

## نقش برنامه توانبخشی و بازپروری بر کار آیی متابولیکی و هزینه انرژی بیماران فلج مغزی اسپاستیک دایپلزی

مجتبی ایزدی\* ، دکتر فرزاد ناظم\*\* ، دکتر محمدمهدی تقدیری\*\*\* ، دکتر نادر فرهپور\*\*

دریافت : ۸۳/۴/۹ ، پذیرش : ۸۳/۱۲/۹

### چکیده:

**مقدمه و هدف:** هدف از این مطالعه مقایسه هزینه انرژی استراحتی و کار آیی سوخت و سازی بیماران فلج مغزی اسپاستیک با میانگین سن ۱۱ سال، قبل و بعد از یک دوره تمرینات هوازی و مقایسه این شاخصها با افراد سالم می‌باشد.

**روش کار:** ۱۵ کودک فلج مغزی اسپاستیک دایپلزی داوطلبانه در یک برنامه ورزشی توانبخشی شرکت کردند و ۱۸ کودک سالم همتایشان (گروه کنترل) نیز به صورت تصادفی برگزیده شدند. گروه تجربی برنامه تمرینات هوازی را به مدت سه ماه، به صورت سه جلسه در هفته با شدت کار  $HRR = 66 \pm 2/5\%$  معادل ضربان قلب  $144 \text{ bpm}$  اجرا کردند. متغیرها مطابق با پروتکل اصلاح شده مک مستر روی چرخ کار سنج تئوری اندازه گیری شدند.

**نتایج:** متعاقب اجرای تمرینات سه ماهه ضربانهای قلب استراحت و زیر بیشینه و شدت اجرای فعالیت ( $HRR$ ) به میزان قابل توجهی کاهش یافت. ( $p < 0.05$ ) هزینه انرژی استراحتی گروههای بیمار و سالم تقریباً یکسان بود. میزان اکسیژن مصرفی متناسب با بازده کار در پس آزمون بیماران به میزان معنی داری کاهش یافت ( $p < 0.05$ ) که از افزایش کار آیی متابولیکی حکایت می‌کنند.

**نتیجه نهایی:** بیماران فلج مغزی از هزینه ورزش بالاتر و سطح پایین تر توانایی قلبی - عروقی نسبت به افراد سالم برخوردارند و فعالیتهای ورزش درمانی به افزایش کار آیی سوخت و سازی بیماران منجر می‌شود که از جنبه های بالینی قابل توجه است.

**کلید واژه ها:** توان بخشی / سوخت و ساز استراحتی / فلج مغزی

### مقدمه:

خون قادر به دریافت اکسیژن کافی نباشند، مرگ سلولی باعث بروز این بیماری می‌شود. فلج مغزی معمولاً حالت پیشرونده نداشته و به دنبال ضربه مغزی با احتمال ۰.۱٪ تا ۰.۲٪ تولد حادث می‌شود در بیشتر موارد هنوز علت بروز این عارضه مشخص نشده است. شناخت این بیماری هنگام تولد مشکل بوده و معمولاً اولین نشانه‌های آن در هیجده ماهگی ظاهر می‌شود که بصورت عقب‌ماندگی ذهنی، اختلال یادگیری و شنوایی، اختلال گفتاری و آسیبهای بینایی و ... ظاهر می‌شود. هاگبرگ علل آشکار این بیماری را در قبل از تولد ۱۱٪، حین تولد ۳۰٪ و عوامل بعد از تولد را در ۷۰٪ بیماران گزارش کرد و

فلج مغزی بصورت یک آنسفالوپاتی غیرپیشرونده استاتیک ناشی از تکامل غیرطبیعی مغز و یا صدمات مغزی در زمان قبل، هنگام و یا مدت کوتاهی پس از تولد است. این بیماری بصورت اختلال حرکتی ظاهر می‌شود و معمولاً علیرغم ثابت بودن سطح آسیب وارده به مغز و عدم پیشرفت آن، میزان اختلالات ناشی از بیماری در طول عمر بیمار متغیر است. این عارضه اغلب به علت آسیب مراکز کنترل حرکتی مغز یا مرگ سلول عصبی ایجاد می‌شود و ارسال پیام از مغز به بافتهای بدن را متاثر می‌کند. چنانچه سلولهای بدن به دلیل ضعف گردش

\* عضو هیأت علمی گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی ساوه (Izad52@yahoo.com)

\*\* استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه بوعلی سینا همدان

\*\*\* استادیار گروه کودکان دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان

اعلام داشت که هر چه این بیماری در سنین پایین تر رخ دهد، شدت عارضه آن بیشتر است (۱). اسپاستیسیته یک سندرم نرون حرکتی فوقانی است که عملکرد حرکتی را متاثر کرده و به نوعی اختلال عصبی-عضلانی منجر می‌شود و با فعالیت بدنی غیر نرمال، سوءتغذیه و ترکیب نامناسب بدن همراه است (۲). شایع‌ترین نوع فلج مغزی، اسپاستیک دایلیژی می‌باشد که در شدتهای بالا نیاز به مراقبتهای ویژه پرستاری و در شدتهای کمتر، شخص درگیر، توانایی حرکتی داشته و با اجرای تمرینات و بازتوانی مناسب تا اندازه‌ای می‌تواند رو به بهبودی رود. تقریباً ۸۰٪ کودکان اسپاستیک در این طبقه جای دارند. عوامل اصلی مانند نارس بودن نوزاد، پرقان شدید، ضربه مکانیکی به سر، عفونتهای ویروسی درون رحمی، افت قند خون، هایپوکسی مغزی، علل ژنتیکی و عروقی سبب بروز این بیماری می‌شوند. در این میان، درجه معلولیت ده درصد از بیماران چنان شدید است که آنان را برای باقیمانده عمر به مراقبتهای ویژه نیازمند می‌سازد. برخی گونه‌های بیماری تا رسیدن به سنین دبستان بهبود می‌یابد.

شواهد علمی و کافی در زمینه ارتباط مستقیم فلج مغزی و عملکرد دستگاه قلبی - عروقی در دسترس نیست. پاره‌ای از یافته‌ها اشاره می‌کند که ۹ تا ۱۰/۵ درصد بیماران بزرگسال فلج مغزی با عوارض قلبی - عروقی به صورت افزایش فشارخون سرخرگی روبه‌رو هستند (۳). فلج مغزی اسپاستیک موجب محدودیتهای حرکتی و ایجاد مقاومت عضله در برابر نیروی خارجی خصوصاً در ابتدای حرکت یا مهارت می‌شود. این عوامل به تدریج سبب افت سازگاری دستگاه انتقال اکسیژن و احتمالاً بروز کاهش کارآیی قلب و محدودیتهایی در سایر عوامل فیزیولوژیکی از قبیل جذب کافی اکسیژن توسط عضلات، افزایش دی‌اکسید کربن و سایر متابولیتها از بافتها (عضلات اسکلتی فعال) می‌شود که در نهایت منجر به کاهش حداکثر اکسیژن مصرفی (شاخص ممتاز سنجش آمادگی قلبی - عروقی) می‌گردد. محققین در مطالعه آزمایشگاهی هنگام فعالیت روی ارگومتر، جریان خون در عضلات اسپاستیک بیماران فلج مغزی را به مراتب کمتر از عضلات مشابه در افراد گزارش کردند بطوریکه اسپاستیسیته اکستنسورها به طور چشمگیری جریان خون موضعی عضلات ساق پا را هنگام فعالیت روی ارگومتر کاهش میدهد. بیماران (Cerebral Palsy) CP به دلیل کاهش حجم فعالیت بدنی و محدودیت حرکتی در اجرای کار بدنی معین، هزینه اکسیژن و انرژی بیشتر و کارآیی مکانیکی و ظرفیت کار بدنی شان کمتر از همتایانشان است (۴).

عضلات اسپاستیک همواره حالت انقباضی دارند و عضله هنگام پاسخ به کار معین برای غلبه بر تون بالای عضلانی، هزینه اکسیژن و انرژی بیشتر از سایر گونه‌های CP و افراد سالم مصرف می‌کند (۵). بچه‌های فلج مغزی دارای تغییرات غیرنرمال در نوع، اندازه و توزیع تارهای عضلانی هستند. رزی در مطالعه بافت‌شناسی و ریخت‌شناسی روی ۱۰ کودک فلج اسپاستیک دریافت که همراه با افزایش سن، دگرگونی‌هایی در نوع تارهای عضلانی بیماران یافت می‌شود و به مرور زمان به میزان معنی‌داری افزایش می‌یابد که میزان این تغییرات رابطه مستقیم با هزینه انرژی استراحتی دارد (۶). یافته‌های پژوهشی دیگر نشان می‌دهد که افراد CP خصوصاً نوع اسپاستیک از توانایی و عملکرد ضعیف بدنی برخوردارند و در فعالیتهای روزمره با وجود هزینه انرژی بیشتر از خستگی زودرس رنج می‌برند (۷). همچنین پژوهشگری هزینه انرژی زیربیشینه قدم زدن کودکان اسپاستیک را سه برابر کودکان سالم گزارش کرده است. در مطالعه هوسکل روی پاسخهای سیستم قلبی - تنفسی، عوامل هزینه اکسیژن و نسبت تبادل تنفسی هنگام پیاده‌روی روی تردمیل هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری در متغیرهای یاد شده در بچه‌های CP و سالم مشاهده نشد (۸). لاندین جذب اکسیژن در عضلات اسپاستیک را کمتر از عضلات سالم مشابه گزارش کرد. گزارشهای علمی روشن می‌کند که اجرای زیربیشینه ورزش هوازی و افزایش توانایی متابولیک عضلات فعال در جذب بیشتر اکسیژن مصرفی افراد CP نقش به‌سزایی دارند (۹، ۵).

هزینه انرژی استراحتی به وزن و ناحیه (سطح بدن) بستگی دارد. با افزایش اندازه و رویه سطح بدن کاهش پیش‌رونده  $VO_2$  استراحتی به ازای هر کیلوگرم وزن رخ می‌دهد. این دگرگونی ناشی از کاهش اندازه نسبی اندامها یا کاهش متابولیک بافتهای گوناگون نسبت به افزایش وزن بدن می‌باشد که پیامد هر دو کاهش برداشت اکسیژن بافتی است. افزایش حجم و اندازه بدن همسنگ با رشد کودکان، بر مصرف اکسیژن هنگام استراحت و فعالیت بدنی اثر چشمگیر داشته و مقدار آن به طور پیش‌رونده‌ای با افزایش اندازه بدن کاهش می‌یابد (۱۱، ۱۰، ۵). نسبت رویه سطح بدن (Body surface area) به وزن در کودکان کوچک اندام نسبت به افراد بزرگسال بیشتر است. مطابق قانون سطح، مقدار نسبی حرارت تولیدی شخص کم‌جثه که نسبت به وزنش، سطح رویه بزرگتری دارد، بیشتر است و بدنبال آن حرارت بیشتری از بدن دفع می‌شود. از این رو، برای حفظ گرمای بدن، باید

داوطلبانه از مدارس استثنایی همدان و گروه کنترل نیز شامل ۱۸ دانش آموز سالم با میانگین سنی و مشخصات فیزیکی مشابه گروه تجربی بودند که به صورت تصادفی خوشه‌ای از مدارس ابتدایی انتخاب شدند. نوع و شدت ضایعه اسپاستیک گروه تجربی در حد متوسط تا شدید و مطابق مقیاس ۳ تون عضلانی آشورد برآورد گردید (۱۳).

پس از بررسی پیشینه پزشکی گروه‌های مطالعه (بدون عارضه ارتوپدی و بیماری قلبی - عروقی)، بیماران اسپاستیک متعاقب یک جلسه آشنایی و یادگیری با نحوه پدال زنی روی دوچرخه، آزمون ارگومتری را در قالب پیش‌آزمون اجرا کردند، بطوریکه پس از اندازه‌گیری ضربان قلب استراحت، آزمودنی مدت دو دقیقه گرم کردن روی دستگاه ارگومتر را با سرعت ۱۵-۱۰ rpm و بازده کار ۱۰ وات پدال می‌زد. سپس مراحل اصلی کار شامل ۴ مرحله متوالی ۲ دقیقه‌ای اجرا می‌شد، بطوریکه در هر مرحله جدید بار کار افزایش می‌یافت و در پایان هر مرحله ضربان قلب بوسیله ضربان‌سنج تله‌متری ثبت می‌شد. شرط توقف آزمون ارگومتری، مشاهده علائم خستگی یا رسیدن به حد اکثر ضربان قلب هدف معادل  $150 \text{ bpm}$  بود. در غیر این صورت آزمون تا پایان مرحله چهارم ادامه می‌یافت. در هر یک از مراحل کارسنجی شدت ورزش، هزینه اکسیژن و نسبت اکسیژن به بازده کار به منزله مقیاس کارایی سوخت و سازی برآورد شدند. گروه بیمار پس از انجام پیش‌آزمون، برنامه تمرینات توانبخشی زیربیشینه سه ماهه به تعداد سه نوبت در هفته و زمان ۲۰ تا ۲۵ دقیقه برای هر جلسه با میانگین ضربان قلب  $144 \text{ bpm}$  معادل شدت کار  $(\text{HRR} = 46 \pm 2/5)$  به شکل فعالیت روی ارگومتر پایی، پیاده‌روی روی تردمیل مکانیکی با شیب و سرعت‌های متفاوت و دویدن‌های اینتروال با شدت پایین، انجام دادند و متعاقب آن پس‌آزمون در شرایط مشابه پیش‌آزمون برای گروه بیمار انجام گرفت. سپس آزمون توسط گروه سالم اجرا شد. برای تحلیل و تفسیر آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS و آنالیز واریانس چندمتغیری استفاده گردید.

### نتایج:

در گروه سالم تعداد ضربان‌های قلب استراحت ( $77 \pm 13/51 \text{ bpm}$ ) و زیربیشینه ( $121 \pm 8/6 \text{ bpm}$ ) به میزان قابل توجهی کمتر از گروه بیمار در هر دو شرایط پیش و پس‌آزمون بود. اجرای تمرینات هوازی زیربیشینه به کاهش معنی‌دار ضربان‌های قلب استراحت و زیربیشینه انجامید، طوریکه پس از برنامه توانبخشی ضربان‌های قلب پس‌آزمون بیماران در حالت استراحت ( $84 \pm 6/29 \text{ bpm}$  در مقابل  $88 \pm 7/12 \text{ bpm}$ ) و زیربیشینه

حرارتی معادل حرارت از دست رفته تولید شود که ناچاراً هزینه انرژی استراحت یا ورزش را بالا می‌برد (۱۲). شواهد پژوهشی دیگر نشان می‌دهد که بیماران اسپاستیک به دلیل غلبه بر تون عضلانی بالا و حرکات اضافی غیر ارادی و ترکیب بدن نامناسب، از هزینه انرژی استراحتی بالاتری نسبت به سایر افراد سالم برخوردارند.

چنین از شواهد علمی بر می‌آید که برای ارزیابی آمادگی قلبی - عروقی افراد معلول آزمون‌های تردمیل و ارگومتر دستی و پایی معتبر هستند (۵،۹،۱۳). موسلین دریافت که تفاوت شعاع چرخ لنگر در انواع گوناگون ارگومترها احتمالاً دلیل اصلی تفاوت حد اکثر اکسیژن مصرفی و کارایی مکانیکی است بنابراین تنظیم و کالیبره شدن ابزارهای سنجش الزامی است (۱۴). مطالعه واندنبرگ در اعتباریابی دوچرخه ارگومتر خاطرنشان کرد که این وسیله برای ارزیابی حداکثر اکسیژن مصرفی و توان بی‌هوازی در بیماران فلج مغزی و افراد سالم کارساز بوده و همبستگی ۷۶ تا ۹۶ درصد قابل ملاحظه است (۱۵).

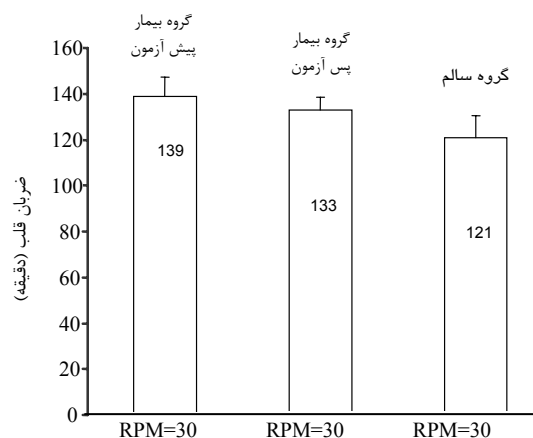
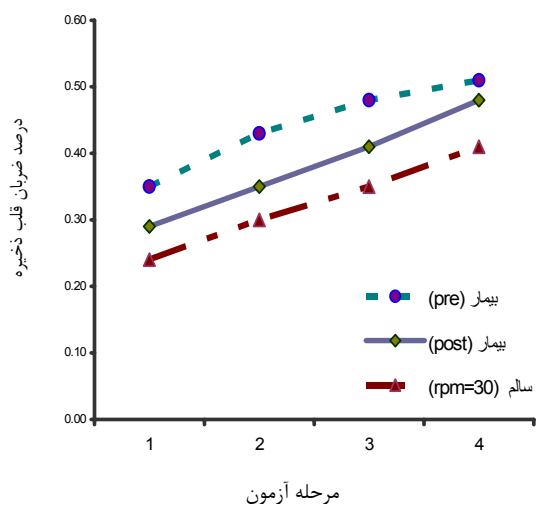
این پیشینه‌های علمی روشن می‌کند که مقدار هزینه انرژی افراد اسپاستیک برای انجام کار معین بیش از افراد سالم است، اما هنوز بخوبی مشخص نشده است که آیا می‌توان با ورزش درمانی خاص این روند را به نفع این بیماران تغییر داد. در حال حاضر در اکثر مراکز درمانی و توانبخشی این بیماران صرفاً به تقویت انعطاف پذیری و ریلکس کردن عضلات پرتنش می‌پردازند و تقویت سیستم قلبی - عروقی و تنفسی و متابولیسم سوخت و سازی این بیماران فراموش شده است. از این رو این مطالعه با هدف مقایسه هزینه‌های انرژی استراحتی و کارایی مکانیکی این بیماران قبل و بعد از اجرای برنامه تمرینات هوازی سه ماهه و مقایسه با افراد سالم انجام گردید.

### روش کار:

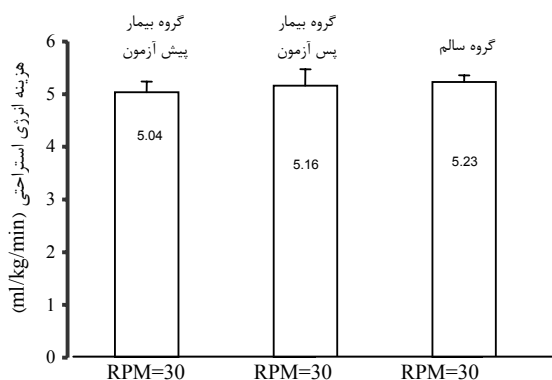
مطالعه حاضر از نوع نیمه‌تجربی و به روش کلینیکی و آزمایشگاهی صورت گرفت. برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک قلبی - عروقی گروه تجربی از طریق انجام پروتکل اصلاح‌شده مک‌مستر روی چرخ کارسنج، در شرایط قبل و بعد از یک دوره برنامه تمرینات اکسایشی زیربیشینه محاسبه شده و در پایان با اندازه‌های گروه کنترل مقایسه شدند.

جامعه آماری را دانش‌آموزان مدارس ابتدایی شهر همدان تشکیل می‌دادند. گروه تجربی شامل ۱۵ کودک فلج مغزی اسپاستیک دایپلژی (CP) با متوسط سن ۱۱ سال، وزن  $8329 \pm 5/64$  کیلوگرم و قد  $131 \pm 6/34$  سانتی متر، بصورت

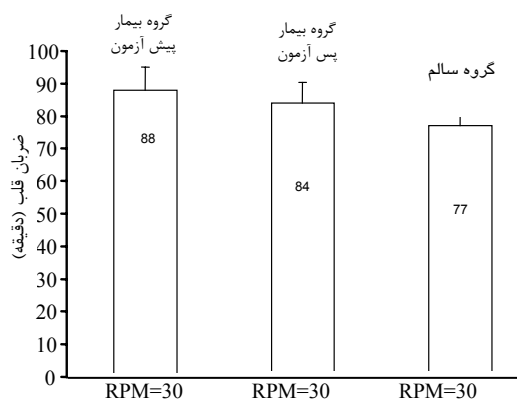
نسبت به پیش‌آزمون کاهش یافت (نمودارهای ۱ و ۲).  
 $133 \pm 8/6$  bpm در مقابل  $139 \pm 8/5$  bpm به میزان معنی‌داری



نمودار ۳: الگوی تغییرات شدت کار (%HRR) در مراحل چهار گانه آزمون ارگومتر



نمودار ۱: تغییرات ضربان قلب زیر بیشینه ارگومتری در گروه‌های مورد مطالعه



نمودار ۴: تغییرات هزینه انرژی استراحتی در گروه‌های مورد مطالعه

نمودار ۲: تغییرات ضربان قلب استراحت در گروه‌های مورد مطالعه

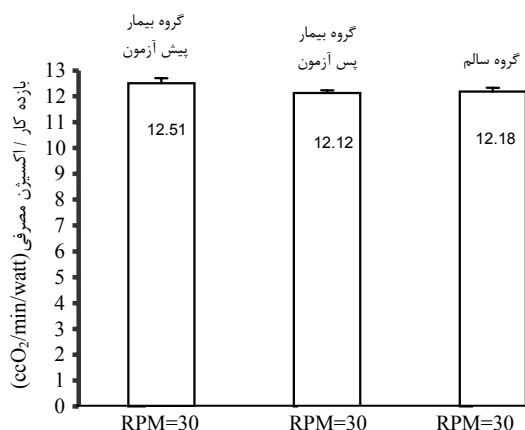
مقیاس سنجش کارایی متابولیک یا میزان اکسیژن مصرفی متناسب با بازده کار ارگومتری در بیماران در شرایط پس‌آزمون کاهش قابل توجهی یافت. علاوه بر هزینه اکسیژن هنگام فعالیت ارگومتری در شرایط پس‌آزمون، در آخرین مرحله با بازده کار ۴۵ وات کاهش چشمگیری را نشان داد این دگرگونی نشان گر بهبود نسبی کارایی متابولیکی بیماران پس از دوره ورزش‌درمانی است. ارزش این متغیر در گروه سالم  $12/18 \pm 0/16$  cc O<sub>2</sub>/min/watt به دست آمد (نمودار ۵).

شدت اجرای آزمون (%HRR) گروه سالم در هر یک از ۴ مراحل جداگانه آزمون ارگومتری به میزان قابل توجهی پایین‌تر از مراحل مشابه ارگومتری حالت‌های پیش و پس‌آزمون گروه بیمار بود. پس از برنامه درمان شدت ورزش بر پایه درصد ضربان قلب ذخیره بیماران در هر مرحله پس‌آزمون نسبت به پیش‌آزمون به میزان معنی‌داری کاهش یافت (نمودار ۳).

همچنین نتایج مطالعه نشان دادند که هزینه انرژی استراحتی گروه بیمار در شرایط قبل و بعد از برنامه توانبخشی تفاوت معنی‌داری نداشت و این اختلاف با هزینه انرژی استراحتی افراد سالم  $5/23 \pm 0/13$  ml / kg / min ناچیز بود (نمودار ۴).

دلیل پایین بودن آمادگی هوازی، تعداد ضربان قلب آنها در شرایط استراحت و زیربیشینه بالاتر است و اجرای فعالیت هوازی منجر به کاهش هر دو متغیر می‌شود (۱۰). افت ضربان قلب متعاقب تمرینات هوازی زیربیشینه از طریق افزایش حجم ضربهای جبران می‌شود. سوزوکی در سرعت‌های یکسان قدم زدن، ضربان قلب زیربیشینه بیماران اسپاستیک را بیشتر از افراد سالم گزارش کرد، طوریکه در بیماران اسپاستیک حتی در مراحل پایین با شدتهای سبک آزمون، هنوز این متغیر با وجود افت سرعت به میزان بارزی بالاتر از گروه سالم بود. متعاقب یک سال تمرین هوازی، ضربان قلب زیربیشینه کودکان CP به طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند (۹). در سن ضربان زیربیشینه بیماران اسپاستیک را بالاتر از افراد سالم گزارش کرد (۱۸). کاهش ضربانهای قلب استراحت و زیربیشینه و همچنین کاهش شدت اجرای ورزش (%HRR) در بیماران اسپاستیک متعاقب برنامه تمرینی نشان دهنده اثر فزاینده تمرینات هوازی روی شاخصهای قلبی- عروقی و قابلیت تحمل بدنی آنان بوده است. با این وجود، آنان هنوز تا رسیدن به سطح آمادگی افراد سالم فاصله دارند. گروه سالم به دلیل برخورداری از سطح برتر آمادگی بدنی، به نحو معنی‌داری ضربانهای قلب استراحت و زیربیشینه و در صد ضربان قلب ذخیره کمتر از هر دو وضعیت پیش و پس‌آزمون بیماران دارند. این پدیده نشان می‌دهد که بیماری فلج مغزی در افت آمادگی هوازی و استقامت قلبی- عروقی اثر گذار بوده است. از طرفی این متغیرها در هر یک از ۴ مرحله جداگانه ارگومتری پس‌آزمون بیماران به مراتب کمتر از مراحل همگون در وضعیت پیش‌آزمون بودند و گروه سالم این مراحل را به میزان معنی‌داری با شدتی حتی پایین‌تر از وضعیت پس‌آزمون بیماران پدال زدند.

استالینگ در مطالعه بیماران اسپاستیک ۲ تا ۱۸ ساله هزینه انرژی استراحتی بیماران اسپاستیک (با ذخایر چربی پایین) را به مراتب کمتر از بیماران اسپاستیک (با ذخایر چربی بالا) و حتی افراد سالم (با توده چربی مناسب) گزارش کرد (۲). از طرفی رزی تفاوتی را در هزینه انرژی استراحتی بیماران اسپاستیک و افراد سالم مشاهده نکرد (۱۹). باندینی به این نتیجه رسید که هزینه انرژی استراحت بیماران فلج مغزی با توجه به نوع و شدت اسپاستیک متفاوت می‌باشد (۲۰). در دوران کودکی نسبت اندازه بافتهای حیاتی به ویژه مغز، قلب، کبد، ریه و کلیه‌ها و رویه سطح بدن نسبت به کل وزن بدن بیشتر از دوران بزرگسالی است، از طرفی اندازه توده عضلانی



نمودار ۵: تغییرات اکسیژن مصرفی متناسب با بازده کار در گروه‌های مورد مطالعه

### بحث:

امروزه در سایه یافته‌های علوم توانبخشی روشن شده است که ورزش و فعالیت بدنی علاوه بر حفظ سلامتی و نشاط، به تنهایی یا به عنوان مکمل درمانهای دارویی نقش بسزایی در پیشگیری، درمان و مهار بسیاری از بیماریهای قلبی- عروقی و سایر بیماریها دارد. بجه‌های فلج مغزی در شرایط کار زیربیشینه قدرت عضلانی، اوج توان و استقامت عضلانی پایین و هزینه اکسیژن بالایی دارند، در این بیماران اندازه VO<sub>2max</sub> پایین است اما عامل VO<sub>2max</sub> به تنهایی عملکرد حرکتی آنان را محدود نمی‌سازد (۱۶). اجرای فعالیت هوازی منجر به پیشرفت عملکرد بدنی و توانایی گام برداری افراد CP می‌شود. اما این رخداد به افزایش اندک حداکثر توان هوازی می‌انجامد (۱۷). دلیل عمده پایین بودن تحمل‌پذیری ورزش در کودکان مبتلا به فلج مغزی، بالا بودن هزینه سوخت و ساز در فعالیتهای فیزیکی و نیز پایین بودن ظرفیت هوازی آنها است. در این زمینه مطالعات نشان می‌دهد که استقامت قلبی - تنفسی معلولان تحت فعالیت زیربیشینه کمتر از افراد سالم است. سازگاریهای قلبی - عروقی با ورزش در طیف گسترده انسانهای سالم (نوجوان، بزرگسال، سالمند) و بیمار (عوارض متابولیکی، قلبی - عروقی، ارتوپدی، عصبی- عضلانی و...) متفاوت است. یافته‌های پیشینه‌های پژوهشی نشان می‌دهد که اثر درمانی فعالیتهای ورزشی به مدت، شدت و تکرار جلسات تمرینی بستگی دارد.

اجرای ۲۰ تا ۴۰ دقیقه ورزش هوازی زیربیشینه با دامنه شدت ۴۰ تا ۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره برای ۳ تا ۵ نوبت در هفته منجر به افزایش استقامت قلبی- عروقی و کاهش هزینه انرژی بیماران فلج مغزی می‌شود. افراد بی‌تحرك به

اسپاستیسیته عضله بیماران CP است. هانسن و همکارانش  $VO_2$  افراد سالم را برای اجرای آزمون پیشرونده ارگومتر معادل  $1 \pm 0.2 \text{ mlO}_2/\text{min}/\text{watt}$  برآورد کردند (۲۴،۲۵). این ارزش‌ها با گزارش وازرمن و ویپ در مردان غیرفعال معادل  $0.9 \pm 0.1 \text{ mlO}_2/\text{min}/\text{watt}$  مشابه بود (۲۴). در این رابطه ریلی میانگین هزینه انرژی  $11/5 \text{ mlO}_2/\text{min}/\text{watt}$  با انحراف معیار  $0.78$  را برای ۱۲ دوچرخه سوار ورزیده برآورد نمود (۲۶). قابلیت‌هایی مانند پایین آمدن آستانه خستگی متابولیکی عضلات درگیر (خستگی تاخیری)، افزایش آستانه لاکتات، افزایش زمان اجرا و تحمل شدتهای بالاتر کار هنگام فعالیت استاندارد آزمایشگاهی، نشانه وقوع سازگاریهای محیطی قلبی - عروقی است. در این پژوهش متعاقب برنامه توانبخشی ورزشی، تغییرات هزینه اکسیژن در هر مرحله از شدت کارسنجی بویژه در آخرین مرحله بازده کار (۴۵ وات) با میانگین ۴۸ در صد HRR یا نسبت  $VO_2/\text{workload}$ ، کارایی سوخت و سازی عضلات پاها هنگام پدال زنی را نشان می‌دهد. یافته‌های پژوهش آشکار می‌کند که نسبت  $VO_2/\text{watt}$  در وضعیت پس آزمون بیماران CP به میزان معنی‌داری نسبت به پیش آزمون کاهش یافته است، بدین معنا که مقدار آن حتی کمتر از گروه سالم شده است. به بیان دیگر، عضلات فعال اسکلتی بیماران قادر بوده‌اند که تحت بازده کار بیشتر (۴۳/۶ وات پس آزمون و ۳۸/۲۷ وات پیش آزمون بیماران و ۴۵ وات در افراد سالم)، هزینه اکسیژن کمتری را در واحد زمان تحت بار کار معین فزاینده استفاده کنند. به عبارت دیگر تمرینات هوازی زیربیشینه، به مدت سه ماه احتمالاً سبب شده است که بیماران پس از ورزش درمانی نه تنها مراحل بیشتر آزمون ارگومتر را پشت سر نهاده بلکه آزمون را با شدت بالاتری اجرا کنند و همچنین آزمون مک‌مستر را با پرداخت هزینه اکسیژن کمتر و فشار کار پایین‌تر هنگام پس آزمون اجرا کنند. یعنی عضلات درگیر فعالیت پدال‌زنی، قابلیت تحمل شدت بیشتر کار را همراه مصرف اکسیژن حتی کمتر از افراد سالم کسب کرده‌اند ( $1.8 \pm 0.2$  در برابر  $2.1 \pm 0.34$  میلی لیتر کیلوگرم در دقیقه). این نشانه‌ها امکان تاثیر مثبت متغیر مستقل نوتوانی ورزش را بر کارآمدی و آمادگی قلبی - عروقی و نیز کارایی متابولیکی عضلاتی بیماران CP خاطر نشان می‌سازد.

بطور کلی، نتایج این مطالعه آشکار می‌سازد که بیماران فلج مغزی دارای سطح پایین آمادگی قلبی - عروقی و ضربانهای قلب استراحت و زیربیشینه بالاتر از افراد سالم هستند. از یافته‌های مطالعه چنین بر می‌آید که کارایی سوخت و سازی این دسته

نسبت به وزن کل بدن در این دوره سنی به مراتب کمتر از دوره بزرگسالی است. به همین دلیل در دوره کودکی اندامهای حیاتی بدن سهم بیشتری از کل برون‌ده قلبی را نسبت به بزرگسالان به خود اختصاص می‌دهند. در بیشتر محاسبات هزینه انرژی فعالیت بزرگسالان مقدار هزینه انرژی استراحتی معادل  $3/5$  میلی لیتر برای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه، فرض می‌شود. مقدار متابولیک استراحتی بدن در دوران رشد نسبت به اندازه بدن کاهش می‌یابد. هزینه انرژی استراحتی دوره پیش بالیدگی بیشتر از بزرگسالی (Imet) است (۱۲). مقدار متابولیک پایه (basal) نوزادان به ازای هر کیلو گرم وزن دو برابر افراد بزرگسال است. در گروههای سنی ۶ و ۱۸ سال که در آزمونهای ورزشی شرکت کرده‌اند، کاهش اکسیژن مصرفی استراحتی (نسبت به ناحیه سطحی بدن) به ترتیب ۱۹ درصد در پسران و ۲۷ درصد در دختران گزارش شده است (۱۲). در این زمینه رایینسون میانگین حجم اکسیژن استراحتی گروههای سنی ۶ و ۲۵ سال را  $7/53$  و  $3/56$  میلی لیتر کیلوگرم در دقیقه گزارش کرده است (۲۱). مک‌دوگال و همکارانش نیز تفاوت هزینه انرژی استراحتی کودکان و بزرگسالان را ناچیز گزارش کردند (۲۲). مطالعه حاضر نشان داد که شاخص هزینه انرژی استراحتی دو گروه تقریباً همسان بوده است. اما میانگین هزینه انرژی استراحتی گروههای مطالعه به میزان معنی‌داری بالاتر از افراد بزرگسال بود.

کارایی متابولیکی عضلات اسکلتی: شواهد پژوهشی از هزینه انرژی ورزشی بالاتر بیماران اسپاستیک نسبت به افراد سالم و نیز تاثیر فعالیت بدنی اکسایشی (زیربیشینه یا بیشینه) بر جنبه‌های فیزیولوژیک و متابولیک عضله اسکلتی حکایت می‌کند. هزینه انرژی قدم زدن کودکان اسپاستیک بیشتر از افراد سالم است. برخی شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که هزینه اکسیژن دوچرخه‌سواری در بچه‌های فلج مغزی می‌تواند تا ۲ برابر افراد تندرست باشد که به شدت و درجه اسپاستیسیته بیمار وابسته است (۲،۱۵). همچنین آنتیان هزینه انرژی قدم زدن معین روی تردمیل را در بیماران اسپاستیک  $0.6 \pm 0.16$  و در افراد سالم  $0.12 \pm 0.10$  میلی لیتر در دقیقه به ازای هر کیلو گرم از وزن بدن گزارش کرد (۲۳). برنامه ورزشی ترکیبی جودو و شنا به مدت ۱۰ هفته به کاهش ده درصدی هزینه اکسیژن ارگومتریک بیماران CP انجامیده است. اما متعاقب ۴ ماه بی‌تمرینی دوباره  $VO_2$  بیماران به سطح اولیه بازگشت و این دگرگونی احتمالاً بدلیل کاهش

oxygen pulse and respiratory exchange ratio in cerebral palsied and non disabled children. Arch Physiol Med Rehabil 1993 July; 74(4): 702-5.

9. Bar- Oro, Spira R. Physiological effects of a sport rehabilitation program on cerebral palsied and post- poliomyelitis adolescents. Med Sci Sport 1976 Fall; 8 (3) : 157- 61.

۱۰. ویلمور جک اچ، کاستیل دیوید ال. فیزیولوژی ورزشی

و فعالیت بدنی. ترجمه: ضیاء معین. تهران: میتکران، ۱۳۷۵.

11. Holliday MA, Potter DJ, Arrab A, Bearg S. The relation of metabolic-rate to body weight and orang size. Pediatr Res 1984; 1: 185-195.

۱۲. رولند تامس دبلیو. فیزیولوژی ورزشی دوران رشد.

ترجمه: عباس علی گایینی. تهران: دانش افروز، ۱۳۷۹.

13. Glaser RM, Sawka MN, Brune MF, Wilde SW. Physiological responses to maximal effort wheelchair an arm crank ergometry. J Appl Physiol 1980 Jun; 48(6): 1060-64.

14. Mocellin R, Bastanier C. On the validity of Wiv. As a measure of physical performance capacity in the assessment of children with heart disease (author's transl). Eur J Pediatr 1970 Jun ;122 (3): 233-39.

15. Vandenberg- Emons RJ, Van Book MA, De Barbanson Dc, Spethl Saris WH. Reliability of test to determine peak aerobic power, anaerobic power and I sokinetic muscle strenth in children with spastic cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1996 Dec; 38(12): 1117-23.

16. Berg K, Biure J. Methods for evaluation of physical working capacity of school children with cerebral palsy. Acta Paediatr Scand 1970;204(Suppl): 15.

17. Bar-Oro. Path physiological factors which limmit the exercise capacity of the sick child. Med Sci Sports Exerc 1989:18.

18. Dresen MH. Physical work capacity and daily physical activity of handi-capped and non handicapped children. Eur J Apple Physiol Occup

از بیماران در جذب اکسیژن و انرژی تولیدی جهت فعالیتهای ورزشی و روزمره به مراتب پایین تر از افراد سالم است. لیکن فعالیتهای هوازی زیربیشینه بسته به مدت و شدت تمرین به افزایش معنی دار کارایی سوخت و سازی این بیماران منجر میشود این دگرگونی در بیماران فلج مغزی اسپاستیک علیرغم محدودیت عملکرد دستگاه عصبی - عضلانی و تحمل پایین شدتهای بالاتر تمرین از جنبه های بالینی قابل توجه است.

### سپاسگزاری:

بدینوسیله از همکاری سازمان آموزش پرورش استثنایی همدان، مدرسه استثنایی مدرس ۱ همدان، گروه تربیت بدنی دانشگاه بوعلی سینا همدان، دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی همدان، اداره کل آموزش و پرورش همدان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه و کلیه همکاران و دانشجویان گرامی که در انجام این پژوهش همکاری کرده اند تقدیر و تشکر به عمل می آید.

### منابع:

- Hagberg B, Hagberg G, Olow L. The changing program of cerebral palsy in Sweden. Acta Pediatr Scand 1974 ; 78: 283.
- Stalings VA, Zemel BS, Davies LC, Cronk CE. Energy expenditure of children and adolescents with severe disabilities: acevebral palsy. Am J Clin Nutr 1996 Oct; 64 (4) : 627-34.
- Suzuki N, Shinohara B. Exercise intensity based of on heart rate wheel-walking in spastic cerebral palsy. Bull Hosp Dis 2001; 60(1): 18-21.
- طوسی منش تقی. تربیت بدنی و بازپروری. مشهد: آستان قدس رضوی، ۱۳۶۶.
- Lundberg G. Oxygen consumption in relation to work load in student with cerebral palsy. J Apple Physiol 1976 Jun ; 40(6): 873-5.
- Rose J, Haskell WL, Gamble JG, Hamilton RL, Brown DA, Rinsky L. Muscle pathology and clinical measures of disability in children with cerebral palsy. J Orthop Res 1994 Nov ;12(6): 758-68.
- Suzuki N, Watakbe M. The influence of soft tissue contractures on the walking ability of patients with spastic cerebral palsy. Nippon seikeigeka Gakkai Zasshi 1992 Jul ; 66(7) : 621-32.
- Haskell WL , Roze J. A compayision of

- Physiol 1982; 48(2): 241-51.
19. Rose J ,Gambel JG, Medeiros J, Burgos A, Haskell WL. Energy cost of Walking in normal children and in those with cerebral palsy: comparison of heart rate and oxygen uptake. J Pediatr Orthop 1989 May –Jun ;9(3): 276-9.
  20. Bandini LJ, Schoeller DA , Fukagawa NK , Wykes LG, Dietzw H. Body composition and energy expendituve in adolescents with cerebral palsy or myelody splasia. Pediatr Res 1991 Jun; 29 (1): 70-7.
  21. Robinson S. Experimental studies of physical fitness in relation ship to age. Arbeits physiologie 1983;10: 251-323.
  22. Mac Dogall JD, Roche PD, Bor-Oro, Mroz JR. Maximal aerobic capacity of Canadian school children: prediction based on age-related oxygen cost of running. Int J Sports Med 1983; 4: 194-198.
  23. Unnithan VB, Dowling JJ, Frost L, Bar-Oro. Role of mechanical power estimates in the 20 cost of walking in children with cerebral palsy. Med Sci Sports Exerc 1999 Dec;31(12):1703-8.
  24. Wasserman K, Whipp BJ. Exercise physiology in health and disease (state of the art). Am Rev Respir Dis 1975; 112: 219-249.
  25. Hansen IE, Wasserman K. Predicted Values for clinical exercise testing. Am Rev Pespir Dis 1984; 129 (Suppl): 549-555.
  26. Riley M. Wasserman K, Cooper CD. Musele sub state utilization from alveolar gas exchange in trained cyclist. Eur Apple Physiol 1996 ; 72 : 341-348.