

ارتباط شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی مفصل زانو و مچ پا کودکان غیر ورزشکار پسر ۹-۱۱ سال شهر مرند

نگار رستمی^۱، سعید واحدی^{۲*}، رقیه افرونده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۳۰

خلاصه

مقدمه: کنترل وضعیت بدنی و تعادل برای فعالیت‌های روزمره و پیشگیری از آسیب ضروری است. حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا نقش کلیدی در تعادل دارند و تحت تأثیر عوامل فیزیولوژیکی و عملکردی قرار می‌گیرند. این تحقیق جهت تعیین ارتباط حس عمقی این مفاصل با شاخص‌های مذکور در کودکان ۹ تا ۱۱ سال غیرورزشکار در شهر مرند انجام شد.

مواد و روش: پژوهش توصیفی حاضر، بر روی ۱۶۰ دانش‌آموز پسر (پایه‌های دوم تا پنجم ابتدایی) در سال ۱۴۰۱ انجام شد. شاخص‌های فیزیولوژیکی (آنالیز بدن، قد، وزن، درصد چربی، توده استخوانی) و عملکردی (توان هوازی، قدرت پنجه، تعادل ایستا/پویا، چابکی، انعطاف‌پذیری، توان انفجاری) با ابزارهای استاندارد سنجیده و حس عمقی با عکس‌برداری ($ICC \geq 0.97$) ارزیابی شد. داده‌ها با آزمون همبستگی Pearson تحلیل گردید.

یافته‌ها: حس عمقی زانو با قد ($p=0.011$, $r=-0.280$) همبستگی منفی معنی‌دار داشت. در شاخص‌های عملکردی نیز با توان انفجاری ($p=0.004$, $r=-0.312$) و قدرت گریپ ($p=0.029$, $r=-0.242$) همبستگی منفی و با چابکی ($p=0.040$, $r=0.228$) همبستگی مثبت معنی‌دار مشاهده شد. حس عمقی مچ پا با قد ($p=0.012$, $r=-0.277$)، وزن ($p=0.042$, $r=-0.225$)، درصد چربی ($p=0.038$, $r=-0.230$) و توده استخوانی ($p=0.021$, $r=-0.255$) همبستگی منفی معنی‌دار داشت و در شاخص‌های عملکردی تنها با تعادل پویا ($p=0.045$, $r=0.222$) همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد.

نتیجه‌گیری: شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی زانو و مچ پا در کودکان غیرورزشکار ۹ تا ۱۱ سال ارتباط معنی‌دار دارند که می‌تواند در پیش‌بینی این حس مؤثر باشد. اجرای برنامه‌های بهبود آمادگی جسمانی و تمرینات تعادلی برای این گروه سنی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: حس عمقی، مفصل زانو، مفصل مچ پا، کودکان غیرورزشکار، شاخص‌های فیزیولوژیکی، شاخص‌ها عملکردی

^۱ دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۲ دکتری، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (نویسنده مسئول) پست الکترونیکی:

saeed.vahedi@uma.ac.ir تلفن: ۰۹۱۵۹۸۲۴۸۱۷

^۳ دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مقدمه

کنترل وضعیت بدنی و تعادل از مؤلفه‌های اساسی در انجام فعالیت‌های روزمره، مهارت‌های حرکتی و فعالیت‌های ورزشی محسوب می‌شوند. کنترل وضعیت بدنی به عنوان توانایی فرد برای نظارت بر وضعیت بدن و همترازی آن در فضا شناخته می‌شود و مستلزم تعامل هماهنگ میان سیستم‌های عضلانی اسکلتی و عصبی است [۱]. اهمیت این فرایند از آن جهت است که هرگونه اختلال در کنترل وضعیت بدنی می‌تواند موجب کاهش پایداری بدن، افت کیفیت اجرای حرکات و افزایش احتمال آسیب‌دیدگی شود. از نیازهای اساسی برای کنترل وضعیت بدنی در سیستم‌های حرکتی، وجود ورودی‌های حسی مناسب است؛ بنابراین کاهش بازخورد آوران‌های عصبی می‌تواند تعادل را مختل کند. اختلال در تعادل نیز می‌تواند منجر به افزایش ریسک بروز آسیب‌دیدگی هنگام فعالیت‌های ورزشی شود [۲]. از این رو، برخورداری از ثبات، تعادل و کنترل وضعیت بدنی مناسب، یکی از عوامل مهم در کاهش بروز آسیب‌های حرکتی به شمار می‌رود و یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های اثرگذار بر آن، حس عمقی مطلوب است [۱].

حس عمقی، که به عنوان حس مفصلی نیز شناخته می‌شود، فرد را از حرکت مفصل و وضعیت قرارگیری اندام‌ها آگاه می‌سازد و در نهایت با نظم‌بخشی به انقباضات عضلانی، به حرکت مطلوب مفصل و حفظ استحکام آن کمک می‌کند [۲]. سیستم کنترل وضعیت بدن در فضا که تحت تأثیر حس عمقی مفاصل قرار دارد، همواره مورد

توجه محققان بوده و پژوهش‌های فراوانی در این زمینه انجام شده است. نتایج مطالعات پیشین نشان داده‌اند که پیام‌های حسی پیکری، بینایی و وستیبولار در ایجاد تعادل صحیح و حفظ راستای مناسب بدنی نقش مهمی دارند [۱]. وضعیت بدنی به عنوان ترکیبی از موقعیت قرارگیری مفاصل مختلف بدن نسبت به یکدیگر در یک زمان تعریف می‌شود و موقعیت هر مفصل می‌تواند بر موقعیت سایر مفاصل اثرگذار باشد. وضعیت بدنی صحیح موقعیتی است که در آن کمترین فشار بر مفاصل وارد می‌شود و فعالیت عضلانی در پایین‌ترین سطح خود قرار دارد [۱].

در میان مفاصل بدن، مفاصل زانو و مچ پا به دلیل نقش کلیدی در تحمل وزن، حفظ راستای اندام تحتانی، کنترل حرکات عملکردی و ایجاد ثبات در فعالیت‌های روزمره و ورزشی اهمیت ویژه‌ای دارند. آسیب‌های مفصل مچ پا و زانو، به ویژه عوارضی مانند پیچ‌خوردگی یا اسپرین و کشیدگی یا استرین، از جمله آسیب‌های شایع در اندام تحتانی محسوب می‌شوند. بافت‌های نرم و لیگامان‌های اطراف مفصل، همراه با خود مفصل، در تعیین حرکت، کنترل و استحکام این مفاصل نقش دارند. بر این اساس، دقت حس عمقی در مفاصل مچ پا و زانو برای حفظ عملکرد صحیح مفصل، کنترل حرکات، پیشگیری از آسیب و اجرای مناسب مهارت‌های حرکتی در فعالیت‌های روزانه و ورزشی اهمیت زیادی دارد [۳، ۴]. همچنین ماهیچه‌ها همانند سایر بافت‌های بدن مستعد آسیب‌دیدگی هستند و آسیب‌های فیزیکی و روحی شدید، عفونت‌ها، مصرف برخی داروهای خاص یا حتی انجام ورزش‌های پرفشار در سطوح

مختلف می‌توانند به عضلات آسیب وارد کنند. درد نیز یکی از عوامل نشان‌دهنده آسیب‌دیدگی عضلات است [۵] که افراد مبتدی ممکن است آن را پس از انجام حرکات ورزشی ضربه‌ای تجربه کنند.

علاوه بر اهمیت خود مفاصل، عوامل مختلف فیزیولوژیکی، ساختاری و عملکردی نیز می‌توانند بر حس عمقی، تعادل و کنترل وضعیت بدنی تأثیرگذار باشند. ناهنجاری‌های اسکلتی که به دلایل ارثی، اکتسابی یا ناشناخته ایجاد می‌شوند، می‌توانند کنترل وضعیت بدنی را تحت تأثیر قرار دهند و تعادل را که متأثر از حس عمقی افراد است، مختل کنند [۶]. همچنین عوامل گوناگون نوروفیزیولوژیک و مکانیکی می‌توانند بر تعادل اثر بگذارند. ویژگی‌هایی مانند سواد بدنی، قد، وزن، ترکیب بدنی، سطح اتکا، فاصله مرکز ثقل تا زمین، طول و وزن هر یک از اندام‌ها، طول بازوی گشتاور عضلات و توزیع جرم در نقاط مختلف بدن، از نظر مکانیکی می‌توانند بر تعادل متأثر از حس عمقی مفاصل تأثیرگذار باشند [۷، ۸]. از سوی دیگر، شاخص‌هایی مانند ترکیب بدن، میزان فعالیت بدنی، آمادگی عملکردی و ویژگی‌های آنتروپومتریک می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم عملکرد مفاصل و کیفیت دریافت و پردازش اطلاعات حسی را تحت تأثیر قرار دهند [۸].

مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تغییرات فیزیولوژیکی و عملکردی می‌توانند در حفظ تعادل بدن و کنترل وضعیت بدنی نقش داشته باشند [۸، ۷، ۲، ۱]. برای مثال، ترکیب بدن و عملکرد حرکتی افراد می‌تواند به‌طور مستقیم بر عملکرد مفاصل اثرگذار باشد. چاقی یکی از عواملی است

که معمولاً در نتیجه کاهش فعالیت بدنی نسبت به کالری دریافتی ایجاد می‌شود و همین کاهش فعالیت بدنی می‌تواند عملکرد مفاصل را در محدوده استاندارد خود تضعیف کند. این مسئله ممکن است به کاهش سواد بدنی و حتی تضعیف عملکردهای روزمره مانند تعادل، که متأثر از حس عمقی مفاصل است، منجر شود [۹]. بنابراین، شواهد موجود بیانگر آن است که بین شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با تعادل، کنترل و وضعیت بدنی و عملکرد مفاصل ارتباط وجود دارد؛ با این حال، بخش قابل توجهی از مطالعات انجام‌شده بیشتر بر افراد فعال، ورزشکار یا بزرگسالان متمرکز بوده‌اند و بررسی این روابط در کودکان غیرورزشکار کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

با وجود انجام پژوهش‌های مختلف درباره نقش حس عمقی در تعادل، کنترل وضعیت بدنی و عملکرد مفاصل، هنوز مشخص نیست که شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی تا چه اندازه با حس عمقی مفصل زانو و مچ پا در کودکان غیرورزشکار ارتباط دارند. این موضوع از آن جهت اهمیت دارد که دوران کودکی و نوجوانی یکی از دوره‌های مهم رشد جسمانی، شکل‌گیری مهارت‌های حرکتی و توسعه الگوهای حرکتی پایه است [۱۰، ۱۱]. شناخت زودهنگام ارتباط میان شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی مفاصل می‌تواند به شناسایی عوامل خطر، پیشگیری از آسیب‌های حرکتی آینده و بهبود کیفیت حرکت کمک کند [۱۲، ۴]. همچنین ارتقای این توانایی‌ها در سنین پایین می‌تواند در توسعه سواد بدنی و ارتقای سلامت در طول عمر مؤثر باشد [۱۳، ۸].

بنابراین، بررسی این موضوع در کودکان غیرورزشکار ضروری به نظر می‌رسد؛ زیرا این گروه ممکن است به دلیل سطح پایین‌تر فعالیت بدنی، آمادگی عملکردی کمتر یا ترکیب بدنی نامطلوب، بیشتر در معرض ضعف در عملکرد مفصلی و تعادلی قرار گیرند. بر این اساس، هدف مطالعه حاضر تعیین ارتباط شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی مفصل زانو و مچ پا در کودکان غیرورزشکار است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر از نوع توصیفی با طرح همبستگی-تحلیلی بود که در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام شد. جامعه آماری شامل کلیه دانش‌آموزان پسر پایه دوم تا پنجم ابتدایی شهرستان مرند (حدود ۳۰۰ نفر) بود. حجم نمونه با استفاده از روش تعیین حجم نمونه در مطالعات همبستگی برآورد شد [۱۴]:

$$n = ((Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 / C^2) + 3$$

در این روش برای محاسبه حجم نمونه، سطح معنی‌داری پژوهش (۰/۰۵)، توان آزمون آماری (۸۰ درصد) و میزان ضریب همبستگی مورد انتظار بین متغیرها (۰/۲۵) در نظر گرفته می‌شود تا تعداد آزمودنی‌های لازم برای شناسایی رابطه معنی‌دار بین متغیرها مشخص شود. بر اساس این محاسبات حداقل حجم نمونه ۱۲۴ نفر برآورد شد؛ با این حال به منظور افزایش دقت نتایج و کاهش اثر احتمالی ریزش آزمودنی‌ها، در نهایت ۱۶۰ نفر در پژوهش شرکت داده شدند. این پژوهش با کد اخلاق

(IR.UMA.REC.1401.067) به تأیید کمیته اخلاق رسید. روش نمونه‌گیری، به صورت در دسترس و غیراحتمالاتی بود؛ به این صورت که پس از هماهنگی با مدارس قابل دسترسی و همکار، دانش‌آموزان واجد شرایط ورود به مطالعه، در صورت تمایل و با رضایت والدین، وارد پژوهش شدند. حجم نمونه با توجه به ماهیت همبستگی پژوهش و بر اساس تحلیل توان آماری با استفاده از نرم‌افزار G*Power محاسبه شد. با این حال، به منظور افزایش دقت برآوردها و با توجه به تعداد دانش‌آموزان واجد شرایط و در دسترس، ۱۶۰ نفر وارد مطالعه شدند. همچنین توان آماری مطالعه برای حجم نمونه ۱۶۰ نفر، در سطح معناداری ۰/۰۵ و با فرض اندازه اثر متوسط، ۰/۹۳ برآورد شد که نشان‌دهنده کفایت حجم نمونه برای بررسی روابط بین متغیرهای پژوهش است. معیارهای ورود به تحقیق شامل نداشتن ناهنجاری‌های اسکلتی-عضلانی، محدودیت‌های حرکتی، بیماری‌های روانی و اعصاب و بیماری‌های متابولیکی بود. همچنین معیارهای خروج از تحقیق شامل عدم همکاری در اجرای تحقیق توسط دانش‌آموز یا والدین وی بود.

برای جمع‌آوری اطلاعات، پس از اخذ مجوزهای لازم از اداره آموزش و پرورش شهرستان مرند، محققان با ارائه معرفی‌نامه آموزش و پرورش و به منظور هماهنگی با مدیر و مسئولان مدرسه، به مدارس مراجعه کردند. پس از انجام هماهنگی‌های لازم برای اجرای طرح، فرم‌های رضایت‌نامه آگاهانه در اختیار دانش‌آموزان و والدین آن‌ها قرار گرفت. سپس از آزمودنی‌ها خواسته شد در سالن ورزشی مدرسه

حاضر شوند. توضیحات لازم درباره اهداف پژوهش و نحوه اجرای آزمون‌ها برای آنان ارائه گردید و روش انجام آزمون‌ها به صورت کامل برای نمونه‌ها شرح داده شد. سپس شاخص‌های ترکیب بدنی هر یک از آزمودنی‌ها شامل قد، وزن، درصد چربی، عضله، درصد پروتئین و توده استخوانی توسط دستگاه ترکیب بدن دیجیتالی InBody 720 ساخت کره جنوبی اندازه‌گیری شد. همچنین شاخص‌های عملکردی شامل انعطاف‌پذیری با آزمون بشین‌وبرس، تعادل ایستا با آزمون لک‌لک، تعادل پویا با آزمون چوب موازنه، توان انفجاری با آزمون پرش سارجنت، چابکی با آزمون تی، قدرت با ابزار دینامومتر گریپ و توان هوازی با آزمون ۶ دقیقه پیاده‌روی سریع اندازه‌گیری شد. در این آزمون، مسیر مستقیم ۳۰ متری رفت‌و برگشتی که به وسیله جسم مخروطی جهت دور زدن مشخص شده بود، مورد استفاده قرار گرفت. همچنین هر سه متر از مسیر توسط نوار چسب علامت‌گذاری شده بود. در پایان آزمون، مسافت پیموده شده توسط آزمودنی با بیشترین سرعت ممکن در راه رفتن و همچنین ضربان قلب بلافاصله پس از اتمام آزمون ثبت گردید. سپس با استفاده از فرمول زیر، حداکثر اکسیژن مصرفی نسبی آزمودنی‌ها محاسبه شد [۱۵]:

$$VO2max \text{ (ml/kg/min)} = 5/359 + 0/067 \times 6MWT$$

$$(m) - 0/286 \times \text{Weight (kg)}$$

در این فرمول، $VO2max$ حداکثر اکسیژن مصرفی بر حسب میلی‌لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم وزن بدن $6MWT$ ، مسافت طی شده در آزمون ۶

دقیقه راه رفتن بر حسب متر (m)، و (Weight) وزن بدن آزمودنی بر حسب کیلوگرم (kg) است. ضرایب این معادله حاصل تحلیل رگرسیون خطی چندگانه در مطالعه مرجع بوده و نشان‌دهنده سهم مسافت پیموده شده و وزن بدن در پیش‌بینی $VO2max$ می‌باشند. در این پژوهش، پس از اندازه‌گیری مسافت طی شده در آزمون ۶ دقیقه راه رفتن و ثبت وزن بدن هر آزمودنی، مقادیر بدست‌آمده در معادله فوق جایگذاری شد و بدین ترتیب $VO2max$ برآوردی برای هر فرد محاسبه گردید. در مرحله قبل از اجرای آزمون‌های عملکردی، برای اندازه‌گیری دقت حس عمقی در مفاصل مچ پا و زانو از روش عکس‌برداری با پایی گزارش‌شده مناسب: Intraclass Correlation Coefficient: $ICC \leq 0.97$ استفاده شد [۱۶-۱۸]. برای ارزیابی حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا، از روش بازسازی زاویه مفصل Joint Position Sense با استفاده از عکاسی دیجیتال و تحلیل نرم‌افزار ImageJ بهره گرفته شد. آزمودنی‌ها روی صندلی بدون تکیه‌گاه جانبی نشستند و ران‌ها موازی با سطح زمین قرار گرفت. مفصل مورد آزمون در وضعیت آویزان و بدون تماس با زمین قرار داده شد تا بازخوردهای فشاری کف پا حذف شود. در مارکرگذاری آناتومیکی، مارکرهای بازتابنده ۱۰ میلی‌متری بر روی لندمارک‌های زیر نصب شد:

- مفصل زانو: تروکانتر بزرگ فمور، اپی‌کندیل خارجی فمور و قوزک خارجی مچ پا
- مفصل مچ پا: سر فیبولا، قوزک خارجی و سر متاتارس پنجم

شرایط تصویربرداری و پروتکل آزمون:

شرایط تصویربرداری در این پژوهش به گونه‌ای تنظیم شد که دقت ثبت زوایای مفصلی افزایش یابد؛ بدین منظور، از یک دوربین دیجیتال با وضوح حداقل ۱۲ مگاپیکسل استفاده شد که در فاصله ۲ متری و هم سطح با مفصل مورد آزمون و عمود بر صفحه ساجیتال حرکت قرار گرفت. برای کاهش خطاهای زاویه‌ای، دوربین بر روی سه پایه ثابت نصب شد و کالیبراسیون زاویه‌ای نیز با استفاده از خط کش مدرج در صفحه حرکت انجام شد. در اجرای پروتکل آزمون، زاویه هدف برای مفصل زانو ۴۵ درجه فلکشن و برای مفصل مچ پا ۱۰ درجه دورسی فلکشن در نظر گرفته شد. هر آزمودنی ابتدا با چشمان باز زاویه هدف را تجربه می‌کرد و سپس با استفاده از چشم‌بند، سه بار آن زاویه را بازسازی می‌نمود؛ بین هر تکرار نیز ۳۰ ثانیه استراحت داده شد. زاویه بازسازی شده با زاویه هدف مقایسه شد و خطای مطلق زاویه Absolute Angular Error طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$AAE = |\theta_{reproduced} - \theta_{target}|$$

میانگین سه تکرار به عنوان نمره نهایی ثبت شد. مقادیر بالاتر نشان‌دهنده کاهش دقت حس عمقی بود [۱۹-۱۰]. در نهایت، تمامی تصاویر ثبت شده با استفاده از نرم‌افزار

AutoCAD 2014 تحلیل شده. در مفصل مچ پا از زاویه ۱۰ درجه دورسی فلکشن و در مفصل زانو از زاویه ۴۵ درجه فلکشن به عنوان زاویه هدف استفاده شد [۲۰]. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد. داده‌ها ابتدا از نظر کامل بودن و وجود داده‌های پرت بررسی شدند و شاخص‌های توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر گزارش گردید. طبیعی بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. برای تعیین رابطه بین شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی زانو و مچ پا، از آزمون همبستگی پیرسون استفاده و نتایج به صورت ضریب همبستگی r و سطح معنی‌داری p گزارش شد. همچنین برای تعیین سهم نسبی متغیرهای پیش‌بین در تبیین حس عمقی، از رگرسیون خطی چندگانه به روش گام‌به‌گام استفاده گردید. پیش‌فرض‌های رگرسیون شامل نرمال بودن باقیمانده‌ها، استقلال خطاها با آماره دوربین-واتسون، نبود هم‌خطی چندگانه با شاخص VIF و خطی بودن روابط بررسی شد. نتایج رگرسیون با شاخص‌های R^2 ، Adjusted R^2 ، Beta، B، t، F و p گزارش گردید. سطح معنی‌داری در تمام آزمون‌ها $p \leq 0.05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این پژوهش ۱۶۰ دانش‌آموز پسر ۹ تا ۱۱ ساله از مدارس ابتدایی شهرستان مرند در سال ۱۴۰۱ شرکت کردند. برای توصیف ویژگی‌های نمونه از شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار استفاده شد. نتایج نشان داد میانگین قد و وزن دانش‌آموزان به ترتیب $142/18 \pm 8/53$ سانتی‌متر و $39/91 \pm 10/20$ کیلوگرم بود. سایر شاخص‌های ترکیب بدن و عملکردی آزمودنی‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص‌های توصیفی متغیرهای پژوهش در دانش‌آموزان پسر ۹-۱۱ سال شهرستان مرند، سال ۱۴۰۱ (حجم نمونه = ۱۶۰)

متغیرها	انحراف استاندارد $\pm$ میانگین	حداقل	حداکثر	چولگی (کجی)	کشیدگی
قد (سانتی متر)	$142/18 \pm 8/53$	۱۲۴	۱۶۱	۰/۱۸۲	-۰/۴۴۷
وزن (کیلوگرم)	$39/91 \pm 10/20$	۲۱	۶۳	۰/۴۲۱	-۰/۶۳۵
درصد چربی	$8/76 \pm 2/61$	۳/۹	۱۵/۲	۰/۳۳۷	-۰/۵۰۲
عضله (کیلوگرم)	$34/16 \pm 5/20$	۲۳/۸	۴۶/۷	۰/۲۱۴	-۰/۳۸۱
درصد پروتئین	$18/99 \pm 2/19$	۱۴/۱	۲۳/۴	۰/۱۲۶	-۰/۲۹۴
توده استخوانی	$1/74 \pm 0/38$	۰/۹۶	۲/۶۱	۰/۲۰۳	-۰/۳۱۶
انعطاف پذیری (سانتی متر)	$26/29 \pm 6/11$	۱۳/۴	۴۱/۸	۰/۱۶۵	-۰/۴۲۱
تعداد ایستا (ثانیه)	$36/55 \pm 8/71$	۱۸/۶	۵۸/۳	۰/۲۹۸	-۰/۲۴۴
تعداد پویا (ثانیه)	$68/10 \pm 18/86$	۳۳/۷	۱۱۲/۶	۰/۳۵۶	-۰/۴۶۸
توان انفجاری (سانتی متر)	$20/62 \pm 25/05$	۱۵۱/۴	۲۵۲/۸	۰/۱۹۷	-۰/۳۵۲
چابکی (ثانیه)	$15/32 \pm 2/57$	۹/۸	۲۱/۴	۰/۲۴۱	-۰/۳۱۸
حداکثر اکسیژن مصرفی (میلی لیتر/کیلوگرم/دقیقه)	$28/92 \pm 3/44$	۲۱/۶	۳۶/۸	۰/۱۷۶	-۰/۲۶۳
قدرت گریپ (کیلوگرم)	$37/51 \pm 9/81$	۱۸/۹	۶۱/۷	۰/۳۸۹	-۰/۴۹۱

آزمون نرمال بودن با کولموگروف-اسمیرنوف انجام شد ($P>0.05$). برای بررسی رابطه بین شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی مفاصل زانو از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۲- ضرایب همبستگی پیرسون بین شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی مفصل زانو در ۱۶۰ دانش‌آموزان پسر ۹-۱۱ سال شهرستان مرند (سال

(۱۴۰۱)

متغیر ها	ضریب همبستگی (r)	P
حس عمقی مفصل زانو		
شاخص های فیزیولوژیکی		
قد	-۰/۲۸۰	*۰/۰۱۱
وزن	-۰/۱۹۲	۰/۳۶۰
درصد چربی	-۰/۱۱۲	۰/۵۶۶
عضله	-۰/۱۳۲	۰/۲۰۲
درصد پروتئین	-۰/۱۴۱	۰/۴۳۲
توده استخوانی	-۰/۱۸۳	۰/۳۱۴
شاخص های عملکردی		
انعطاف پذیری	-۰/۰۰۹	۰/۹۳۴
تعادل ایستا	-۰/۰۹۹	۰/۸۲۵
تعادل پویا	-۰/۱۳۹	۰/۵۶۵
توان انفجاری	-۰/۳۱۲	**۰/۰۰۴
چابکی	۰/۲۲۸	*۰/۰۴
حداکثر اکسیژن مصرفی	-۰/۰۱۰	۰/۹۷
قدرت گریپ	-۰/۲۴۲	*۰/۰۲۹

سطح معنی داری: ۰/۰۵

نتایج جدول ۲ نشان داد بین حس عمقی مفصل زانو و منفی معنی دار و چابکی ($r=۰/۲۲۸$, $p=۰/۰۴۰$) همبستگی مثبت معنی دار با حس عمقی زانو نشان دادند. شاخص‌های فیزیولوژیکی تنها با قد رابطه همبستگی منفی و معنی دار وجود دارد ($r=-۰/۲۸۰$, $p=۰/۰۱۱$). در میان شاخص‌های عملکردی، توان انفجاری ($r=-۰/۳۱۲$, $p=۰/۰۰۴$) و قدرت گریپ ($r=-۰/۲۴۲$, $p=۰/۰۲۹$)، همبستگی آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد (جدول ۳).

جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون بین شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی مفصل مچ پا در ۱۶۰ دانش‌آموزان پسر ۹-۱۱ سال شهرستان مرند (سال ۱۴۰۱)

متغیر ها	ضریب همبستگی (r)	P
حس عمقی مفصل مچ پا		
شاخص های فیزیولوژیکی		
قد	-۰/۲۷۷	*۰/۰۱۲
وزن	-۰/۲۲۵	*۰/۰۴۲
درصد چربی	-۰/۲۳۰	*۰/۰۳۸
عضله	-۰/۱۷۵	۰/۷۶۳
درصد پروتئین	-۰/۱۰۴	۰/۸۲۵
توده استخوانی	-۰/۲۵۵	*۰/۰۲۱
انعطاف پذیری	-۰/۱۰۴	۰/۸۲۵
تعادل ایستا	-۰/۲۱۲	۰/۷۳۲
تعادل پویا	۰/۲۲۲	*۰/۰۴۵
توان انفجاری	-۰/۱۰۴	۰/۸۲۵
چابکی	-۰/۳۰۹	۰/۵۳۵
حداکثر اکسیژن مصرفی	-۰/۱۰۱	۰/۸۳۵
قدرت گریپ	-۰/۰۱۲	۰/۸۰۹

جدول ۵- نتایج رگرسیون چندگانه برای پیش‌بینی حس عمقی مفصل مچ در حجم نمونه ۱۶۰ نفری کودکان در سال (۱۴۰۱)

متغیر پیش‌بین	Beta	t	(P) سطح معنی‌داری	VIF
قد	-۰/۲۴	-۲/۶۹	۰/۰۰۸	۱/۳۴
وزن	-۰/۲۰	-۲/۱۸	۰/۰۳۱	۱/۴۲
درصد چربی	-۰/۲۱	-۲/۳۲	۰/۰۲۲	۱/۳۷
توده استخوانی	-۰/۲۳	-۲/۵۵	۰/۰۱۲	۱/۲۹
تعادل پویا	۰/۱۹	۲/۰۷	۰/۰۴۱	۱/۲۵

سطح معنی‌داری: $p < ۰/۰۵$

بحث

هدف از این تعیین رابطه حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا با شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی در کودکان ۹ تا ۱۱ سال غیرورزشکار بود. نتایج نشان داد که برخی از ویژگی‌های بدنی و عملکردی با دقت حس عمقی ارتباط معنی‌دار دارند و در مدل آماری، به‌عنوان پیش‌بین‌های حس عمقی شناسایی شدند. یافته‌ها نشان داد که حس عمقی زانو و مچ پا با تعدادی از متغیرهای فیزیولوژیکی و نیز برخی شاخص‌های عملکردی دارای همبستگی معنی‌دار است. برای تعیین سهم نسبی شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی در پیش‌بینی حس عمقی مفاصل، از رگرسیون خطی چندگانه به روش گام‌به‌گام استفاده شد. نتایج نشان داد در مفصل زانو متغیرهای قد، توان انفجاری، چابکی و قدرت گریپ به طور معنی‌داری قادر به پیش‌بینی حس عمقی بودند و در مجموع ۱۷ درصد از واریانس آن را تبیین کردند. همچنین در مفصل مچ پا متغیرهای قد، وزن، درصد چربی، توده استخوانی و تعادل پویا به عنوان پیش‌بین‌های معنی‌دار وارد مدل شدند

و ۱۸ درصد از تغییرات حس عمقی را توضیح دادند. تبیین احتمالی این ارتباط‌ها می‌تواند در چارچوب سازوکارهای عصبی - عضلانی، رشدی و بیومکانیکی در کودکان مطرح شود. یکی از یافته‌های مهم پژوهش حاضر، وجود رابطه معکوس بین قد و حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا بود؛ به این معنا که با افزایش قد دانش‌آموزان، دقت حس عمقی در این مفاصل کاهش می‌یافت. این نتیجه با برخی مطالعات پیشین که نشان داده‌اند رشد طولی اندام‌ها و افزایش اهرم‌های حرکتی می‌تواند موجب افزایش نو سانات و وضعیت بدنی و دشوارتر شدن ادغام حسی در سیستم کنترل تعادل شود، همسو است [۱۰، ۱۳]. در دوره ۹ تا ۱۱ سالگی سرعت رشد قدی کودکان افزایش می‌یابد و این رشد سریع می‌تواند با تغییرات گذرای کنترل عصبی-عضلانی همراه باشد که غالباً به عنوان «دوره‌های ناپایداری رشدی» شناخته شده است [۱۱]. بنابراین، افزایش قد ممکن است با افزایش طول اهرم‌های حرکت، تغییر مرکز جرم و دشواری در تخمین موقعیت مفصلی همراه باشد؛ موضوعی که می‌تواند ارتباط مشاهده شده با

کاهش دقت حس عمقی را تا حدی توضیح دهد. رابطه منفی بین وزن و درصد چربی بدن با حس عمقی مچ پا نیز قابل تفسیر است. مطالعات نشان داده‌اند که افزایش بافت چربی، سیگنال‌دهی حسی گیرنده‌های مکانیکی پوست و بافت‌های عمقی را تضعیف می‌کند و منجر به کاهش بازخورد حسی می‌شود [۲۱]. افزون بر آن، وزن بیشتر موجب افزایش بار وارد بر مفصل مچ پا و احتمال تغییر در حساسیت گیرنده‌های عضلانی — تاندونی (Golgi tendon organs و muscle spindles) می‌گردد [۱۲]. این عوامل می‌توانند به عنوان توضیحات احتمالی برای ارتباط مشاهده‌شده با خطای بیشتر حس عمقی مطرح شوند. از سوی دیگر، رابطه منفی میان توده استخوانی و حس عمقی نیز این فرضیه را مطرح می‌کند که برخی شاخص‌های ساختاری و رشدی جسمانی ممکن است با کارکرد حسی - حرکتی در ارتباط باشند.

یافته‌های مطالعه نشان داد حس عمقی زانو با توان انفجاری همبستگی منفی معنی‌دار دارد. توان انفجاری بالا معمولاً با عملکرد بهتر واحدهای حرکتی تندانه‌باز و ظرفیت تولید نیرو در زمان کوتاه مرتبط است [۲۲]. در کودکان غیرورزشکار، احتمالاً کودکانی که توان انفجاری بیشتری دارند، در فعالیت‌های حرکتی سریع و شدیدتری مشارکت می‌کنند که این امر ممکن است در مقاطع رشد با افزایش خطای حسی یا کاهش فرصت برای پردازش دقیق بازخورد عمقی همراه باشد. پدیده‌ای مشابه در مطالعاتی در مورد نوجوانان گزارش شده است که بیان می‌کند عملکردهای حرکتی شدید ممکن است با افزایش

نوسانات وضعیت بدنی مرتبط باشد [۲۳]. از سوی دیگر، رابطه مثبت میان حس عمقی زانو و چابکی نشان‌دهنده اهمیت هماهنگی عصبی — عضلانی و کنترل موقعیت مفصل در فعالیت‌های سریع تغییر جهت است. چابکی نیازمند دریافت سریع و دقیق اطلاعات حسی از مفاصل اندام تحتانی است تا حرکات اصلاحی سریع و دقیق انجام شود [۲۴]. بنابراین، یافته مطالعه حاضر با مبانی نظری و شواهد پیشین همسو است. رابطه منفی بین حس عمقی زانو و قدرت گریپ نیز از منظر سیستمیک قابل بررسی است. گرچه قدرت گریپ یک شاخص محیطی از قدرت اندام فوقانی است، اما در مطالعات رشد حرکتی به عنوان یک شاخص کلی از قدرت عمومی بدن و وضعیت عصبی-عضلانی در نظر گرفته شده است [۲۵]. با این حال شدت این رابطه نسبتاً ضعیف است و احتمالاً بیانگر ارتباط غیرمستقیم میان قدرت عمومی بدن و کارکرد حس عمقی در کودکان باشد. این توضیح با نظریه «عدم هم‌ترازی رشدی» (developmental asynchrony) همخوانی دارد [۲۶].

نتایج نشان داد حس عمقی مچ پا تنها با تعادل پویا دارای همبستگی منفی معنی‌دار بود. این یافته قابل انتظار است، زیرا مفصل مچ پا نخستین خط دفاعی بدن در برابر اختلالات تعادلی محسوب می‌شود و راهبرد غالب برای کنترل نوسانات وضعیت بدنی، راهبرد مچ پا است (۲۶). در فعالیت‌های پویای تعادلی نیاز به اصلاحات پی‌درپی و سریع مچ پا است که مستقیماً به دقت حس عمقی این مفصل وابسته است. بنابراین، کاهش خطای حس عمقی

مچ پا می‌تواند با عملکرد بهتر تعادل پویا همراه باشد و این یافته با مطالعات مشابه در کودکان و نوجوانان مطابقت دارد [۲۸، ۲۹].

مطالعات پیشین عمدتاً بر ورزشکاران نوجوان، افراد آسیب‌دیده، یا بزرگسالان تمرکز داشته‌اند. پژوهش حاضر یکی از معدود مطالعاتی است که رابطه ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکردی با حس عمقی را در کودکان غیرورزشکار بررسی کرده است. نتایج رابطه قد، چربی و وزن با حس عمقی مچ پا، با یافته‌های محققانی که رشد بدنی و ترکیب بدن را بر کنترل حرکتی اثرگذار دانسته‌اند مطابقت دارد [۲۱، ۱۱]. همچنین، رابطه حس عمقی و تعادل پویا با مطالعات کلاسیک در زمینه ارتباط پروپریوسپشن و کنترل وضعیت بدنی هماهنگ است [۲۷، ۲۸]. با این حال، شواهد مربوط به رابطه توان انفجاری، قدرت گریپ و چابکی با حس عمقی زانو کمتر مطرح شده است. یافته‌های این تحقیق می‌تواند گامی در جهت درک عمیق‌تر نقش رشدی و تعامل بین سیستم‌های عضلانی و حسی در کودکان باشد. احتمال دارد تفاوت‌های رشدی در سیستم عصبی، سطح فعالیت بدنی یا عدم بلوغ کامل مسیرهای حسی - حرکتی در کودکان توضیح‌دهنده تفاوت الگوهای همبستگی نسبت به بزرگسالان باشد، موضوعی که نیازمند پژوهش‌های بیشتر است.

از محدودیت‌های مطالعه حاضر می‌توان به طراحی مقطعی آن اشاره کرد. اگرچه بین برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی با حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا روابط معنی‌داری مشاهده شد، اما امکان استنتاج رابطه علی بین

متغیرها وجود ندارد. همچنین، نمونه پژوهش فقط شامل کودکان پسر ۹ تا ۱۱ سال غیرورزشکار بود؛ ازاین‌رو تعمیم نتایج به دختران، کودکان ورزشکار یا سایر گروه‌های سنی باید با احتیاط انجام شود. علاوه بر این، عواملی مانند سطح فعالیت بدنی روزانه، وضعیت بلوغ زیستی، انگیزش، توجه و تمرکز آزمودنی‌ها هنگام اجرای آزمون‌ها به طور کامل قابل کنترل نبودند. همچنین، حس عمقی با روش بازسازی زاویه مفصل و بر اساس خطای مطلق زاویه‌ای ارزیابی شد و ممکن است نتایج با استفاده از سایر روش‌های سنجش حس عمقی متفاوت باشد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده با طرح‌های طولی یا مداخله‌ای انجام شوند تا امکان بررسی روابط علی و روند تغییرات رشدی حس عمقی فراهم شود. همچنین، بررسی این روابط در دختران، کودکان ورزشکار و سایر گروه‌های سنی می‌تواند به تعمیم‌پذیری بهتر نتایج کمک کند. استفاده از روش‌های متنوع‌تر سنجش حس عمقی و کنترل دقیق‌تر عواملی مانند سطح فعالیت بدنی، بلوغ زیستی و توجه آزمودنی‌ها نیز در مطالعات بعدی توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج پژوهش حاضر، حس عمقی مفاصل زانو و مچ پا با برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکردی در کودکان ۹ تا ۱۱ سال غیرورزشکار مرتبط است. این روابط نشان می‌دهند که ابعاد فیزیولوژیکی و عملکردی می‌توانند بر کارکرد حس عمقی اثرگذار باشند و حتی توانایی پیش‌بینی بخشی از تغییرات آن را داشته باشند. این موضوع مخصوصاً در دوران رشد کودکان

سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان در همه مراحل پژوهش از جمله ایده‌پردازی و طراحی مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج، نگارش پیش‌نویس مقاله و بازنگری و ویرایش نهایی آن مشارکت داشته‌اند. همه نویسندگان نسخه نهایی مقاله را مطالعه و تأیید کرده و مسئولیت کامل صحت و یکپارچگی محتوای آن را می‌پذیرند.

اهمیت دارد، زیرا رشد سریع قدی، تغییر ترکیب بدن، و تکامل سیستم عصبی می‌توانند موجب نوساناتی در کنترل حرکتی شوند. نتایج این مطالعه تأکید می‌کند که توجه به تمرینات تعادلی، کنترل وضعیت بدنی، اصلاح ترکیب بدنی و ارتقای مهارت‌های عصبی-عضلانی می‌تواند در توسعه حس عمقی و پیشگیری از آسیب‌دیدگی در کودکان مؤثر باشد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از تمام افرادی که در انجام این پژوهش همکاری کردند، صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین از همراهی و همکاری تمامی شرکت‌کنندگان که شرایط اجرای پژوهش را فراهم کردند، تشکر می‌شود.

تعارض منافع

در این مطالعه هیچگونه تضاد منافی از طرف نویسندگان اعلام نشد.

References

1. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
2. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. J Athl Train. 2012;47(3):339-57.
3. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: a critical review of methods. J Sport Health Sci. 2016;5(1):80-90
4. Lephart SM, Pincivero DM, Rozzi SL. Proprioception of the ankle and knee. Sports Med. 1998;25(3):149-55.
5. Ekstrand J, Healy JC, Waldén M, Lee JC, English B, Häggglund M. Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. Br J Sports Med. 2012;46(2):112-17.
6. Park JH, Kim SY, Lee SH, Choi HS. Effect of therapeutic exercise on the management of hyperkyphosis in adolescence and young adulthood: a systematic review. Int J Environ Res Public Health. 2025;22(6):3154.
7. Palmieri RM, Ingersoll CD, Cordova ML, Kinzey SJ, Stone MB, Krause BA. The effect of a simulated knee joint effusion on postural control in healthy subjects. Arch Phys Med Rehabil. 2003;84(7):1076-9.
8. Afroundeh R, Rostami N, Vahedi S. The relationship between knee and ankle proprioception and anthropometric indices in elementary school children. J Pediatr Perspect. 2024;12(122):18547-54. [In Persian]
9. Saeterbakken AH, van den Tillaar R, Seiler S. The effects of plyometric jump training on physical fitness attributes in basketball players: a meta-analysis. Sports Med Open. 2021;7(1):1-13.
10. Payne VG, Isaacs LD. Human motor development: a lifespan approach. 9th ed. New York: Routledge; 2020.
11. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2022.
12. Proske U, Gandevia SC. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement. Physiol Rev. 2018;98(4):1655-95.

13. Zago M, et al. Postural sway in children: influence of growth and physical activity. *Gait Posture*. 2019;70:254-9.
14. Sarmad Z, Bazargan A, Hejazi E. Research methods in behavioral sciences. Tehran: Agah; 2011.
15. Jalili M, Nazem F, Sazvar A. Development of a native aerobic power prediction equation using the 6-minute walk test in healthy children. *Res Sport Med Technol*. 2018;16(16):17-28. [In Persian]
16. Silva P, Ferreira R, Almeida P, Santos R. Variation of knee joint position sense of soccer players during one season: an exploratory study. *Athena J Sports Sci*. 2025;5(1):1-9.
17. Pourkazemi F, Naseri N, Bagheri H, Fakhari Z. Reliability of a system consisting of skin markers, digital photography and AutoCAD software for measuring knee angles. *J Mod Rehabil*. 2009;2(3):19-24.
18. Nasseri N, Hadian MR, Bagheri H, Olyaei STG. Reliability and accuracy of joint position sense measurement in the laboratory and clinic utilizing a new system. *Acta Med Iran*. 2007;45(5):395-404. [In Persian]
19. Stillman B. An investigation of the clinical assessment of joint position sense [PhD thesis]. Melbourne: University of Melbourne; 2000.
20. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train*. 2002;37(4):364-75.
21. Wearing SC, et al. The impact of adiposity on plantar pressure distribution, proprioception, and balance. *Obes Rev*. 2019;20(4):45-56
22. Cronin J, Sleivert G. Challenges in understanding the influence of maximal power training. *Sports Med*. 2009;39(3):213-34.
23. Słomka K, et al. Postural stability and explosive strength in children during periods of rapid growth. *J Hum Kinet*. 2018;61:145-53.
24. Sheppard JM, Young WB. Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci*. 2006;24(9):919-32.
25. Ortega FB, et al. Grip strength as a health marker in children and adolescents. *J Pediatr*. 2018;196:310-6.
26. Clark JE, Metcalfe JS. The mountain of motor development. In: Clark JE, editor. *Motor development*. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2021.
27. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35(Suppl 2):ii7-11.
28. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: theory and practical applications*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2023.
29. Feldman AG, Shadmehr R, Wolpert DM. Proprioceptive and visual motion detection acuity contribute to children's dynamic postural control. *Front Hum Neurosci*. 2025;19:13452

The relationship between physiological and functional indicators and knee and ankle joint proprioception in non-athletic boys aged 9-11 years in Marand city

Rostami N¹, Vahedi S^{2*}, Afrondeh R³

1. PhD in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2. PhD in Exercise Physiology, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, (Corresponding Author), Email: saeed.vahedi@uma.ac.ir, Tel: 09159824817
3. Associate Professor, Department of Exercise Physiology, Faculty of Educational Sciences and Psychology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 19 May 2026

Accepted: 20 June 2026

Introduction: Postural control and balance are crucial for daily activities and injury prevention. Proprioception of the knee and ankle joints plays a key role in balance and is influenced by physiological and functional factors. This study aimed to investigate the relationship between the proprioception of these joints and the aforementioned indices in non-athletic children aged 9-11 years.

Materials and Methods: This descriptive-analytical study was conducted on 160 male students (grades 2-5) in 2022. Physiological indices (body composition, height, weight, body fat percentage, bone mass) and functional indices (aerobic power, grip strength, static/dynamic balance, agility, flexibility, explosive power) were measured using standard tools, and proprioception was assessed via imaging (ICC ≥ 0.97). Data were analyzed using the Pearson correlation test.

Findings: Knee proprioception showed a significant negative correlation with height ($r=-0.280$, $p=0.011$). Among functional indices, significant negative correlations were observed with explosive power ($r=-0.312$, $p=0.004$) and grip strength ($r=-0.242$, $p=0.029$). Moreover, a significant positive correlation was found with agility ($r=0.228$, $p=0.040$). Ankle proprioception exhibited significant negative correlations with height ($r=-0.277$, $p=0.012$), weight ($r=-0.225$, $p=0.042$), body fat percentage ($r=-0.230$, $p=0.038$), and bone mass ($r=-0.255$, $p=0.021$). Among functional indices, a significant positive correlation was revealed only with dynamic balance ($r=0.222$, $p=0.045$).

Conclusion: Physiological and functional indices are significantly related to knee and ankle proprioception in non-athletic children aged 9-11 years, which may be effective in predicting this sense. Implementing programs to improve physical fitness and balance exercises is recommended for this age group.

Keywords: Proprioception, Knee joint, Ankle joint, Non-athlete Children, Physiological Indicators, Functional Indicators

Please cite this article as follows:

Rostami N, Vahedi S, Afrondeh R. The Relationship between Physiological and Functional Indicators and Knee and Ankle Joint Proprioception in Non-Athletic Boys Aged 9–11 Years in Marand City in 2022. *Community Health Journal* 2026;20(1):14-28.

Funding: This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical Approval: This study was conducted in accordance with the ethical principles of the Declaration of Helsinki. All procedures were approved by the relevant institutional ethics committee. Written informed consent was obtained from the parents/legal guardians of all participants, and verbal assent was obtained from the children before their participation.