10.22037/JRM.2020.113288.2341 Research Article

Organization of Sensory Systems in Postural Control of Children: A Review of Literature

Ali Asghar Norasteh[1], Hamed Zarei[2]*, Mahdi Mollazadeh[3]

1. Professor, PhD, P.T, Corrective Exercises and Sports Injury Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. PhD Student in Physical Education and Sport Sciences, (Corrective Exercise and Sport Injuries), Corrective Exercises and Sports Injury Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
3. PhD Student in Physical Education and Sport Sciences (Sport Psychology), Department of Motor Behavior and Sport Psychology, Faculty of Physical Education, University of Tehran, Iran

Received: 2020.February.28 **Revised:** 2020.April.13 **Accepted:** 2020.April. 24 **Published Online:** 2020.May.11

ABSTRACT

Background and Aims: Improvement of motion skills in children is facilitated by improved posture control. However, there is no comprehensive study on how to organize posture control sensing systems in children. Therefore, the present study was conducted to provide a comprehensive review on organizing sensory systems visual, proprioception, and vestibular in children's posture control.

Materials and Methods: A comprehensive review was performed on the organization of sensory systems in postural control of children by searching the following English databases: Science Direct, PubMed, Web of Science, EBSCO, Springer, COCHRANCE REVIEW, Pedro, EMBASE, CINAHL, and Google Scholar, using the following keywords: visual system, proprioception system, somatosensory, vestibular system, computerized dynamic posturography, postural control, postural stability, children, child, postural balance, quiet stance, postural sway, stabilography, body sway, sensory organization, human development, and child development. In addition, Persian databases, such as MAGIRAN, IRANDOC, IranMedex, MedLib, Sid, and Google Scholar were searched for the following keywords: balance in children, postural control in children, postural control, balance, visual system, vestibular system, proprioception system, somatosensory, and sensory systems, from among papers published from 1985 to January 2020. Moreover, unable to find articles online, manual search and full review of resources of the articles were carried out to find the respective articles. Inclusion criteria included: study on the reweighting of sensory system, given the target population (children), study on healthy children, and use of computer devices that accurately measure the reweighting of sensory systems.

Results: A total number of 16 studies were chosen based on our measures and objectives. In five studies, it was concluded that proprioception is organized much faster than visual system. However, three studies reported that visual system in children was organized faster than proprioception, similar to that in adults. It was agreed that vestibular system developed later compared with the other two systems to adult form.

Conclusion: In conclusion, the growth of postural control occurs by age non-linearly, and there are changes in some ages. It can be inferred that children are dependent on the visual system at first, but as time goes, by walking and standing time, they become more dependent on the proprioception system than on the visual system. Also, it seems that the organization of the proprioception system occurs sooner than the visual system. It can also be reported that the progression of the visual system does not occur linearly and is critical in some age groups. In addition, the vestibular system matures compared with than other systems.

Keywords: Sensory organization; Postural control; Children; Sensory systems

How to cite this article: Ali Asghar Norasteh, Hamed Zarei, Mahdi Mollazadeh. Organization of Sensory Systems in Postural Control of Children: A Review of Literature. J Rehab Med. 2021, 9(4):298-307.

*Corresponding Author: Hamed Zarei, PhD Student in Physical Education and Sport Sciences, (Corrective Exercise and Sport Injuries), Corrective Exercises and Sports Injury Department, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
Email: zareei.h@yahoo.com

مقاله پژوهشی
10.22037/JRM.2020.113288.2341

سازماندهی سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان: مروری بر مطالعات

علی‌اصغر نورسته[1]، حامد زارعی[2*]، مهدی ملازاده[3]

۱. دکترای تخصصی فیزیوتراپی، استاد گروه آسیب‌شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. دانشجوی دکتری تربیت بدنی (گرایش حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی)، گروه حرکات اصلاحی و آسیب‌شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. دانشجوی دکتری تربیت بدنی (گرایش روانشناسی ورزشی) گروه رفتارحرکتی و روانشناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت مقاله ۱۳۹۸/۱۲/۰۹ بازنگری مقاله ۱۳۹۹/۰۱/۲۶ پذیرش مقاله ۱۳۹۹/۰۲/۰٤

چکیده

مقدمه و اهداف: کودکان برای رشد مهارت‌های حرکتی خود نیاز به بهبود کنترل پاسچر دارند. بررسی جامع در مورد چگونگی سازماندهی سیستم‌های حسی کنترل پاسچر کودکان وجود نداشت؛ بنابراین، هدف از مطالعه حاضر انجام یک جمع‌بندی مطلوب و ارائه اطلاعات مناسب‌تری از تحقیقات پیشین در بررسی جامع از سازماندهی سیستم‌های حسی-بینایی، حس عمقی و دهلیزی در کنترل پاسچر کودکان بود.

مواد و روش‌ها: در مطالعه حاضر، مرور جامعی بر بررسی سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان پرداخته شد. از طریق جستجو در پایگاه‌های PubMed; Web of Science; EBSCO; Springer; COCHRANCE REVIEW; Pedro; EMBASE; Science Direct; CINAHL and Google Scholar با کلیدواژه‌های Vestibular System; Posturography; Computerized Visual System; Proprioception System; Somatosensory; Dynamic; Postural Control; Postural Stability; Children; Child; Postural Balance; Quiet Stance; Postural Sway; Stabilography; Body Sway; Sensory Organization; Human Development; Child Development صورت گرفت و همچنین در پایگاه‌های فارسی MAGIRAN، IRANDOC، IranMedex، MedLib، SID، Google Scholar با کلیدواژه‌ی تعادل در کودکان، کنترل پاسچر در کودکان، کنترل پاسچر، تعادل، سیستم بینایی، سیستم دهلیزی، سیستم حس عمقی، سوماتوسنسوری و سیستم‌های از سال ۱۹۸۵ تا ژانویه ۲۰۲۰ مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این، جستجوی دستی و بررسی کامل منابع مقالات برای یافتن مقالاتی که از طریق جستجوی الکترونیکی یافت نشدند، انجام شد. معیارهای ورود به تحقیق حاضر شامل مطالعه بر روی وزن‌دهی سیستم‌های حسی، مشخص بودن جامعه هدف (کودکان)، مطالعه روی کودکان سالم و استفاده از دستگاه‌های کامپیوتری که وزن‌دهی سیستم‌های حسی را اندازه‌گیری کند، بود.

یافته‌ها: بر اساس معیارها و اهداف تحقیق، ۱۶ مقاله پس از مراحل ارزیابی انتخاب گردید. ۵ مطالعه به این نتیجه رسیده بودند که سیستم حس عمقی زودتر از سیستم بینایی سازماندهی می‌شود. در ۳ مطالعه بیان شده بود که سیستم بینایی زودتر از سیستم حس عمقی به سازماندهی مشابه بزرگسالان می‌رسد، ولی اکثر مطالعات مشاهده کرده بودند که سیستم دهلیزی دیرتر از سیستم‌های بینایی و حس عمقی به سازماندهی مشابه افراد بزرگسال می‌رسد.

نتیجه‌گیری: با مرور مطالعات، می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که رشد کنترل پاسچر با افزایش سن رخ می‌دهد، ولی این رشد به‌صورت خطی با افزایش سن صورت نمی‌گیرد و در برخی سنین دارای تغییراتی می‌باشد. می‌توان استنباط کرد که کودکان در سن ۵-۶ سالگی به سیستم بینایی وابسته هستند، ولی به مرور و با افزایش زمان ایستادن و راه رفتن، میزان وابستگی به سیستم حس عمقی بیشتر از سیستم بینایی می‌شود؛ علاوه بر این، به نظر می‌رسد که سازماندهی سیستم حس عمقی زودتر از سیستم بینایی اتفاق می‌افتد. همچنین می‌توان گزارش کرد که رشد سیستم حس عمقی و سیستم وستیبولار به‌صورت خطی صورت می‌گیرد، ولی رشد سیستم بینایی به‌صورت خطی با افزایش سن رخ نمی‌دهد و در برخی مقاطع سنی نقاط حیاتی دارد. سیستم وستیبولار دیرتر از سیستم‌های دیگر به بلوغ سازماندهی کنترل پاسچر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: سازماندهی حسی؛ کنترل پاسچر؛ کودکان؛ سیستم‌های حسی

نویسنده مسئول: حامد زارعی، دانشجوی دکتری حرکات اصلاحی و آسیب شناسی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
آدرس ایمیل: zareei.h@yahoo.com

مقدمه و اهداف

حالت قائم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حرکات بنیادی در انسان محسوب می‌شود و به‌طور ذاتی بی‌ثبات است؛ بنابراین سیستم کنترل پاسچر باید به‌طور مداوم برای حفظ ثبات بدن فعال باشد.[۱] کنترل پاسچر شامل کنترل موقعیت بدن در فضا برای دو هدف ثبات و جهت‌یابی بدن تعریف شده است. مؤلفه ثبات در کنترل پاسچر به‌عنوان تعادل ذکر می‌شود که توانایی حفظ مرکز ثقل در محدوده سطح اتکا تعریف می‌شود. از سوی دیگر، مؤلفه جهت‌یابی در کنترل پاسچر به‌عنوان توانایی حفظ ارتباط میان قسمت‌های مختلف بدن و همچنین بدن با محیط برای انجام یک تکلیف ویژه تعریف می‌شود و واژه پاسچر اغلب برای توصیف، راستای مکانیکی بدن و جهت‌یابی بدن در محیط به کار می‌رود.[۲] کنترل پاسچر نیازمند تعامل پیچیده میان سیستم‌های عضلانی-اسکلتی و عصبی است. اجزای عصبی ضروری برای کنترل پاسچر شامل فرآیندهای حرکتی از جمله سینرژی‌های[۱] عصبی-عضلانی، فرآیندهای حسی از قبیل سیستم‌های بینایی[۲]، دهلیزی[۳] و حس عمقی[۴] و فرآیندهای عصبی بالاتر می‌باشد.[۲،۳] به عبارتی دیگر، به منظور حفظ کنترل پاسچر، ارتباط متقابل و پیچیده میان دروندادهای حسی و پاسخ‌های حرکتی مناسب همچون وجود سیستم حرکتی مناسب و قدرت عضلانی کارآمد، لازم می‌باشد.[۴]

اطلاعات حسی متعددی از سرتاسر بدن برای حفظ کنترل پاسچر به سیستم عصبی-مرکزی مخابره می‌شود و از میان آن‌ها سیستم‌های بینایی، دهلیزی و حس پیکری مهم‌ترین آن‌ها را تشکیل می‌دهد و در هر شرایط خاص نقش و اهمیت هر کدام نسبت به دیگری برجسته می‌شود. برای مثال، در تاریکی نقش سیستم‌های دیگر نسبت به بینایی برجسته‌تر است و افراد برای حفظ کنترل پاسچر بیشتر به داده‌های رسیده از سیستم‌های حس عمقی و دهلیزی وابسته می‌شوند. به عبارت دیگر، این سیستم‌ها با یکدیگر دارای هم‌پوشانی بوده و هرگاه اطلاعات یکی از سیستم‌ها ناقص یا نارسا باشد، سیستم عصبی-مرکزی با استفاده از دو سیستم دیگر فرمان لازم برای حفظ کنترل پاسچر را صادر می‌کند. در شرایط آزمایشگاهی برای بررسی عملکرد این سیستم‌ها در کنترل پاسچر به‌طور معمول می‌توان هر یک از این سه سیستم حس را مختل، ضعیف یا حذف کرد تا سیستم عصبی-مرکزی با تکیه بر دو سیستم دیگر کنترل پاسچر خود را حفظ کند.[۲و۳] نقش سینرژی‌های حسی نیز در حفظ تعادل و کنترل پاسچر، در مطالعات مشخص شده است، به‌طوری‌که برای کنترل نیروی جاذبه از سیستم دهلیزی، برای کنترل سطح اتکا از سیستم حس عمقی و برای کنترل ارتباط میان بدن و اجسام قرار گرفته‌شده در محیط از سیستم بینایی استفاده می‌شود.[۵-۷]

گیرنده‌های وستیبولار با دریافت ورودی‌های مرتبط با موقعیت سر در فضا و تولید رفلکس[۵]، نقش مهمی در پاسخ‌های حرکتی پایه (حفظ سر و حالت بدن) ایفا می‌کنند.[۵] سیستم حسی-پیکری[۶] اطلاعاتی درباره محیط داخل بدن فراهم می‌کند و درک آگاهانهٔ اطلاعات حسی-پیکری منجر به درک حس درد، گرما، لامسه (مانند لمس، فشار و غیره) و حس عمقی می‌شود.[۶] سیستم بینایی اطلاعاتی راجع به محیط خارج بدن و موقعیت قرارگیری انسان در محیط فراهم می‌کند.[۷] پیش از اینکه عملکرد کنترل پاسچر کودکان مشابه با افراد بزرگسال شود، از دیدگاه فیزیولوژیکی سیستم‌های بینایی، حس عمقی و دهلیزی به لحاظ آناتومیکی و عملکردی به‌خوبی بالیده می‌شود.[۸-۱۲]

عملکرد مؤلفه‌های سیستم دهلیزی (شامل مجاری نیم‌دایره، اندام‌های اوتولیتی و میزان میلین‌دار شدن عصب دهلیزی) در زمان تولد مشابه با افراد بزرگسال است.[۸] میزان بالیدگی سیستم بینایی به‌طوری‌که دوبینی در ۴ تا ۵ ماهگی بالیده شده، در ۶ تا ۷ ماهگی تیزبینی سه بعدی مشابه افراد بزرگسال می‌شود، اما میلین‌دار شدن مسیرهای بینایی در ۲ سالگی و رتینا در ۴ سالگی، کامل و بالیده می‌شود.[۹،۱۰] سیستم حس پیکری در سنین ۳ تا ۴ سالگی به‌طور کامل رشد می‌کند. تا سن ۶ سالگی به‌طور کامل بالیده می‌شود.[۱۱،۱۲] این بالیدگی نسبی سیستم‌های حسی بر این امر دلالت دارند که تفاوت‌های کنترل پاسچر بین کودکان با بزرگسالان ممکن است به عوامل دیگری بستگی داشته باشد. یکی از این عوامل را می‌توان به پردازش، یکپارچگی و سازماندهی اطلاعات حسی سیستم‌های بینایی، حس عمقی و دهلیزی نسبت داد. چراکه اطلاعات سیستم‌های حسی در ساقه مغز و مخچه و سپس توسط کورتکس مغز برای تصحیح و حفظ ثبات کنترل پاسچر، جمع‌آوری و پردازش می‌شوند. به طوری که هماهنگی و همکاری این سیستم‌ها به کنترل پاسچر مطلوب منجر می‌شود[۱۳]؛ بنابراین در این مطالعه به مرور مطالعات گذشته پرداخته می‌شود تا مشخص شود چه زمانی یکپارچگی، سازماندهی و پردازش سیستم‌های حسی مشابه بزرگسالان می‌شود. با داشتن اطلاعات پایه بتوان کودکانی که از نظر سیستم‌های حسی-حرکتی دچار نقص هستند را شناسایی و مداخلات پایه و تمرین‌های توانبخشی مورد نیاز را انجام داد.

مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر، بررسی جامعی بر سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان صورت گرفت. با جستجو در پایگاه‌های Science, Web of Science, EBSCO, Springer, PubMed Direct، EMBASE، CINAHL و Google Scholar و کلیدواژه‌های
Visual System; Proprioception System; Somatosensory; Vestibular System; Computerized Dynamic Posturography; Postural Control; Postural Stability; Children; Child; Postural Balance; Quiet Stance; Postural Sway; Stabilography; Body Sway; Sensory Organization; Human Development; Child Development.
انجام شد. همچنین این کار در پایگاه‌های فارسی MAGIRAN، IRANDOC، IranMedex، MedLib، SID، Google Scholar با کلیدواژه‌های تعادل در کودکان، کنترل پاسچر در کودکان، کنترل پاسچر، تعادل، سیستم بینایی، سیستم دهلیزی، سیستم حس عمقی، سوماتوسنسوری و سیستم‌های از سال ۱۹۸۵ تا ژانویه ۲۰۲۰

[1] Synergy
[2] Vision
[3] Vestibular
[4] Proprioception
[5] Reflex
[6] Somatosensory

صورت گرفت. علاوه بر این، جستجوی دستی و بررسی کامل منابع مقالات نیز انجام گردید.

مقالات با عناوین English Language، Persian Language، Human، Original Article و Review Article محدود شدند. پس از گردآوری نتایج جستجو، ابتدا عنوان و سپس خلاصه مقالات مطالعه شد. چنانچه مقالات با معیار ورود و خروج همخوانی داشت، از نتایج آن در مطالعه مروری استفاده و در غیر این صورت کنار گذاشته می‌شد. بر اساس معیارها و اهداف تحقیق، ۱۶ مقاله پس از مراحل ارزیابی انتخاب گردید. تمام مقالات به‌صورت متن کامل فراهم شد.

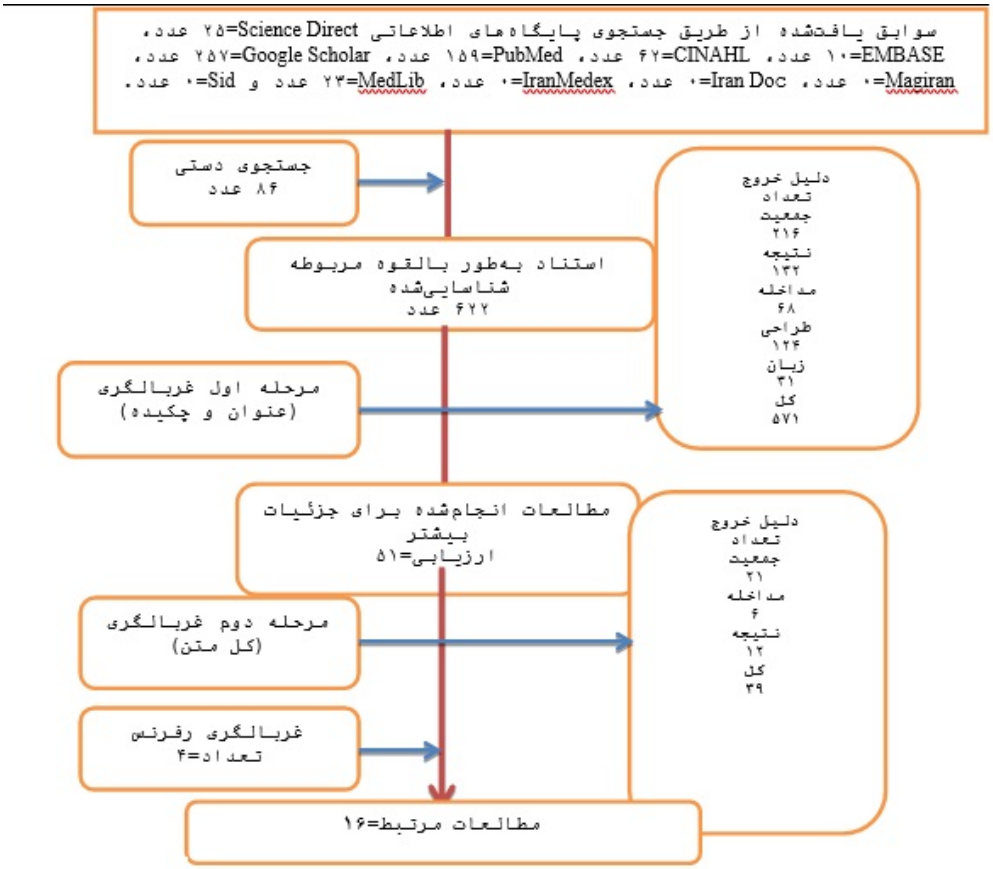
معیارهای ورود به مطالعه حاضر: در مرحله اول، غربالگری عنوان و چکیده مطالعات توصیفی با تمرکز بر روی سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان و انتشار به زبان فارسی و انگلیسی انجام شد. یک دستیار تحقیق به‌صورت مستقل چکیده‌های مقالات را بررسی می‌کرد. مرحله دوم غربالگری کل متن با توجه به موارد انتشار شاخص (سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان) و مشخص بودن جامعه هدف بود. غربالگری کل متن توسط یک محقق انجام گردید. یک محقق ارشد نیز لیست نهایی مقالات انتخاب‌شده را جهت اطمینان از اینکه تمام مقالات با هدف تحقیق هم‌راستا می‌باشد را چک کرد. منظور از مشخص بودن جامعه هدف این است که بایستی بیان شده باشد که نقش و یا بررسی سیستم‌های حسی برای چه گروهی است (مثلاً کودکان، بزرگسالان و یا دیگر افراد جامعه) و درصورتی‌که این ابزار برای کودکان نباشد، حذف می‌شد. خلاصه اطلاعات توصیفی توسط دستیار تحقیق جمع‌آوری شد و توسط محقق ارشد چک شد. از یک جدول نمونه (نمودار ۱) برای استخراج اطلاعات جامعه هدف، نقش سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان و نتایج آن‌ها استفاده شد.

معیار خروج از تحقیق کنونی شامل مطالعاتی بود که اهداف و متغیرهای مورد نظر را در جامعه‌ای غیر از کودکان بررسی نمودند.

نتایج

فرآیند انتخاب مطالعات در نمودار ۱ نشان داده شده است.

با جستجو در منابع الکترونیکی Science Direct، PubMed، CINAHL، EMBASE Web of Science, EBSCO, Springer، Google Scholar، MAGIRAN، COCHRANCE REVIEW ، Pedro، IranMedex، MedLib، IRANDOC و SID تعداد ۵۳۶ عنوان به دست آمد. جستجوی دستی و بررسی منابع مقالات تعداد ۸۶ عنوان دیگر به دست آمد. بعد از حذف عنوان‌های تکراری، تعداد ۴۵۱ چکیده برای مرور مشخص شدند. بعد از بررسی عنوان و چکیده مقالات تعداد ۴۰۰ مقاله حذف شد و ۵۱ مقاله برای مطالعه کل متن انتخاب شد. بعد از بررسی کل متن مقالات، ۱۶ مقاله که سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان را مورد مطالعه قرار داده بود، انتخاب شد و نتایج آن‌ها گزارش شد (نمودار ۱).



نمودار ۱. روند انتخاب مقالات تحقیق

جدول ۱. نتایج حاصل از مطالعاتی که به بررسی سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان پرداخته‌اند.

نویسنده	عنوان مقاله	دامنه سنی	نتایج اصلی
و همکاران-Shumway [۱۴] (۱۹۸۵)	سازماندهی سیستم عصبی- مرکزی در حفظ تعادل	گروه‌های سنی ۱۵ تا ۳۱ ماه، ۴ تا ۶ سال و ۷ تا ۱۰ سال	رشد کنترل پاسچر خطی نیست. بیشترین تغییرپذیری کنترل پاسچر در سن ۴ تا ۶ سالگی ایجاد می‌شود. پاسخ‌های هدف‌دار خاص در سن ۶ سالگی اتفاق می‌افتد، ولی از نظر زمان‌بندی و اندازه شبیه بزرگسالی نیست. با افزایش رشد وابستگی به سیستم بینایی کم می‌شود و سیستم حس عمقی و بینایی در سن ۴ تا ۶ سالگی مشارکت دارند. توانایی پردازش جداگانه سیستم‌های حسی در سن ۱۵ تا ۳۱ ماهگی ایجاد نمی‌شود، ولی در سن ۴ تا ۶ سالگی رخ می‌دهد. دوره انتقال در رشد کنترل پاسچر، سن ۴ تا ۶ سالگی محسوب می‌شود. در این زمان سیستم‌های عصبی ورودی‌های وستیبولار-بینایی منجر به ایجاد تون خب در حس عمقی مچ پا برای حفظ کنترل پاسچر می‌شود.
Woollacott و همکاران [۱۵] (۱۹۹۰)	تغییر سیستم‌های حسی در حفظ کنترل پاسچر با تغییر سن	دامنه سنی ۴ تا ۶ ساله، ۷ تا ۱ ساله و بزرگسالان	کودکان ۴ تا ۶ ساله در همه شرایط کنترل پاسچر ضعیف‌تری نسبت به دیگر گروه‌ها داشتند. وقتی سیستم بینایی حذف می‌شد، باز کودکان ۴ تا ۶ ساله کنترل پاسچر ضعیف‌تری داشتند. در شرایطی که سیستم حس عمقی حذف می‌شد، کودکان ۴ تا ۶ ساله کنترل پاسچر ضعیف‌تری نسبت به زمانی که بینایی حذف می‌شد، داشتند، همچنین کودکان ۷ تا ۱۰ ساله هم در شرایطی که حس عمقی حذف می‌شد، کنترل پاسچر ضعیف‌تری نسبت به زمانی که بینایی حذف می‌شد، داشتند. در شرایطی که هم حس عمقی و هم بینایی حذف می‌شد، کودکان ۴ تا ۶ ساله اصلاً نمی‌توانستند کنترل پاسچر خود را حفظ کنند. کودکان ۴ تا ۶ ساله توانایی جداسازی سیستم‌های حسی را ندارند.
Hirabayashi و همکاران [۱۶] (۱۹۹۵)	رشد سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر	دامنه سنی ۳ تا ۱۵ سال و دامنه سنی ۲۰ تا ۵۹ سال	پایداری پاسچر با سن افزایش پیدا می‌کند، ولی در سن ۱۵ سالگی هم به سطح بزرگسالی نمی‌رسد. سوماتوسنسوری زودتر از همه و در سن ۳-۴ سالگی به بلوغ رسید. عملکرد سیستم بینایی در سن ۱۵ سالگی به سطح بزرگسالی رسید. عملکرد سیستم وستیبولار دیر رشد یافت و به‌طور قابل‌توجهی در سن ۱۵ سالگی هم عملکرد پایینی داشت.
Rine و همکاران [۱۷] (۱۹۹۸)	اندازه‌گیری تأثیر و بلوغ سیستم‌های حسی رو کنترل پاسچر	دامنه سنی ۳ تا ۷.۵ سالگی و دامنه سنی ۲۴ سال	کودکان پایداری کمتری در حفظ پاسچر دارند و از استراتژی‌های مختلفی نسبت به بزرگسالان برای حفظ کنترل پاسچر استفاده می‌کنند. دوره انتقال در سن ۳ تا ۷ سالگی قابل توجه بود. سیستم سوماتوسنسوری در سن ۴ تا ۶ سالگی شبیه بزرگسالان می‌شود. سیستم بینایی و وستیبولار در سن ۷ سالگی شبیه بزرگسالی نبود.
Schmid و همکاران [۱۸] (۲۰۰۵)	رشد استراتژی‌های پاسچرال در کودکان	دامنه سنی ۷ تا ۱۱ سال	رشد استراتژی‌های پاسچرال غیرخطی است. بلوغ کنترل پاسچر تا سن ۱۱ سالگی هم کامل نیست. نقش بینایی در محدوده سنی ۷ تا ۱۱ سال متغیر است. یک اصلاح پاسچر در دامنه سنی ۷ و ۱۱ سالگی ایجاد می‌شود و در نبود بینایی وزن‌دهی حس عمقی برای حفظ کنترل پاسچر صورت می‌گیرد.
Steindl و همکاران [۱۱] (۲۰۰۶)	تأثیر سن بر بلوغ سیستم‌های حسی و تعادل	گروه‌های سنی ۳ تا ۴ سال و ۱۵ تا ۱۶ سال	عملکرد حس عمقی در سن ۳ تا ۴ سالگی بالغ می‌شود، بینایی و وستیبولار در سن ۱۵ تا ۱۶ سالگی بالغ می‌شود. نوجوانان در سن ۱۵ سالگی، کنترل پاسچر مشابه با افراد بزرگسال دارند؛ بنابراین بلوغ سیستم‌های حسی تا قبل از سن ۱۵ سالگی رخ نمی‌دهد و در ۱۵ سالگی به بلوغ می‌رسند.
Peterson و همکاران [۸] (۲۰۰۶)	بررسی کنترل تعادل در کودکان و تعیین سن یکپارچه شدن اطلاعات حسی در ایستادن آرام	کودکان در دامنه سنی ۶ تا ۱۲ سال بزرگسالان در دامنه سنی ۲۰ تا ۲۲ سال	تفاوت معناداری بین ۷ و ۸ ساله‌ها و ۱۱ و ۱۲ ساله‌ها مشاهده شد که نشان‌دهنده این است کنترل پاسچر با رشد بهبود پیدا می‌کند. فقط ۱۲ ساله‌ها به کنترل پاسچر مشابه با بزرگسالان رسیدند. همه گروه‌ها به بلوغ سیستم سوماتسنسوری رسیده بودند و کودکان زیر ۱۱ سال هنوز به اطلاعات بینایی همانند بزرگسالان نرسیده بودند و فقط ۱۲ ساله اطلاعات وستیبولار شبیه بزرگسالان رسیده بودند. این مطالعه حمایت می‌کند از این جمله که کودکان به اطلاعات حسی شبیه بزرگسالی تا قبل از ۱۲ سالگی نمی‌رسند، ولی در ۱۲ سالگی به اطلاعات حسی بزرگسالی می‌رسند.
Sparto و همکاران [۱۹] (۲۰۰۶)	آگاهی بینایی برای حفظ کنترل پاسچر در کودکان ۷ تا ۱۲ سال	دامنه سنی ۷ تا ۱۲ ساله و دامنه سنی ۲۱ تا ۳۰ سال	کودکان ۷ تا ۱۲ ساله در مقایسه با بزرگسالان توانایی مشابهی در استفاده از آگاهی بینایی برای حفظ کنترل پاسچر داشتند. با این حال، کودکان ۷ تا ۱۲ سال قادر به استفاده از حس سوماتوسنسوری برای حفظ کنترل پاسچر همانند بزرگسالان نبودند. پاسخ‌های پاسچرال در کودکان با نوسانات بیشتری نسبت به افراد بزرگسال نشان داد که نشان‌دهنده این است که کودکان تا سن ۱۲ سالگی هم به کنترل پاسچر مشابه با افراد بزرگسال نمی‌رسند.
Cumberworth و همکاران [۲۰] (۲۰۰۷)	بلوغ تعادل در کودکان	دامنه سنی ۵ تا ۱۷ سال	کنترل پاسچر با رشد بهبود پیدا می‌کند. حس عمقی در سن ۵ سالگی و بینایی در سن ۱۵ سالگی همانند بزرگسالی می‌شود و سیستم وستیبولار با افزایش سن، بهبود پیدا می‌کرد و حتی تا سن ۱۷ سالگی هم همانند بزرگسالی نمی‌شود. همچنین همچنان که سیستم وستیبولار با افزایش سن رشد می‌کند، سیستم بینایی هیچ‌گونه هماهنگی را با افزایش سن نشان نداد و یک رشد خطی در سیستم بینایی با افزایش سن مشاهده نشد.

نویسنده	عنوان مقاله	دامنه سنی	نتایج اصلی
Rinaldi و همکاران[۲۱] (۲۰۰۹)	تغییرات سن در وزن‌دهی سیستم‌های حسی برای حفظ کنترل پاسچر	دامنه سنی ۴ تا ۱۲ سال و دامنه سنی ۲۱ سال	وزن‌دهی سیستم‌های حسی در کودکان ۴ ساله مشاهده شد. کودکان و بزرگسالان هر دو قادر به انطباق تغییرات بصری هستند، ولی وقتی سرعت چرخش اتاق افزایش پیدا می‌کرد، کودکان ۴ سال قادر به وزن‌دهی کنترل پاسچر نبودند که نشان می‌دهد کودکان ۴ ساله نسبت به کودکان ۱۲ ساله، وابستگی بیشتری به سیستم بینایی دارند. سازماندهی اطلاعات حسی بعد از دهه اول زندگی شبیه افراد بزرگسال می‌شود.
Hsu و همکاران[۲۲] (۲۰۰۹)	رشد عملکرد تعادل در کودکان	کودکان در دامنه سنی ۳ تا ۱۲ سال و بزرگسالان در دامنه سنی ۲۳ سال	کودکان در سن ۱۲ سالگی به اطلاعات حس عمقی و بینایی مشابه بزرگسالان می‌رسند؛ هرچند که در سن ۷ سالگی اطلاعات بینایی و در سن ۸ سالگی اطلاعات حس عمقی مشابه بزرگسالی می‌شود، ولی زمانی که هر دو سیستم حذف می‌شدند، کودکان فقط در سن ۱۲ سالگی مشابه بزرگسالان عمل می‌کردند؛ بنابراین عملکرد تعادل می‌تواند در سن ۱۲ سالگی به سطح بزرگسالی برسد، ولی همچنان سیستم وستیبولار و یکپارچگی سیستم‌ها در سیستم عصبی-مرکزی هنوز در سن ۱۲ سالگی مشابه بزرگسالان نیست.
Viel و همکاران[۲۳] (۲۰۰۹)	دوره انتقال غفلت سیستم حس عمقی در ادغام حسی کنترل پاسچر	دامنه سنی ۱۴ تا ۱۵ سال	مکانیسم‌های حسی کنترل پاسچر تا سن ۱۵ سالگی مشابه افراد بزرگسال عمل نمی‌کند. تغییرات فیزیکی که در سن ۱۴ الی ۱۵ سالگی به‌عنوان سن بلوغ رخ می‌دهد، روی استراتژی‌های کنترل پاسچر تأثیر می‌گذارد و باعث می‌شود که نوجوانان ۱۴ تا ۱۵ سال برای حفظ کنترل پاسچر بیشتر از سیستم بینایی استفاده کنند تا سیستم حس عمقی.
Mallau و همکاران[۲۴] (۲۰۱۰)	استراتژی‌های پاسچرال و یکپارچگی حسی	دامنه سنی ۵ تا ۱۳ سال و دامنه سنی ۱۴ تا ۱۵ سال	تفاوت ملایمی بین یکپارچگی حس‌ها در بین کودکان و نوجوانان وجود دارد. در اوایل سیستم بینایی حس غالب است و به‌تدریج با افزایش سن سیستم سوماتوسنسوری غالب می‌شود. کودکان در مقایسه با نوجوانان از استراتژی مشابهی برای حفظ کنترل پاسچر استفاده می‌کنند. در سن ۱۵ سالگی، هنوز استراتژی کنترل پاسچر به حد بزرگسالی نرسیده است. میزان وزن‌دهی استراتژی‌های حسی برای کنترل پاسچر از سن ۱۳ سالگی به سن ۱۵ سالگی به‌صورت خطی صورت می‌گیرد و هیچ‌گونه نقطه عطفی در این مسیر دیده نمی‌شود.
شمس و همکاران[۲۵] (۲۰۱۵)	دستکاری سیستم‌های حسی بر کنترل پاسچر	کودکان در دامنه سنی ۴ تا ۱۵ سال بزرگسالان در دامنه سنی ۲۲ تا ۲۵ سال	سیستم بینایی و سیستم حس عمقی در پسران ۱۳ تا ۱۵ سال مشابه افراد بزرگسال است و سیستم وستیبولار هم تا سن ۱۵ سالگی مشابه افراد بزرگسال نمی‌شود. همچنین تا سن ۱۵ سالگی پسران قادر به پردازش، یکپارچه کردن و سازماندهی اطلاعات سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر مشابه افراد بزرگسال نیستند.
Verbecque و همکاران[۲۶] (۲۰۱۶)	تغییرات کنترل پاسچر با سن	دامنه سنی ۳ تا ۵ سال	کنترل پاسچر با افزایش سن بهبود پیدا می‌کند. مقادیر نوسان پاسچر بین ۵ ساله‌ها با ۳ و ۴ ساله‌ها قابل تمایز بود. با تغییر شرایط حسی در حفظ کنترل پاسچر، ۵ ساله‌ها قادر به اجرای حفظ کنترل پاسچر بودند؛ با این حال، گروه‌های سنی ۳ و ۴ ساله در شرایط تغییر ورودی‌های حسی قادر به اجرای تکلیف نبودند. همچنین در تغییر شرایط حسی در سیستم سوماتوسنسوری تفاوت بیشتری بین دو گروه نسبت به سیستم بینایی بود.
de Sá و همکاران[۲۷] (۲۰۱۸)	رشد کنترل پاسچر و بلوغ سیستم‌های حسی در کودکان	گروه‌های سنی ۵، ۷، ۹ و ۱۲ سال	پایداری پاسچر با سن افزایش می‌یابد. بلوغ حسی ابتدا در بینایی (۵ سالگی) اتفاق می‌افتد، سپس در سیستم حس عمقی (۷ سالگی) و در نهایت سیستم وستیبولار (۹ سالگی) به بلوغ می‌رسد. ۷ سالگی به نظر می‌رسد که یک دوره ویژه متمایز در کنترل پاسچر محسوب می‌شود. سیستم‌های حسی از نظر عملکردی در ۹ سالگی به بلوغ می‌رسد.

بحث

هدف از مطالعه حاضر، بررسی سازماندهی سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان بود. با مرور مقالات کارشده در رابطه با سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر کودکان مشخص شد که مطالعات نظرات متفاوتی در مورد سازماندهی هر یک از سیستم‌های حسی در کودکان ذکر کرده‌اند که با بحث جداگانه هر یک از سیستم‌های بینایی، حس عمقی و دهلیزی، نتیجه‌گیری این مطالعات صورت می‌گیرد.

سازماندهی سیستم بینایی

از نظر فیزیولوژیکی میزان بالیدگی سیستم بینایی به‌طوری‌که دوبینی در ۴ تا ۵ ماهگی بالیده شده، در ۶ تا ۷ ماهگی تیزبینی سه‌بعدی مشابه افراد بزرگسال می‌شود، اما میلین‌دار شدن مسیرهای بینایی در ۲ سالگی و رتینا در ۴ سالگی، کامل و بالیده می‌شود[۹، ۱۰]، اما میزان سازماندهی آن به‌طور متفاوت در بین مطالعات ذکر شده است. de Sá و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که بلوغ حس بینایی در ۵ سالگی اتفاق می‌افتد[۲۷]، اما Rine و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعه خود نشان دادند که سیستم بینایی در ۷ سالگی شبیه بزرگسالی نیست.[۱۷] علاوه بر این، Peterson و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند که کودکان زیر ۱۱ سال هنوز به اطلاعات بینایی همانند بزرگسالان نرسیده بودند.[۸] Sparto و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که کودکان ۷ تا ۱۲ ساله در مقایسه با بزرگسالان توانایی مشابهی در استفاده از آگاهی بینایی برای حفظ کنترل پاسچر داشتند[۱۹] که همسو با این مطالعه Hsu و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که کودکان در ۱۲ سالگی به اطلاعات حس عمقی و بینایی مشابه بزرگسالان می‌رسند.[۲۲] Hirabayashi و همکاران (۱۹۹۵)[۱۶]، شمس و همکاران (۱۳۹۴)[۲۵]، Steindl و همکاران (۲۰۰۶)[۱۱]، Cumberworth و همکاران (۲۰۰۷)[۲۰] در مطالعه خود نشان دادند که عملکرد سیستم بینایی در ۱۵ سالگی به سطح بزرگسالی می‌رسد. این مطالعات نشان می‌دهد که تا ۱۲ الی ۱۵ سالگی سازماندهی سیستم بینایی در حفظ کنترل پاسچر همانند بزرگسالی عمل می‌کند.

Shumway-Cook و همکاران (۱۹۸۵) که به بررسی پاسچر کودکان ۱۵ ماهه تا ۱۰ ساله پرداخته بودند، نشان داد که با افزایش رشد وابستگی به سیستم بینایی کم می‌شود و همچنین سیستم‌های حس عمقی و بینایی در ۴ تا ۶ سالگی مشارکت دارد؛ یعنی نشان داده است که در این سن می‌توان سیستم‌های حسی را جدا کرد، هر کدام از این سیستم‌ها اطلاعات خاصی را به سیستم عصبی-مرکزی می‌رسانند و اطلاعات این سیستم‌ها را در این سن می‌توان شفاف‌سازی کرد.[۱۴] همراستا با این مطالعه هم Rinaldi و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که کودکان ۴ ساله و ۱۲ ساله هر دو قادر به انطباق تغییرات بصری هستند، یعنی میزان سازماندهی و جداسازی سیستم‌های حسی در ۴ الی ۶ سالگی ایجاد می‌شود. همچنین گزارش کردند که کودکان ۴ ساله نسبت به کودکان ۱۲ ساله، وابستگی بیشتری به سیستم بینایی دارند.[۲۱] Schmid و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که نقش بینایی در محدوده سنی ۷ تا ۱۱ سال متغیر است[۱۸] که این نشان‌دهنده این است که بینایی به‌صورت خطی با افزایش سن به بلوغ نمی‌رسد. Viel و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند تغییرات فیزیکی که در ۱۴ الی ۱۵ سالگی به‌عنوان سن بلوغ رخ می‌دهد، روی استراتژی‌های کنترل پاسچر تأثیر می‌گذارد و باعث می‌شود که نوجوانان ۱۴ تا ۱۵ سال برای حفظ کنترل پاسچر بیشتر از سیستم بینایی استفاده کنند تا سیستم حس عمقی.[۲۳] این مطالعه همراستا با مطالعه قبلی می‌باشد که گفته بودند بینایی به‌صورت خطی رشد نمی‌کند. Mallau و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که در اوایل سیستم بینایی حس غالب است و به‌تدریج با افزایش سن سیستم سوماتوسنسوری غالب می‌شود.[۲۴] de Sá و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که بلوغ حسی ابتدا در بینایی (۵ سالگی) اتفاق می‌افتد، سپس در سیستم حس عمقی (۷ سالگی) و در نهایت سیستم وستیبولار (۹ سالگی) به بلوغ می‌رسد.[۲۷] در این بخش از مطالعه، می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که رشد سیستم بینایی به‌صورت خطی با افزایش سن ایجاد نمی‌شود، در سن‌های خاصی نقاط حیاتی دارند و همچنین اینکه در اوایل ایستادن و راه رفتن به‌تدریج که سیستم حس عمقی تقویت می‌شود، میزان وابستگی به سیستم بینایی کم می‌شود و سیستم حس عمقی با افزایش سن نقش غالب را در حفظ کنترل پاسچر کودکان ایفا می‌کند. از نظر رویکرد بالینی می‌توان این چنین توصیف کرد که با توجه به اینکه کودکان در اوایل دوران کودکی بیشتر به سیستم بینایی وابسته هستند، بنابراین محافظت و جلوگیری از آسیب این سیستم می‌تواند اهمیت بسزایی داشته باشد چراکه ممکن است عملکرد تعادلی و رشد مهارت‌های حرکتی کودکان را به شدت تحت تأثیر قرار دهد و رشد کنترل پاسچر را دچار اختلال کند.

سازماندهی سیستم حس عمقی

مطالعات ذکر کرده‌اند که از نظر فیزیولوژیک سیستم حسی-پیکری در ۳ تا ۴ سالگی به‌طور کامل رشد می‌کند یا تا ۶ سالگی به‌طور کامل بالیده می‌شود.[۱۱، ۱۲] مثل اینکه سازماندهی سیستم حسی-پیکری همراستا با بلوغ کامل آن‌که از نظر فیزیولوژیکی کامل می‌شود، اتفاق می‌افتد. Hirabayashi و همکاران (۱۹۹۵)[۱۶] و Steindl و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه خود نشان دادند که عملکرد حس عمقی در ۳-۴ سالگی به بلوغ می‌رسد[۱۱]؛ از سوی دیگر، Cumberworth و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که حس عمقی در ۵ سالگی به بلوغ

می‌رسد.[۲۰] Rine و همکاران (۱۹۹۸) مشاهده کردند که سیستم حسی-پیکری در ۴ تا ۶ سالگی شبیه بزرگسالان می‌شود.[۱۷] de Sá و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که بلوغ سیستم حس عمقی در ۷ سالگی اتفاق می‌افتد.[۲۷] Peterson و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند که در دامنه سنی ۶ تا ۱۲ سال همه گروه‌ها به بلوغ سیستم حسی-پیکری رسیده بودند.[۸] Hsu و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود نشان دادند که در ۸ سالگی اطلاعات حس عمقی مشابه بزرگسالی می‌شود، ولی قبل آن عملکرد سیستم حسی-پیکری مشابه افراد بزرگسال عمل نمی‌کند.[۲۲] با این حال، Sparto و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند کودکان ۷ تا ۱۲ سال قادر به استفاده از سیستم حسی-پیکری برای حفظ کنترل پاسچر همانند بزرگسالان نیستند.[۱۹] شمس و همکاران نیز گزارش کردند که سیستم بینایی و سیستم حس عمقی در پسران ۱۳ تا ۱۵ سال مشابه افراد بزرگسال است و قبل از این سنین، بلوغی در سیستم حس عمقی اتفاق نمی‌افتد.[۲۵] با مرور مطالعات می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که میزان سازماندهی سیستم حس عمقی زودتر از سیستم بینایی اتفاق می‌افتد، اما نتیجه‌گیری در مورد اینکه سیستم حس عمقی در چه سالی به بلوغ بزرگسالی می‌رسد، کمی سخت است، ولی می‌توان این‌طور بیان کرد که عملکرد سیستم بینایی و حس عمقی تا ۱۵ سالگی به‌طور کامل به بلوغ می‌رسد و همچنین می‌توان حدس زد که رشد سیستم حس عمقی به‌صورت خطی اتفاق می‌افتد به‌جز در یک مطالعه که گزارش کرده بودند که در ۱۴ الی ۱۵ سالگی به‌خاطر بلوغ فیزیولوژیکی که در نوجوانان اتفاق می‌افتد، میزان وابستگی به سیستم بینایی بیشتر از سیستم حس عمقی می‌شود. از نظر رویکرد توانبخشی می‌توان اظهار کرد که سیستم حس عمقی نقش به‌سزایی در رشد دیگر مهارت‌های حرکتی و کنترل پاسچر کودکان دارد چراکه میزان وابستگی کودکان به این سیستم بیشتر از سیستم‌های حسی دیگر است؛ بنابراین متخصصان این حوزه باید از تمرینات حس عمقی به منظور بهبود مهارت‌های حرکتی و کنترل پاسچر کودکان، بیشتر بهره ببرند.

سازماندهی سیستم دهلیزی (سیستم وستیبولار)

از نظر فیزیولوژیکی، عملکرد مؤلفه‌های سیستم دهلیزی (شامل مجاری نیم‌دایره، اندام‌های اوتولیتی و میزان میلین‌دار شدن عصب دهلیزی) در زمان تولد مشابه با افراد بزرگسال است[۸]، اما میزان سازماندهی آن کاملاً متفاوت با عملکرد فیزیولوژیکی آن گزارش شده است و مطالعات نشان داده‌اند که حتی تا ۱۵ سالگی هم سازماندهی سیستم دهلیزی مشابه افراد بزرگسال نمی‌شود. de Sá و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه خود نشان دادند که سیستم وستیبولار در ۹ سالگی به بلوغ می‌رسد[۲۷]؛ متضاد با این مطالعه، Rine و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که عملکرد سیستم وستیبولار در ۷ سالگی شبیه بزرگسالی نیست.[۱۷] در همین راستا، Hsu و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که سیستم وستیبولار و یکپارچگی سیستم‌ها در سیستم عصبی-مرکزی هنوز در ۱۲ سالگی مشابه بزرگسالان نیست.[۲۲] Steindl و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که سیستم وستیبولار در ۱۵ تا ۱۶ سالگی بالغ می‌شود.[۱۱] شمس و همکاران گزارش کردند که سیستم وستیبولار هم تا ۱۵ سالگی مشابه افراد بزرگسال نمی‌شود[۲۵]؛ در همین راستا، Hirabayashi و همکاران (۱۹۹۵) مشاهده کردند که عملکرد سیستم وستیبولار دیر رشد یافت و به‌طور قابل‌توجهی در ۱۵ سالگی هم عملکرد پایینی داشت.[۱۶] علاوه بر این، Cumberworth و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که سیستم وستیبولار با افزایش سن بهبود پیدا می‌کند، ولی حتی تا ۱۷ سالگی هم همانند بزرگسالی نمی‌شود.[۲۰] از مرور این بخش، می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که به‌جز چند مطالعه که گفته بودند عملکرد سیستم وستیبولار قبل از ۱۲ سالگی از نظر سازماندهی به بلوغ می‌رسد، بخش زیادی از مطالعات اتفاق نظر دارند که سیستم وستیبولار حتی تا ۱۵ سالگی هم به بلوغ نمی‌رسد و همچنین می‌توان اظهار کرد که برخلاف سیستم بینایی همانند سیستم حس عمقی، رشد سیستم وستیبولار هم به‌صورت خطی با افزایش سن رخ می‌دهد. علاوه بر این، از نظر رویکرد درمانی می‌توان گزارش کرد که با توجه به اینکه سیستم دهلیزی دیرتر از سیستم‌های حسی دیگر به بلوغ می‌رسد، متخصصان حوزه توانبخشی با استفاده از تقویت سیستم دهلیزی، فرصت بیشتری برای بهبود کنترل پاسچر کودکانی که از نقص تعادلی به دلایل مختلف رنج می‌برند، دارند و با تمرینات دهلیزی می‌توانند کنترل پاسچر این افراد را بیشتر بهبود دهند.

با جمع‌بندی مطالعات، می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که رشد کنترل پاسچر با افزایش سن رخ می‌دهد، هرچند که اکثر مطالعات اتفاق نظر دارند که رشد کنترل پاسچر به‌صورت خطی با افزایش سن صورت نمی‌گیرد، همچنین می‌توان استنباط کرد که در اوایل، کودکان به سیستم بینایی وابسته هستند، ولی به مرور با افزایش زمان ایستادن و راه رفتن، میزان وابستگی به سیستم عمقی بیشتر از سیستم بینایی می‌شود؛ علاوه بر این، به نظر می‌رسد که سازماندهی سیستم حس عمقی زودتر از سیستم بینایی اتفاق می‌افتد، هرچند که مطالعاتی نیز مشاهده شد که میزان بلوغ سیستم بینایی را زودتر از سیستم حس عمقی گزارش کرده بودند. همچنین می‌توان گزارش کرد که رشد سیستم حس عمقی و سیستم وستیبولار به‌صورت خطی صورت می‌گیرد، ولی رشد سیستم بینایی به‌صورت خطی با افزایش سن رخ نمی‌دهد و در برخی مقاطع سنی نقاط حیاتی داشتند. سیستم وستیبولار دیرتر از سیستم‌های دیگر به بلوغ سازماندهی کنترل پاسچر می‌رسد. علاوه بر این، برخی

مطالعات بیان کرده بودند که سن ۴ الی ۶ سالگی و یا ۵ سالگی، سنینی هستند که می‌توان سیستم‌های حسی را از همدیگر جدا کرد، هرچند که مطالعاتی نیز بیان کرده بودند که در سن ۴ الی ۶ سالگی نمی‌توان سیستم‌ها را جدا کرد و به‌صورت یکپارچه برای حفظ کنترل پاسچر عمل می‌کنند. از نظر رویکرد توانبخشی، می‌توان این‌طور اظهار کرد که با توجه به اینکه میزان سازماندهی سیستم‌های بینایی و حس عمقی تا سن ۱۵ سالگی طول می‌کشد تا همانند بزرگسالان شود، بنابراین می‌توان گروه‌های مختلفی از جامعه اعم از کودکان عادی، کودکان دارای دیستروفی عضلانی، افراد با اختلالات حسی و کودکان فلج مغزی را در محیط‌های حسی مختلف و همچنین تمرین با رویکرد افزایش میزان کارایی هر یک از سیستم‌های حسی، میزان کنترل پاسچر و تعادل این افراد را تا سن بلوغ به‌طور معناداری بهبود بخشید، حتی مطالعات ذکر کرده‌اند که بعد از بلوغ، هنوز میزان کارایی سیستم دهلیزی به بلوغ نرسیده است[۲۰ و ۱۶]؛ بنابراین متخصصان در حوزه توانبخشی تا بعد از سن بلوغ نیز فرصت دارند تا با تمرینات به بهبود عملکرد سیستم دهلیزی در کنترل تعادل و پاسچر بپردازند چراکه این سیستم‌ها هنوز به‌طور کامل به بلوغ نرسیده‌اند.

مطالعه مروری حاضر دارای روش جستجوی نظام‌مند ولی فاقد ارزیابی کیفی مقالات بود. اگرچه اکثر مقالات به‌دست‌آمده از مجلات معتبر بین‌المللی و علمی-پژوهشی داخلی بود و از نظر رتبه‌بندی کیفی، مقاله در سطح مقبول برآورد می‌شوند و همچنین تمام مقالات از سیستم‌های کامپیوتری و کمی برای ارزیابی کنترل پاسچر استفاده کرده بودند، ولی در تعمیم نتایج آن احتیاط‌های لازم باید رعایت گردد. همچنین، اگرچه راهبردهای جستجو کاملی به کار گرفته شد، اما تنها مقالات انگلیسی و فارسی مرور شد و ممکن است مقالات مربوط دیگری به زبان‌های دیگر وجود داشته باشد؛ بنابراین با در نظر گرفتن محدودیت‌های ذکرشده به نظر می‌رسد بهتر باشد تحقیقاتی که در آینده در این حیطه صورت می‌گیرد، به بررسی کیفی مقالات بپردازند. همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعات به مقایسه جنسیت بپردازند تا نقش جنسیت نیز مشخص شود و علاوه بر این، مرور مطالعات را نیز می‌توان بر روی سالمندان انجام داد تا مشخص شود در روند پیری، کدام‌یک از سیستم‌ها زودتر و بیشتر از سیستم‌های دیگر از کار می‌افتد تا مداخلات لازم برای پیشگیری و یا به تعویق افتادن روند کاهش مشارکت سیستم‌های حسی در کنترل پاسچر صورت بگیرد.

نتیجه‌گیری

با مرور مطالعات، می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که رشد کنترل پاسچر با افزایش سن رخ می‌دهد، ولی این رشد به‌صورت خطی با افزایش سن صورت نمی‌گیرد و در برخی سنین دارای تغییراتی می‌باشد. می‌توان استنباط کرد که اوایل کودکان به سیستم بینایی وابسته هستند، ولی به مرور و با افزایش زمان ایستادن و راه رفتن، میزان وابستگی به سیستم حس عمقی بیشتر از سیستم بینایی می‌شود؛ علاوه بر این، به نظر می‌رسد که سازماندهی سیستم حس عمقی زودتر از سیستم بینایی اتفاق می‌افتد. همچنین می‌توان گزارش کرد که رشد سیستم حس عمقی و سیستم وستیبولار به‌صورت خطی صورت می‌گیرد، ولی رشد سیستم بینایی به‌صورت خطی با افزایش سن رخ نمی‌دهد و در برخی مقاطع سنی نقاط حیاتی داشتند. سیستم وستیبولار دیرتر از سیستم‌های دیگر به بلوغ سازماندهی کنترل پاسچر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی افرادی که ما را در انجام پژوهش حاضر یاری و حمایت کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Ivanenko Y, Gurfinkel VS. Human postural control. Frontiers in neuroscience. 2018; 12:171.
2. Kamalian Lari S, Haghgoo HA, Farzad M, Hosseinzadeh S. Investigation of the Validity and Reliability of Balance Evaluation Systems Test (BESTest) in Assessment of Balance Disorders in People with Multiple Sclerosis. Archives of Rehabilitation. 2018;18(4):288-95. eng.
3. Pourkhani T, Norasteh AA, Shamsi A. Effect of Ankle Taping and Fatigue on Dynamic Stability in Athletes with and Without Chronic Ankle Instability. Archives of Rehabilitation. 2017;18(2):110-21. eng.
4. Da Silva RA, Bilodeau M, Parreira RB, Teixeira DC, Amorim CF. Age-related differences in time-limit performance and force platform-based balance measures during one-leg stance. Journal of Electromyography and kinesiology. 2013;23(3):634-9.
5. Walicka-Cupryś K, Przygoda Ł, Czenczek E, Truszczyńska A, Drzał-Grabiec J, Zbigniew T, et al. Balance assessment in hearing-impaired children. Research in developmental disabilities. 2014;35(11):2728-34.
6. Peterka R. Sensorimotor integration in human postural control. Journal of neurophysiology. 2002;88(3):1097-118.
7. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of

functional joint stability. Journal of athletic training.2002; 37(1): 71.
8. Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. Gait & posture. 2006;23(4):455-63.
9. Neuringer M, Jeffrey BG. Visual development: neural basis and new assessment methods. The Journal of pediatrics. 2003;143(4):87-95.
10. Brecelj J. From immature to mature pattern ERG and VEP. Documenta Ophthalmologica. 2003;107(3):215-24.
11. Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz A. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. Developmental medicine and child neurology. 2006;48(6):477-82.
12. Fitzpatrick R, McCloskey D. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. The Journal of physiology. 1994; 478 (1) 172-86.
13. Deliagina TG, Beloozerova I, Zelenin P, Orlovsky G. Spinal and supraspinal postural networks. Brain research reviews. 2008;57(1):212-21.
14. Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. Journal of motor behavior. 1985;17(2):131-47.
15. Woollacott MH, Shumway-Cook A. Changes in posture control across the life span—a systems approach. Physical therapy. 1990;70(12):799-807.
16. Hirabayashi S-i, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. Brain and development. 1995;17(2):111-3.
17. Rine RM, Rubish K, Feeney C. Measurement of sensory system effectiveness and maturational changes in postural control in young children. LWW; 1998.
18. Schmid M, Conforto S, Lopez L, Renzi P, D'Alessio T. The development of postural strategies in children: a factorial design study. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2005;2(1):29.
19. Sparto PJ, Redfern MS, Jasko JG, Casselbrant ML, Mandel EM, Furman JM. The influence of dynamic visual cues for postural control in children aged 7–12 years. Experimental Brain Research. 2006;168(4):505-16.
20. Cumberworth V, Patel N, Rogers W, Kenyon G. The maturation of balance in children. The Journal of Laryngology & Otology. 2007;121(5):449-54.
21. Rinaldi NM, Polastri PF, Barela JA. Age-related changes in postural control sensory reweighting. Neuroscience letters. 2009;467(3):225-9.
22. Hsu Y-S, Kuan C-C, Young Y-H. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. International journal of pediatric otorhinolaryngology. 2009;73(5):737-40.
23. Viel S, Vaugoyeau M, Assaiante C. Adolescence: a transient period of proprioceptive neglect in sensory integration of postural control. Motor Control. 2009;13(1):25-42.
24. Mallau S, Vaugoyeau M, Assaiante C. Postural strategies and sensory integration: no turning point between childhood and adolescence. PloS one. 2010;5(9).
25. Shams A, Aslankhani MA, Abdoli B, Namazi ZM, Ashayeri H. The effect of sensory systems manipulation on postural control in boys with 4-15 years old. DaneshvarMedicine. 2015; 111(1): 22-32.
26. Verbecque E, da Costa PHL, Meyns P, Desloovere K, Vereeck L, Hallemans A. Age-related changes in postural sway in preschoolers. Gait & posture. 2016; 44:116-22.
27. de Sá CdSC, Boffino CC, Ramos RT, Tanaka C. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. Brazilian journal of physical therapy. 2018;22(1):70-6.