



## مقایسه نیروهای عکس‌العمل زمین، تغییرات مرکز جرم به فشار، زمان رسیدن به پایداری و نیروی برشی در حرکت فرود جفت‌پای اسکی‌بازان آلپاین زن و مرد

حیدر صادقی<sup>۱\*</sup>، گلنوش اخوان عابدی<sup>۲</sup>

۱. استاد، گروه بیومکانیک و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد، بیومکانیک ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، تهران، ایران

دریافت ۱۱ آبان ۱۳۹۸؛ پذیرش ۲۵ اسفند ۱۳۹۸

« مقاله‌ی پژوهشی »

### واژگان کلیدی

اسکی‌بازان آلپاین

فرود جفت‌پا

نیروی عکس‌العمل زمین

تغییرات مرکز جرم به فشار

زمان رسیدن به پایداری

### چکیده

زمینه و هدف: با توجه به نقش متغیرهای کینتیکی در ارزیابی کیفیت اجرای مهارت ورزشی، هدف مطالعه حاضر مقایسه نیروهای عکس‌العمل زمین، تغییرات مرکز جرم به فشار و زمان رسیدن به پایداری در حرکت فرود جفت‌پای اسکی‌بازان نخبه زن و مرد بود. روش بررسی: ۱۶ اسکی‌باز آلپاین، ۸ زن (وزن  $55/78 \pm 5/91$  کیلوگرم، قد  $161 \pm 5/08$  سانتیمتر، سن  $34 \pm 4$  سال) و ۸ مرد (وزن  $81/85 \pm 5/8$  کیلوگرم، قد  $177 \pm 3/97$  سانتیمتر، سن  $36 \pm 4$  سال) در تحقیق شرکت کرده و حرکت فرود جفت‌پا از ارتفاع ۴۰ سانتیمتر را روی صفحه نیرو انجام دادند. حداکثر برآیند GRF، حداکثر GRF در سه راستای عمودی، قدامی- خلفی و داخلی- خارجی، تغییرات مرکز جرم به فشار در دو راستای قدامی- خلفی و داخلی- خارجی و زمان رسیدن به پایداری با استفاده از اطلاعات صفحه نیرو محاسبه شد. مقایسه متغیرها میان دو گروه توسط روش آماری کواریانس یک طرفه در سطح معنی‌داری  $p \leq 0,05$  صورت گرفت. یافته‌ها: تفاوت معنی‌داری در متغیرهای GRF، تغییرات مرکز جرم به فشار در راستای داخلی- خارجی و زمان رسیدن به پایداری میان دو گروه زنان و مردان وجود نداشت اما تغییرات مرکز جرم به فشار در راستای قدامی- خلفی به میزان ۳٪ در زنان بیشتر از مردان بود. نتیجه‌گیری: به نظر می‌رسد زنان نوسانات بیشتری در حین فرود برای رسیدن به پایداری متحمل می‌شوند که خود ریسک آسیب‌های زانو، بخصوص ACL را افزایش می‌دهد. برای تحلیل دلیل افزایش نوسانات، نیاز به بررسی بیشتر در الگوهای فرود است.

\* اطلاعات نویسنده مسئول. تلفن: ۰۲۱-۲۲۲۲۲۶۴۴

✉ پست الکترونیکی: sadeghih@khu.ac

## مقدمه

در کلیه رشته‌های ورزشی عملکرد بهینه و دستیابی به اوج اجرا از دغدغه‌های جدی و اصلی ورزشکاران و مربیان بوده و آسیب‌دیدگی‌های حاصل از تمرینات شدید جهت آمادگی شرکت در مسابقات و یافتن راهکارهایی جهت کاهش آسیب و پیشگیری از آن از اهمیتی دوچندان برخوردار است. زنان ورزشکار نسبت به مردان شرکت‌کننده در فعالیت‌های ورزشی مشابه، چهار تا هشت برابر بیشتر به صدمات جدی غیر برخوردار لیگامان متقاطع قدامی زانو دچار می‌شوند و ۷۰ درصد این صدمات در حین فرود از پرش اتفاق می‌افتد (بودن، دین، فیگین، گارت، ۲۰۰۰: ۵۷۳؛ گریفن، اجل، البوهیم، آرند، دیک، ۲۰۰۰: ۱۴۱). در این میان رشته ورزشی اسکی آلپاین رشته‌ای چالش برانگیز و پر خطر محسوب می‌شود، گزارشات حاصل از دو مطالعه پایشی حاکی از آن است که رشته اسکی آلپاین یکی از پر آسیب‌ترین رشته‌ها در میان ورزش‌های زمستانی در المپیک زمستانی ونکوور ۲۰۱۰ و سوچی ۲۰۱۴ بوده است (اینگرستن، آلونسو، دوواک، جانگ، ۲۰۱۰: ۷۲۲؛ سولیکارد، استفان، پالمر، گرین، اوبری، گرت، میووویز، ۲۰۱۵: ۴۴۱). در میان اسکی‌بازان آلپاین جام جهانی رایج‌ترین عضو آسیب‌پذیر زانو بوده که بیش از یک سوم آسیب‌ها را به خود اختصاص داده است (۳۶٪-۳۸٪). حدود ۴۴٪ از آسیب‌ها نیز مربوط به مفصل و لیگامان بوده است (پوجول، بلنچی، چامبات، ۲۰۰۷: ۱۰۷؛ استیونسون و بستر، جانسون، بینون، ۱۹۹۸: ۶۴)؛ در حالی که نتایج در خصوص شیوع آسیب‌ها میان زنان و مردان نیز بسیار متناقض است. پوجول و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی ۲۵ ساله که روی اسکی‌بازان نخبه تیم ملی فرانسه انجام دادند تفاوتی در شیوع آسیب‌های میان زنان و مردان مشاهده نکردند (پوجول و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۰۷)، در مقابل استیونسون و همکاران (۱۹۹۸: ۶۴) تفاوت‌های قابل توجهی در شیوع آسیب‌های لیگامان صلیبی قدامی<sup>۱</sup> (ACL) میان زنان و مردان مسابقه‌رو در یکی از باشگاه‌های آمریکا گزارش کردند. آنان به این نتیجه رسیدند که زنان اسکی‌باز ۳/۱ برابر بیشتر در معرض آسیب ACL در مقایسه با مردان قرار دارند. از این رو جنسیت را می‌توان به‌عنوان متغیری مهم در تعیین الگوهای آسیبی مورد توجه قرار داد. اطلاعات

آنتروپومتریکی نمایان می‌سازد که زنان، عموماً دارای لگن خاصره پهن‌تر و پاهای کوتاه‌تری در مقایسه با مردان هستند که در این صورت اسکی کردن با زانوهای نزدیک به هم منجر به داشتن زاویه والگوس بیشتری شده و با دورنمای بیومکانیکی آنان را در معرض آسیب‌های<sup>۲</sup> MCL بیشتری نسبت به مردان قرار می‌دهد (موت، رابرت، جانسون، هاوسر، چاف، ۱۹۹۶: ۴۵). لذا فاکتورهای وابسته به جنسیت می‌توانند تأثیر شدیدی در الگوهای آسیبی داشته باشند.

عوامل متعددی به‌عنوان عوامل اثرگذار در بروز صدمات و آسیب‌های زانو در زنان معرفی شده‌اند از جمله عوامل محیطی، شلی لیگامنتی، تغییرات هورمونی، شاخص عرض شکاف بین کندیلی، شکل شکاف بین کندیلی، اندازه ACL، راستای اندام تحتانی و تفاوت‌های بین پای برتر و غیربرتر. عدم وجود ثبات دینامیکی مفصل زانو نیز از علل افزایش میزان آسیب‌های زانو در زنان است (فورد، مایر، هوت، ۲۰۰۳: ۱۷۴۵).

ریسک فاکتورهای آناتومیکی بسیاری نیز در ارتباط با افزایش آسیب‌های ACL وجود دارد. در این میان شاخص توده بدنی (BMI)<sup>۳</sup> شاید تنها ریسک فاکتور قابل تعدیل باشد. پالمر و همکاران (۱۹۳۸) اولین افرادی بودند که ارتباط پاتولوژیکی بین ACL و شکاف بین کندیلی که می‌تواند به آسیب ACL منجر شود را مطرح نمودند. آنها مدعی شدند که در ورزشکاران زن نوجوان، کوچکتر بودن سبب شکاف بین کندیلی به ریسک آسیب‌های ACL وابسته است (پالمر، ۱۹۳۸: ۱؛ چارلتون، سنت جان، سیکوتی، ۲۰۰۲: ۳۲۹؛ شلبورن، گری، بنر، ۲۰۰۷: ۱۳۰۴). چاندر اشکار و همکاران (۲۰۰۶: ۲۹۴۳) نشان دادند که طول، سطح مقطع عرضی، حجم و جرم ACL در زنان در مقایسه با مردان کوچکتر است و تمرکز تارچه‌ها و میزان سطح اشغالی به‌وسیله تارچه‌ها و فیبرهای کلاژنی در زنان کمتر از مردان است. از دیگر ریسک فاکتورهای آناتومیکی می‌توان به زاویه Q بیشتر که منجر به افزایش والگوس دینامیک زانو و در نتیجه افزایش آسیب‌های ACL می‌شود و یا تیلت قدامی لگن که باعث فشردگی و سفت شدن فلکسورهای ران شده و موجب کشیدگی و ضعف همسترینگ می‌گردد (شامباق،

2. Medial Collateral Ligament

3. Body Mass Index

1. Anterior Cruciate Ligament

این بین کرنوزاک و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی با هدف نشان دادن تفاوت‌های جنسیتی در زنان و مردان حین انجام تست پرش فرود از ارتفاع ۶۰ سانتیمتری نشان دادند که مقدار نیروی عکس‌العمل عمودی زمین در زنان بیشتر از مردان است. اما از آنجا که موقعیت مفصلی زانو در دو گروه و در دو صفحه ساجیتال و فرونتال مشابه بود زنان دورسی فلکشن و پرونیشن مچ پایشان بیشتر از مردان بود. ضمن اینکه زنان به‌علت والگوس زانو، بیشتر از مردان در معرض ریسک آسیب ناشی از بار اضافی وارد بر ACL هستند. نیو و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که مقدار ماکزیمم نیروی عکس‌العمل زمین به شکل قابل توجهی در مردان بزرگتر از زنان است. در خصوص مؤلفه‌های قدامی - خلفی و داخلی - خارجی نیروی عکس‌العمل زمین نیز این تناقضات مشاهده می‌شود. بلک بورن (۲۰۰۹: ۱۷۴) در تحقیقی که به تفاوت‌های کینتیکی و کینماتیکی حاصل از فرود در دو وضعیت فرود نرمال و فرود با فلکشن بالاتنه در زنان و مردان پرداختند، مدعی شدند که فلکشن بالاتنه باعث کاهش مؤلفه‌های عمودی و قدامی - خلفی نیروی عکس‌العمل زمین و فعالیت کوادریسپس می‌شود. اما کرنوزاک و همکاران (۲۰۰۵)، مؤلفه قدامی - خلفی نیروی عکس‌العمل زمین را در زنان بیشتر از مردان یافتند که استراتژی‌های عضلانی پیش از فرود را می‌توان در این تفاوت‌ها دخیل دانست. چاپل، کیرکندال (۲۰۰۲: ۲۶۱)، در مطالعه‌ای که به مقایسه زنان و مردان در تست پرش- فرود عمودی رو به جلو و عقب پرداختند، مدعی شدند که زنان در فاز فرود نیروی برشی قدامی- خلفی بیشتری نسبت به مردان داشتند.

در خصوص تغییرات مرکز جرم به فشار (COP- COM) به طور کلی مطالعات کمی صورت گرفته از این بین هوفر، هریسون و مک کروی (۲۰۱۸: ۱)، در بررسی تعادل ایستا و پویای میان ژیمناستها، ورزشکاران دیگر رشته‌ها و گروه کنترل دریافتند که تعادل ایستا و پویا و کنترل پاسچر، متاثر از نوع ورزش انجام شده است. دورنلس، پرنک و موتا (۲۰۱۳)، در بررسی تعادل پاسچر میان دو گروه زنان و مردان جوان مشاهده نمودند که تغییرات مرکز فشار در راستای قدامی- خلفی در زنان کمتر از مردان است و مدعی شدند که علت را در تفاوت‌های آنترپومتریکی دو جنس باید جستجو نمود، اما ملام، بوراگادا (۲۰۱۴: ۱۲۵۹)، در

کلین، هربرت، (۱۹۹۱: ۵۲۲)، اشاره کرد. ریسک فاکتورهای هورمونی، (لیو و همکاران، ۱۹۹۶: ۵۲۶)، ریسک فاکتورهای عصبی- عضلانی (هوت و همکاران، ۲۰۰۶: ۴۹۰)، ایمبالانس‌های عصبی عضلانی که عموماً در زنان دیده می‌شود و شامل تسلط چهار سران (مایر، فورد، هوت، ۲۰۰۴: ۳۵۲)، تسلط لیگامان (هوت، تورگ، بودن، ۲۰۰۹: ۴۱۷)، تسلط پا (مایر و همکاران، ۲۰۰۴: ۳۵۲) و تسلط تنه، زازولاک و همکاران (۲۰۰۵: ۲۹۲ و ۲۰۰۷: ۳۶۸) (زازولاک، پونس، ستراب، مدوکی، هوت، ۲۰۰۵: ۲۹۲) (زازولاک، هوت، ریوس، گلدبرگ، چولویکی، ۲۰۰۷: ۳۶۸) است نیز در آسیب‌های ACL بسیار اثرگذار هستند.

در تحقیق حاضر اطلاعات جمع‌آوری شده از سه متغیر کینتیکی کاربردی و اثرگذار، مورد تحلیل قرار گرفته است. اولین متغیر، نیروی عکس‌العمل زمین است که به‌عنوان برآیند مؤلفه‌های نیرو در سه راستای عمودی، قدامی - خلفی و داخلی - خارجی می‌باشد. متغیر کینتیکی تغییرات مرکز جرم به فشار (COP-COM) نیز به‌عنوان متغیری مهم در تعیین توانایی بدن در کنترل پاسچر، تعیین کننده میزان نوسانات بدن در راستای قدامی - خلفی و داخلی - خارجی است. زمان رسیدن به پایداری (TTS) به‌عنوان مدت زمان لازم جهت حداقل شدن برآیند نیروهای عکس‌العمل زمین ناشی از حرکت فرود تا رسیدن به حالت ایستا است و شاخصی مهم برای نشان دادن میزان پایداری ورزشکار بوده و نمونه‌ای عینی از اندازه‌گیری کنترل پاسچر می‌باشد که با پروتکل عملکردی پرش - فرود اندازه‌گیری می‌شود. متغیرهای منتخب ذکر شده در این مقاله، با توجه به اهمیت مبحث تعادل در اسکی‌بازان مورد ارزیابی و مقایسه جنسیتی قرار گرفته‌اند.

از آنجا که مؤلفه عمودی نیروی عکس‌العمل زمین از دو مؤلفه قدامی - خلفی و داخلی - خارجی بسیار بزرگتر است و به مقدار به‌دست آمده از برآیند نیرو بسیار نزدیک است تقریباً تمامی مطالعات به مقایسه این مؤلفه پرداخته‌اند. سالی و همکاران (۲۰۰۴: ۶۲۲) در مطالعه‌ای بر روی زنان و مردان والیبالیست دریافتند که زنان به شکل قابل توجهی میزان نیروی عکس‌العمل زمین بزرگتری در مقایسه با مردان داشتند در تقابل با تحقیق فوق می‌توان به تحقیقات ناکامورا و همکاران (۲۰۱۲)، عباسی و همکاران (۲۰۱۰: ۸۳) و لفارت و همکاران (۲۰۰۲: ۱۶۲) اشاره کرد. اما در

مرد با میانگین وزن  $81/85 \pm 5/8$  کیلوگرم، قد  $177 \pm 3/97$  سانتیمتر، طول اندام تحتانی  $5/63 \pm 90/78$  سانتیمتر و سن  $36 \pm 4$  سال، که حداقل تا یک سال قبل، هیچ‌گونه سابقه آسیب‌دیدگی نداشته و حداقل سه روز در هفته تمرین منظم ورزشی داشتند و داوطلب شرکت در تحقیق بودند، نمونه آماری این تحقیق را تشکیل دادند.

تفاوت‌های فردی، میزان استراحت و عدم خستگی در روز اجرای آزمون تحت کنترل محقق نبوده و با فرض اینکه مربیان حداقل ۳ روز در هفته برنامه تمرینی منظمی دارند در آزمون شرکت نمودند. مطالعاتی که بیومکانیک فرود را بررسی می‌کنند غالباً از دو پروتکل فرود متفاوت پیروی می‌کنند در یکی از آنها لازم است آزمودنی از ارتفاع مشخصی فرود آید و در پروتکل دیگر ارتفاع فرود بر اساس درصدی از حداکثر ارتفاع پرش عمودی تعیین می‌شود. در مطالعه حاضر از پروتکل اول استفاده شد و کلیه آزمودنی‌ها در ۳ نوبت از ارتفاع ۴۰ سانتیمتری بر روی مرکز صفحه نیروسنج مارک KISTLER به ابعاد  $60 \times 40$  سانتی‌متر مربع، ساخت کشور سوئیس که آماده سازی و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۰۰۰ هرتز تنظیم شده بود تست فرود را انجام دادند و بلافاصله پس از استقرار بر مرکز دستگاه صفحه نیروسنج دست‌ها را بر محل برجستگی ناحیه لگن قرار داده، سر را بالا نگاه داشته و روبرو را نگاه کرده و سعی کردند تا تعادل خود را حفظ کنند (تصویر ۱). قبل از انجام تست فرود شرح کامل پروتکل فرود برای کلیه آزمودنی‌ها داده شد و به آنها اجازه داده شد تا حرکت پرش از ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری و فرود بر صفحه نیروسنج را به دفعات تمرین نمایند. ابتدا با استفاده از روش تحلیل باقیمانده فرکانس برش ۳۵ هرتز تعیین شده و سپس با استفاده از فیلتر پایین‌گذر باترورث درجه ۴، اطلاعات به‌دست آمده از صفحه نیرو ابتدا فیلتر و سپس به وزن آزمودنی‌ها نرمالیزه شدند. پس از آن میانگین بیشینه مقادیر به‌دست آمده از مؤلفه‌های برآیند، قدامی-خلفی، داخلی-خارجی و عمودی نیروی عکس‌العمل زمین به منظور مقایسه در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که مؤلفه‌های قدامی-خلفی و داخلی-خارجی نیروی عکس‌العمل زمین به‌عنوان نیروهای برشی نیز خوانده می‌شوند. ممان اینرسی بدن حول مچ پا در دو صفحه ساجیتال و فرونتال از طریق معادلات زیر محاسبه شد (لدپت، برنیر، ۱۹۹۴: ۸۰۱) و (روجیر، بوردت،

تحقیقی روی زنان و مردان بالای ۶۵ سال به این نتیجه رسیدند که تفاوت معناداری در نوسانات پاسچرال در دو گروه وجود ندارد. برخی مطالعات نیز اذعان داشتند که نوسانات پاسچر در همه سنین در زنان بیشتر از مردان است، برخی نیز زنان را باثبات‌تر از مردان یافتند (گریبل، رابینسون، هرتال، دنگار، ۲۰۰۹: ۲۴۰).

زمان رسیدن به پایداری که منعکس‌کننده عملکرد سیستم حسی-حرکتی بدن بوده و معرف تلاش بدن برای حفظ و کنترل پاسچر در محدوده سطح اتکا است ارتباط فضایی-زمانی بین مرکز فشار و مرزهای سطح اتکا را بررسی می‌کند. در تحقیقی که توسط پاپاز، کریمنیک، لیدرباچ (۲۰۱۱: ۳۲۵) بر روی زنان و مردان رقصنده انجام شد مشاهده گردید که زنان زمان رسیدن به پایداری طولانی‌تری نسبت به مردان دارند. راشنر، هیلدبرنت، موهر و مولر (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ای ۱۰ ساله بر روی ۵۰۰ آزمودنی اسکی‌باز آلپاین نخبه در سنین ۱۱ تا ۱۸ از هر دو جنسیت دریافتند که زنان ثبات و حساسیت بهتر و زمان رسیدن به پایداری کمتری نسبت به مردان داشتند، پس جنسیت اثر متقابلی با سن و بلوغ بر توانایی تعادلی در اسکی‌بازان داشته است.

با مروری بر مطالعات انجام شده قبلی، تحقیقی یافت نشد که به شناسایی میزان اثر متغیرهای نیروهای عکس‌العمل زمین، تغییرات مرکز جرم به فشار و زمان رسیدن به پایداری برای اسکی‌بازان زن و مرد، پرداخته باشد. از این رو، با توجه به اهمیت متغیرهای نیروی عکس‌العمل زمین و متغیرهای وابسته به تعادل در اسکی‌بازان و تأثیر این متغیرها در بهینه نمودن حرکات اسکی، هدف از انجام این تحقیق، مقایسه متغیرهای ذکر شده در دو گروه زنان و مردان اسکی‌باز آلپاین بود.

### مواد و روش‌ها

با توجه به محدود بودن جامعه آماری تحقیق حاضر (۲۰ نفر) که براساس معیارهای ورود مربیان اسکی‌باز نخبه آلپاین با سابقه بالای ۱۰ سال و دارای مدرک درجه ۲ از فدراسیون بین‌المللی اسکی آلپاین بودند، ۱۶ اسکی‌باز آلپاین، زن (هشت نفر با میانگین وزن  $55/78 \pm 5/91$  کیلوگرم، قد  $161 \pm 5/08$  سانتیمتر، طول اندام تحتانی  $81/92 \pm 3/85$  سانتیمتر و سن  $34 \pm 4$  سال) و مرد (هشت

در صفحه فرونتال،  $C\ddot{O}M_x$ ، شتاب داخلی- خارجی مرکز جرم،  $W$  وزن بدن بالای مچ پا و  $h$  ارتفاع مرکز جرم تا مفصل مچ پا می‌باشد.

در صفحه ساجیتال، معادله تعادل یکسان است:

$$COP_y - COM_y = -\frac{I_s C\ddot{O}M_y}{Wh}$$

که در آن  $I_s$ ، گشتاور اینرسی بدن حول مفصل مچ پا در صفحه ساجیتال و  $C\ddot{O}M_y$ ، شتاب قدامی مرکز جرم می‌باشد. برای محاسبه زمان رسیدن به پایداری از روش کاهش تدریجی نوسانات مؤلفه‌های عکس‌العمل زمین در واحد زمان که یکی از رایجترین شیوه‌های محاسبه زمان رسیدن به پایداری است استفاده شد. با توجه به همگن نبودن متغیرهای قد و وزن از آزمون کوواریانس یک طرفه جهت انجام آزمون آماری و مقایسه متغیرهای تحقیق بین دو گروه زنان و مردان در سطح معناداری  $P \leq 0,05$  استفاده شد.

فرانس، برگر، ۲۰۰۱: ۴۱):

$$I_{A/P} = 0.0533 * mH^2 + mh^2$$

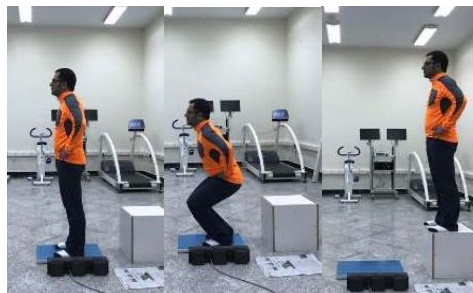
$$I_{M/L} = 0.0572 * mH^2 + mh^2$$

در فرمول‌های فوق  $I_{A/P}$  گشتاور اینرسی در صفحه ساجیتال و  $I_{M/L}$  گشتاور اینرسی در صفحه فرونتال است،  $m$  جرم آزمودنی و  $H$  قد آزمودنی است. برای محاسبه تعادل داینامیکی در حرکت، یک مدل رایج وجود دارد به نام مدل آونگ معکوس که وابسته است به خط سیر  $COP$  و  $COM$ . موقعیت  $COP$  بستگی دارد به جهت‌گیری شتاب زاویه‌ای  $COM$  در مدل آونگ معکوس. آنالیز کامل بیومکانیکی مدل آونگ معکوس در هر دو صفحه ساجیتال و فرونتال به وسیله وینتر و همکاران (۱۹۹۸)، بیان شده است و از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

در صفحه فرونتال:

$$COP_x - COM_x = -\frac{I_f C\ddot{O}M_x}{Wh}$$

که در فرمول فوق  $I_f$  گشتاور اینرسی بدن حول مچ پا



تصویر ۱: پروتکل پرش- فرود، به ترتیب از راست: قبل از پرش، حین پرش و فرود

فشار در راستای داخلی- خارجی نیز تفاوت معناداری میان دو گروه مشاهده نشد اما در خصوص مؤلفه قدامی- خلفی تغییرات مرکز جرم به فشار اختلاف میان دو گروه معنادار بود و زنان به میزان ۳٪ نوسانات قدامی- خلفی بیشتری از مردان داشتند ( $p=0,02$  و  $F=5,45$ ). در خصوص متغیر زمان رسیدن به پایداری نیز تفاوت معناداری میان دو گروه زنان و مردان مشاهده نشد.

## یافته‌ها

از آنجائی که متغیرهای قد و وزن متغیرهای مداخله‌گر بودند از آزمون کوواریانس یک طرفه برای آزمون آماری استفاده شد، نتایج حاکی از آن بود که در خصوص مؤلفه‌های برآیند، قدامی- خلفی، داخلی- خارجی و عمودی نیروی عکس‌العمل زمین تفاوت معناداری میان دو گروه زنان و مردان وجود ندارد، در خصوص متغیر تغییرات مرکز جرم به

جدول ۱: میانگین و انحراف استاندارد و نتایج آزمون کوواریانس یک طرفه مقایسه متغیرهای منتخب میان اسکی‌بازان زن و مرد

متغیر	جنسیت	میانگین و انحراف استاندارد	Mean square	F	sig
برآیند	زن	۰,۷±۳,۷۹	۰,۰۰۷	۰,۱۴	۰,۹
	مرد	۰,۷±۳,۹۶			
نیروی عکس‌العمل	زن	۰,۶±۳,۷۵	۰,۰۱۲	۰,۰۲۴	۰,۸۷
	مرد	۰,۷±۳,۹			
زمین	زن	-۰,۱±۰,۶	۰,۰۰۰	۰,۰۰۴	۰,۹۵
	مرد	-۰,۰۳±۰,۷			
داخلی خارجی	زن	۰,۰۳±۰,۰۷	۰,۰۰۰	۰,۳۹	۰,۵۳
	مرد	۰,۰۳±۰,۰۹			
تغییرات مرکز جرم به فشار	زن	-۰,۱±۰,۰۳	۰,۰۰۳	۵,۴۵	۰,۰۲۸
	مرد	۰,۰۴±۰,۰۱			
داخلی خارجی	زن	-۰,۹۱±۰,۰۰۴	۰,۰۰۰	۰,۰۰۵	۰,۹۴
	مرد	۰,۰۱±۰,۰۰۰۶			
زمان رسیدن به پایداری	زن	۰,۳۴±۱,۲۷	۰,۱۶	۱,۶۶	۰,۲۱
	مرد	۰,۲۹±۱,۱۴			

### بحث و بررسی

هدف از مطالعه حاضر بررسی تفاوت‌های جنسیتی در میزان حداکثر مؤلفه‌های نیروی عکس‌العمل زمین، تغییرات مرکز جرم به فشار و زمان رسیدن به پایداری در حرکت فرود جفت پای اسکی‌بازان آلیپین زن و مرد بود. همان‌طور که اطلاعات جدول شماره ۱ نشان می‌دهند اگرچه بین نیروهای عکس‌العمل زمین (نیروی برشی) و زمان رسیدن به پایداری میان دو گروه تفاوت معناداری وجود ندارد اما تغییرات مرکز جرم به فشار در راستای قدامی-خلفی در زنان به میزان قابل توجهی بیشتر از مردان بوده یعنی زنان در آزمون فرود از ارتفاع ۴۰ سانتیمتری نوسانات پاسچر بیشتری را برای رسیدن به تعادل تجربه کرده‌اند که نشانگر استراتژی‌های پیش و پس از فرود متفاوت است که خود ریسک آسیب‌های وارده بر زانو به خصوص ACL را در زنان در مقایسه با مردان افزایش می‌دهد. هر چند در این مطالعه به نقش عضلات در میزان ثبات و پایداری ورزشکار با استفاده از الکترومایوگرافی پرداخته نشده است اما عدم تفاوت قابل توجه در میزان نیروی عکس‌العمل زمین و همچنین عدم وجود اختلاف معنادار در زمان رسیدن به پایداری در دو گروه نشان می‌دهد که زنان فشار بار بیشتری را در مقایسه با مردان تجربه می‌کنند تا در زمان مشابه پایداری پاسچرال خود را حفظ نمایند. تحقیقات صورت گرفته پیشین نشان می‌دهند هنگامی که ورزشکاران

مانورهای ورزشی مثل فرود از پرش و حرکات برشی را اجرا می‌کنند باید بین نیروهای استاتیک شامل نیروهای غیر انقباضی تولید شده توسط لیگامان‌ها، بافت‌های همبند و استخوان‌ها و نیروهای دینامیک عضلات انقباضی عمل کننده بر زانو برای حفظ ثبات عملکردی مفصل تعامل وجود داشته باشد (فورد، مایر، هوت، ۲۰۰۳: ۱۷۴۵). زمانی که نیروهای دینامیک محدود کننده حرکت مفصل برای تعدیل بارهای مفصلی کافی نباشند نیروهای استاتیک در معرض بارهای بزرگتری قرار می‌گیرند و به‌طور بالقوه منجر به آسیب ACL می‌شوند (هوت، زازولاک، مایر، فورد، ۲۰۰۵: ۴۹۲)، از طرفی زنان ورزشکار طی فعالیت‌های ورزشی نقص‌های کنترل عصبی عضلانی را نشان می‌دهند که بیشتر در مقدمه مقاله به آن اشاره شده است. آسیب غیر برخوردار ACL ۴ تا ۶ برابر در زنان بیشتر از مردان رخ می‌دهد و غالباً در حین فعالیت‌هایی که با کاهش سریع شتاب همراه است مثل فرود از پرش یا در اجرای حرکات کاتینگ رخ می‌دهد (آیرلند، ۲۰۰۲: ۶۳۷). به محض فرود اندام تحتانی در وضعیتی قرار می‌گیرد که به این وضعیت غیر قابل برگشت یا PNR<sup>۱</sup> یا والگوس کلاپس می‌گویند که در این وضعیت تنه دارای فلکشن جلویی، آداکشن هیپ، چرخش داخلی ران، ۲۰ تا ۳۰ درجه فلکشن زانو، والگوس زانو

1. Position of No Return

ورزشی در رشته اسکی آلپاین تفاوتی میان دو گروه زنان و مردان قائل نیست با توجه به نتایج به دست آمده می توان توصیه کرد که تمرینات آمادگی برای زنان اسکی باز بر تمرین برای بهبود عملکردهای عضلانی کششی پلايومتریکی و تمرینات کنترل تنه و عضلات مرکزی و اصلاحات قدرت عضلات همسترینگ به کوادریسپس متمرکز باشد. این موضوع بارناشی از ایمبالانس های موجود و ریسک آسیب های وارده بر زانو در زنان را کاهش می دهد.

### تشکر و قدردانی

تشکر و قدردانی از همه عزیزانی که در پژوهش حاضر ما را یاری نمودند.

چرخش خارجی تیبیا و پرونیشن بخش جلویی پا است، فرود با وضعیت کینماتیکی PNR موجب اعمال مقدار زیادی استرس بر ACL می شود که می تواند ریسک پارگی کامل را نیز افزایش دهد (هوت، فورد، هوگنبوم، مایر، ۲۰۱۰: ۲۳۴). ایمبالانس های عصبی عضلانی که عموماً در زنان دیده می شود و شامل تسلط چهار سر ران، تسلط لیگامان، تسلط پا و تسلط تنه است با کینماتیک زانو در وضعیت والگوس کلاپس ارتباط دارد اما خوشبختانه این ایمبالانس های عصبی عضلانی بر خلاف ریسک فاکتورهای آناتومیکی و فیزیولوژیکی با تمرین قابل تعدیل هستند.

### نتیجه گیری

نتایج تحقیق مؤید آن است که زنان با نوسانات بیشتر سعی در حفظ ثبات و تعادل خود را دارند. از آنجا که تمرینات

## References

- Abbasi, A. Sadeghi, H. KHaleghi Tagezi, M. Hosseinimehr, S.H. (2010). "Differences in vertical ground reaction forces attenuation during stop-jump task", *Olympic Journal*. 17(4): 83-91. (In Persian)
- Blackburn, J.T (2009). "Sagittal plane trunk position, landing forces and quadriceps electromyography activity". *Journal of Athletic Training*, 44(2): 174-179.
- Boden, B.P., Dean, G.S., Feagin, J.A., Garrett, W.E. Jr (2000). "Mechanisms of anterior cruciate ligament injury". *Orthopedics*. 23: 573- 578.
- Chandrashekar N.J., Mansour, M., Slauterbeck, J., Hashemi, J. (2006). "Sex-based differences in the tensile properties of the human anterior cruciate ligament". *Journal Biomechanics*. 39(16): 2943-50.
- Chappell, J.D., Yu, B., Kirkendall, D.T., Garrett, W.T. (2002). "A comparison of knee kinematics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks". *American Journal Sports Medicine*. 30 (2): 261-267.
- Charlton, W.P.H., St John, T.A., Ciccotti, M.G (2002). "Differences in femoral notch anatomy between men and women: a magnetic resonance imaging study". *American Journal Sports Medicine*, 30(3): 329-33.
- Dorneles, P.P., Pranke, G.I., Mota, C.B (2013). "Comparison of postural balance between female and male adolescents". *Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Educação Física*, 2(3): 210-214
- Engebresten, L., Steffen, k., Alonso, J.M., Dvoak, K.J., Junge, A (2010). "Sports injuries and illnesses during the winter Olympic games". *British journal of sports medicine*, 44(11): 772-780.
- Ford, K.R., Myer, G.D., Hewett, T.E (2003). "Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players". *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 35(10): 1745-1750.
- Gribble, P.A., Robinson, R.H., Hertal, J., Denegar, C.R (2009). "The effects of gender and fatigue on dynamic postural control". *Journal sport rehabil*. 18: 240-257.
- Griffin, L.Y., Agel, J., Albohm, M.J., Arendt, E.A., Dick, R.W. (2000). "Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factor and prevention strategies", *Journal of the American Academy of Orthopaedics Surgeons*, 8: 141-150.
- Hewett, T.E., Ford, K.R., Hoogenboom, B.J., Myer, G.D. (2010). "Understanding and prevention ACL injuries: current biomechanical and epidemiological consideration". *North American Journal of Sport Physical Therapy* 5(4): 234-51.
- Hewett, T.E., Ford, K.R., Myer, G.D. (2006). "Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention". *American Journal Sports Medicine*, 34(3): 490-8.
- Hewett, T.E., Zazulak, B.T., Myer, G.D., Ford, K.R. (2005). "Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes". *The American Journal of Sports Medicine*. 33(4): 492-501.
- Hoffer, H.L., Harrison, K.D., Mccrory, J.L. (2018). "Dynamic stability in gymnast's non-balance athletes and active controls". *International journal of exercise science*. 11(1): 1-12.
- Ireland, M.L (2002). "The female ACL: why is it more

- prone to injury?". *Orthopedic Clinics of North America*. 33(4): 637-651.
- Kernozek, T.W., Torry, M.R., Vanhoof, H., Cowley, H., Tanner, S (2005). "Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landing". *Medicine and science exercise*, 37(6): 1003-12.
- Ledep, A., Brenier, Y (1994). "Dynamical implication of anatomical and mechanical parameters in gait initiation process in children". *Human Movement Science*, 13: 801- 815.
- Lephart, S.M (2002). "Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing". *Clinical Orthopaedics Related Research*, 401: 162.
- Liu, SH., Al-Shaikh, R., Panossian, V., Yang, R.S (1996). "Primary immune localization of estrogen and progesterone target cells in the human anterior cruciate ligament". *Journal Orthopaedic Research*, 14(4): 526-33.
- Melam, G.R., Buragadda, S., Alhusaini, A., Ibrahim, A., Kachanatha, SH (2014). "Gender differences in static and dynamic postural stability parameters in community dwelling healthy older adults". *Middle East Journal of Scientific Research*, 22 (9): 1259-1264.
- Mote, C.D., Robert, J.R., Johnson, J. Hauser, W., Schaff, P.S. (1996). "Skiing trauma and safety". 10: 45-55.
- Myer, G.D., Ford, K.R., Hewett, T.E. (2004). "Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes", *Journal of Athletic Training*. 39(4): 352-364.
- Nakamura, B., Orlaff, H., Warner, M (2012). "Gender differences in ground reaction forces during running and agility type motion". 30th Annual Conference of Biomechanics Sports. Melbourn-Australia University of Puget Sound, Tacoma, WA, USA, 65-68.
- Niu, W., Feng, T., Jiang, C.H., Zhang, M (2015). "Peak vertical ground reaction forces during two-leg landing". *Biomechanical Medicine Research International*. Published online.
- Palmer, I. (1938). "On the injuries to the ligament of the knee joints". *Acta Chir Scand*.81: 1-282.
- Pappas, E., Kremenic, I., Liederbach, M., Orishimo, K.F., Hagins, M (2011). "Time to stability differences between male and female dancers after landing from a jump on flat and inclined floors". *Clinical Journal Medicine*. 21(4): 325-329.
- Pujol, N., Blenchi, M.P., Chambat, P (2007). "The incidence of anterior cruciate ligament injuries among competitive alpine skier: a 25 years' investigation". *The American journal of sports medicine*. 35(7): 1070- 1074.
- Raschner, C.H., Hildbrandt, C., Mohr, J., Muller, L. (2017). "Sex differences in balance among alpine ski racer". Department of Sport Science, 27255 University of Innsbruck Innsbruck, Austria. 124(6): 1134-1150.
- Rougier, P., Burdet, C., Farenc, I., Berger, L. (2001). "Backward and forward leaning postures modelled by an fbm framework". *Neuroscience Research*, 41: 41-50.
- Salci, Y., Kental, B.B., Heycan, C., Akin, S., Korkusuz, F. (2004). "Comparison of landing maneuvers between male and female college volleyball players". *Clinical Biomechanics*. 19 (6): 622-628.
- Shambaugh, J.P., Klein, A., Herbert, J.H. (1991). "Structural measures as predictors of injury in basketball players". *Medicine Science Sports Exercise*, 23(5): 522-7.
- Shelbourne, K.D., Gray, T., Benner, R.W (2007). "Intercondylar notch width measurement differences between African American and White men and women with intact anterior cruciate ligament knees". *American Journal Sports Medicine*, 35(8): 1304-7.
- Soligard, T., Steffen, K., Palmer. Green, D., Aubry, M., Grant, M.E., Meeuwisse, W (2015). "Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic winter games". *British journal of sports medicine*. 49(7): 441-447.
- Stevenson, H., Webster, J., Johnson, R., Beynon, B. (1998). "Gender differences in knee injury epidemiology among competitive alpine ski racers". *The orthopedic journal*. 18: 64- 66.
- Zazulak, B.T., Hewett, T.E., Reeves, N.P., Goldberg, B., Cholewicki, J (2007). "The effects of core proprioception on knee injury", *The American Journal of Sports Medicine*. 35 (3): 368-73.
- Zazulak, B.T., Ponce, P., Straub, S.J., Medvecky, M.J., Hewett, T.E (2005). "Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing". *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 35(5): 292-9.