

The Effect of 3-dimensional Televisions on Accommodation Facility

Hosseinzade-Firoozabadi MS, MSc; Zareei A, MSc*; Baradaran-Rafii A, BSc; Aghazadeh Amiri M, PhD; Ghasemi-Boromand M, MD; Tabatabaei SM, MSc

Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*Correspondence: optzareei@gmail.com

Purpose: To compare the accommodation facility response changes between three-dimensional and two-dimensional television viewers watching a similar visual stimulus for 90 minutes.

Methods: The study enrolled 66 students, aged between 18 and 25 years. The participants were randomly divided into one of the two groups; 3D viewers and 2D viewers. In each group, 3D or 2D movies was shown on 42" display for 90 minutes. Monocular and binocular accommodation facility, visual acuity and fixation disparity were measured before and after the movies and changes in the accommodation facility response were compared between the two groups. Statistical analyzes were performed using the SPSS statistical software, version 18.0.

Results: The mean participant age was 20.70 ± 1.20 and 21.20 ± 1.20 in the 3D and 2D groups, respectively. In the 3D group, the mean accommodation facility for right eye, left eye and both eyes was 12.15 ± 1.73 , 12.42 ± 2.03 and 10.75 ± 1.90 , respectively, before intervention, and 11.33 ± 1.77 , 11.51 ± 2.07 and 9.96 ± 2.06 , respectively, after intervention. The mean fixation disparity was 0 ± 0 before and after intervention. The mean visual acuity was 10/10 before and after intervention. There was a statistically significant change ($p < 0.001$) in accommodation facility after watching 3D movies but, it was not clinically considerable. In the 2D group, the mean accommodation facility for right eye, left eye and both eyes was 12.27 ± 1.66 , 12.24 ± 1.82 and 10.75 ± 1.82 , respectively, before intervention and 12.60 ± 1.8 , 12.42 ± 2.07 and 10.87 ± 2.04 , respectively, after intervention. The mean fixation disparity was 0 ± 0 before and after intervention. The mean visual acuity was 10/10 before and after intervention. No statistically significant changes were observed after watching animation in this group.

Conclusion: Watching 3D televisions can decrease the facility of accommodation immediately after watching the movies but, it is not clinically considerable.

Keywords: Accommodation Facilities, Three Dimensional Television

• Bina J Ophthalmol 2016; 22 (2): 99-103.

Received: 24 May 2016

Accepted: 10 September 2016

بررسی اثر استفاده از تلویزیون‌های سه‌بعدی بر سهولت تطابقی

محمدسعید حسینزاده فیروزآبادی^۱، اطهر زارعی^۱، امیر برادران رفیعی^۲، دکتر محمد آقازاده امیری^۳، دکتر محمد قاسمی برومند^۴، سیدمهدی طباطبایی^۵

هدف: مقایسه تغییرات پاسخ سهولت تطابقی در مشاهده‌کنندگان تلویزیون‌های سه‌بعدی و دوبعدی بعد از ۹۰ دقیقه مشاهده یک محرک بینایی یکسان.

روش پژوهش: در این مطالعه، ۶۶ دانشجو با محدوده سنی ۱۸-۲۵ سال به صورت تصادفی در دو گروه مشاهده‌کنندگان تلویزیون‌های سه‌بعدی و دوبعدی قرار داده شدند. انیمیشن ۹۰ دقیقه‌ای به وسیله تلویزیون ۴۲ اینچ در شرایط مساوی برای هر دو گروه نمایش داده شد. قبل و بعد از نمایش فیلم در هر گروه، سهولت تطابقی تک‌چشمی و دوچشمی اندازه‌گیری شد و تغییر مقادیر سهولت تطابقی بعد از نمایش فیلم در هر گروه به صورت جداگانه محاسبه گردید.

یافته‌ها: بعد از مشاهده انیمیشن، در گروه مشاهده‌کنندگان سه‌بعدی سهولت تطابقی چشم‌های راست، چپ و دوچشمی به

ترتیب با میانگین‌های 0.179 ± 0.07 و 0.191 ± 0.072 ، 0.182 ± 0.085 سیکل در دقیقه کاهش یافت (همه موارد $P < 0.001$). در گروه مشاهده‌کنندگان دوبعدی، سهولت تطابقی چشم تغییر معنی‌داری نکرد.

نتیجه‌گیری: استفاده کوتاه‌مدت از تلویزیون‌های سه‌بعدی از نظر آماری نشان‌دهنده کاهش سهولت تطابقی است ولی این تغییر از نظر بالینی قابل ملاحظه نمی‌باشد.

• مجله چشم‌پزشکی بینا ۱۳۹۵؛ دوره ۲۲، شماره ۲: ۱۰۳-۹۹.

• پاسخ‌گو: اطهر زارعی (e-mail: opt.zareei@gmail.com)

دریافت مقاله: ۴ خرداد ۱۳۹۵

تایید مقاله: ۲۰ شهریور ۱۳۹۵

۱- کارشناسی ارشد بینایی‌سنجی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران

۲- دانشجوی کارشناسی- دانشکده مهندس مکانیک- دانشگاه صنعتی امیرکبیر- تهران- ایران

۳- دکتری بینایی‌سنجی- دانشکده توانبخشی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران

۴- دانشیار- چشم‌پزشک- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران

۵- کارشناسی ارشد آمار زیستی- دانشکده توانبخشی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- تهران- ایران

تهران- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- دانشکده توانبخشی

روش پژوهش

این پژوهش در فاصله زمانی مهر ماه تا بهمن ماه سال ۱۳۹۲ در دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی صورت گرفت. معیارهای ورود عبارت بودند از: دارا بودن سن ۱۸-۲۵ سال، عیوب انکساری نزدیک‌بینی، دوربینی و آستیگمات کم‌تر یا مساوی ۳ دیوپتر، حدت بینایی $10/10$ با بهترین اصلاح، دید بعد 60 sec/arc و بهتر، عدم وجود هرگونه استرابیسم و فیکسشن دیسپریتی، عدم وجود ایزوفوریا و آگزوفوریا، سهولت تطابقی دوچشمی و تک‌چشمی ۸ سیکل بر دقیقه یا بیش‌تر و عدم وجود اختلالات دید رنگ.

مرحله اول مطالعه

در ابتدا با ارایه فرمی حاوی اطلاعات کلی مربوط به نحوه انجام پژوهش و اهداف آن، از ۳۵۰ نفر از دانشجویان دانشکده علوم توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با محدوده سنی ۱۸ تا ۲۵ سال جهت شرکت در مطالعه دعوت به عمل آمد. از این تعداد، ۱۱۲ نفر تمایل خود را جهت شرکت در مطالعه اعلام کردند. برای تمامی این افراد درباره مراحل انجام پژوهش و آزمون‌های مربوطه توضیحات کامل داده شد و داوطلبان فرم رضایت‌نامه کتبی را امضا نمودند. پس از آن با تهیه یک جدول زمان‌بندی، زمان مراجعه هر فرد جهت انجام معاینات اولیه مشخص و اطلاعات تماس هر یک از داوطلبین اخذ گردید. معاینات بینایی‌سنجی در درمانگاه شهید نعمتی دانشکده توانبخشی شهید بهشتی صورت گرفت. در ابتدا عیوب انکساری تمامی افراد توسط اتورفرکتومتر (Topcon 8900) و رتینوسکوپ

مقدمه

امروزه استفاده از تکنولوژی سه‌بعدی، به ویژه تلویزیون‌های سه‌بعدی به صورت گسترده افزایش یافته و بسیاری از افراد در منازل، برنامه‌هایی با محتوای سه‌بعدی را برای مدت طولانی مشاهده می‌کنند. با این حال، استفاده از تلویزیون‌های سه‌بعدی ممکن است باعث ایجاد فشار بر دستگاه بینایی، خستگی و ناراحتی هنگام مشاهده و علائمی مانند سردرد، خستگی چشم، حالت تهوع، تاری دید و سرگیجه شود^۱. به نظر می‌رسد تضاد میان تطابق و تقارب، عامل خستگی ایجاد شده هنگام استفاده از این محصولات می‌باشد، زیرا مشاهده‌کنندگان سه‌بعدی مجبور هستند برای یک فاصله ثابت تطابق کنند در حالی که برای یک فاصله دورتر یا نزدیک‌تر از این فاصله تباعد یا تقارب می‌کنند^۲. عوامل احتمالی دیگر شامل کاهش سرعت تطابق، نزدیک‌بینی (میوپی) انتقالی و کاهش حرکات مردمک در رفلکس نزدیک می‌باشد^{۳،۴}. مطالعات اثر محصولات سه‌بعدی بر سیستم بینایی بیش‌تر روی علائم ایجاد شده پس از استفاده از این محصولات در مشاهده‌کنندگان متمرکز شده است. مطالعاتی درباره نقطه نزدیک تطابق و تقارب انجام شده اما سهولت تطابقی بررسی نشده است. اندازه‌گیری سهولت تطابقی یکی از راه‌های ارزیابی بالینی تطابق است و میزان انعطاف‌پذیری سیستم تطابقی و توانایی چشم برای تغییر سریع تمرکز (فوکوس) را نشان می‌دهد. این مطالعه با هدف بررسی اثر استفاده از سیستم‌های سه‌بعدی بر تطابق از طریق تعیین تغییر پاسخ سهولت تطابقی بعد از مشاهده یک انیمیشن سه‌بعدی ۹۰ دقیقه‌ای طراحی شده است.

(شامل مشاهده فیلم و انجام بررسی‌های بینایی‌سنجی پس از مشاهده فیلم بود)، تعیین شد.

مرحله دوم مطالعه

شرکت‌کنندگان طبق جدول زمان‌بندی در گروه‌های سه نفری جهت مرحله دوم مطالعه مراجعه کردند و هر جلسه به افراد یک گروه (دوبعدی یا سه‌بعدی) اختصاص داده شد. سه نفر از ۶۹ نفر واجد شرایط، جهت مرحله دوم مطالعه مراجعه نکردند و این مرحله با ۳۳ نفر در هر دو گروه ادامه یافت. ابتدا مقادیر سهولت تطابقی تک‌چشمی و دوچشمی و اسوشیتد فوری‌ای افقی نزدیک توسط معاینه‌کننده اول اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری سهولت تطابقی تک‌چشمی، تارگت معادل ردیف ۲۰/۳۰ چارت اسنلن نزدیک در فاصله ۴۰ سانتی‌متری به بیمار ارائه گردید. سپس عدسی‌های +۲ و -۲ به طور متناوب مقابل چشم بیمار قرار داده شدند تا بیمار حروف ردیف مذکور را به طور واضح گزارش نماید. هر سیکل معادل یک بار گزارش و توضیح تارگت با هر دو عدسی مثبت و منفی بود. تعداد سیکل‌ها در یک دقیقه محاسبه گردید. سهولت تطابقی دوچشمی به طریق مشابه اندازه‌گیری شد با این تفاوت که جهت کنترل ساپرسشن از تارگت وکتوگرافیک و عینک پلاروید استفاده گردید. مقدار اسوشیتد فوری‌ای افقی توسط دستگاه Fixation Disparity مالت دارای قفل فیوژنی مرکزی و محیطی اندازه‌گیری شد. تارگت مورد استفاده در تصویر ۱ نمایش داده شده است. از بیمار درخواست شد تا به مرکز حرف X نگاه کرده و وضعیت ترازوی خطوط نانیوس نسبت به یکدیگر به معنای عدم جایجایی خطوط نانیوس در صورت وجود جایجایی، پریم اسوشیتد فوری‌ای افقی بوده و در صورت وجود جایجایی، پریم اصلاحی با قاعده مناسب مقابل چشم‌ها اضافه گردید تا خطوط در وضعیت هم‌ترازی قرار گیرند. مقدار پریم خنثی‌کننده به عنوان مقدار اسوشیتد فوری‌ای در نظر گرفته شد. افراد شرکت‌کننده بر روی جایگاه‌های از پیش تعبیه شده در فاصله دو متری از صفحه نمایشگر قرار گرفتند و صفحه نمایشگر ۴۲ اینچ ساخت شرکت L.G بر روی دیوار به فاصله ۱/۳ متر از سطح زمین نصب گردیده بود. سپس فیلم عصر یخبندان ۳ بر روی صفحه نمایشگر به نمایش درآمد. در مورد گروه سه‌بعدی، نمایشگر در حالت سه‌بعدی تنظیم شد و افراد عینک پلاروید مخصوص را به چشم می‌زدند (در صورت استفاده از عینک، عینک پلاروید بر روی عینک فرد قرار داده می‌شد). زمان مشاهده فیلم ۹۰ دقیقه بود. بلافاصله پس از مشاهده فیلم، افراد دوباره به اتاق معاینه دعوت شده و از کارشناس

(Hine beta 200) ارزیابی شد و در صورت وجود عیب انکساری قابل توجه اصلاح نشده یا تغییر قابل توجه در وضعیت عیب انکساری (افرادی که از عینک استفاده می‌کردند) بهترین اصلاح انکساری بر مبنای رفرکشن ساجکتیو برای بیمار تجویز گردید. سپس معاینه بیومیکروسکوپی کامل جهت تعیین وضعیت سلامت چشمی از افراد به عمل آمد. جهت تعیین وضعیت ترازوی دوچشمی در فواصل دور و نزدیک از کاورتست استفاده شد و در صورت وجود هتروفوریا، میزان آن توسط پریم‌بار مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. میزان آستانه استریوپسیس افراد توسط تیموس تعیین گردید. عملکرد تطابقی افراد شرکت‌کننده در مطالعه توسط آزمون‌های پوش‌آپ (جهت اندازه‌گیری دامنه تطابقی)، سهولت تطابقی تک‌چشمی و دوچشمی ارزیابی شد.

رتینوسکوپی (MEM) Monocular Estimate Method جهت ارزیابی وضعیت تطابقی افراد انجام شد. در رتینوسکوپی MEM، تاخیر تطابقی اندازه‌گیری می‌شود. فرد به یک شی کوچک و با جزئیات روی رتینوسکوپ نگاه می‌کند و از وی خواسته می‌شود که آن شی را واضح ببیند، رتینوسکوپی در محور افقی انجام می‌شود و جهت خنثی کردن رفلکس رتینوسکوپ، عدسی به سرعت در مقابل هر چشم قرار می‌گیرد. تاخیر تطابق معمولاً در حدود ۰/۰۵ دیوپتر است، مقادیر بیش‌تر از ۱ دیوپتر ممکن است نشان‌دهنده عدم کیفیت تطابق باشد و در صورت نیاز به عدسی منفی، علامت اسپاسم تطابق می‌باشد.

تمامی بررسی‌های بینایی‌سنجی توسط یک کارشناس مجرب انجام شد. معیارهای ورود و خروج در جدول ۱ نمایش داده شده است. از مجموع ۱۱۲ داوطلب اولیه، ۲۷ نفر جهت معاینات اولیه مراجعه نکردند و ۱۶ نفر فاقد معیارهای ورود به مطالعه بودند. در پایان ۶۹ نفر وارد مطالعه شدند.

پس از انجام معاینات اولیه و تعیین افراد واجد شرایط، شرکت‌کنندگان به طور تصادفی به دو گروه مشاهده‌کنندگان فیلم‌های دوبعدی و سه‌بعدی تقسیم‌بندی شدند که به هر فرد دو جعبه ارائه گردید. یکی از جعبه‌ها محتوی گوی سفید رنگ و دیگری محتوی گوی سیاه رنگ بود. گوی سفید، فرد مورد نظر را در گروه دوبعدی و گوی سیاه، در گروه سه‌بعدی وارد می‌نمود. هر فرد گوی مورد نظر را از جعبه خارج کرده و پس از مشخص شدن گروه جای‌گیری وی، فرد بعدی به طور خودکار در گروه دیگر قرار داده می‌شد. در پایان، ۳۵ نفر در گروه مشاهده‌کنندگان فیلم دوبعدی و ۳۴ نفر در گروه مشاهده‌کنندگان فیلم سه‌بعدی قرار گرفتند. پس از آن، زمان مراجعه هر فرد برای مرحله دوم مطالعه

بینایی‌سنجی دیگری دعوت به عمل آمد. معاینه‌کننده دوم نسبت به گروه قرارگیری افراد ناآگاه بود. اندازه‌گیری‌های سهولت تطابقی تک‌چشمی/دوچشمی و اسوشیتد فوریای افقی دوباره توسط معاینه‌کننده دوم انجام شد. فرد مسئول هماهنگی مطالعه، برنامه‌ریزی را به گونه‌ای ترتیب داده بود تا هر جلسه سه نفر از افراد یک گروه (دوبعدی یا سه‌بعدی) مراجعه نمایند و معاینه‌کننده دوم نسبت به گروه موردنظر آگاهی پیدا نکند به گونه‌ای که نحوه دعوت از افراد دو گروه الگوی مشخصی نداشته و به صورت تصادفی بود.

بررسی آماری

تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ویرایش ۲۱ انجام شد. توصیف داده‌ها توسط شاخص‌های آماری مانند میانگین، انحراف معیار و دامنه صورت گرفت. نتایج قبل و پس از مداخله، با استفاده از آزمون آماری Paired t-test مقایسه شدند و P کم‌تر از ۰/۰۵ از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این مطالعه ۶۶ فرد شامل ۲۹ زن و ۳۷ مرد در دو گروه ۳۳ نفری به عنوان مشاهده‌کنندگان تلویزیون دوبعدی و سه‌بعدی قرار

داده شدند، مشخصات افراد شرکت‌کننده در دو گروه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۲ مقایسه مقادیر سهولت تطابقی تک‌چشمی و دوچشمی قبل و بعد از مشاهده انیمیشن را در دو گروه مشاهده‌کنندگان دوبعدی و سه‌بعدی نشان می‌دهد. بعد از مشاهده انیمیشن، در گروه مشاهده‌کنندگان سه‌بعدی سهولت تطابقی چشم راست، چشم چپ و دوچشمی به ترتیب با میانگین‌های ۰/۸۵±۰/۸۲، ۰/۷۲±۰/۹۱ و ۰/۷±۰/۷۹ سیکل در دقیقه کاهش یافت (همه موارد <0/۰۰۱). در گروه مشاهده‌کنندگان دوبعدی سهولت تطابقی چشم راست با میانگین ۰/۳۳±۰/۳۳ (P=۰/۰۰۳) افزایش یافت اما سهولت تطابقی چشم چپ و سهولت تطابقی دوچشمی تغییر معنی‌داری نکرد (به ترتیب P=۰/۱۶ و P=۰/۲۱).

جدول ۱- مشخصات جمعیت‌شناسی مشاهده‌کنندگان

تلویزیون‌های دوبعدی و سه‌بعدی

متغیر	مشاهده‌کنندگان دوبعدی	مشاهده‌کنندگان سه‌بعدی
سن	۲۱/۱۲±۱/۲۲ (۲۰-۲۴)	۲۰/۷±۱/۱۹ (۱۹-۲۳)
استرئوپسیس	۴۴/۵۵±۶/۱۷ (۴۰-۶۰)	۴۵/۴۵±۷/۵۴ (۴۰-۶۰)
حدت بینایی	۱۰/۱۰±۰	۱۰/۱۰±۰
فیکسیشن دیسپاریتی	صفر	صفر

جدول ۲- مقایسه مقادیر سهولت تطابقی تک‌چشمی و دوچشمی قبل و بعد از مشاهده انیمیشن

در دو گروه مشاهده‌کنندگان دوبعدی و سه‌بعدی

متغیر	قبل از مشاهده	بعد از مشاهده	انحراف معیار± میانگین تفاوت‌ها	مقدار p
مشاهده‌کنندگان دوبعدی	سهولت تطابقی چشم راست	۱۲/۲۷±۱/۶۶ (۹ تا ۱۶)	۱۲/۶±۱/۸ (۹ تا ۱۷)	۰/۰۰۳
	سهولت تطابقی چشم چپ	۱۲/۲۴±۱/۸۲ (۹ تا ۱۶)	۱۲/۴±۲/۰۸ (۹ تا ۱۷)	۰/۱۶
	سهولت تطابقی دوچشمی	۱۰/۷۶±۱/۸۲ (۸ تا ۱۴)	۱۰/۸۸±۲/۰۴ (۸ تا ۱۵)	۰/۲۱
مشاهده‌کنندگان سه‌بعدی	سهولت تطابقی چشم راست	۱۲/۱۵±۱/۷۳ (۹ تا ۱۵)	۱۱/۳۳±۱/۷۸ (۸ تا ۱۵)	<0/۰۰۱
	سهولت تطابقی چشم چپ	۱۲/۴۲±۲/۰۳ (۹ تا ۱۶)	۱۱/۵۲±۲/۰۸ (۷ تا ۱۶)	<0/۰۰۱
	سهولت تطابقی دوچشمی	۱۰/۷۵±۱/۹ (۸ تا ۱۵)	۹/۹۷±۲/۰۷ (۶ تا ۱۵)	<0/۰۰۱

مطالعه نشان‌دهنده تفاوت آماری سهولت تطابقی گروه مشاهده‌کنندگان سه‌بعدی بود، اما در گروه مشاهده‌کنندگان دوبعدی تفاوت مشخصی دیده نشد. این تفاوت از نظر آماری قابل ملاحظه اما مقدار آن کم‌تر از یک سیکل بر دقیقه بود که از نظر بالینی ارزشی ندارد. از آنجا که سهولت تطابقی نشان‌دهنده انعطاف‌پذیری سیستم تطابقی است نتایج مطالعه ما نشان می‌دهد که مشاهده کوتاه‌مدت محصولات تفریحی سه‌بعدی تاثیر بالینی مشخصی بر ماهیچه‌های مژگانی نداشته و باعث کاهش

حدت بینایی کلیه افراد در دو گروه قبل و بعد از مشاهده انیمیشن ۱۰/۱۰ بود. شرکت‌کنندگان در مطالعه، قبل و پس از مشاهده انیمیشن Fixation Disparity نداشتند.

بحث

پژوهش حاضر به مقایسه اثر مشاهده یک انیمیشن ۹۰ دقیقه‌ای بر سهولت تطابقی تک‌چشمی و دوچشمی در دو گروه مشاهده‌کنندگان دوبعدی و سه‌بعدی پرداخته است. نتایج این

تغییرات بسیار خفیف و گذرا بودند، سلامت سیستم تطابقی فرد را به خطر نمی‌اندازد.

یک محدودیت برای مطالعه ما، عدم ثبت علائم ذهنی (ساجکتیو) خستگی بینایی بعد از مشاهده انیمیشن در هر دو گروه مورد مطالعه در قالب تکمیل یک پرسش‌نامه بود. هم‌چنین به دلیل طولانی بودن زمان مشاهده انیمیشن و نیز وقت‌گیر بودن معاینات چشمی قبل از مشاهده انیمیشن که موجب کاهش میزان همکاری شرکت‌کنندگان در مطالعه می‌شود، قادر نبودیم تغییرات مربوط به عوامل بینایی بیش‌تری به ویژه در ارتباط با تقارب را ثبت نماییم. با توجه به این که نقطه نزدیک تطابق و تقارب در ابتدا اندازه‌گیری نشده بود، وجود اختلال تطابقی بعد از دیدن فیلم سه‌بعدی ممکن است به علت مقدار کم دامنه تطابق اولیه و یا تقارب باشد. از آنجا که این پژوهش روی محدوده سنی ۱۸ تا ۲۵ سال انجام شد، قابلیت تعمیم‌پذیری (External Validity) اندکی دارد.

نتیجه‌گیری

استفاده کوتاه‌مدت از نمایشگرهای سه‌بعدی می‌تواند سهولت تطابقی تک‌چشمی و دوچشمی را بکاهد که این کاهش از نظر بالینی قابل ملاحظه نیست، اما می‌تواند علائمی مانند سردرد و سرگیجه را توجیه نماید.

سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد اپتومتری شعبه بین‌الملل دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی می‌باشد.

انعطاف‌پذیری آن‌ها نمی‌شود.

Wee و همکاران^۸ و هم‌چنین Yum و همکاران^۹ خستگی بینایی بعد از مشاهده انیمیشن دوبعدی یا سه‌بعدی را در گروه مورد مطالعه خود ارزیابی کردند و نشان دادند که نقاط نزدیک تطابق و نزدیک تقارب بعد از ۳۰ دقیقه استفاده از نمایشگرهای سه‌بعدی، افزایش می‌یابند. در مطالعه Wee و همکاران^۸ افزایش نقاط نزدیک تطابق و نزدیک تقارب با افزایش علائم خستگی چشم همراه بود و در مطالعه Yum و همکاران^۹، تغییرات نقطه‌های نزدیک تطابق و تقارب و مدت زمان بازگشت (ریکاوری) در گروه سنی ۴۰-۵۰ سال نسبت به گروه سنی ۲۰-۳۰ سال بیش‌تر بود. در مطالعه حاضر این یافته‌ها، از نظر آماری معنی‌دار و از نظر بالینی بی‌معنی بود.

نقطه نزدیک تطابق، نشان‌دهنده توانایی عضلات مژگانی برای انجام حداکثر تطابق در نزدیک‌ترین فاصله به چشم است و بیش‌تر با علائم خستگی بینایی که در فاصله‌های کاری نزدیک (کم‌تر از ۴۰ سانتی‌متر) بروز می‌کنند مرتبط است. حال آن که سهولت تطابقی توانایی سیستم تطابقی برای تغییر سریع فوکوس چشم از فاصله دور به نزدیک و برعکس را نشان می‌دهد و با ارزیابی آن می‌توان سلامت سیستم تطابقی را در هر دو فاصله دور و نزدیک به طور هم‌زمان کنترل نمود. این پژوهش نشان می‌دهد هنگام جستجو برای یافتن علت علائمی شامل سردرد، حالت تهوع و خستگی چشم ناشی از استفاده از محصولات سه‌بعدی می‌توان به تغییرات نقطه نزدیک تطابق و تقارب طبق تحقیقات گذشته و تغییر در سهولت تطابقی طبق تحقیق حاضر اشاره کرد. اگرچه این

منابع

1. Chang YS, Hsueh YH, Tung KC, et al. Characteristics of visual fatigue under the effect of 3D animation. *Technol Health Care* 2015;24 Suppl 1:S231-S235.
2. Hoffman DM, Girshick AR, Akeley K, et al. Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue. *J Vision* 2008;8:1-30.
3. Lambooj M, Ijsselstein W, Fortuin M, et al. Visual discomfort and visual fatigue of stereoscopic displays: A review. *J Imaging Sci Technol* 2009;53:030201-030201-14.
4. Suzuki Y, Onda Y, Katada S, et al. Effects of an eyeglass-free 3-D display on the human visual system. *Jpn J Ophthalmol* 2004;48:1-6.
5. Fujikado T. Asthenopia from the viewpoint of visual information processing-effect of watching 3D images (In Japanese). *J Eye* 1997;14:1295-319.
6. Iwasaki T, Tawara A. Effects of viewing distance on accommodative and pupillary responses following a three-dimensional task. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2002;22:113-118.
7. Matsuda T, Suzuki Y. Three-dimensional virtual images modify the waveform of pupillary near response. *Jpn J Ophthalmol* 2008;52:79-83.
8. Wook Wee, S, Moon NJ, Lee WK, et al. Ophthalmological factors influencing visual asthenopia as a result of viewing 3D displays. *Br J Ophthalmol* 2012;96:1391-1394.
9. Yum HR, Park SH, Kang HB, et al. Changes in ocular factors according to depth variation and viewer age after watching a three-dimensional display. *Br J Ophthalmol* 2014 bjophthalmol-2013-304244