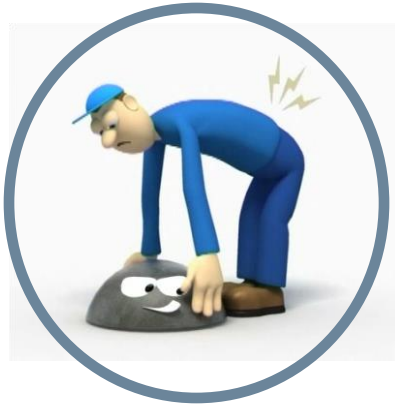
معاونت بهداشتی
گروه بهداشت حرفه ای

ارزیابی فیزیولوژی کار



ارزیابی بار کار جسمانی

هدف اصلی فیزیولوژی کار فراهم ساختن شرایطی است که در آن، افراد بتوانند بدون هیچ خستگی غیر ضروری، انجام وظیفه کرده و در پایان روز کاری، نیرو و انرژی بسنده برای استفاده از اوقات فراغت خود داشته باشند.

در فیزیولوژی کار، تنش و فشاری، که از سوی کار و محیط کار به اندام یا اندام های عمل کننده وارد می شود، سنجش و ارزیابی می شود

- تجربه نشان داده است، که فرد نمی تواند بیشتر از ۳۰ تا ۴۰ درصد حداکثر توان هوازی خود را در مدت هشت ساعت کار روزانه بدون تظاهر نشانه های خستگی ذهنی و جسمی به کار برد، یکی از مشکلات اصلی در فیزیولوژی کار، تعیین نسبت میان میزان کار و ظرفیت انجام کار است
  - ***- Maximal aerobic power***
  - ***- Work capacity***

ارزیابی میزان کار نسبت به ظرفیت انجام کار:

هرگاه میزان کار کمتر از ۴۰ درصد حداکثر توان هوازی فرد باشد، او می تواند بی هیچ خستگی، مدت زیادی به انجام کار بپردازد.

اندازه گیری حداکثر توان هوازی:

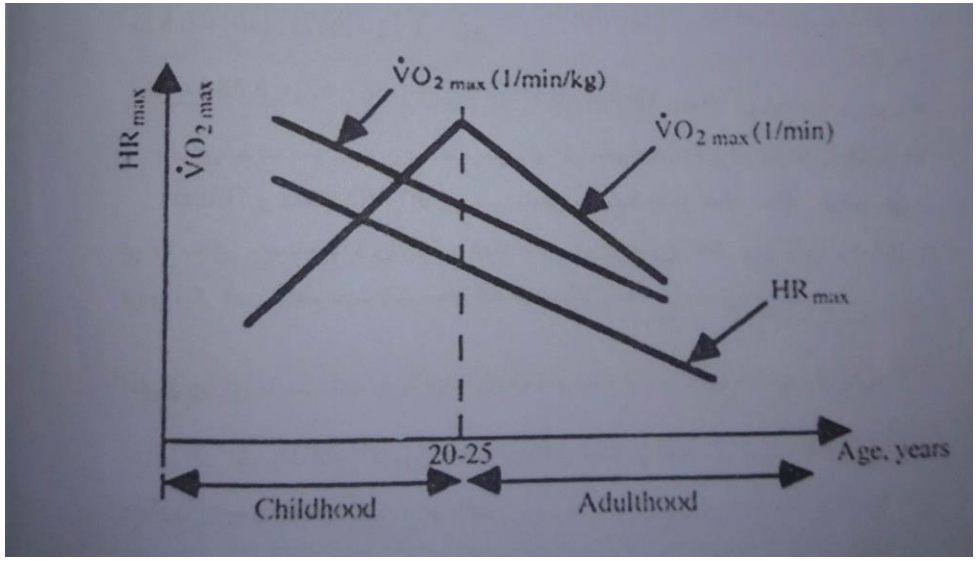
حداکثر توان هوازی فرد را می توان با اندازه گیری مستقیم حداکثر میزان جذب اکسیژن تعیین و یا برپایه ی اطلاعات به دست آمده از آزمون های غیرمستقیم (ساب ماکزیمال) برآورد کرد.

-Submaximal

اندازه گیری میزان کار:

- اندازه گیری میزان جذب اکسیژن به هنگام کار:
- اندازه گیری غیر مستقیم میزان کار با ثبت ضربان قلب به هنگام کار

- میان میزان مصرف اکسیژن و ضربان قلب ارتباطی خطی وجود دارد. از این رو، به هنگام انجام کار در شرایطی خاص می توان از نرخ ضربان قلب برای برآورد میزان کار استفاده کرد.



آزمون ها ی ارزیابی ظرفیت هوازی

- تست های ماکزیمال یا مستقیم
- تست های ساب ماکزیمال یا غیر مستقیم

آزمون ها ی ارزیابی ظرفیت هوازی

- تست های ماکزیمال یا مستقیم

۱_ اجرای بار کار در سطح ایمن و افزایش آن تا حداکثر توان فرد

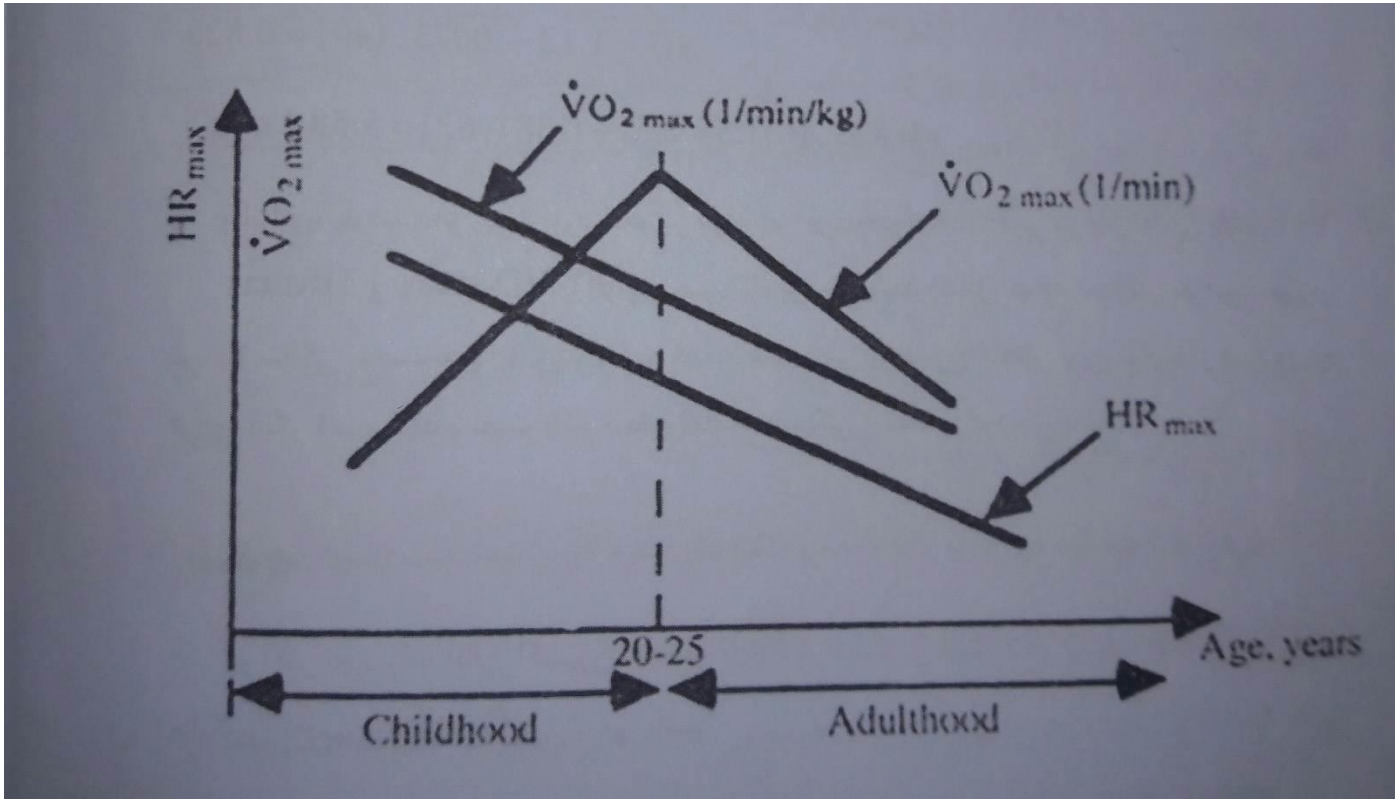
۲- ارزیابی میزان اکسیژن مصرفی در طی فعالیت

۳_ اشکالش فشار زیاد بر فرد است

۴_ مزیتش صحت آن است .

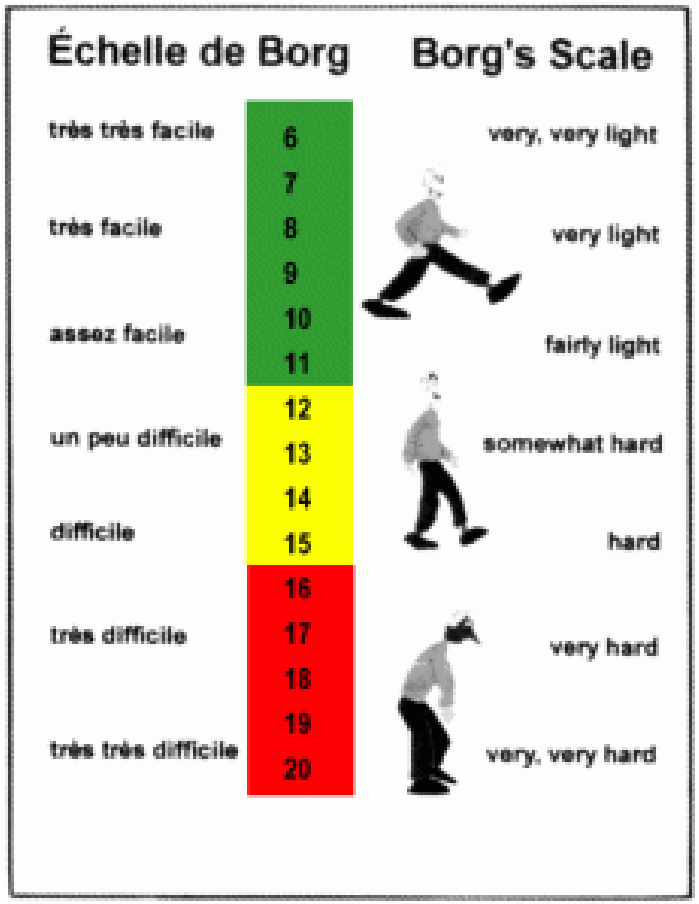
آزمون ها ی ارزیابی ظرفیت هوازی

- تست های ساب ماکزیمال یا غیر مستقیم
- ۱- تخمین غیر مستقیم VO2-max با ضربان قلب
- ۲- تست پله


$\dot{V}O_{2\ max}$ (l/min/kg)
$\dot{V}O_{2\ max}$ (l/min)
HR_{max}
HR_{max}
$\dot{V}O_{2\ max}$
20-25
Age, years
Childhood
Adulthood

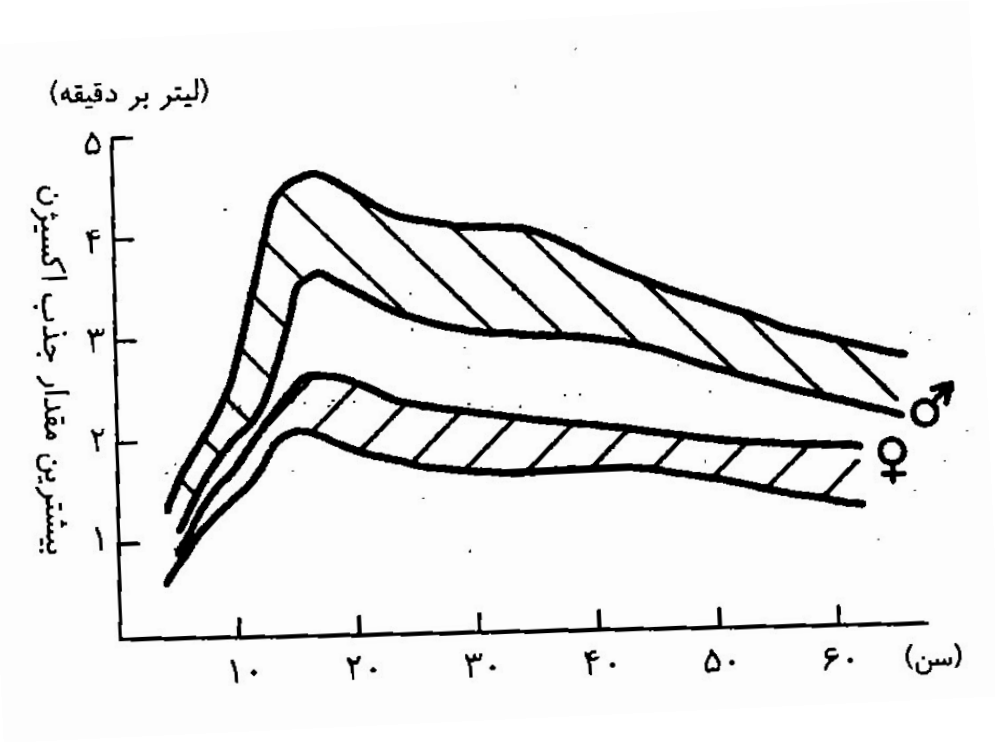
1. Put your right foot on the step
2. Bring up the left foot
3. Place the right foot on the ground
4. Bring the left foot down

Picture source: Richard Chevalier, À vos marques, prêts, santé!, *3rd edition, © ERPI 2003. Reproduction authorized by the publisher. (A 4th edition of the work is now available.)*

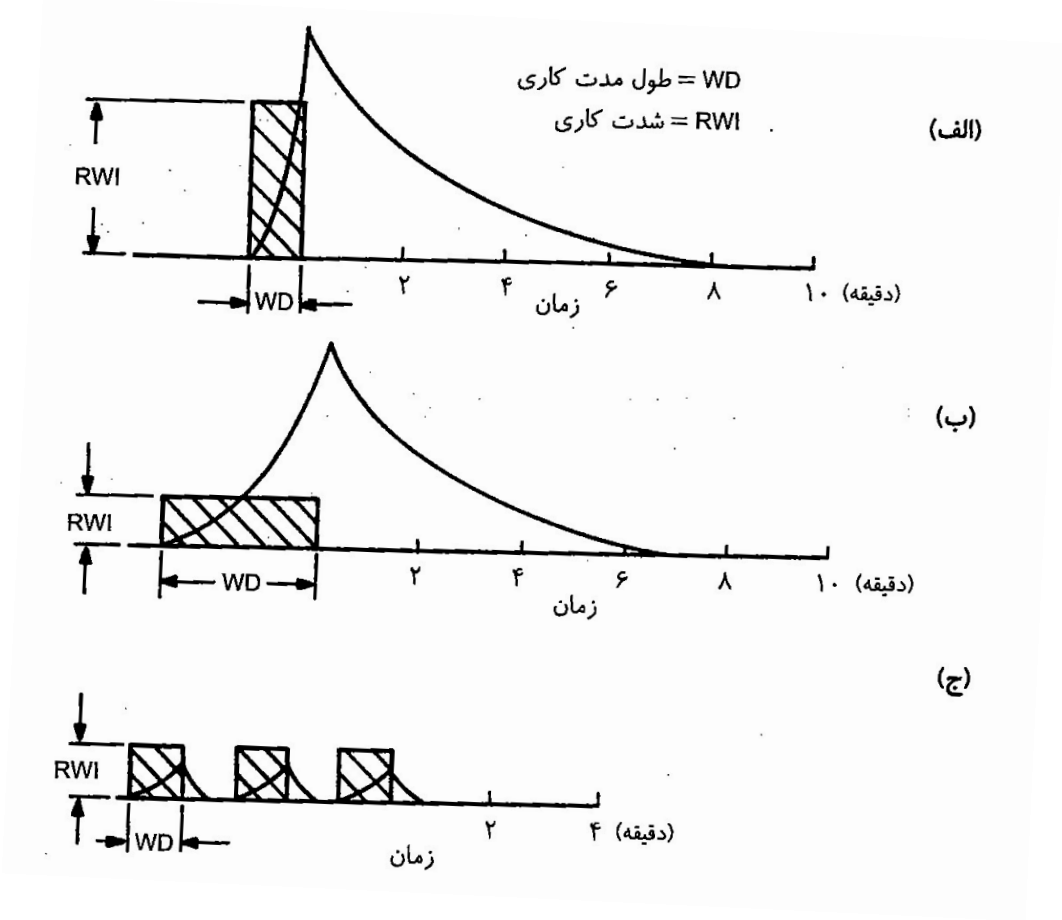


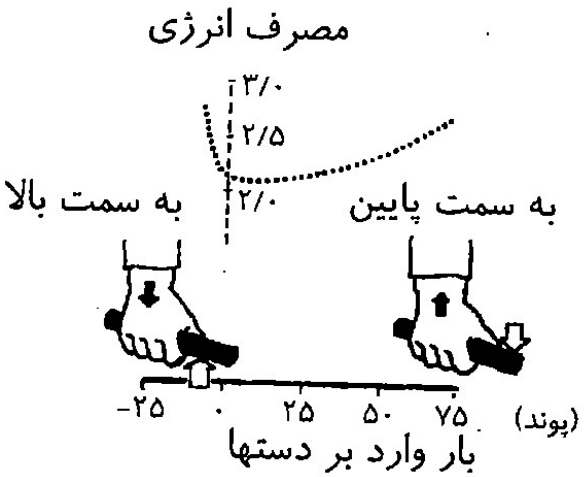
The Borg Scale

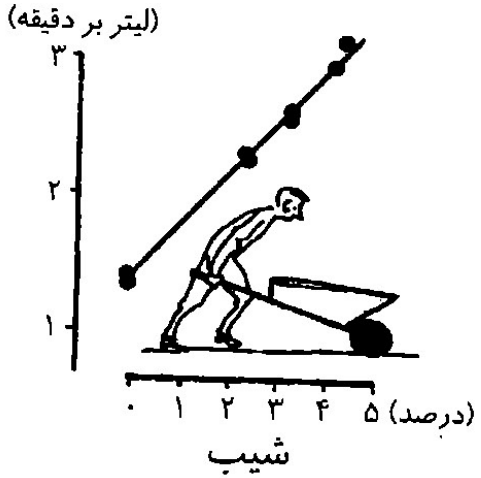
Colour	BORG	Explanation/percieved exertion
GREEN	6	Zero exertion
	7	Very easy
	8	Minimal recognition of effort
YELLOW	9	Very light (Comfortable walking pace)
	10	Can just start to hear your breathing
	11	Conversation is easy and you feel you could run for a while at this pace
	12	Light exertion - This is where you are deveopling your aerobic system
ORANGE	13	Somewhat Hard
	14	You can hear your breathing but you're not struggling
	15	You can talk but not in full sentences - You are still developing the aerobic system here but getting towards it's top end
	16	Hard work - This is probably just below your anaeoribic threshold
RED	17	Very hard - Starting to get uncomfortable and you're getting tired - This probably represents your anaerobic threshold
	18	You can no longer talk because your breathing is heavy
	19	Extremely hard. Your body is screaming at you to stop
	20	Max exertion



حداکثر قدرت هوازی در فعالیت فیزیکی مردان و زنان را با توجه به سن نشان می‌دهد. خطوط پر نشان دهنده مقدار متوسط هستند. ناحیه هاشور خورده بالاتر S.D ۲+ را برای مردان و ناحیه هاشور خورده پائین‌تر S.D ۲- را برای زنان نشان می‌دهد.


WD = طول مدت کاری
RWI = شدت کاری
(الف)
RWI
WD
۲
۴
۶
۸
۱۰ (دقیقه)
زمان
(ب)
RWI
WD
۲
۴
۶
۸
۱۰ (دقیقه)
زمان
(ج)
RWI
WD
۲
۴ (دقیقه)
زمان

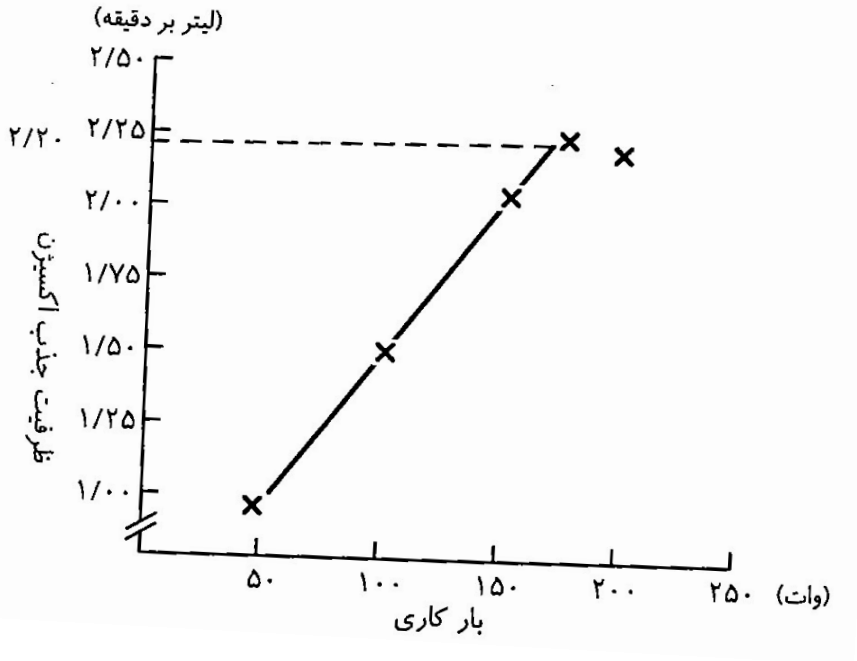

مصرف انرژی
۳/۰
۲/۵
۲/۰
به سمت بالا
به سمت پایین
-۲۵
۰
۲۵
۵۰
۷۵
(پوند)
بار وارد بر دستها

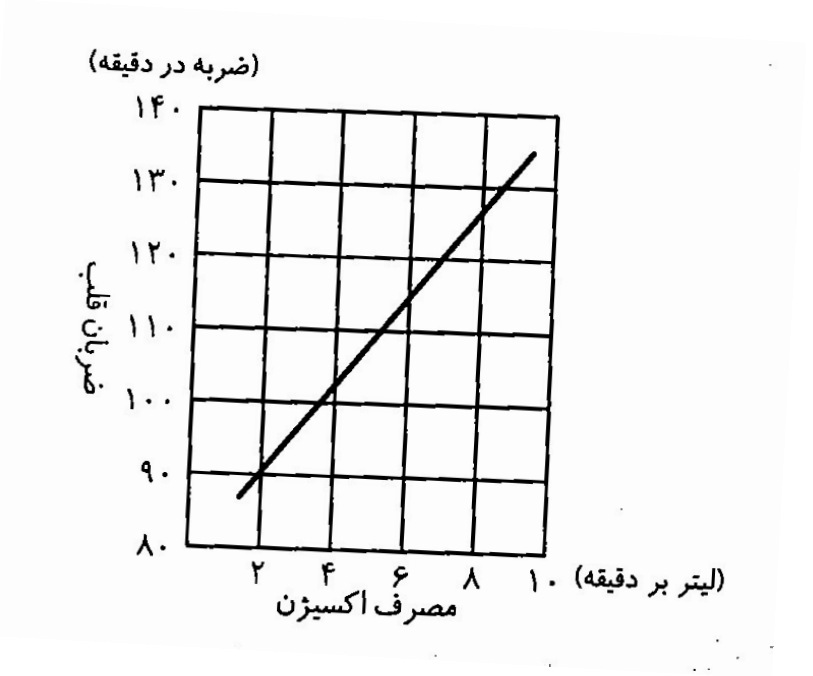

(لیتر بر دقیقه)
۳
۲
۱
۰
۱
۲
۳
۴
۵ (درصد)
شیب

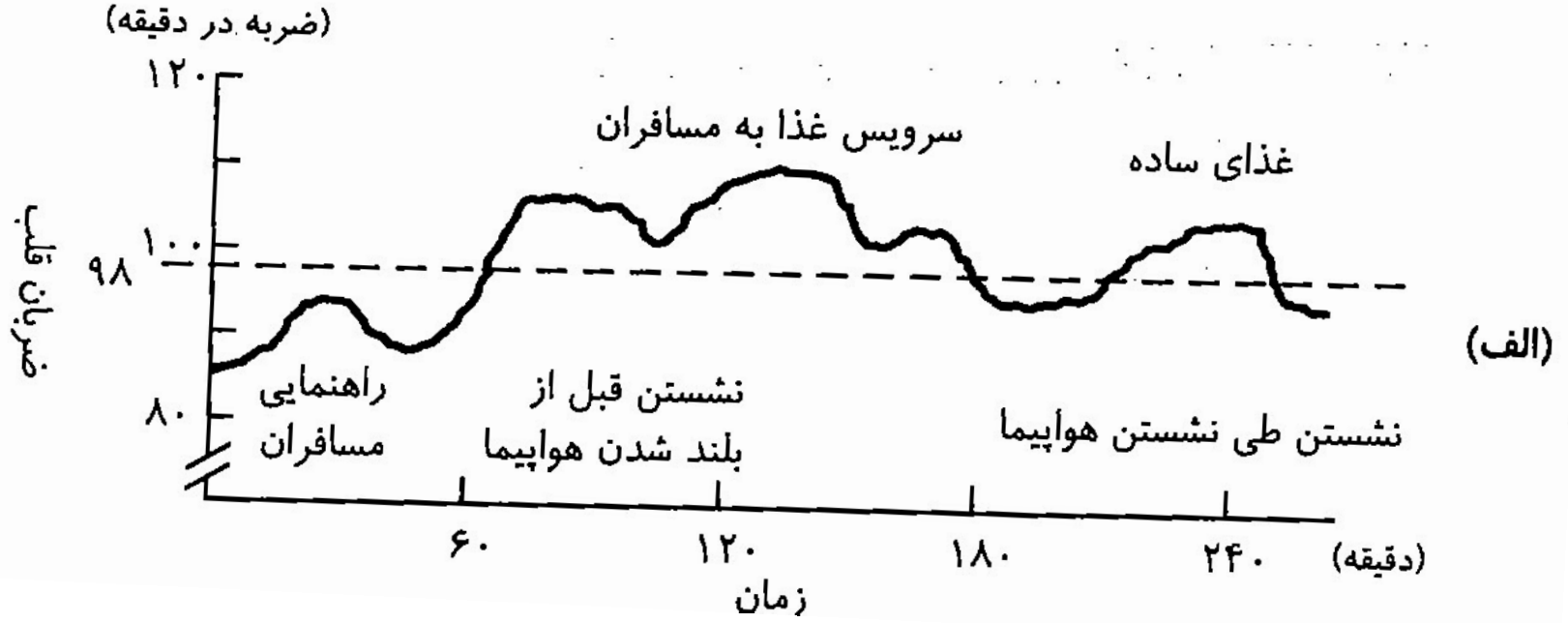
	کالری
۸ ساعت خواب	۵۲۰
۳ ساعت کار سبک	۵۱۰
۸ ساعت کار میانه تا سنگین	۱۹۲۰
۵ ساعت نشستن در حال استراحت	۵۰۰
جمع	۳۵۴۰

جدول ۶-۲-۴

فعالیت	شرایط کاری	کیلو کالری در هر دقیقه
قدم زدن	بدون بار، با سرعت (۳ Km/h)	۱/۷
	(۴ Km/h)	۲/۱
قدم زدن	با حمل بار بر پشت (۱۰ kg/ ۴ km/h)	۳/۶
	(۳۰ kg/ ۴ km/h)	۵/۳
	(۵۰ kg/ ۴ km/h)	۸/۱
صعود کردن	$\frac{۱۶^{\circ}}{۱۱/۵}$ m/min (بدون بار)	۸/۳
	(۲۰ کیلو بار)	۱۰/۵
	(۵۰ کیلو بار)	۱۶/۰
دوچرخه سواری	۱۶ km/h	۵/۲
خانه‌داری	پخت و پز	۱/۰ - ۲/۰
	شست و شوی، اطوکشی	۲/۰ - ۳/۰
	تمیز کردن زمین	۴/۰ - ۵/۰


(لیتر بر دقیقه)
۲/۵۰
۲/۲۵
۲/۲۰
۲/۰۰
۱/۷۵
۱/۵۰
۱/۲۵
۱/۰۰
ظرفیت جذب اکسیژن
۵۰
۱۰۰
۱۵۰
۲۰۰
۲۵۰
(وات)
بار کاری


(ضربه در دقیقه)
۱۴۰
۱۳۰
۱۲۰
۱۱۰
۱۰۰
۹۰
۸۰
ضربان قلب
۲
۴
۶
۸
۱۰
(لیتر بر دقیقه)
مصرف اکسیژن


(ضربه در دقیقه)
۱۲۰
۱۰۰
۹۸
۸۰
ضربان قلب
سرویس غذا به مسافران
غذای ساده
راهنمایی
مسافران
نشستن قبل از
بلند شدن هواپیما
نشستن طی نشستن هواپیما
(الف)
۶۰
۱۲۰
۱۸۰
۲۴۰
(دقیقه)
زمان

فعالیت	شرایط انجام کار	انرژی مصرفی (کیلوژول/دقیقه)
پیاده‌روی	زمین صاف و هموار ۴Km/h	۸/۸
پیاده‌روی با بار	۳۰Kg بار، ۴Km/h	۲۲/۳
بالا رفتن از پله	شیب ۳۰ درجه، ۱۷/۲m/min	۵۷/۵
دوچرخه سواری	با سرعت ۱۶Km/h	۲۲
اره کردن چوب	۶۰ بار اره کردن در دقیقه	۳۸
کارهای خانگی	تمیز کردن، شستن کف، اتو کردن	۸ـ۲۰

نشسته
۳-۵٪
ایستاده
۸-۱۰٪
خمیده
۵۰-۶۰٪
زانو زده
۳۰-۴۰٪

۳۰

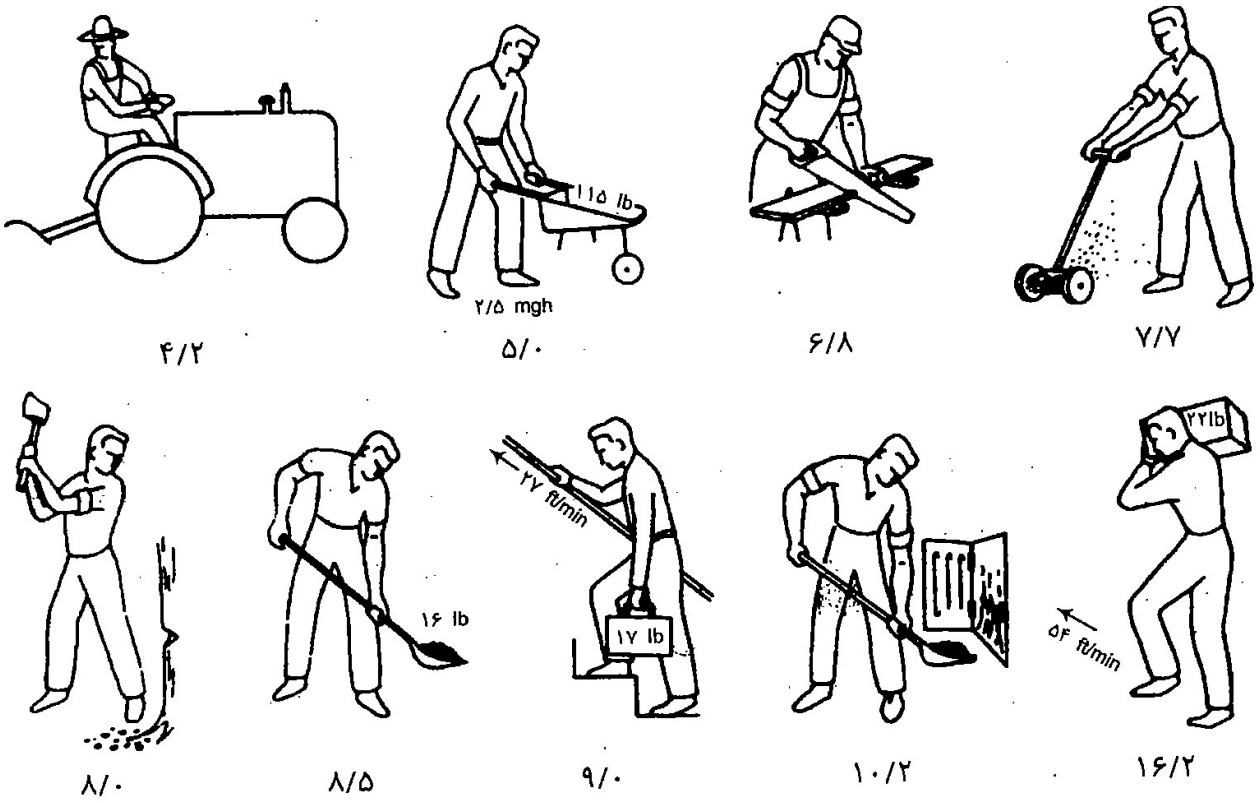
۱۷
(۵ km/h)

۱۲-۱۶

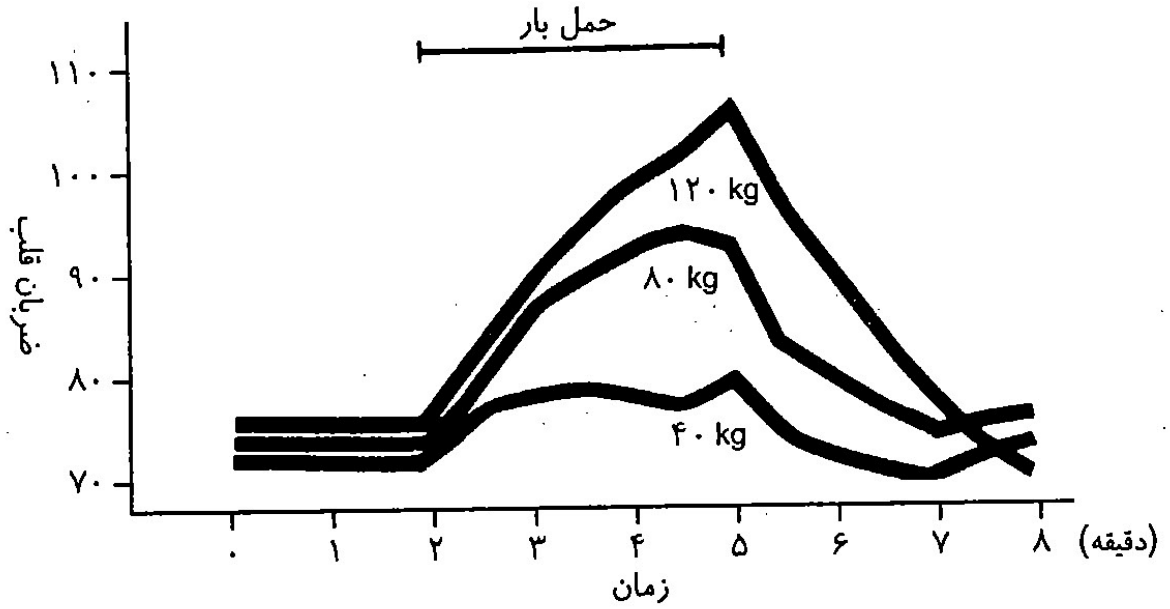
۲۸

۲۸
(۲۰ km/h)

انرژی مصرفی در فعالیت‌های روزانه، مقادیر متوسط مصرف سراسری برای مردان به Kj/min هستند برای زنان اندکی کمتر از این مقادیر یعنی چیزی حدود ۲۰-۱۰ درصد استفاده می‌شود.



مثال‌هایی از هزینه انرژی فعالیت‌های مختلف انسان، هزینه انرژی بر حسب کیلو کالری بر دقیقه داده شده است.



ضربان قلب در حین انجام کار استاتیکی (حمل بار). هر چه بار سنگین باشد مجموع هر دو ضربان کاری و بازیافت بیشتر می‌گردد.

اندازه گیری میزان جذب اکسیژن به هنگام کار:

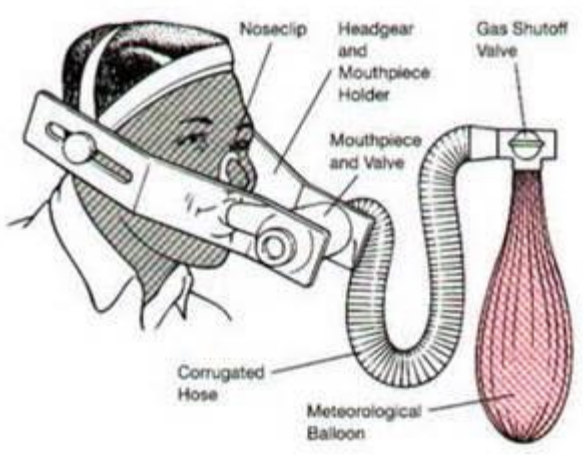
روایی استفاده از میزان جذب اکسیژن، به عنوان مبنایی برای اندازه گیری مقدار مصرف انرژی به اثبات رسیده و تأیید شده است، با کاربرد این روش، که در واقع از دسته روش های کالریمتری غیر مستقیم است، می توان مقدار مصرف انرژی را در بسیاری از فعالیت های جسمانی اندازه گرفت

ارزیای مستقیم

گردآوری هوای بازدم در کیسه ی دوگلاس است، که بر پشت فرد حمل می شود. هم اکنون، روش های دیگر نیز، هستند، که در آنها، حجم هوای بازدم به وسیله ی فلومترها (وسایل اندازه گیری حجم هوا) اندازه گیری می شود و بخشی از هوای بازدم در یک کیسه ی پلاستیکی کوچک (اسپیرومتر ماکس پلانک) گردآوری می گردد

- ***Douglas bag.***

- Flow meters



ارزیای غیر مستقیم

اندازه گیری غیر مستقیم میزان کار برپایه ی ثبت پیوسته ضربان قلب، تصویری کلی از میزان فعالیت همه ی بدن در مدت زمان انجام کار را به دست می دهد

گردآوری هوای بازدم در کیسه ی دوگلاس است، که بر پشت فرد حمل می شود. هم اکنون، روش های دیگر نیز، هستند، که در آنها، حجم هوای بازدم به وسیله ی فلومترها (وسایل اندازه گیری حجم هوا) اندازه گیری می شود و بخشی از هوای بازدم در یک کیسه ی پلاستیکی کوچک (اسپیرومتر ماکس پلانک) گردآوری می گردد

— ***Douglas bag.***

- Flow meters

البته باید به خاطر داشت، که برآورد اکسیژن مصرفی از راه نرخ ضربان قلب، با خطای حدود ۱۵٪ همراه است.

ارزیابی بار کار جسمانی که بر فرد وارد می شود به طریق زیر انجام می شود:

- ابتدا ضربان قلب فرد در حالت استراحت (RHR) اندازه گیری می شود. اینکار می‌تواند از طریق اندازه گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس متر در حالتی که فرد نشسته و حداقل تا نیم ساعت قبل هیچگونه فعالیت جسمانی نداشته است سنجش شود.
- حداکثر ضربان قلب فرد (MHR) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می گردد:

MHR = ۲۲۰ - سن

- حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR) در طول یک شیفت کار ۸ ساعتی با استفاده از فرمول ریز محاسبه می شود:

- ***- Resting Heart Rate***
- ***- Maximum Heart Rate***
- ***- Maximum Working Heart Rate***

حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR) در طول یک شیفت کار ۸ ساعتی با استفاده از فرمول ریز محاسبه می شود:

MWHR = (MHR/3) + RHR

ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه از طریق اندازه گیری ضربان نبض و یا با استفاده از دستگاه پالس متر سنجش می شود. چنانچه شدت فعالیت جسمانی در زمانهای مختلف از شیفت کار متفاوت می باشد، لازم است میانگین ضربان قلب در طول شیفت کار از طریق اندازه گیری مداوم آن محاسبه شود.

- ***Maximum Working Heart Rate***

- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه که از مرحله rfg بدست آمده است با MWHR حاصل از مرحله با یکدیگر مقایسه می‌شوند. چنانچه:

- میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه کمتر از MWHR باشد، شرایط مطلوب ارزیابی می گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین نمی باشد.

- اگرمیانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه بیشتر از MWHR باشد، شرایط نامطلوب ارزیابی می گردد و کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین است

دسته بندی کارهای جسمانی از نظر مصرف انرژی

- در این رده بندی، میزان اکسیژن مصرفی به هنگام کار، شمار ضربان قلب در دقیقه و مصرف انرژی در واحد زمان به عنوان مبنا به کار برده شده اند.

دسته بندی کارهای جسمانی از نظر مصرف انرژی

جدول ۱- تقسیم بندی شدت کار براساس میزان مصرف اکسیژن،ضربان قلب ومصرف انرژی

شدت کار	VO_2 (لیتر بر دقیقه)	ضربان قلب (ضربه دردقیقه)	مصرف انرژی (کیلوکالری دردقیقه)
کار سبک	<۰/۵	<۹۰	<۲/۵
کار متوسط	۰/۵-۱	۹۰-۱۱۰	۲/۵-۵
کار سنگین	۱-۱/۵	۱۱۰-۱۳۰	۵-۷/۵
کار خیلی سنگین	۱/۵-۲	۱۳۰-۱۵۰	۷/۵-۱۰
کار فوق العاده سنگین	>۲	۱۵۰-۱۷۰	>۱۰

- مثال: فرض کنید کارگر ۲۵ ساله ای در یک کارگاه تولیدی مشغول انجام وظیفه ای از نوع دینامیک می باشد. اگر متوسط ضربان قلب او هنگام کار در طول شیفت کار برابر با ۱۳۰ و هنگام استراحت برابر با ۷۰ ضربه در دقیقه باشد، قضاوت در مورد کار این کارگر به شرح زیر است.

ضربان قلب فرد در حالت استراحت

(RHR) = ۷۰ (Beat/Min)

حداکثر ضربان قلب فرد (MHR) برابر است با:

MHR = ۲۲۰ – ۲۵ = ۱۹۵ (Beat/Min)

- حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR) در طول یک شیفت کار 8 ساعتی برابر است با:

$$MWHR = (MHR/3) + RHR$$

$$MWHR = (195/3) + 70 = 135 \text{ (Beat/Min)}$$

با توجه به اینکه میانگین ضربان قلب کارگر هنگام انجام وظیفه (۱۳۰ ضربه در دقیقه) کمتر از حداکثر ضربان قلب مجاز (MWHR) در طول یک شیفت کار ۸ ساعتی (۱۳۵ ضربه در دقیقه) می باشد، کار از نظر جسمانی برای فرد سنگین نمی باشد و فشار فیزیولوژیک بر وی تحمیل نمی شود.

تعیین زمان استراحت

در فعالیتهای جسمانی، اگر بار فیزیکی کار از حد تحمل فیزیولوژیک فرد بالاتر باشد، در نظر گرفتن وقفه های استراحت ضروری می شود. روشهای مختلفی برای محاسبه زمان استراحت وجود دارد که به برخی از آنها در زیر اشاره می شود.

Edholm (1967) مصرف روزانه ۲۰۰۰kcal را برای فعالیت شغلی پیشنهاد می کند. این میزان معادل ۴/۲ kcal/min در شیفت ۸ ساعته می باشد. بر این اساس، معادله زیر برای تعیین زمان استراحت توسط وی پیشنهاد شده است:

$$T_R = (480M - 2000) / (M - 1.5)$$

T_R = زمان استراحت (min)

M = میزان متابولیسم هنگام کار (kcal/min)

دسته بندی کارهای جسمانی از نظر مصرف انرژی

جدول ۱- تقسیم بندی شدت کار براساس میزان مصرف اکسیژن،ضربان قلب ومصرف انرژی

شدت کار	VO_2 (لیتر بر دقیقه)	ضربان قلب (ضربه دردقیقه)	مصرف انرژی (کیلوکالری دردقیقه)
کار سبک	<۰/۵	<۹۰	<۲/۵
کار متوسط	۰/۵-۱	۹۰-۱۱۰	۲/۵-۵
کار سنگین	۱-۱/۵	۱۱۰-۱۳۰	۵-۷/۵
کار خیلی سنگین	۱/۵-۲	۱۳۰-۱۵۰	۷/۵-۱۰
کار فوق العاده سنگین	>۲	۱۵۰-۱۷۰	>۱۰

مثال: اگر میزان مصرف انرژی هنگام کار برابر با ۵/۵ kcal/min باشد، زمان استراحت در طول یک شیفت کار ۸ ساعته چقدر است؟

$$T_R = [(480 \times 5.5) - 2000] / (5.5 - 1.5) = 213 \text{ min}$$

این بدان معناست که در طول شیفت کار ۴۸۰ دقیقه ای، باید ۲۱۳ دقیقه زمان استراحت در نظر گرفته شود.

Muller (1953) اظهار می کند که ذخیره انرژی در مرد متوسط ۲۵ kcal است و این ذخیره مادامی که میزان مصرف انرژی هنگام کار کمتر از ۵ kcal/min است، مصرف نمی شود. زمان کاهش انرژی ذخیره در فعالیتی که نیازمند M kcal/min است با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$T_{max} = 25 / (M - 5)$$

T_{max} = حداکثر زمان کار (دقیقه) در چرخه کار- استراحت که فراتر از آن، کار بایستی متوقف شود تا از ایجاد خستگی پیشگیری شود. بنابر این:

$T_{max} = 25 / (M - 5)$

T_{max} = حداکثر زمان کار (دقیقه) در چرخه کار- استراحت که فراتر از آن، کار بایستی متوقف شود تا از ایجاد خستگی پیشگیری شود. بنابر این:

$T_w \leq T_{max}$

بنابر این:

$T_w \leq 25 / (M - 5)$

T_w میزان کاری که نیازمند مصرف M kcal/min انرژی می باشد، ذخیره انرژی را در دقیقه مصرف خواهد نمود. انرژی ذخیره مصرف شده با نرخ معادل 3.5 kcal/min (یعنی 5 - 1.5) احیا می شود. بدین ترتیب، زمان استراحت مورد نیاز برای احیای کامل انرژی ذخیره به صورت زیر تعیین می شود:

$T_R = T_W (M - 5) / (3.5)$

مثال: M در یک فعالیت برابر ۶ kcal/min می باشد. T_{max} چقدر است؟

$T_{max} = 25 / (6-5) = 25 \text{ min}$

اگر طول مدت زمان کار در این فعالیت ۱۴ دقیقه باشد، T_R چقدر است؟

$T_R = 14 (6 - 5) / 3.5 = 4 \text{ min}$

اگر T_W به T_{max} افزایش یابد، آنگاه زمان استراحت ۷ min خواهد بود.

$T_W \leq T_{max}$

$T_W \leq 25 / (M - 5)$ $\quad$ $T_R = T_W (M - 5) / (3.5)$