

فصل سوم

ارزیابی ظرفیت ورزشی

مقدمه

عدم تحمل ورزشی شرایطی است که بیمار قادر نیست تمرین های فیزیکی را در سطح یا مدتی که برای فرد در آن سن انتظار می رود انجام دهد. اگر این ناتوانی، با اختلال عملکرد یک یا چند سیستم فیزیولوژیکی (مثل همودینامیک مرکزی، تنفسی، ماهیچه های محیطی) همراه شود، منجر به بروز تنگی نفس و عوارض دیگری مثل خستگی و درد عضلات محیطی می گردد.

تنگی نفس به صورت نارضایتی در تنفس نمایان می شود. مکانیزم هایی که تنگی نفس را بدتر می کنند با عدم تعادل بین آوران های مرکزی تنفسی و پاسخ عضلات تنفسی، مرتبط هستند. در بیماران با بیماری های ریه ای مزمن، تنگی نفس در طول ورزش بیشتر می شود زیرا کارآیی تنفسی در نتیجه ی مکانیک تنفسی خراب از یک طرف و افزایش نیاز تنفسی از طرف دیگر، کاهش می یابد. خستگی عضلات محیطی، که با احساس ناراحتی پا همراه است، منجر به کاهش قدرت عضلانی می شود که به علت کمبود اکسیژن رسانی یا مشکل در استفاده از اکسیژن، در میتوکندری می باشد.

با توجه به این مسئله، تقاضای اکسیژن سلولی یا از حداکثر ظرفیت انتقال اکسیژن بیشتر می شود یا سیستم فیزیولوژیکی مختل شده را تحت فشار می گذارد. یک سری اختلال عملکردی در سطح تنفسی و سیستم های قلبی باعث اختلال در انتقال اکسیژن می شود. بنابراین، فاکتورهایی که تحمل ورزشی را در افراد سالم محدود می کنند متفاوت از آن هایی هستند که ظرفیت ورزشی را در بیماران مبتلا به بیماری های قلبی-تنفسی محدود می کنند.

• تست ورزشی در بیماری‌های ریه

برای ارزیابی تحمل ورزشی، تست ورزشی قلبی ریوی (CPET)، آزمایش استاندارد می‌باشد که در آن هر دو نوع متغیر ساپژکتیو (مثلاً شدت تنگی نفس و احساس ناراحتی که توسط خود بیمار بیان می‌شود) و ابژکتیو (مثلاً پاسخ قلبی ریوی و حجم عملکردی ریه که توسط درمانگر ارزیابی می‌شود) به طور همزمان ارزیابی می‌گردد. دو نوع پروتکل ورزشی است که بر روی تردمیل یا ارگومتر انجام می‌شود:

تست افزایش یابنده حداکثری (maximal incremental test) و تست نرخ کار ثابت (constant work rate test).

تست افزایش یابنده، یک فشار یکنواخت درجه‌بندی شده را به تمام سیستم‌های فیزیولوژیکی وارد می‌کند که پاسخ ورزشی را هنگام افزایش شدت تمرین می‌سازد. این ارزیابی‌ها شامل مقدار اکسیژن مصرفی در دقیقه (VO_2) یا مقدار دی‌اکسید کربن تولیدی می‌باشد که در واقع کارآیی تهویه را نشان می‌دهد. همچنین نرخ تغییر V_{CO_2} متناسب با تغییر V_{O_2} برای شناسایی غیرتهاجمی آستانه‌ی غیرهوازی استفاده می‌شود. به طور مشابه، زمانی که آزمایش بر روی ارگومتر انجام شود، نرخ تغییر در V_{O_2} متناسب با نرخ کار (وات) نشان دهنده‌ی کارآیی عملکرد هوازی می‌باشد.

در تست نرخ کار ثابت، نرخ کار در یک مقدار ثابت از پیش تعیین شده (معمولاً ۵۰ الی ۸۰ درصد حداکثر نرخ کار) تنظیم می‌شود، و از افراد خواسته می‌شود تا جایی که قادر به تحمل بار تحمیل شده هستند، ورزش را ادامه دهند. مدت زمان انجام ورزش (تا لحظه قطع ورزش) اندازه‌گیری می‌شود.

علاوه بر تست ورزشی قلبی ریوی (CPET) که اطلاعات زیادی درباره پاسخ‌های فیزیولوژیکی به ما می‌دهد، تست‌های دیگری نیز هستند که با وجود ارائه اطلاعات فیزیولوژیکی محدود، داده‌های کافی در زمینه‌ی محدودیت‌های ورزشی در اختیار ما می‌گذارند.

این تست ها عبارتند از تست پیاده روی ۶ دقیقه ای، و تست پیاده روی افزایشی و تحملی شاتل که اطلاعاتی را درباره میزان عدم تحمل ورزشی، شدت علائم و میزان کاهش در غلظت اکسیژن شریانی، به ما می‌دهد. تست پیاده روی ۶ دقیقه ای، تستی با شدت زیرماکزیمم می‌باشد و غالباً برای ارزیابی اثر مداخلات بر ظرفیت ورزشی بیمار، استفاده می‌شود. از بیماران خواسته می‌شود تا با سرعت طبیعی خودشان در مدت ۶ دقیقه مسافت مشخصی را طی کنند. این تست در تعیین پیش‌آگهی، ارزش بالایی دارد.

تست پیاده روی افزایشی شاتل، تستی است که در آن سرعت پیاده روی تا جایکه بیمار می‌تواند تحمل کند بالا می‌رود. به این ترتیب، تست پیاده روی افزایشی شاتل معادل تست افزایشی حداکثری بر روی تردمیل می‌باشد. اما در تست تحملی شاتل، شدت پیاده روی فرد متناسب با کسری از عملکرد ورزشی بیشینه بیمار در تست پیاده روی افزایشی شاتل است.

• تست ورزش قلبی ریوی (CPET)

این تست معمولاً در کلینیک ها برای کشف علت محدودیت ظرفیت ورزشی و مقدار سهم آن علت، استفاده می‌شود.

۱	محدودیت جریان هوای بازدمی
۲	هایپراینفلیشن (اتساع بیش از حد) داینامیک ناشی از ورزش
۳	افزایش کار تنفسی
۴	به هم خوردن نسبت تهویه به خونرسانی آلونولی
۵	اختلال عملکرد قلب
۶	اختلال در عملکرد عضلات محیطی

جدول ۱: مکانیزم های محدود کننده ی ظرفیت ورزشی در بیماری های مزمن تنفسی

۱	ایسکمی میوکاردیال
۲	بیماری عروق محیطی
۳	آسم ورزشی
۴	نداشتن تناسب اندام
۵	تنگی نفس سایکوژنیک
۶	نقص فسفوریلاز عضلانی

جدول ۲: استفاده تشخیصی از تست ورزش

این تست، بررسی همزمان عملکرد سه سیستم را امکان پذیر می‌کند؛ سیستم قلبی عروقی، سیستم تنفسی و سیستم عضلانی. به طور همزمان، تست CPET به ما این اجازه را می‌دهد که فاکتورهای ساجکتیو فرد مثل تنگی نفس و ناراحتی عضلانی را در شرایطی که علائم بروز یافته یا تشدید می‌شوند، ثبت کنیم. تست CPET مخصوص بیمارانی است که ظرفیت ورزشی محدودی دارند اما بعد از ارزیابی جامع ریوی و هموداینامیک مرکزی به علت این محدودیت پی نبرده اند.

استفاده از CPET در جدول ۲ نشان داده شده است.

رایج ترین نوع تست ورزشی که در ارزیابی بالینی استفاده می‌شود تست ورزشی افزایشی و تست ورزش با شدت ثابت می‌باشد. اغلب این تست ها روی ارگومتر های الکترومغناطیسی انجام می‌شوند.

• انواع تست های ورزشی قلبی ریوی

• تست های افزایشی

در این تست، شدت ورزش تا جاییکه پاسخ تمام سیستم های فیزیولوژیک بدن را برانگیزد، افزایش می یابد. در واقع شدت تا جایی بالا می رود که تنگی نفس و ناراحتی عضلانی جلوی ادامه ی ورزش را بگیرد. این تست اجازه می دهد تا پاسخ های بیولوژیکی انتقال و استفاده از اکسیژن تا حد قابل تحمل بیمار شکل بگیرند و تعیین شوند. به علاوه زمانی که تست انجام می شود، نرخ تغییر مصرف اکسیژن VO_2 با توجه به نرخ کار WR، کارآمدی سیستم های فیزیولوژیکی دخیل در انتقال و مصرف اکسیژن را نشان می دهد.

• تست با نرخ کار ثابت

در این تست از بیمار خواسته می شود یک شدت ثابتی از ورزش را انتخاب کند که کسری از ماکزیمم شدت ورزش باشد (معمولاً بین ۵۰ تا ۷۵ درصد بیشینه ورزش می باشد) ؛ بیشینه مقدار ورزش هم با ظهور علائم تنگی نفس و ناراحتی عضلانی خود را نشان می دهد. مدت زمان لازم برای تطبیق دینامیک تا زمان پایداری پاسخ های متابولیک و قلبی تنفسی اطلاعات ارزشمندی را درباره عملکرد و ظرفیت پاسخ سیستم های متابولیک و قلبی عروقی به ما می دهد. جدول ۵.۳ اثر انواع مختلف مداخلات در طول ورزش ثابت را در بیماران COPD نشان می دهد.

علاوه بر تست هایی که در بالا ذکر شد، تستهایی وجود دارد که اطلاعات کمتری درباره پاسخ های فیزیولوژیکی به ما می دهد، اما ظرفیت ورزشی را تا حدودی تعیین می کند.

تستی که به صورت گسترده استفاده می شود تست ۶ دقیقه پیاده روی می باشد، که ساب ماکزیمال می باشد و اغلب برای ارزیابی کارآمدی مداخلات دارویی و غیردارویی استفاده می شود.

• متغیرهای ثبت شده در طول تست ورزش قلبی عروقی CPET

حداکثر مصرف اکسیژن (VO_2 peak): ظرفیت ورزشی و کارآمدی قلبی ریوی معمولاً با این شاخص تعیین می شود.

در تست افزایشی که به خوبی اجرا شده باشد، پیک مصرف اکسیژن نشان دهنده بیشینه ی ظرفیت هوازی می باشد. این پارامتر ظرفیت ترکیب اکسیژن با مولکول های هموگلوبین را در سطح آلوئولی، انتقال به محیط و استفاده از آن در ماهیچه های اسکلتی نشان می دهد. مقادیر کمتر از ۸۰٪ غیرطبیعی در نظر گرفته می شود و مقادیر زیر ۵۰٪ نشان دهنده ی اختلال جدی سیستم های فیزیولوژیکی می باشد.

آستانه بی هوازی Anaerobic threshold: آستانه بی هوازی AT اغلب به عنوان شاخصی برای شروع اسیدوز متابولیک در نظر گرفته می شود، که در نتیجه افزایش لاکتیک اسید در خون سرخرگی در طول ورزش رخ می دهد. مقادیر طبیعی معمولاً ۴۵-۵۰٪ پیک مصرف اکسیژن می باشد.

پالس اکسیژن: نشان دهنده ی مقدار اکسیژن برداشت شده در ماهیچه های محیطی در هر ضربان قلب می باشد. پالس اکسیژنی برابر است با حجم ضربه ای (SV) ضرب در تفاضل اکسیژن شریانی-وریدی ($VO_2/HR = SV \times C(a-v)O_2$) و معمولاً به عنوان شاخصی از حجم ضربه ای در طول ورزش استفاده می شود.

ذخیره تنفسی: میزان محدودیت تهویه ای به شدت با اختلال ظرفیت ورزشی ارتباط دارد، و می‌توان آن را با ذخیره تنفسی اندازه‌گیری کرد، زیرا ذخیره‌ی تنفسی نشان دهنده‌ی رابطه‌ی بین نیاز تنفسی با ظرفیت تنفسی می‌باشد. برای بیشتر افراد سالم، مقدار بیشینه‌ی تهویه ریوی (VE) در طول ورزش از ۷۰٪ بیشینه‌ی تهویه‌ی اختیاری (MVV) افزایش نمی‌یابد. افزایش این کسر ($VE/MVV > 0.75$)، نشان دهنده‌ی ذخیره‌ی تنفسی محدود شده در بیماریهای قلبی تنفسی مزمن می‌باشد.

متغیر	مقادیر مورد انتظار	مقادیر اندازه‌گیری شده	درصد مقادیر مورد انتظار
حداکثر اکسیژن مصرفی، حداکثر VO_2 (L/min)	۱.۶۷	۰.۹۰	۵۴
حداکثر ضربان قلب (beats/min)	۱۵۱	۱۳۶	۹۰
حداکثر توان (W)	۶۰	۳۰	۵۰
حداکثر پالس اکسیژن (ml/beats)	۱۱.۱	۶.۶	۶۰
تغییر اکسیژن مصرفی/تغییر توان $\Delta VO_2/\Delta WR$ (ml/min/W)	۱۰.۳	۸.۹	-
منطقه‌ی غیرهوازی (L/min of VO_2)	۱.۰	۰.۵	۵۰
حداکثر تهویه VE (L/min)	۹۰	۴۰	۴۵

جدول ۳: مقادیر پاسخ‌های فیزیولوژیکی در بیماران COPD در طول آزمایش افزایشی، که به عنوان درصدی از

مقادیر مورد انتظار در افراد سالم بیان می‌شود.