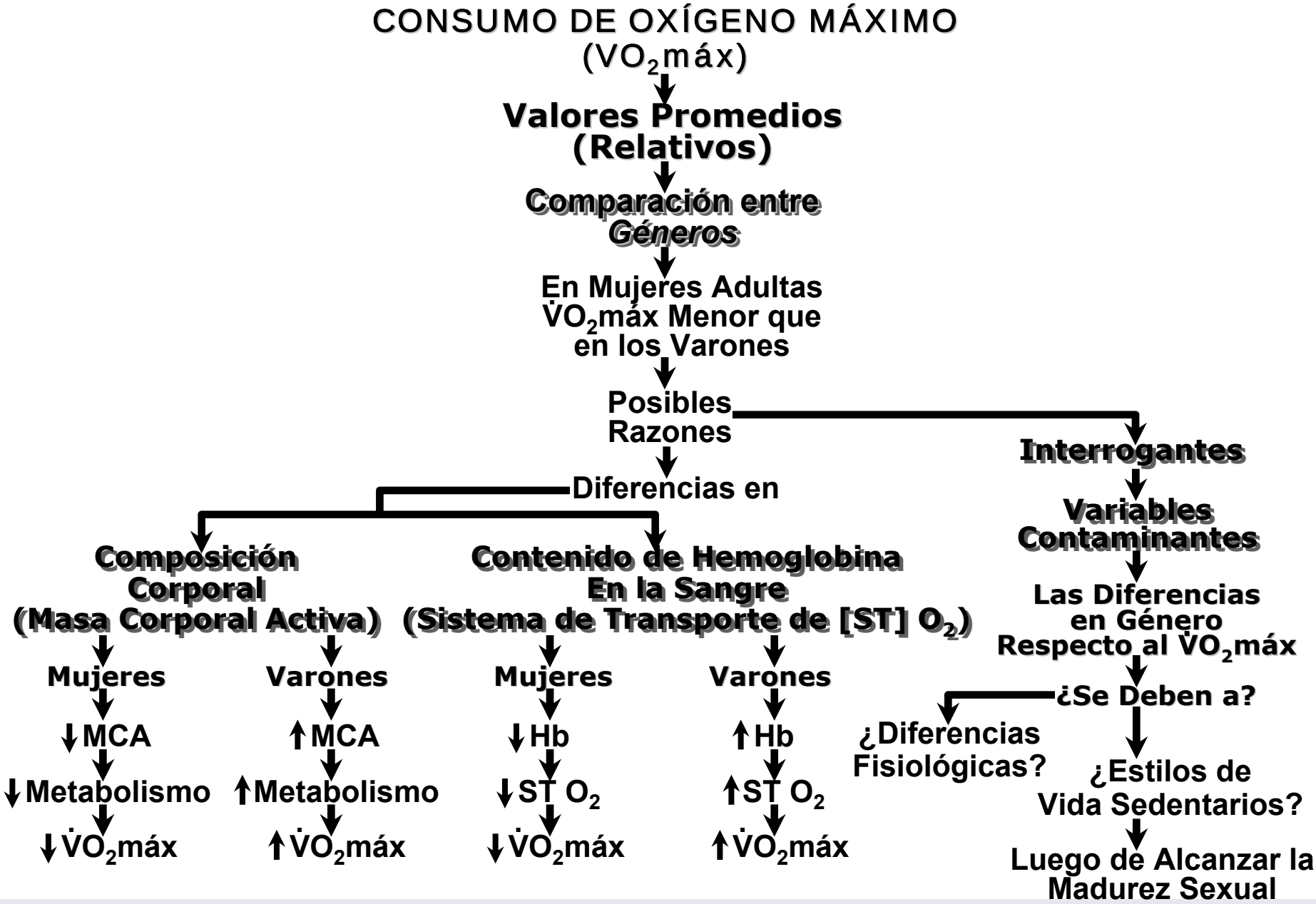
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ($\dot{V}O_2$máx)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Utilización Fraccionda del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2max$)

CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO
($\dot{V}O_2$máx)

↓

Entrenamiento Físico
(Ejercicio Crónico)

↓

Durante
8 - 12 Semanas

↓

Luego

↓

Se Nivela
(a pesar de Seguir Entrenando)

↓

¿Cómo Mejora su Rendimiento/Ejecutoria Deportiva?

↓

↑%$\dot{V}O_2$máx ó UF$\dot{V}O_2$máx
(Mayor Capacidad para Rendir un %$\dot{V}O_2$máx Más Elevado)
(Capacidad para Mantener el $\dot{V}O_2$máx por un Periodo Prolongado)

↓

Ejemplo

↓

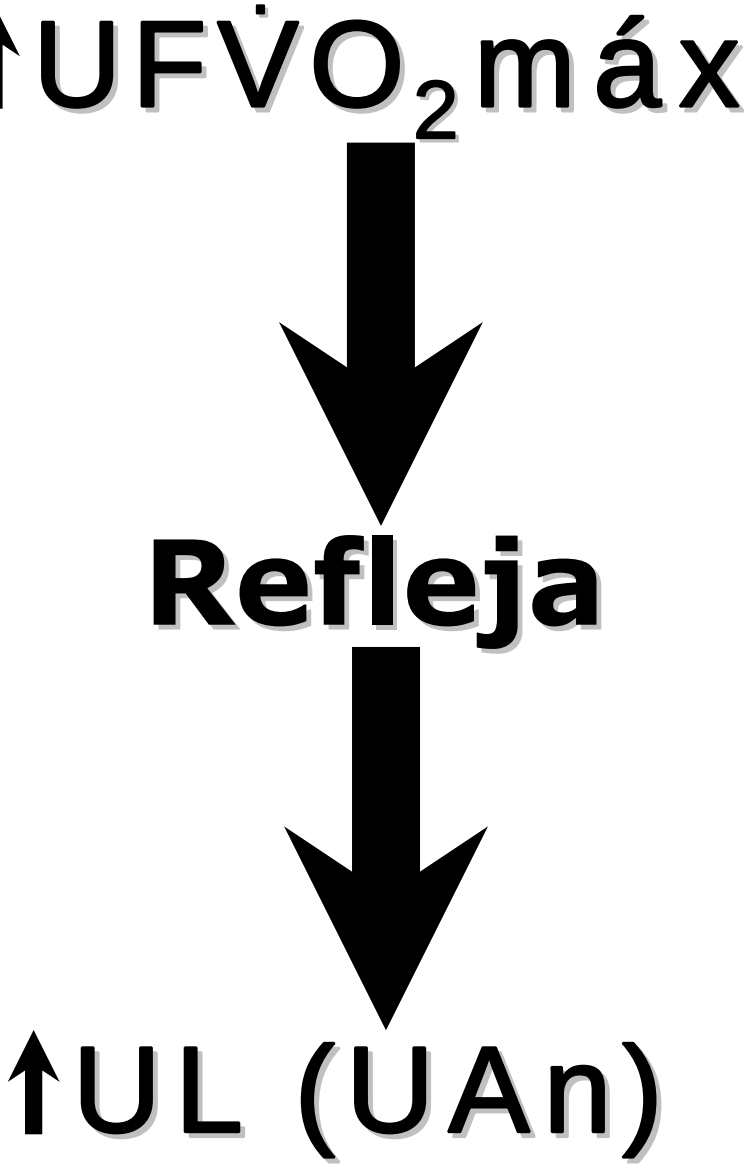
CPLD Completan un Maratón de 42 km a

↓

75-80% $\dot{V}O_2$máx

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Utilización Fraccionda del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2max$)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Utilización Fraccionda del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2max$)

Umbral de Lactato (UL)

↓

Determinante Principal del Ritmo que se Puede Tolerar en Un Evento/Competencia Deportivo de Tolerancia (de Larga Distancia)

↓

Implica

↓

Mantener por un Periodo Prolongado un Alto $\%\dot{V}O_2máx$ ($\uparrow UF\dot{V}O_2máx$)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Utilización Fraccionada del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2max$)

UTILIZACIÓN FRACCIONADA DEL $\dot{V}O_2$máx
(UF$\dot{V}O_2$máx ó %$\dot{V}O_2$máx)

↓

La Capacidad para la Utilización del $\dot{V}O_2$máx por un Periodo de Tiempo Prolongado

↓

Refleja el Expendio Energético Relativo al $\dot{V}O_2$máx

↓

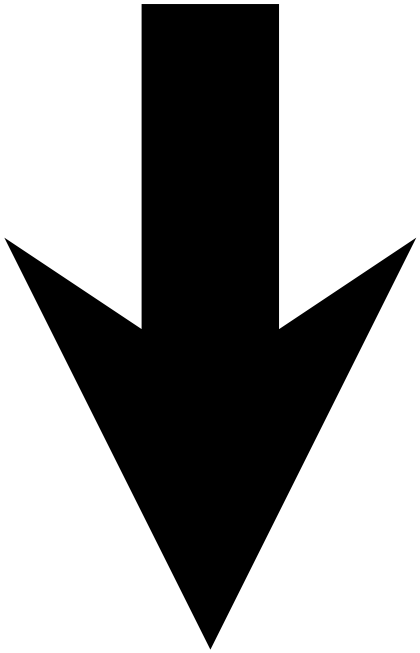
Fórmula:

$$UF\dot{V}O_2máx = \frac{\dot{V}O_2 \text{ durante Carrera Pedestre } (mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})}{\dot{V}O_2máx\ (mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})} \times 100$$

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

Utilización Fraccionda del Consumo de Oxígeno Máximo ($\dot{V}O_2max$)

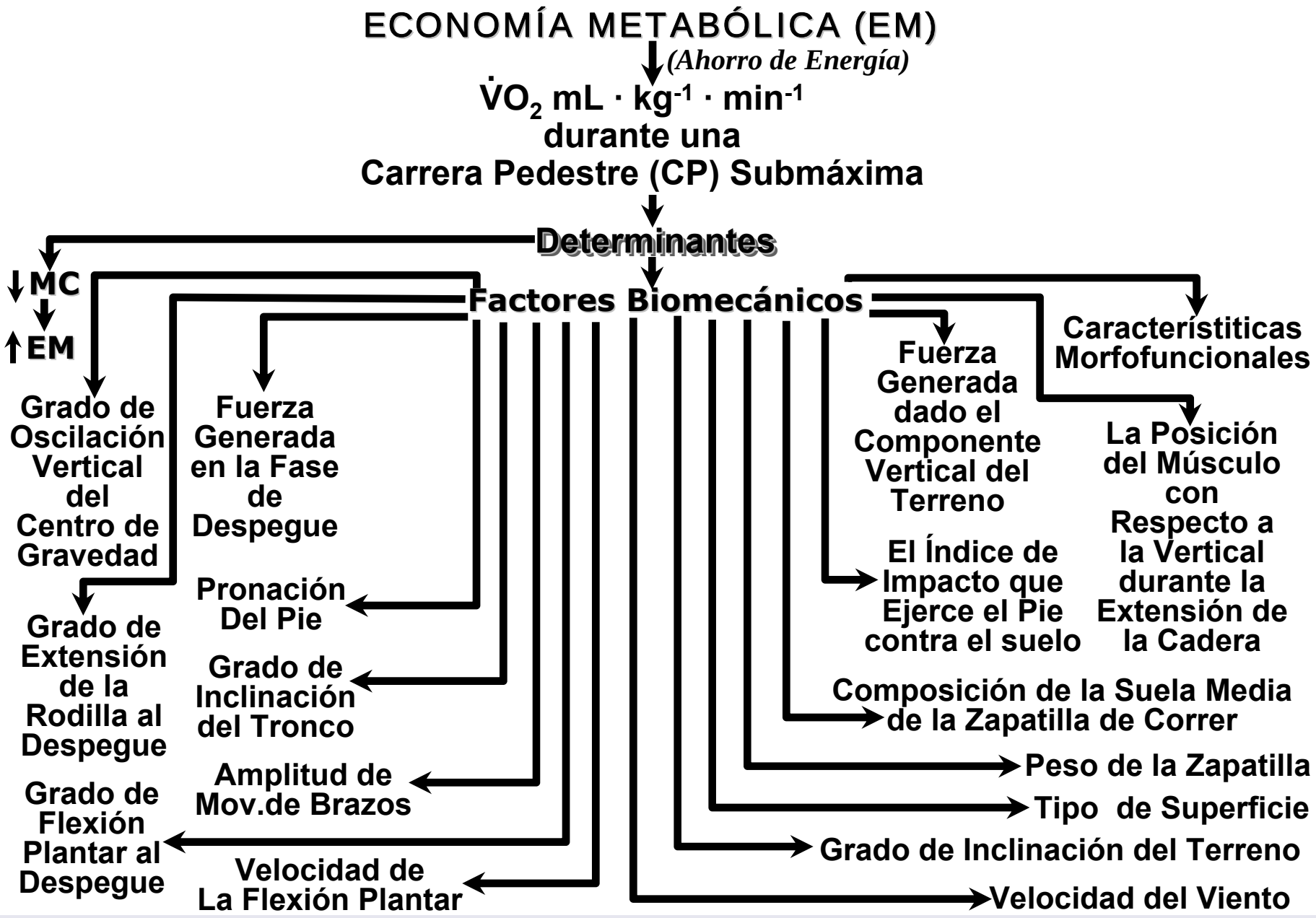
$UF\dot{V}O_2máx$



Correlaciona Significativamente con Ejecutorias a Diferentes Distancias entre 5 y 42 km

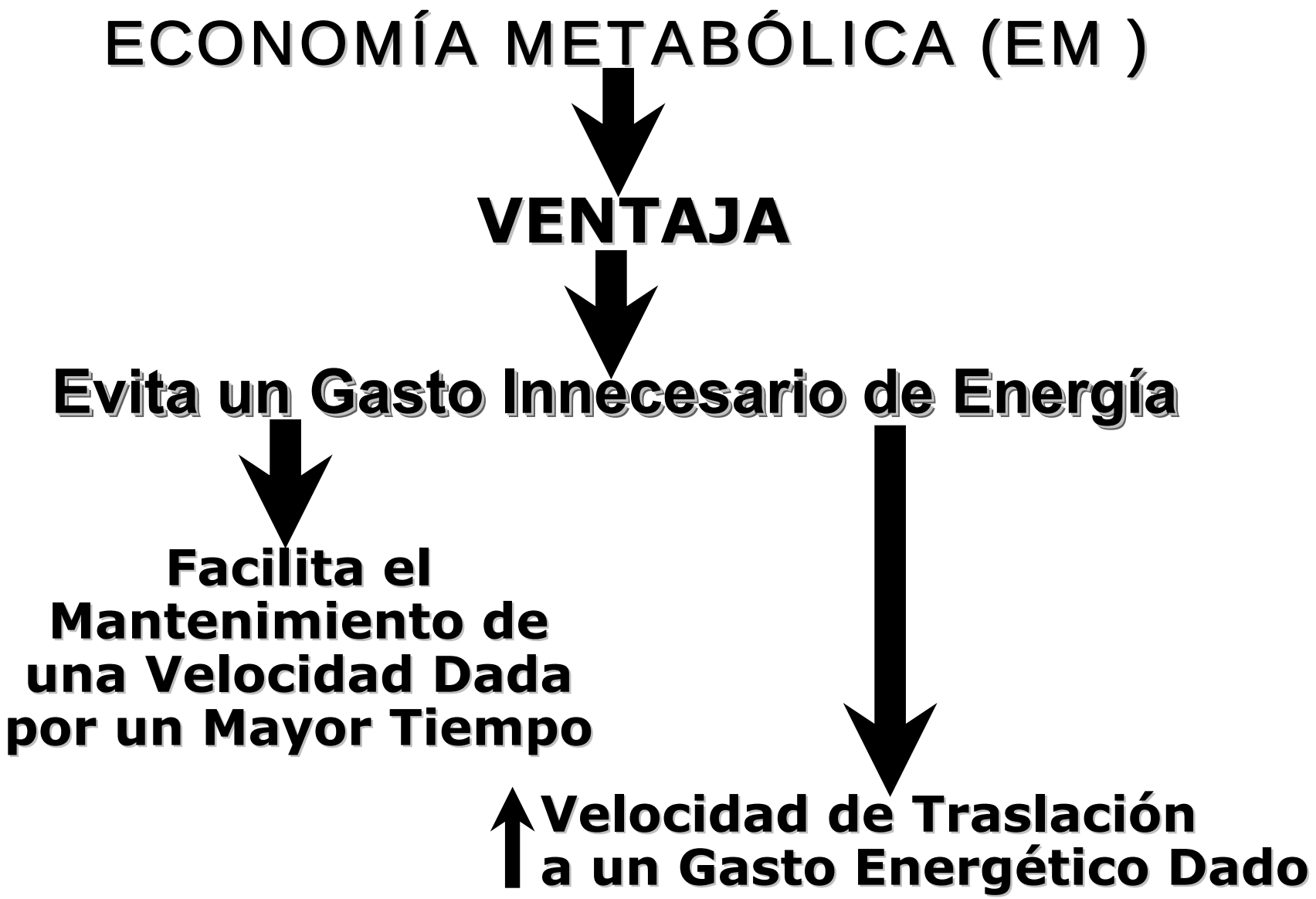
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)



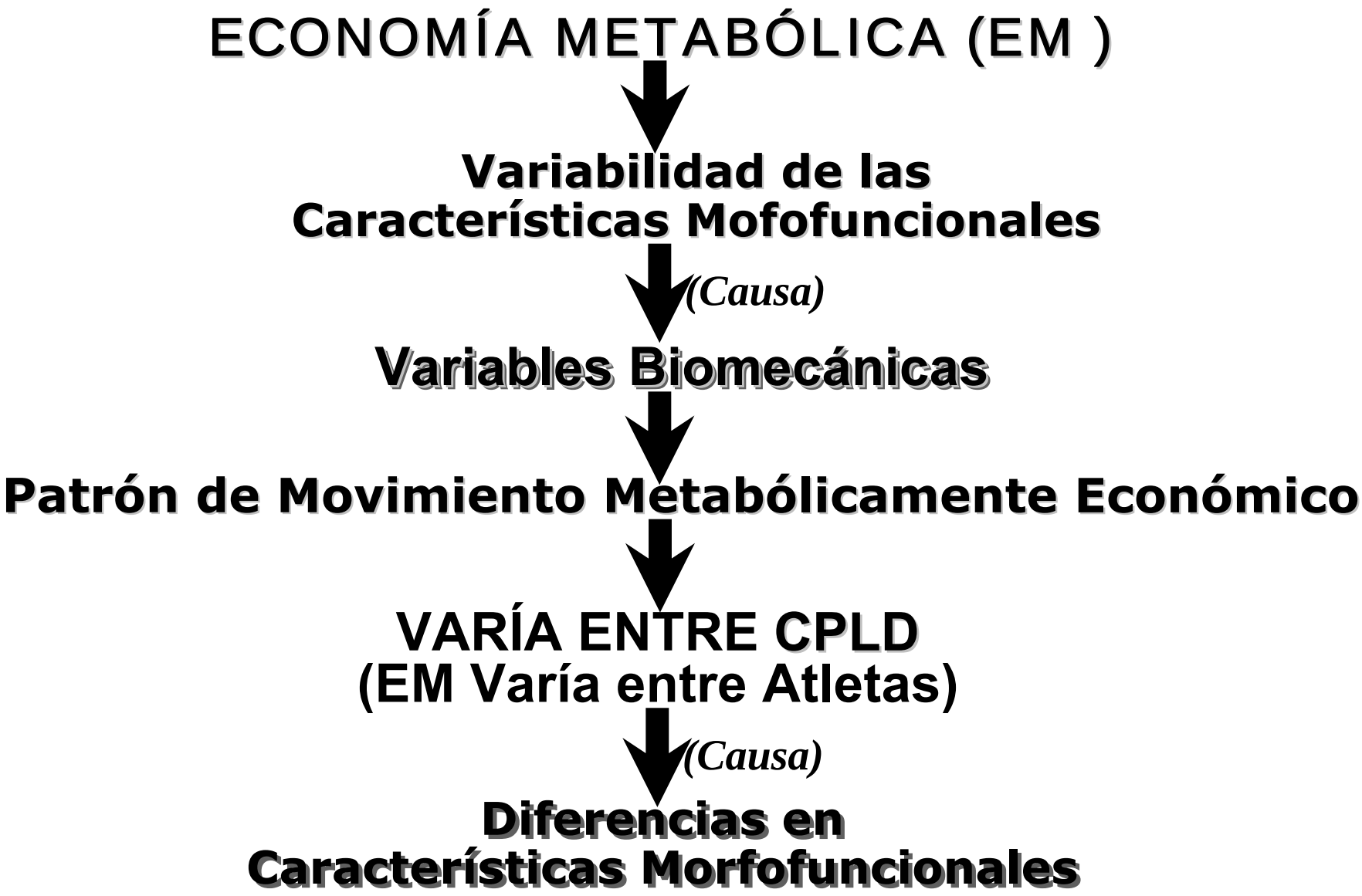
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)



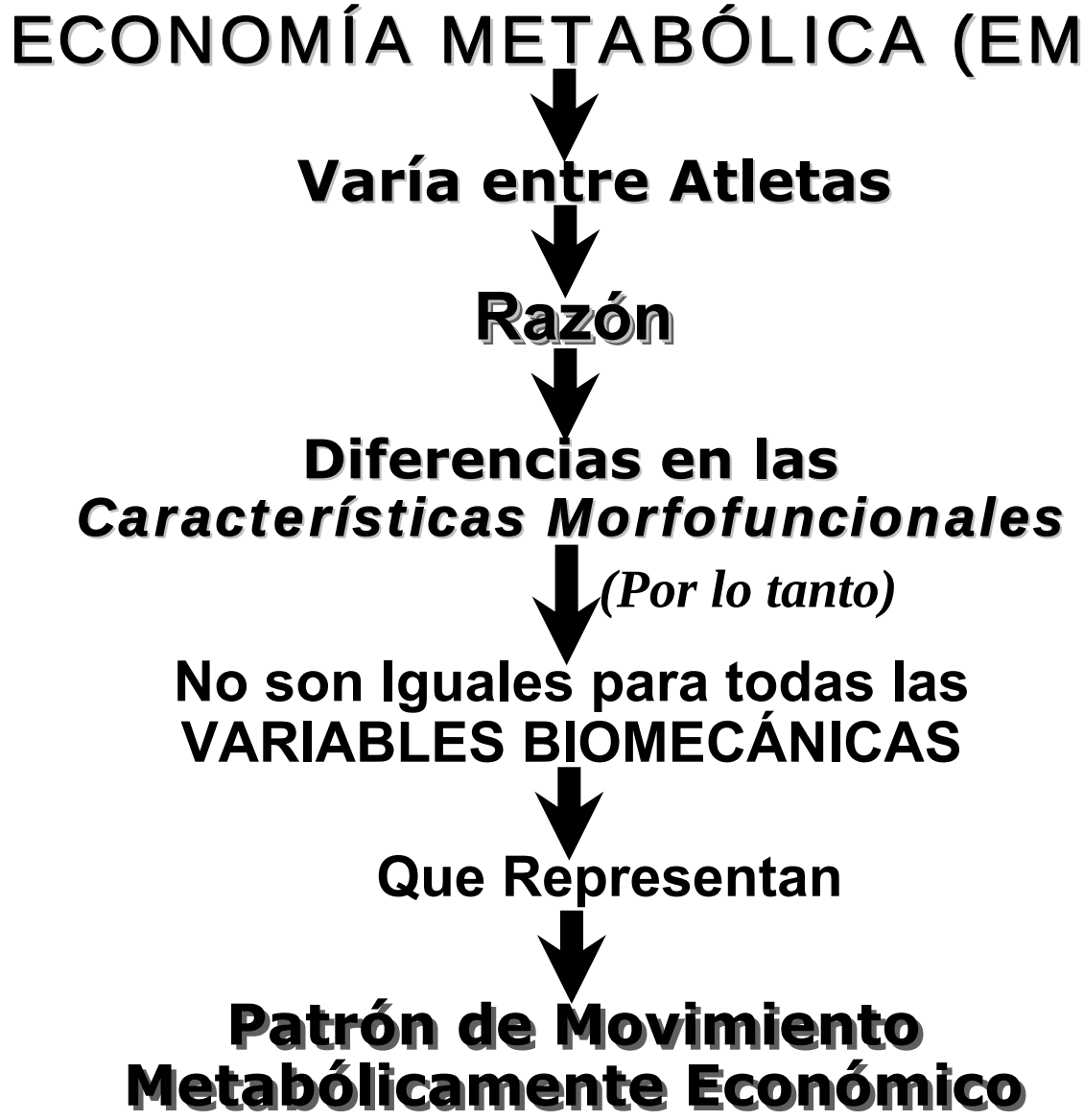
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)



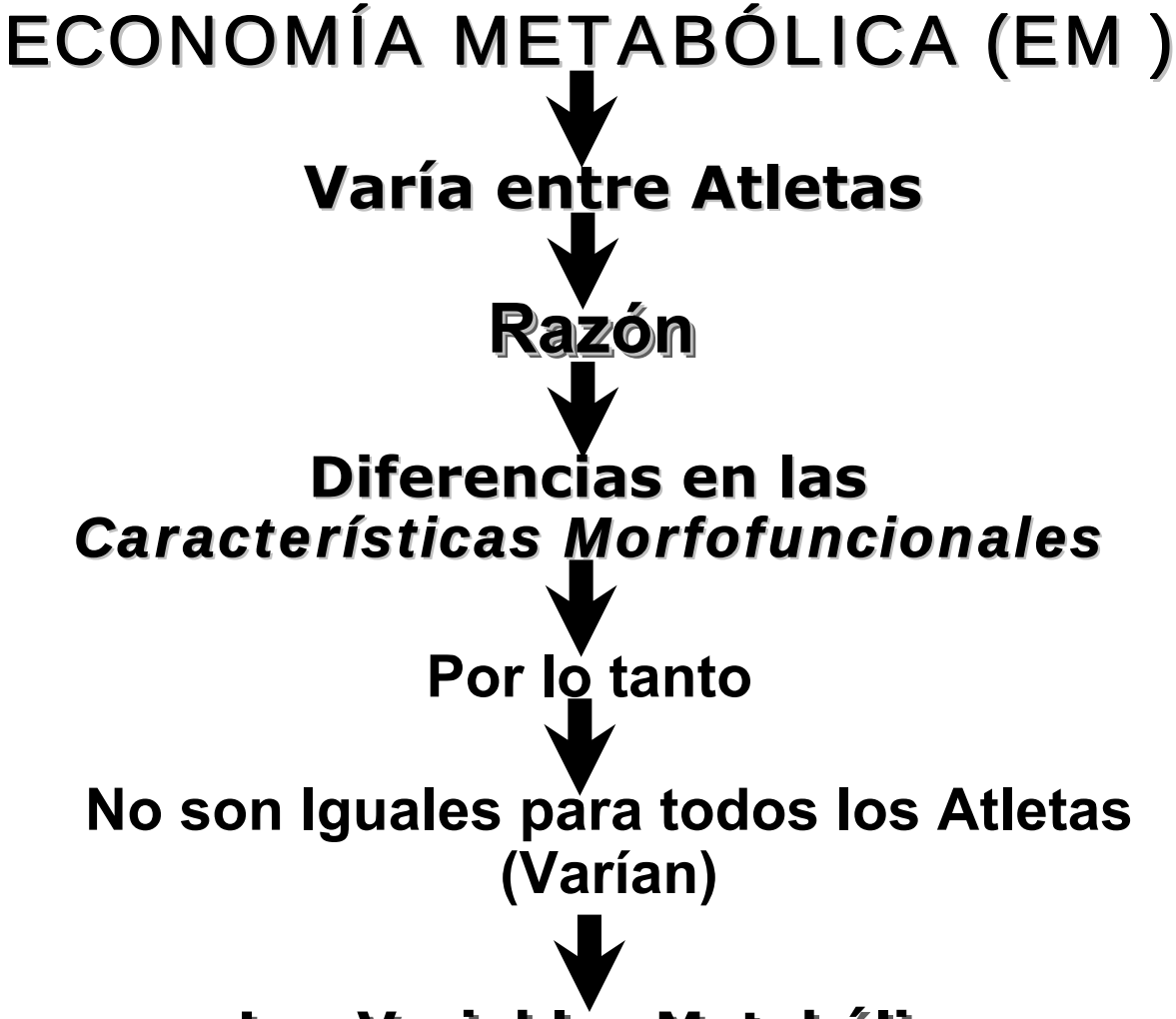
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)
(ECONOMÍA DEL ESFUERZO)

↓$\dot{V}O_2$, mL · kg^{-1} · min^{-1}
durante
Intensidad Submáxima
(Ej: Velocidades Relativamente Bajas)
(Entre 10 y 19 km/h)

↓Uso de Energía durante el Ejercicio/Competencia
(↓Demandas de Energía durante Evento Deportivo)

Evita Gasto Innecesario de Energía
(Ahorro de Energía)

↑Eficacia de la Competencia/Evento
(Ej: CPLD, Maratonistas)

VENTAJA COMPETITIVA

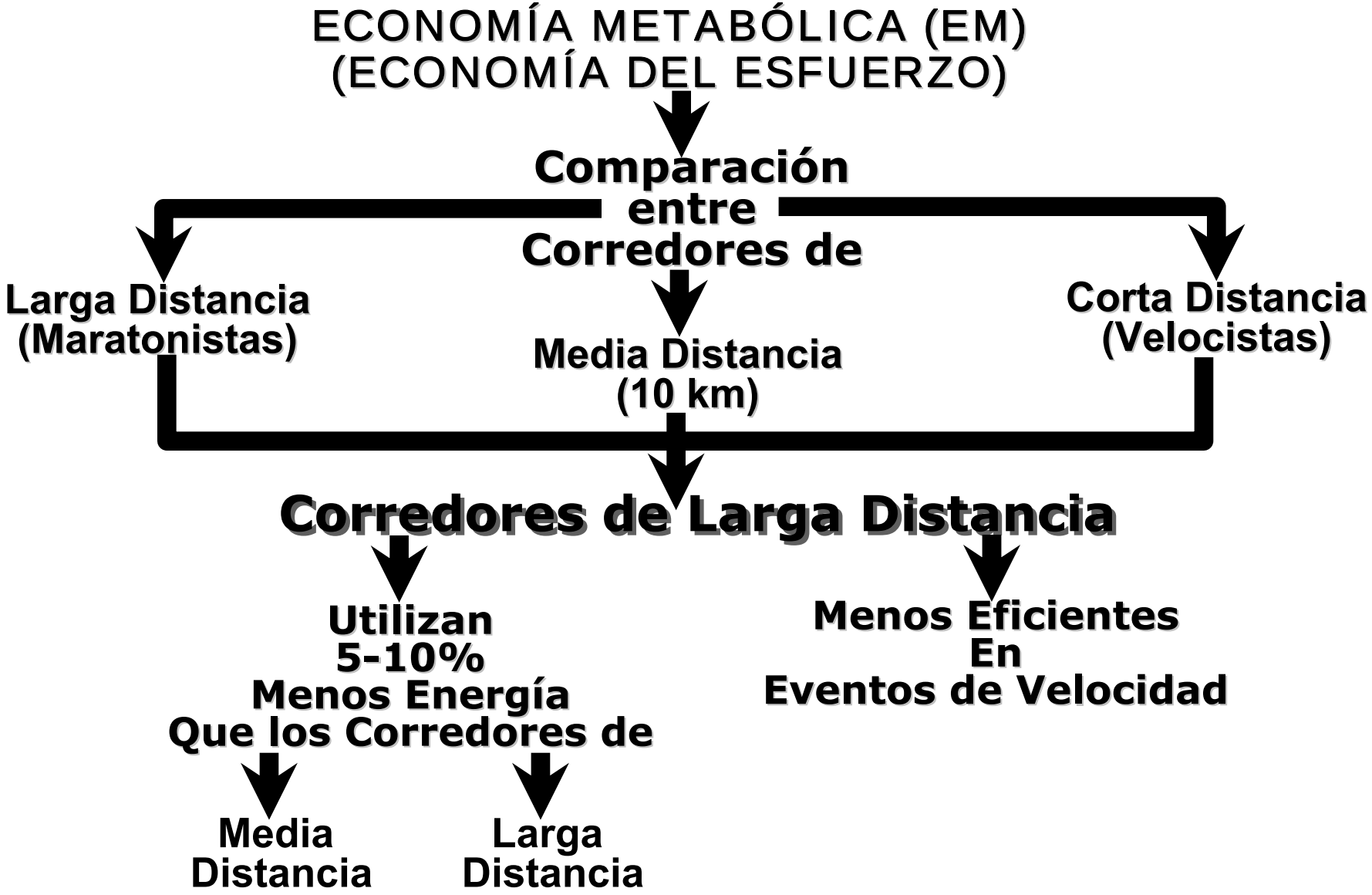
Razón

↑Capacidad para Sostener una Velocidad dada por un Mayor Periodo de Tiempo

↑Velocidad de Traslación a un Gasto Energético Dado

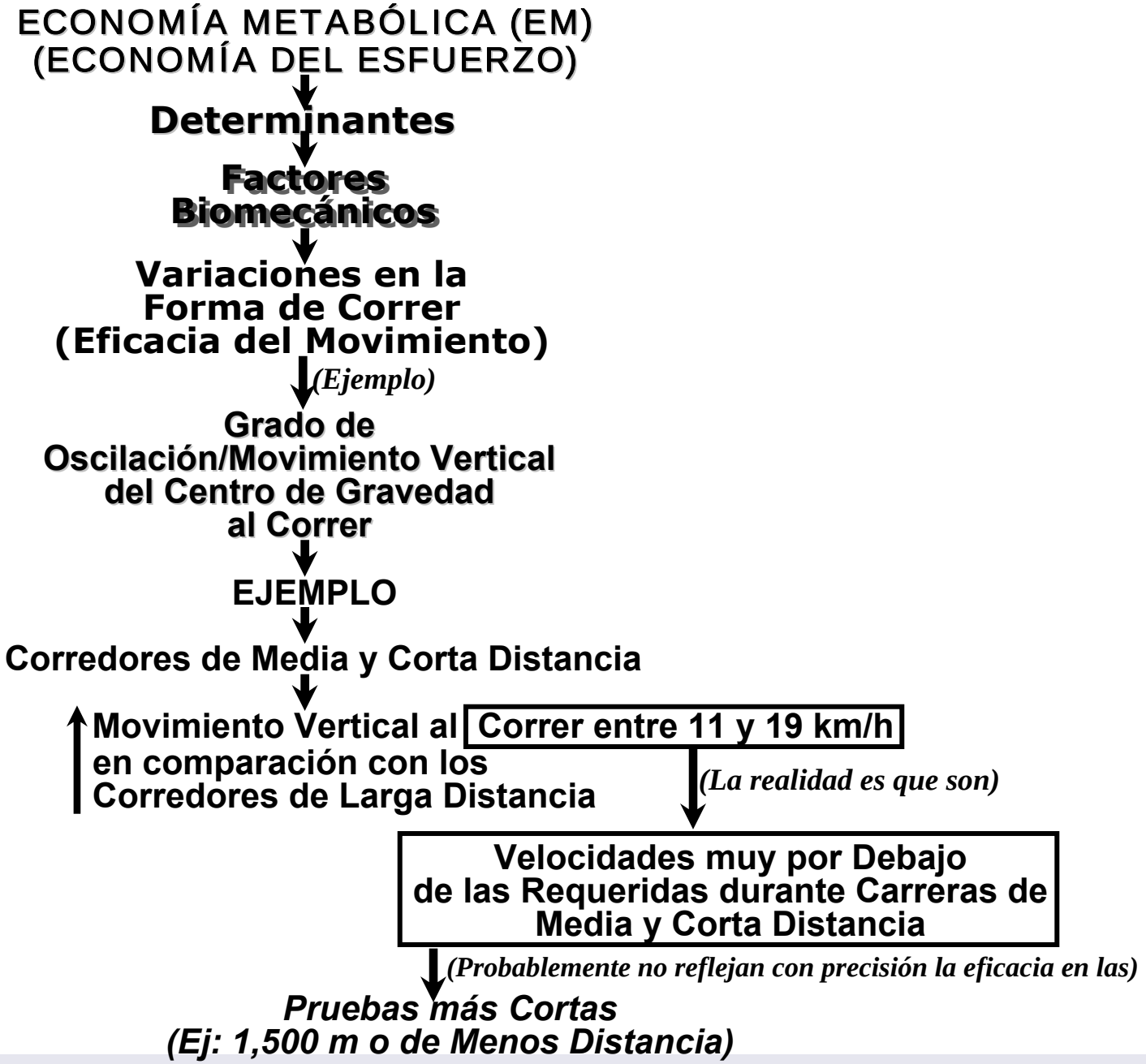
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)
(ECONOMÍA DEL ESFUERZO)

↓

NADADORES

↓

Determinantes de la EM

↓

Factores Biomecánicos

↓

Eficacia del Movimiento

↓

EJEMPLO

↓

Aplicación Eficaz de la Fuerza Contra el Agua

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

NATACIÓN

Destino de Parte de la Energía Gastada

Sostener el Cuerpo Sobre la Superficie del Agua

Para Generar Suficiente Fuerza para Superar la Resistencia del Agua al Movimiento

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)
(ECONOMÍA DEL ESFUERZO)

↓

Comparación
entre
Nadadores y Triatletas Elites

↓

NADADORES

↓

↑Eficacia en la Competicion (Ej: 400 m)

↓

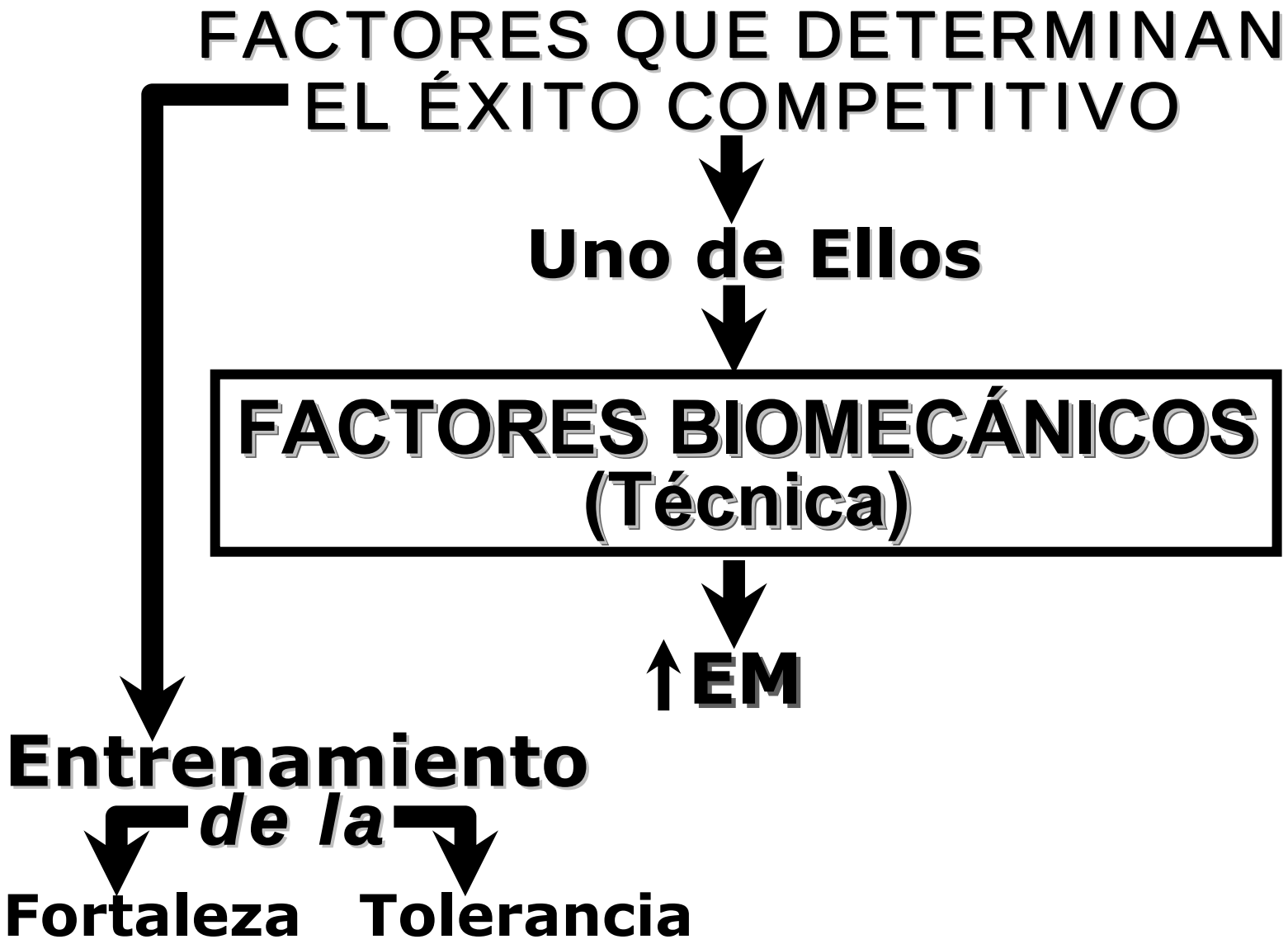
↓$\dot{V}O_2$ L/min Durante Evento

↓

(Nadan a Mayor Velocidad con Menos $\dot{V}O_2$)

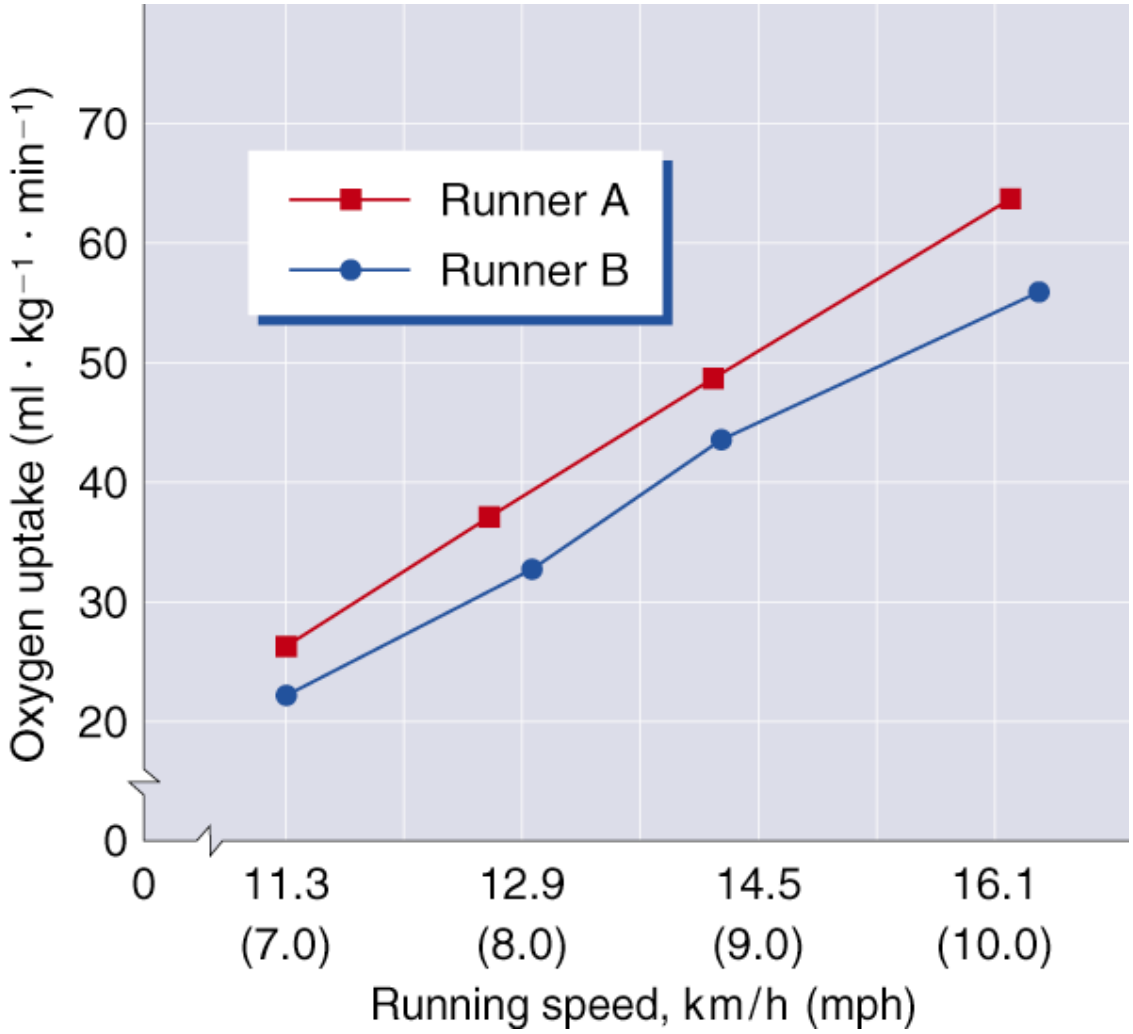
Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

ECONOMÍA METABÓLICA (EM)



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

REQUISITOS DE OXÍGENO DE DOS CORREDORES



NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

↓

COSTE ENERGÉTICO

↓

Determinación

↓

Basado en el $\dot{V}O_2$

↓

Se Estima el $\dot{V}O_2$ Promedio

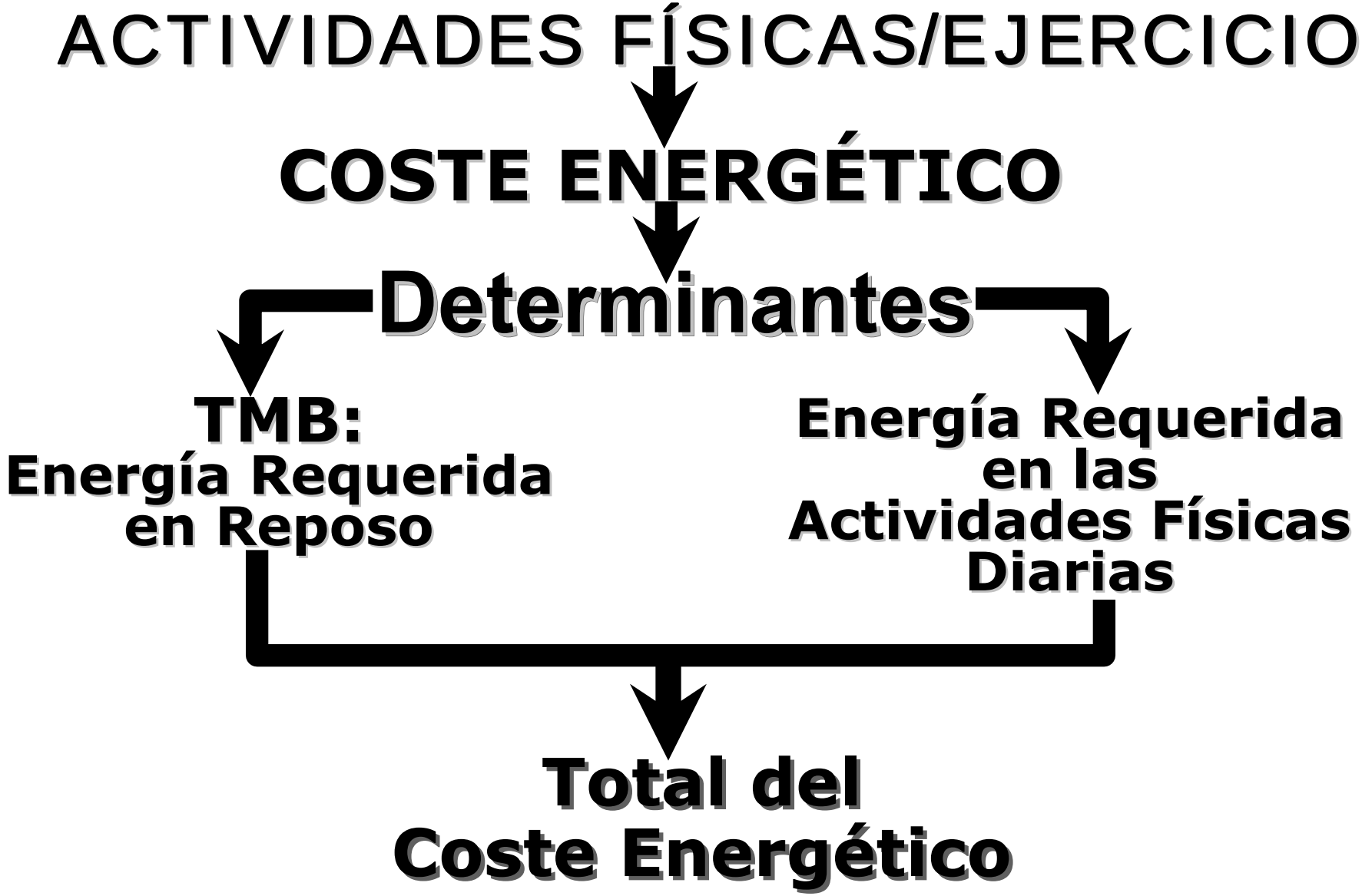
↓

(Se Convierte en)

kcal/min

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

↓

PERSONA PROMEDIO

↓

Coste Energético en Reposo

↓

VO_2: 0.20 - 0.35 L · min^{-1}

↓

1.0 – 1.8 kcal · min^{-1}

↓

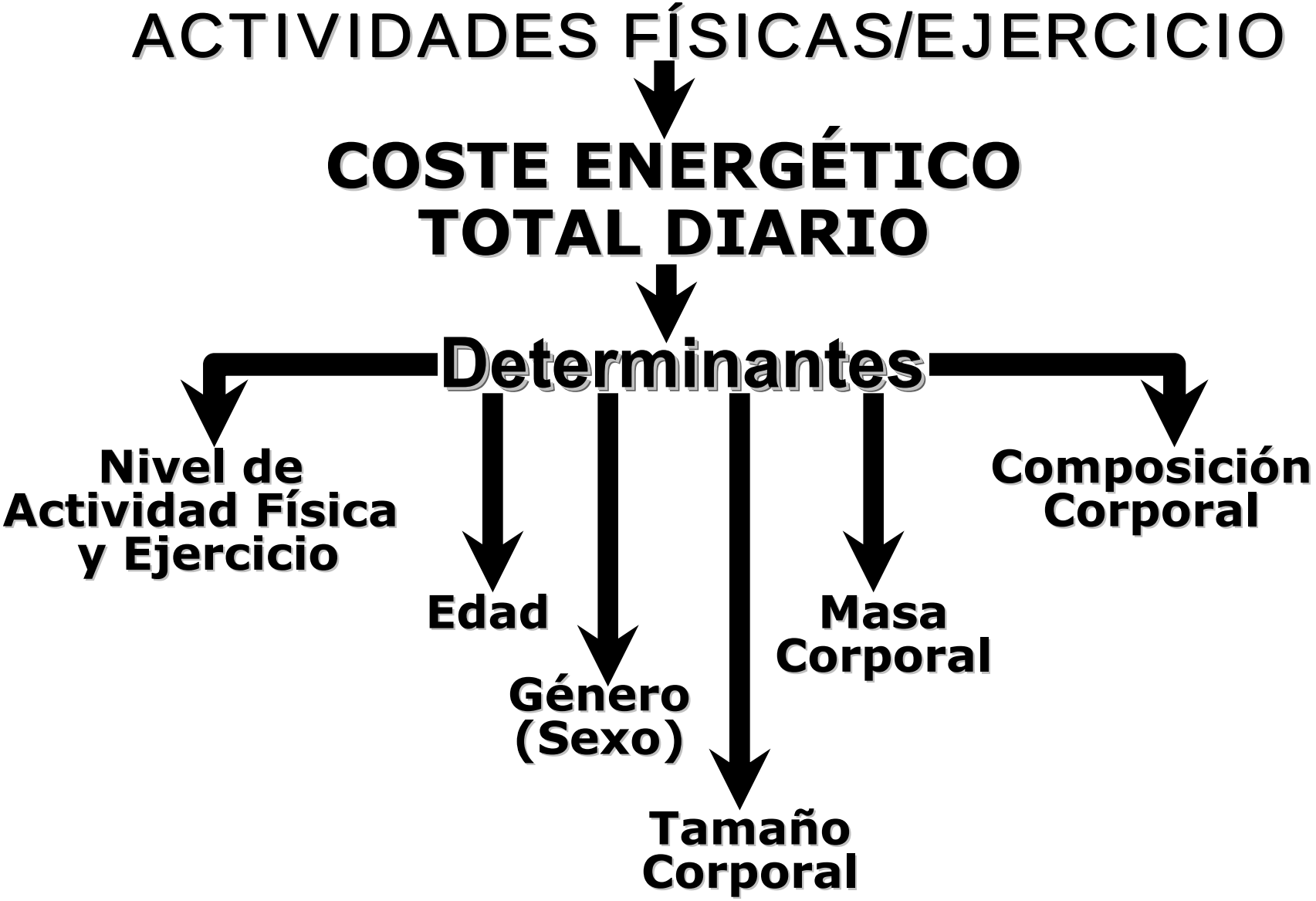
60 – 108 kcal · h^{-1}

↓

1.440 – 2.592 kcal · $día^{-1}$

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES



Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

FACTORES QUE AFECTAN LOS COSTOS DE ENERGÍA

- Tipo de actividad
- Nivel de Actividad
- Edad
- Género (sexo)
- Tamaño, peso y composición corporal
- Intensidad de la actividad
- Duración de la actividad
- Eficiencia del movimiento

NOTA. Reproducido de: ***Fisiología del Esfuerzo y del Deporte***. 5ta. ed.; (p. ?), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed

COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

Copyright © 2016 Edgar Lopategui Corsino | Saludmed