

## مقایسه عملکرد تعادلی ایستاد بین نوجوانان با ساختار متفاوت پا

مهرداد عنبریان\*، حمیده خداویسی\*\*

\*استادیار گروه تربیت بدنی دانشگاه بوعلی سینا

\*\*کارشناس ارشد تربیت بدنی و علوم ورزشی

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۱۲

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۱۱

### چکیده

با توجه به نقش پا در تشکیل سطح اتکای بدن در هنگام ایستادن به عنوان یک مؤلفه مهم بیومکانیکی در حفظ تعادل بدن، هر گونه تغییر در ساختار آناتومیکی طبیعی پا می‌تواند بر کنترل تعادل بدن مؤثر باشد. هدف مطالعه حاضر، مقایسه عملکرد تعادلی ایستا در بین نوجوانان با ساختار متفاوت پا بود. ۶۰ دختر نوجوان در سه گروه با ساختار پای پرونیت، سوپینیت و طبیعی به عنوان آزمودنی شرکت کردند. برای مشخص کردن نوع ساختار پای آزمودنی‌ها از روش افتادگی استخوان ناوی<sup>۱</sup> استفاده شد. برای سنجش عملکرد تعادل ایستا از سیستم شمارش تعداد خطای بالانس در دو سطح سفت و نرم استفاده شد. از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری برای تحلیل داده‌های آماری استفاده شد ( $P < 0.05$ ). نتایج نشان داد که بر روی سطح سفت گروه پای پرونیت و گروه پای طبیعی از عملکرد تعادلی نسبتاً مشابهی برخوردار هستند. اما در سطح نرم، گروه پای طبیعی، عملکرد بهتری در مقایسه با گروه پای پرونیت داشت. گروه پای سوپینیت بر روی هر دو سطح سفت و نرم عملکرد تعادلی ضعیف‌تری در مقایسه با دو گروه دیگر نشان داد. نتایج این مطالعه نشان داد که وجود تغییرات در ساختار آناتومیکی پا می‌تواند بر عملکرد تعادلی ایستا مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: تعادل ایستا، پای پرونیت، پای سوپینیت، سیستم شمارش تعداد خطای بالانس.

### مقدمه

برخورداری از توانایی حفظ تعادل بدن یکی از فاکتورهای مهم آمادگی جسمانی برای انجام فعالیت‌های روزمره و ورزشی است. کنترل تعادل بدن توسط سه سیستم بینایی، دهلیزی و حسی - حرکتی انجام می‌شود که تحت دو وضعیت ساکن و دینامیکی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۲ و ۳). تعادل ایستا که حجم وسیعی از مطالعات را به خود اختصاص داده می‌تواند به عنوان توانایی و قابلیت در حفظ و به حداقل رسانیدن حرکت مرکز ثقل بدن بر روی سطح اتکاء در وضعیت ایستادن و یا وضعیت‌های ثابت تعریف شود (۹ و ۱۵).

به دلیل مشکل بودن اندازه‌گیری و مطالعه موقعیت مرکز ثقل بر روی سطح اتکاء به منظور مشخص کردن عملکرد تعادلی، روش‌های آزمایشگاهی با بهره‌گیری از انواع مختلف صفحه نیرو وجود دارد. به کار بردن صفحه نیرو، روش معتبر و دقیقی است که مورد استفاده محققان زیادی قرار گرفته است (۲۲-۲۴). از سوی دیگر، به دلیل گران‌قیمت بودن تجهیزات آزمایشگاهی و نیز ضرورت برخورداری از تخصص بالا در به کار بردن ابزار آزمایشگاهی و همچنین وقت‌گیر بودن این روش‌ها، بهره‌گیری از آزمون‌های کلینیکی و میدانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از این بین، روش سیستم شمارش تعداد خطای بالانس<sup>۲</sup> (BESS) ضمن دارا بودن مزیت سهولت استفاده در محیط‌های کلینیکی و میدانی، نیاز به استفاده از تجهیزات گران و پیچیده در ارزیابی تعادل ندارد و در عین حال از اعتبار بالایی برخوردار است. اندازه‌گیری تعادل ایستا با سیستم شمارش تعداد خطای بالانس، همبستگی بالایی با اندازه‌های مختلف تعادل به دست آمده از صفحه نیرو را نشان داده است (۲).

متغیرهای مرتبط و اثرگذار در توانایی حفظ تعادل بدن از سوی محققان در حیطه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی دقیق عوامل و متغیرهای مؤثر در تعادل می‌تواند اطلاعات کاربردی و مفیدی در اختیار متخصصان رشته‌های مختلف نظیر پزشکان، فیزیوتراپ‌ها، مربیان و ورزشکاران به منظور توان‌بخشی بیماران مبتلا به ضعف در حفظ تعادل بدن و نیز پیش‌گیری از بروز صدمات ورزشی یا بهبود عملکرد ورزشی قرار دهد.

یکی از متغیرهایی که می‌تواند در کنترل پاسچر مؤثر واقع شود، ساختار آناتومیکی پا است که مورد بررسی جدی قرار نگرفته است. از یک سو، پا در نگهداری و تحمل وزن بدن نقش مهمی دارد و قوس‌های پا قادر به جذب تکان‌ها و نیروهای وارده از زمین است. افرادی که قوس کف پای طبیعی دارند می‌توانند ساعت‌های طولانی روی پا بایستند و فشارهای وارده را تحمل کنند (۳). از سوی دیگر، با توجه به اینکه پاها در زمان ایستادن سطح اتکای بدن را به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر تعادل به وجود می‌آورند، وجود بدشکلی در ساختار کف پا می‌تواند بر روی عملکرد فرد در زمان جابه‌جایی مؤثر باشد (۱۶). همچنین، در تحقیقات بسیار اندک صورت گرفته، این‌گونه فرض شده که وجود هر گونه دگرگونی یا انحراف ولو اندک در سطح اتکا در حالت ایستاده می‌تواند بر تعادل بدن مؤثر باشد. بنابراین، وجود دفورمیتی و اختلال در ساختار طبیعی و آناتومیکی پا می‌تواند کنترل و ثبات بدن را متأثر کند (۹ و ۱۰). هرتل و همکارانش در سال ۲۰۰۲ میلادی اثر نوع ساختار پا را بر کنترل تعادل ایستا با استفاده از سیستم صفحه نیرو در افراد بزرگسال بررسی کردند (۹). در این مطالعه، افراد با نوع ساختاری پای سوپی‌نیت یا پیچ‌خورده به داخل ۳ از عملکرد تعادلی ضعیف‌تری در مقایسه با افراد با ساختار طبیعی پا یا پای پرونیت یا پیچ‌خورده به خارج ۴ برخوردار بودند.

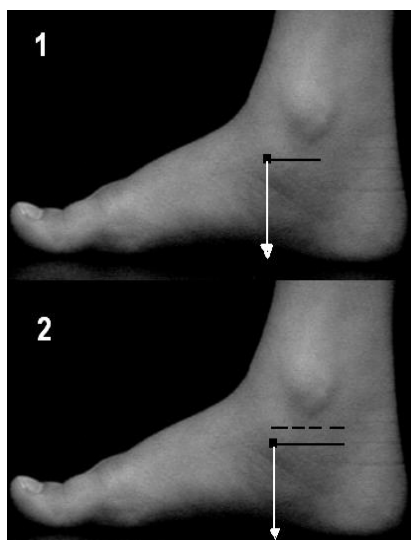
1. Force plate
2. Balance Error Scoring System
3. Supinated feet
4. Pronated feet

در مطالعه مشابه دیگری که کوتاه و همکارانش در سال ۲۰۰۵ میلادی صورت دادند، عملکرد تعادلی آزمودنی‌ها با پای پرونیت ضعیف‌تر از پای سوپینیت بود (۹). اختلاف نتایج این تحقیقات محدود درباره اثر ساختار آناتومیکی پا و کنترل پاسچر می‌تواند مربوط به روش‌های متفاوت بررسی تعادل، نوع طبقه‌بندی ساختار پا و گروه‌های آزمودنی باشد که اتخاذ و ارائه برنامه‌ها و روش‌های درمانی، ارائه برنامه‌های درمانی را می‌طلبد. از سوی دیگر، با توجه به اثربخشی برنامه‌های درمانی و اصلاحی در دوران کودکی و نوجوانی و نیز اهمیت این دوران سنی در رشد و تکامل حرکتی و سلامتی افراد، اهمیت بررسی موضوع در بین این گروه‌ها دو چندان می‌شود. بنابراین، هدف این مطالعه، تأثیر دو نوع از شایع‌ترین ناهنجاری‌های پا شامل پای پرونیت و سوپینیت بر روی عملکرد تعادل ایستا در مقایسه با پای طبیعی در بین دختران نوجوان ۱۰ تا ۱۴ ساله بود.

### روش‌شناسی

در این تحقیق علی-مقایسه‌ای، از بین ۹۴۶ دانش‌آموز دختر مقطع راهنمایی تحصیلی شهر همدان، ۶۰ نفر با میانگین سنی  $13/5 \pm 0/7$  سال، قد  $155 \pm 3/2$  سانتی‌متر و وزن  $41/5 \pm 3/7$  کیلوگرم در سه گروه پای پرونیت (۲۱ نفر)، پای سوپینیت (۱۹ نفر) و پای طبیعی (۲۰ نفر) طبقه‌بندی شدند. آزمودنی‌ها به صورتی غربال و انتخاب شدند که از نظر قد و وزن در هر سه گروه همسان باشند. معیار قرارگیری هر فرد در گروه مرتبط، وجود ساختار مشابه پا در هر دو اندام بود. هیچ‌یک از آزمودنی‌ها سابقه ابتلا به بیماری‌های عصبی-عضلانی، شنوایی و بینایی نداشتند و همچنین فاقد سابقه شکستگی و سابقه عمل جراحی در اندام تحتانی و هر گونه درد در ناحیه پا بودند و همچنین سابقه استفاده از توکفشی یا هرگونه وسیله کمکی را نداشتند. آزمودنی‌ها در هیچ رشته ورزشی عضویت یا فعالیت مدون نداشتند.

برای مشخص کردن نوع ساختار پا به منظور طبقه‌بندی آزمودنی‌ها از روش افتادگی استخوان ناوی استفاده شد (۲۵). در این روش زائده استخوان ناوی علامت‌گذاری شد و ارتفاع زائده ناوی تا سطح زمین در دو حالت بدون تحمل وزن روی پا در حالی که مفصل ساب تالار در وضعیت خنثی قرار داده شد (شکل ۱، حالت ۱) اندازه‌گیری و سپس در وضعیت تحمل وزن در حالت ایستاده بر روی پاها (شکل ۱، حالت ۲) ارتفاع زائده استخوان ناوی تا سطح زمین مجدداً اندازه‌گیری شد. معیار طبقه‌بندی ساختار پا اختلاف حاصل از دو اندازه‌گیری اشاره‌شده بود، به صورتی که اگر اختلاف به دست آمده بین ۵ تا ۹ میلی‌متر بود، آزمودنی در گروه کف پای طبیعی قرار می‌گرفت. اگر عدد به دست آمده بیشتر از ۱۰ میلی‌متر یا کوچک‌تر از ۴ میلی‌متر بود، فرد به ترتیب در گروه پای پرونیت یا سوپینیت جای می‌گرفت (۱۱).



شکل ۱. مشخص کردن نوع ساختار آناتومیکی پا با روش افتادگی استخوان ناوی (۱) فاصله بین برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین در وضعیت خنثی مفصل ساب تالار، (۲) فاصله بین برجستگی استخوان ناوی تا سطح زمین در وضعیت ایستاده بر روی پاها

برای اندازه‌گیری مساحت کف پا، ابتدا شکل کف پا از روش اثر کف پا بر روی کاغذ آغشته به پودر جوهر نمایه‌سازی شد. سپس با تبدیل مساحت کف پا به اشکال هندسی ساده، مساحت کف پا محاسبه شد. برای ارزیابی عملکرد تعادل ایستا از سیستم شمارش تعداد خطای بالانس استفاده شد. در این روش، هر آزمودنی در سه وضعیت متفاوت ایستادن بر روی پا قرار می‌گرفت. ابتدا، آزمودنی بر روی دو پا به صورتی که هر دو پا کنار هم قرار بگیرند<sup>۱</sup> می‌ایستاد. در وضعیت دوم ایستادن، آزمودنی بر روی پای غیر غالب<sup>۲</sup> قرار می‌گرفت. در آخرین وضعیت، آزمودنی بر روی دو پا به حالت یک پا جلو یک پا عقب یا پای قطاری<sup>۳</sup> می‌ایستاد (شکل ۲). سه وضعیت تست در حالی انجام می‌شد که دست‌های فرد روی کمر (کرست ایلیاک) قرار داشت و چشم‌ها بسته بود. در وضعیت ایستادن روی یک پا از فرد خواسته می‌شد که پایی را که بر روی زمین قرار ندارد حتی الامکان در وضعیتی نگه دارد که ران و زانو به ترتیب در حالت فلکشن ۲۰ و ۴۵ درجه قرار داشته باشند. هر سه وضعیت بر روی دو سطح سفت (بر روی زمین) و سطح نرم (فوم) برای مدت زمان ۲۰ ثانیه برای هر وضعیت اجرا می‌شد. زمان تست بلافاصله پس از بستن چشم‌های آزمودنی توسط یک کرنومتر ثبت می‌گردید.

در طول اجرای تست در هر وضعیت، شش نوع خطا برای هر آزمودنی در صورت انجام شمارش و ثبت می‌شد. این خطاها عبارت بودند از: جدا کردن دست‌ها از کمر، بازکردن چشم‌ها، قدم برداشتن یا افتادن، بلندکردن پاشنه یا پنجه پا، فلکشن تنه به جلو یا پهلو بیش از ۳۰ درجه و خارج شدن از وضعیت تعریف‌شده

1. Two legged  
2. One legged  
3. Tandem

برای هر وضعیت به مدت ۵ ثانیه. قبل از اجرای آزمون، خطاها برای هر آزمودنی توضیح داده می‌شد و هر آزمودنی برای آشنایی با آزمون یکبار تست مورد نظر را به طور آزمایشی اجرا می‌کرد.



شکل ۲. سیستم شمارش تعداد خطای بالانس اجرا شده بر روی سطح سفت (بالا) و بر روی سطح نرم (پایین)

برای مقایسه میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در آزمون تعادل و مشخص کردن معنی‌داری بین گروه‌ها از تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری همراه با آزمون تعقیبی توکی استفاده گردید. متغیرهای آنتروپومتریکی از طریق آزمون آماری تحلیل واریانس یک‌سویه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. کلیه محاسبات با نرم‌افزار SPSS در سطح معنی‌داری  $p < 0/05$  انجام شد.

#### نتایج

همان‌طوری که در جدول ۱ دیده می‌شود، در متغیرهای سن، قد و وزن بین سه گروه پای طبیعی، پای پرونیت و پای سوپی‌نیت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و هر سه گروه در این متغیرها از شرایط تقریباً یکسانی برخوردار بودند. در متغیر مساحت کف پای بین سه گروه آزمودنی‌ها تفاوت معنی‌داری دیده شد. افراد با پای پرونیت مساحت کف پای بیشتری نسبت به دو گروه دیگر داشتند. این در حالی بود که افراد گروه پای سوپی‌نیت کمترین میزان مساحت کف پای را داشتند.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد ( $X \pm SD$ ) مختصات دموگرافی در گروه‌های شرکت‌کننده در تحقیق

متغیرها	نوع ساختار پا			ارزش p		
	طبیعی	پرونیت	سوپینیت	بین گروه طبیعی و سوپینیت و پرونیت	بین گروه سوپینیت و طبیعی	بین گروه سوپینیت و پرونیت
سن (سال)	3/6 ± 0/7	13/5 ± 0/9	13/5 ± 0/6	0/95	0/95	1/00
قد (سانتی‌متر)	149 ± 32/0	155/6 ± 4.3	157/2 ± 5/4	0/94	0/68	0/47
وزن (کیلوگرم)	47/9 ± 3/4	50/7 ± 5/2	48/5 ± 6/7	0/21	0/93	0/38
مساحت پا (سانتی‌متر)	85 ± 0/9	97 ± 1/1	72 ± 1/4	0/000	0/001	0/002

جدول ۲ میانگین و انحراف استاندارد مربوط به تعداد خطاهای سه گروه پای طبیعی، پرونیت و سوپینیت را در دو سطح سفت و نرم در وضعیت‌های ایستاده روی دو پا، ایستاده روی یک پا و ایستاده در حالت یک پا جلو یک پا عقب (قطاری) نشان می‌دهد.

همان طوری که مشاهده می‌شود در وضعیت‌های ایستاده بر روی دو پا و یک پا جلو یک پا عقب در سطح سفت، تعداد خطا از گروه پای طبیعی به گروه پای پرونیت و از گروه پای پرونیت به گروه پای سوپینیت افزایش می‌یابد، اما از لحاظ آماری تنها بین گروه‌های پای طبیعی و پای سوپینیت اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ( $P = 0/011$ ). گروه پای پرونیت با گروه پای سوپینیت اختلاف معنی‌داری نداشت و با افراد گروه پای طبیعی از نظر تعداد خطاها در وضعیت‌های ایستاده بر روی دو پا و ایستاده به حالت یک پا جلو یک پا عقب وضعیت نسبتاً مشابهی داشتند. در وضعیت ایستاده روی یک پا بر روی سطح سفت، تعداد خطا از گروه پای طبیعی به گروه پای پرونیت و از گروه پای پرونیت به گروه پای سوپینیت افزایش داشت. این اختلاف از نظر آماری تنها در گروه پای سوپینیت معنی‌دار بود و با وجود اختلاف بین گروه پای طبیعی و پای پرونیت، این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نبود.

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد ( $X \pm SD$ ) تعداد خطاهای انجام شده در سه گروه در وضعیت‌های مختلف ایستادن بر روی دو سطح سفت و نرم

گروه‌ها	سطح سفت			سطح نرم		
	دو پا	یک پا	قطاری	دو پا	یک پا	قطاری
طبیعی	0 ± 0*	1/05 ± 0/76*	0/4 ± 0/5*	0/45 ± 0/51*	1/3 ± 0/57*	0/6 ± 0/6*
پرونیت	0/21 ± 0/41	1/35 ± 0/67‡	0/5 ± 0/51‡	0/7 ± 0/47	2/25 ± 0/72*‡	0/85 ± 0/59‡
سوپینیت	0/35 ± 0/49*	2/1 ± 0/91*‡	0/95 ± 0/69*‡	1 ± 0/46*	3/2 ± 0/77*‡	1/4 ± 0/5*‡

نتایج به دست آمده از تحلیل واریانس با داده‌های تکراری نشان داد که در عامل ثبات سطح (بین سطح نرم و سفت) اختلاف معنی‌دار وجود دارد ( $F_{4,95} = 145.5, p = 0/0000$ ). یعنی تغییر سطح در گروه‌های مختلف اثر متفاوتی داشته است. در زمان قرارگیری آزمودنی‌ها بر روی سطح نرم علاوه بر مشابهت عملکرد افراد بر

روی سطح سخت، نتایج اختلاف معنی‌داری ( $p = 0/0000$ ) را بین گروه‌های پای طبیعی و پای پرونیت در وضعیت ایستادن بر روی یک پا نیز نشان داد.

#### بحث و نتیجه‌گیری

هدف این مطالعه بررسی تأثیر پای پرونیت و سوپینیت بر روی عملکرد تعادل ایستا در مقایسه با پای طبیعی بود. با توجه به یافته‌های این پژوهش نشان داده شد که مساحت کف پای گروه سوپینیت کمتر از دو گروه دیگر است. به نظر می‌رسد متغیر مساحت کف پا می‌تواند سطح اتکاء را که عامل مؤثری در حفظ تعادل به شمار می‌رود تحت الشعاع قرار دهد. عامل مساحت کف پا به منظور کنترل اثربخشی این عامل در حفظ تعادل بدن، برای اولین بار در این تحقیق محاسبه شد و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده با یافته‌های تحقیق هرتل و همکارانش که از این عامل به‌عنوان متغیر تأثیرگذار در عملکرد تعادلی بین افراد با تیپ‌های مختلف ساختاری پا نام برده بودند، همخوانی دارد (۹). علاوه بر میزان سطح اتکاء، وزن و قد (ارتفاع مرکز ثقل بدن) نیز در حفظ تعادل نقش مهمی ایفا می‌کنند که هر دو متغیر در این تحقیق مورد بررسی و کنترل قرار گرفتند. همان طوری که ملاحظه شد، بین قد و وزن هر سه گروه شرکت‌کننده در تحقیق، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و هر سه گروه از شرایط یکسانی برخوردار بودند.

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق، افراد با ساختار پای پرونیت و طبیعی در هنگام قرارگرفتن بر روی سطح سخت، عملکرد تعادلی نسبتاً یکسانی نشان دادند. این در حالی بود که عملکرد تعادلی ایستا در بین آزمودنی‌ها با پای سوپینیت ضعیف‌تر از گروه‌های دیگر بود. این امر، نقش سطح اتکاء را در حفظ تعادل بدن مورد تأیید مجدد قرار می‌دهد که با نتایج کوتاه و همکارانش که با استفاده از **Chattecx Balance System** تعادل ایستا را ارزیابی کردند همخوانی دارد (۱۰). البته ذکر این نکته ضروری است که مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات انجام شده پیشین، به دلیل استفاده از روش‌ها و ابزارهای اندازه‌گیری متفاوت مشکل است. اما به نظر می‌رسد که به دست آمدن نتایج مشابه این تحقیق نتایج مطالعات پیشین نشان می‌دهد که ساختار پا بر روی عملکرد تعادلی تأثیرگذار است ولو اینکه از روش‌های ساده و میدانی در اندازه‌گیری تعادل بدن به‌جای روش‌های پرهزینه و آزمایشگاهی استفاده شود. از سوی دیگر، همخوانی نتایج حاصل از مطالعه حاضر، کاربردی بودن آزمون سیستم شمارش تعداد خطای بالانس را به‌عنوان آزمونی ساده در محیط و فضاهای ورزشی و میدانی تأیید می‌کند. عملکرد ضعیف‌تر افراد با پای سوپینیت، همچنین می‌تواند مربوط به حرکت و قرارگیری غیرطبیعی مفاصل پا در ساختار پای سوپینیت باشد که تنظیم و نگهداری مرکز ثقل بدن را در محدوده سطح اتکاء تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۸).

برخلاف سطح سخت که گروه پای پرونیت عملکرد نسبتاً مشابهی با گروه آزمودنی‌ها با ساختار طبیعی پا داشت، هنگام ایستادن بر روی سطح نرم، عملکرد تعادلی گروه پای طبیعی هنگام ایستادن بر روی یک پا به طور معنی‌داری بهتر از گروه پای پرونیت بود ( $p = 0/000$ ). این نتایج نشان می‌دهد که تغییر در ویژگی ثباتی سطح اتکاء مانند قرارگرفتن بر روی سطح نرم، که در واقع، ثبات و پایداری سطح اتکاء تنزل پیدا کرده است،

می‌تواند حفظ تعادل بدن را تحت تأثیر قرار دهد و به بیان دیگر مشکل‌تر کند. بنابراین، در شرایط مشابه نظیر قرار گرفتن بر روی سطوحی که ثبات و پایداری کمتری دارند و یا موقعیت‌هایی مانند سطوح پوشیده از شن یا برف، افراد با ساختار طبیعی پا از عملکرد بهتری برخوردار خواهند بود. همان‌طور که در نتایج دیده شد، اگر قرارگرفتن بر سطح نرم‌تر با بی‌ثباتی و کاهش سطح اتکاء نیز همراه باشد (نظیر ایستادن بر روی یک پا)، عملکرد تعادلی بیشتر دچار اختلال خواهد شد. البته شدت آن در افراد با ساختار غیرطبیعی پا، بیشتر خواهد بود. تحقیقات، نشان می‌دهند که خستگی یا بستن چشم‌ها اگر با نرم‌تر شدن سطح اتکاء همراه باشد، با تأثیر بر اطلاعات سیستم سوماتوسنسوری باعث ازدیاد جابه‌جایی و نوسان مرکز فشار پاها و در نتیجه کاهش عملکرد تعادلی می‌شود (۲۶). احتمال دارد زمانی که فرد از سطح باثبات نظیر سطح سخت بر روی سطح نرم‌تری قرار می‌گیرد، سیستم سوماتوسنسوری به‌عنوان یکی از اجزای مهم کنترل و تنظیم تعادل بدن تحت تأثیر قرار بگیرد و تغییراتی در تنظیم تعادل بدن به وجود آید. بدیهی است این تغییر از طریق پروپریوسپتورها یا گیرنده‌های عمقی که بخش مهمی از سیستم سوماتوسنسوری را تشکیل می‌دهند به همراه گیرنده‌های حسی کف پا صورت می‌گیرد. بنابراین، در چنین شرایطی است که نقش قوس‌های کف پا در جذب تکان‌ها و نیروهای وارده که در اثر ثبات و پایداری کمتر بر روی سطوح نرم مشخص‌تر می‌شود. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده به وسیله نگارندگان این مقاله، تحقیق مشابهی که بتوان نتایج این تحقیق را با آن مقایسه کرد به دست نیامد. اما با مراجعه به مطالعاتی که از روش شمارش تعداد خطای بالانس استفاده کرده‌اند در می‌یابیم که با نرم‌شدن سطح اتکاء، عملکرد تعادلی فرد ضعیف‌تر می‌شود (۱۹).

همان‌طوری که نشان داده شد (جدول ۲)، عملکرد تعادلی کلیه گروه‌های شرکت‌کننده در این تحقیق در وضعیت ایستادن بر روی یک پا به طور چشم‌گیری کاهش یافت. این امر با یافته‌ها و مبانی ارائه شده در تحقیقات پیشین همسو است (۲۰ و ۲۱). دلیل این است که نوسانات بدن به دلیل کوچک‌تر شدن سطح اتکاء بیشتر می‌شود و فرد جهت قراردادن مرکز ثقل در محدوده سطح اتکاء به منظور حفظ تعادل بدن، مجبور به تلاش بیشتری می‌شود و در نتیجه حفظ تعادل مشکل‌تر می‌گردد. افراد با ساختار غیرطبیعی پا، در شرایط مشابه با گروه پای طبیعی برای حفظ تعادل تلاش بیشتری به کار می‌بندند که به احتمال قوی مربوط به ناپایداری تر بودن مفاصل بین مچ پا در این افراد است (۲۷). با توجه به این یافته‌ها، در ارزیابی دقیق‌تر تعادل ایستا در حیطه‌های مختلف تحقیقاتی، استفاده از اندازه‌گیری عملکرد فرد بر روی یک پا مفید به نظر می‌رسد. در نتیجه‌گیری نهایی، مطالعه حاضر نشان داد که عملکرد تعادلی در نوجوانان می‌تواند تحت تأثیر نوع ساختار آناتومیکی پا قرار گیرد. این تحقیق علاوه بر این که اطلاعاتی در حوزه بررسی عملکرد تعادل ایستا در افراد با ساختار متفاوت پا نشان داد، پیشنهاد جدیدی را نیز برای مد نظر قرار دادن متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق نظیر مساحت کف پا و ثبات سطح زیر کف پا در بررسی‌های کلینیکی حفظ تعادل بدن مطرح کرد. نتایج این تحقیق می‌تواند اطلاعات کلینیکی مفیدی را در مورد خدمات توان‌بخشی نظیر طراحی کفش و



ساخت کفی طبی برای افراد با ساختارهای غیرطبیعی به منظور افزایش عملکرد تعادلی و نیز پیشگیری از آسیب‌های ورزشی فراهم آورد.

#### منابع

1. Allum. JH et al. (1993). Vestibular proprioceptive modulation of postural synergies in normal subjects. *J vestibular Res.* (3):59-85.
2. Riemann BL et al. (2000). Effects of mild head injury on postural stability as measured through clinical balance testing. *J Athl Train.* (35): 19-25.
3. Yuk San Tsung B et al. (2000). Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions. *Journal of rehabilitation research and development.* (40): 517-526.
4. Emery CA et al. (2005). Development of a clinical static and dynamic standing balance measurement tool appropriate for use in adolescents. *Physical Therapy.* (85): 502-514.
5. Coughlin MJ (1995). Forefoot disorders. In: Baxter D, Ed. *The foot and ankle in sport.* St Louis: Mosby Yearbook 2nd edition, Vol 3, PP: 221-44.
6. Dwyer FC (1975). The present status of the problem of pes cavus. *Clinical Orthopaedics.* (106): 254-75.
7. Bressel E et al. (2007). Comparison of Static and Dynamic Balance in Female Collegiate Soccer, Basketball, and Gymnastics Athletes. *J Athl Train.* (42):42-46.
8. Guskiewicz KM and Perrin DH (1996). Research and clinical applications of assessing balance. *J Sport Rehabil.* (5): 45-63.
9. Hertel J et al. (2002). Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J Athl Train.* (37): 129-132.
10. Cote KP et al. (2005). Effects of Pronated and Supinated Foot Postures on Static and Dynamic Postural Stability. *J Athl Train.* (40): 41-46.
11. Nashner LM et al. (1982). Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *J Neurosci.* (2): 536-544.
12. Razeghi M and Batt ME (2004). Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait & Posture.* (15): 282-291.
13. McGinnis PM (2001). *Biomechanics of Sport and Exercise.* 2nd edition. PP: 172-175.
14. Soechting J (1979). Dynamic role of vision in the control of posture in man. *Exp. Brain Res.* (36): 551-561.
15. Winter DA et al. (1998). Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol.* (80): 1211-1221.
16. Riemann BR and Guskiewicz KM (2000). Effects of mild head injury on postural stability as measured through clinical balance testing. *J Athl Train.* (35): 19-27.
17. Donatelli RA (1996). *The Biomechanics of the foot and ankle.* Davis Company.
18. Patel AV et al. (2007). Neuropsychological performance, postural stability, and symptoms after dehydration. *J Athl Train.* (42): 66-75.
19. Wilkins JC et al. (2004). Performance on the balance error scoring system decreases after fatigue. *J Athl Train.* (39): 156-161.
20. Susco TM et al. (2004). Balance recovers within 20 minutes after exertion as measured by the balance error scoring system. *J Athl Train.* (39): 241-246.
21. McKeon PO and Hertel J (2008). Spatiotemporal postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. *BMC Musculoskeletal Disorders.* (9): 76.
22. Colado JC et al. (2010). Two-leg squat jumps in water: an effective alternative to dry land jumps. *Int J Sports Med.* (31): 118-22.
23. El Haber N et al. (2008). Relationship between age and measures of balance, strength and gait: linear and non-linear analyses. *Clin Sci (Lond).* (114): 719-27.
24. Nordsiden L et al. (2010). The effect of 3 foot pads on plantar pressure of pes planus foot type. *J Sport Rehabil.* (19): 71-85.
25. Vuillerme n et al. (2005). Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: effects of changes in sensory inputs. *Neuroscience Letters.* (378): 135-139.
26. Cobb SC et al. (2004). The effect of forefoot varus on postural stability. *J Orthop Sports Phys Ther.* (34): 79-85.