

Niedomoga konwergencji: skuteczność niechirurgicznych metod leczenia w różnych grupach wiekowych

Convergence insufficiency: efficacy of non-surgical treatment in patients of different ages

Szymon Zielonka

Vision Express Sp. z o.o.



NAJWAŻNIEJSZE

Celem artykułu jest przedstawienie aktualnych poglądów na niechirurgiczne leczenie pacjentów z niedomogą konwergencji w różnych grupach wiekowych.

HIGHLIGHTS

This article aims to present recent ideas about convergence insufficiency non-surgical treatment that is intended for patients in all ages.

STRESZCZENIE

Niedomoga konwergencji to powszechne zaburzenie widzenia obuocznego, którego występowanie w populacji szacuje się na 5%. Choć zostało opisane po raz pierwszy przez Albrechta von Graefego już w 1855 r., to dopiero niedawno pojawiły się wyniki badań z grupą kontrolną nad skutecznością różnych metod terapeutycznych. Celem pracy jest przedstawienie aktualnych poglądów na zachowawcze leczenie pacjentów z niedomogą konwergencji w różnych grupach wiekowych.

Słowa kluczowe: niedomoga konwergencji, astenopia, heteroforia, terapia widzenia, pryzmaty

ABSTRACT

The convergence insufficiency is a common binocular vision disorder, which occurrence is evaluated for about 5% of population. Though it was described for the first time by Albrecht von Graefe in 1855, only recently have the controlled studies results on different treatment methods effectiveness come to light. This article aims to present recent ideas about convergence insufficiency non-surgical treatment that is intended for patients in all ages.

Key words: convergence insufficiency, asthenopia, heterophoria, vision therapy, prism

Niedomoga konwergencji, opisana przez Albrechta von Graefego w 1855 r. [1], to zaburzenie widzenia obuocznego polegające na tendencji oczu do ustawiania się na zewnątrz w momencie patrzenia na obiekt znajdujący się blisko. Egzoforia do blizy może doprowadzić do podwójnego widzenia. Aby tego uniknąć, osoba jest zmuszona do ciągłego wykorzystywania dodatniej wergencji fuzyjnej, co może się wiązać z dyskomfortem i mniejszą efektywnością pracy wykonywanej z bliska. W niedomodze konwergencji mamy do czynienia z trzema typami objawów przedmiotowych:

- egzoforia do blizy większa niż do dali przynajmniej o 4 PD
- dodatnia wergencja fuzyjna do blizy mniejsza niż 15 PD lub niespełniająca kryterium Shearda
- nieprawidłowy wynik testu na punkt bliski konwergencji.

Dane epidemiologiczne cechują się dużymi rozbieżnościami w określaniu występowania niedomogi konwergencji. W zależności od badań wahają się one w granicach 1,75–33% [2–8]. Czynnikiem, które mają wpływ na wspomniane różnice, są: użyte kryteria diagnostyczne, wiek, płeć, grupa etniczna, grupa społeczna i obszar pochodzenia danych. Natomiast dla całej populacji występowanie niedomogi konwergencji najczęściej szacuje się na 5% [9]. Kratka i wsp. [2] ustalili, że u 25% pacjentów zgłaszających się do ogólnej poradni okulistycznej rozpoznaje się przynajmniej jeden objaw przedmiotowy niedomogi konwergencji. Spośród nich aż 50% ma wszystkie trzy objawy. W kontekście objawów przedmiotowych pacjenci zgłaszają bóle głowy, zmęczenie, napięcie, dwojenie obrazu, wolne czytanie, trudność w koncentracji i rozumieniu treści oraz gubienie tekstu pojawiające się po krótkiej pracy z bliska.

Niewystarczająca konwergencja najczęściej ma charakter idiopatyczny, może być również wynikiem urazu głowy [10–12]. Częste występowanie tego zaburzenia stwierdzono u rannych żołnierzy z Afganistanu [13–15]. Częstsze występowanie niedomogi konwergencji zaobserwowano u cierpiących na chorobę Parkinsona [16] i chorobę Gravesa [17]. Z kolei Granet i wsp. na podstawie badań retrospektywnych 266 studentów stwierdzili, że u osób z niedomogą konwergencji występowanie ADHD jest trzykrotnie częstsze niż u reszty populacji [18]. Zaobserwowano również częstsze występowanie objawów podmiotowych u chorych na schizofrenię [19], co pozwoliło wysunąć hipotezę, że w tej grupie opisywane zaburzenie występuje częściej, jednak dotychczasowe badania nie potwierdziły tego przypuszczenia [20].

METODY LECZENIA

Dysponujemy kilkoma metodami leczenia, które różnią się zarówno mechanizmem działania, jak i skutecznością. Stosuje się okulary pryzmatyczne, terapie widzenia – pro-

wadzone w warunkach gabinetowych lub w domu, terapię opartą na oprogramowaniu komputerowym oraz zabiegi chirurgiczne.

OKULARY PRYZMATYCZNE

Okulary pryzmatyczne są względnie prostą metodą zwiększenia rezerwy dodatniej wergencji fuzyjnej. Najczęściej stosowana metoda doboru mocy pryzmatów to kryterium Shearda. Jest ono spełnione, gdy zakres rezerwy wergencji fuzyjnej przynajmniej dwukrotnie przekracza wartość heteroforii mierzonej w warunkach dysocjacji.

W prospektywnym i maskowanym badaniu grupy CITT obejmującym 72 dzieci w wieku 9–18 lat, u których stwierdzono niedomogę konwergencji, sprawdzono skuteczność pryzmatów [21]. Jedna grupa otrzymała okulary z korekcją wady i pryzmatem zapisanym na bazie kryterium Shearda, druga grupa (kontrolna) zaś – okulary z samą korekcją optyczną do dali, które miały być używane podczas czytania (placebo). W grupie noszącej okulary pryzmatyczne po 6 tygodniach objawy mierzone za pomocą kwestionariusza CISS zmniejszyły się z 31,6 (SD = 10,4) do 16,5 pkt (SD = 9,2), natomiast w grupie, w której zastosowano placebo, objawy zmniejszyły się z 28,4 (SD = 8,8) do 17,5 pkt (SD = 12,3). W pierwszej grupie punkt bliski konwergencji zmienił się z 17,95 (SD = 11,56) do 13,81 cm (SD = 8,24), a w drugiej – z 15,87 (SD = 7,17) do 14,54 cm (SD = 10,58). Natomiast zakres pozytywnej wergencji fuzyjnej do blizy zwiększył się z 10,55 (SD = 4,13) do 12,56 PD (SD = 5,76) w pierwszej grupie i z 10,05 (SD = 3,49) do 12,71 PD (SD = 7,16) w grupie placebo. Różnice między grupami w żadnym z badanych parametrów nie były istotne statystycznie.

Teitelbaum i wsp. przeprowadzili prospektywne, randomizowane i podwójnie maskowane badanie z grupą kontrolną obejmujące 29 dorosłych w wieku 45–68 lat, u których stwierdzono egzoforię do blizy większą o 4 PD niż do dali i którzy uzyskali w teście CISS wynik powyżej 16 pkt [22]. Jedna z dwóch grup przez pierwsze 3 tygodnie nosiła okulary progresywne z pryzmatem, druga zaś – okulary bez pryzmatu. Po 3 tygodniach nastąpiła zamiana i grupa, która wcześniej nosiła pryzmaty, stała się grupą kontrolną. Średni wynik na teście CISS obniżył się z 30,21 (SD = 9,30) do 13,38 pkt (SD = 9,44) w pierwszej grupie i do 23,62 pkt (SD = 10,76) w grupie kontrolnej. Ta różnica między grupami była istotna statystycznie ($p = 0,001$). Progresywne soczewki okularowe, które zastosowano w tym eksperymencie, nie są komercyjnie dostępne.

Dusek i wsp. [23] przeprowadzili retrospektywne badanie 134 dzieci w wieku 7–14 lat, u których stwierdzono trudności w nauce i niedomogę konwergencji. Badanych podzielono na 3 grupy: jedna nosiła okulary pryzmatyczne o mocy 8 PD, druga ukończyła domowy trening kon-

wergencji oparty na oprogramowaniu komputerowym, a trzecia nie otrzymała żadnego leczenia. Zaobserwowano istotną statystycznie poprawę pod względem szybkości czytania i liczby popełnionych błędów u dzieci używających okularów pryzmatycznych ($p < 0,05$), poprawy nie zanotowano natomiast w grupie kontrolnej. Niestety, autorzy nie zbadali takich parametrów jak pozytywna rezerwa wergencji fuzyjnej i punkt bliski konwergencji, więc nie można bezpośrednio odnieść tych wyników do innych badań. Różnica między rezultatem osiągniętym w opisywanym badaniu a wynikami, które uzyskała grupa CITT [21], mogła wynikać również z wieku badanych albo z innego sposobu doboru mocy pryzmatów.

TERAPIA GABINETOWA

Terapia widzenia w gabinecie polega na realizacji przez pacjenta zaplanowanego kilkustopniowego programu, w którego ramach uczestniczy on w szeregu ćwiczeń. Najczęściej odbywają się one raz lub dwa razy w tygodniu i są wykonywane pod opieką ortoptysty, optometrysty, okulisty lub technika. Cooper i Jamal [9] zestawili 16 badań z lat 1940–2002 dotyczących skuteczności terapii widzenia odbywającej się w gabinecie w leczeniu niewystarczającej konwergencji. Odsetek wyleczonych – w zależności od badania – wahał się od 62% do 96%. Zestawione badania nie spełniały jednak norm metodologicznych stosowanych we współczesnej medycynie. Większość z nich nie była maskowana, nie posiadała zdefiniowanych kryteriów diagnostycznych niedomogi konwergencji i miała charakter retrospektywny. Dodatkowo nie zastosowano w nich grupy kontrolnej, zatem poprawa mogła być spowodowana efektem placebo. Grupa CITT przeprowadziła 3 randomizowane, maskowane i prospektywne badania z grupą kontrolną, które wykazały, że terapia gabinetowa jest skuteczniejsza niż ćwiczenia *push-up*, ćwiczenia na oprogramowaniu ortoptycznym i placebo pod względem zmniejszenia objawów subiektywnych mierzonych za pomocą kwestionariusza CISS oraz poprawy punktu bliskiego konwergencji i rezerwy konwergencji fuzyjnej u dzieci i młodych dorosłych [23, 24, 35]. Zmniejszenie objawów przedmiotowych i podmiotowych okazało się trwałe i utrzymało się rok po zakończeniu leczenia.

W pilotażowym badaniu [24] 47 dzieci w wieku 9–18 lat po 12 tygodniach terapii stwierdzono poprawę w zakresie punktu bliskiego konwergencji z 13,77 (SD = 7,4) do 4,5 cm (SD = 3,6) ($p = 0,002$). Istotną statystycznie poprawę uzyskano również w grupie placebo – z 15,5 (SD = 6,8) do 9,3 cm (SD = 4,4) ($p = 0,3$), lecz nie w grupie *push-up* – z 14,6 (SD = 7,4 cm) do 9,1 cm (SD = 5,1) ($p = 0,8$). Uzyskano również istotną statystycznie poprawę zakresu pozytywnej wergencji fuzyjnej do bliży – z 12,5 (SD = 4,3) do 31,8 PD (SD = 10,0) ($p = 0,001$) i w grupie placebo –

z 12,1 (SD = 3,4) do 19,8 PD (SD = 10,3) ($p = 0,03$), lecz nie w grupie ćwiczącej z długopisem – z 12,6 (SD = 3,2) do 14,5 PD (SD = 5,3) ($p = 0,22$).

W grupie korzystającej z terapii gabinetowej objawy mierzone za pomocą kwestionariusza CITT zmniejszyły się z 32,1 (SD = 7,9) do 9,5 pkt (SD = 8,2) ($p < 0,001$), w grupie placebo z 30,7 (SD = 10,6) do 24,2 pkt (SD = 11,9) ($p = 0,04$), a w grupie *push-up* z 29,3 (SD = 5,4) do 25,9 pkt (SD = 7,3) ($p = 0,24$).

W analogicznym badaniu grupy CITT obejmującym 46 młodych dorosłych w wieku 19–30 lat [25] jedynie w grupie gabinetowej widzenia osiągnięto poprawę istotną statystycznie, zarówno pod względem punktu bliskiego konwergencji – z 12,8 (SD = 7,7) do 5,3 cm (SD = 1,7) ($p = 0,002$), jak i pozytywnej wergencji fuzyjnej do bliży – z 11,3 (SD = 4,3) do 29,7 PD (SD = 10,8) ($p = 0,001$). Pod względem spadku nasilenia objawów podmiotowych wyleczenie lub istotną poprawę kliniczną uzyskano u 42% poddanych terapii gabinetowej, 31% biorących udział w terapii placebo i 20% wykonujących ćwiczenia typu *push-up*.

W trzecim badaniu grupy CITT obejmującym 221 dzieci w wieku 9–17 lat [26, 27] uczestników przydzielono do 4 grup: pierwsza korzystała z terapii gabinetowej, druga ćwiczyła na oprogramowaniu komputerowym, trzecia wykonywała ćwiczenia *push-up* w domu, a czwarta uczestniczyła w terapii placebo. Jako leczenie zakończone sukcesem zdefiniowano sytuację, gdy uczestnik po 12 tygodniach osiągnął w kwestionariuszu CISS mniej niż 16 pkt, punkt bliski konwergencji wynosił mniej niż 6 cm i zakres pozytywnej wergencji fuzyjnej do bliży był większy niż 15 PD lub spełniał kryterium Shearda. Jako istotną poprawę kliniczną zdefiniowano zaś sytuację, gdy wynik w kwestionariuszu CISS był niższy niż 16 pkt lub poprawiony (zmniejszony) o 10 pkt oraz spełniono jedno z 2 kryteriów:

- wynik punktu bliskiego konwergencji mieścił się w zakresie normy lub był poprawiony o 4 cm
- zakres pozytywnej wergencji fuzyjnej do bliży mieścił się w zakresie normy lub był poprawiony o 10 PD.

Sukces lub istotną poprawę kliniczną stwierdzono u: 73% uczestników korzystających z terapii gabinetowej, 43% wykonujących ćwiczenia typu *push-up*, 33% ćwiczących w domu na oprogramowaniu komputerowym i 35% w grupie placebo. Po 6 miesiącach 90%, a po roku 84% poddanych terapii gabinetowej zostało sklasyfikowanych jako wyleczeni lub z poprawą istotną klinicznie [28].

Birnbaum i wsp. sprawdzili skuteczność gabinetowej terapii widzenia u 60 osób z prezbiopią [29]. Część z nich wykonywała zadania poprawiające sprawność konwergencji w warunkach gabinetowych i w domu, druga grupa ćwiczyła tylko w domu, a trzecia odgrywała rolę grupy kontrolnej. Zdefiniowane kryteria sukcesu w leczeniu osiągnęło 61,9% osób w pierwszej, 30% w drugiej i 10,5% w trzeciej

grupie. Należy nadmienić, że to badanie nie było tak dobrze skonstruowane metodologicznie jak w przypadku grupy CITT [24–26]. Autorzy nie zadeklarowali, czy było maskowane, dodatkowo grupa kontrolna nie uczestniczyła w terapii placebo, tylko zgłosiła się na kontrolę po wskazanym czasie. Alvarez i wsp. zaobserwowali zmiany o charakterze neuronalnym w korze mózgowej po terapii wzrokowej w badaniu fRMI [30].

ĆWICZENIA TYPU *PUSH-UP*

Bezpośrednim celem ćwiczeń typu *push-up* jest poprawa punktu bliskiego konwergencji. Wykonujący trzyma obiekt na długość ramienia i stopniowo zbliża go w kierunku oczu, starając się jak najdłużej utrzymać obuoczną fiksację. Gdy obraz ulega zdwojeniu, ćwiczący powinien próbować przywrócić pojedyncze widzenie. W momencie gdy jest to niemożliwe, ćwiczenie rozpoczyna się od początku. W celu uniknięcia tłumienia sugeruje się, aby w trakcie wykonywania zadania w tle znajdował się obiekt, który wywołuje fizjologiczne dwojenie. Zaleca się, aby ćwiczenia były wykonywane codziennie przez kilkanaście minut.

W opisywanym wcześniej badaniu pilotażowym CITT z 2005 r. [24] nie stwierdzono istotnej statystycznie poprawy po ćwiczeniach *push-up* w aspekcie pozytywnej wergencji fuzyjnej do bliży, punktu bliskiego konwergencji ani zmniejszenia objawów. W badaniu CITT, do którego włączono młodych dorosłych w wieku 19–30 lat [25], po 12 tygodniach punkt bliski konwergencji zmniejszył się z 12,5 (SD = 6,6) do 6,6 cm (SD = 4,1) ($p = 0,001$) i był w granicach normy u 46,7% badanych. Zakres pozytywnej wergencji fuzyjnej do bliży powiększył się z 13,6 (SD = 7,1) do 24,2 PD (SD = 12,5) ($p < 0,001$), lecz rezultat nie różnił się statystycznie od wyniku grupy placebo ($p = 0,36$). Wynik na teście CISS poprawił się z 37,6 (SD = 7,7) do 26,5 pkt (SD = 7,3), lecz uzyskana poprawa była nieznacznie mniejsza niż w grupie kontrolnej. Tylko 13% badanych zostało wyleczonych lub stwierdzono u nich poprawę istotną klinicznie.

W badaniu CITT [26] obejmującym 221 dzieci w wieku 9–17 lat nie udowodniono istotnej statystycznie różnicy pomiędzy leczeniem metodą *push-up*, terapią na oprogramowaniu komputerowym oraz terapią placebo.

Sapkota i wsp. w prospektywnym badaniu 84 pacjentów o średniej wieku 20 lat, u których stwierdzono niedomogę konwergencji, ocenili skuteczność 6-tygodniowej terapii opartej na ćwiczeniu *push-up* [31]. Tylko 23 badanych zgłosiło się na kontrolę. Objawy podmiotowe mierzone za pomocą testu CISS zmniejszyły się z 20,57 do 7,52 pkt, punkt bliski konwergencji zmniejszył się z 18,58 (SD = 7,46) do 11 cm (SD = 4,61), a zakres wergencji fuzyjnej zwiększył się z 19,62 (SD = 9,93) do 24,35 PD (SD = 9,3). Wszystkie

podane różnice były istotne statystycznie. Niestety nie zastosowano grupy kontrolnej. Dodatkowo analiza wyników pokazuje, że zmiana, którą osiągnięto, jest bliska efektom, jakie uzyskano w badaniu CITT, stosując placebo. W badaniu CITT [26] średnia poprawa w grupie placebo w aspekcie pozytywnej wergencji fuzyjnej wynosiła 6,9 PD (SD = 9,9), natomiast w opisywanym badaniu tylko 4,7 PD (SD = 9,8). W przypadku objawów podmiotowych grupa placebo w badaniu CITT [26] osiągnęła zmianę z 29,8 do 21,9 pkt, co daje poprawę o 7,9, a po dopasowaniu wyników uwzględniających inną wartość bazową między badaniami – 5,38 pkt. Zatem różnica między badaniami wynosi aż 7,67 pkt, ale najprawdopodobniej jest to związane z bardzo małą liczbą osób, które zgłosiły się na badanie kontrolne [31]. Ta analiza pokazuje, że wbrew deklaracjom autorów nie wykazano efektywności tej metody w zakresie leczenia niedomogi konwergencji.

OPROGRAMOWANIE KOMPUTEROWE

Oprogramowanie komputerowe do leczenia zaburzeń heteroforii i akomodacji zostało wprowadzone w latach 80. XX w. Schemat działania jest zbliżony do terapii gabinetowej. Uczestnik wykonuje program ćwiczeń zgodnie z zaleceniami specjalisty. Program komputerowy wysyła użytkownikowi informację zwrotną i jest zaprojektowany w taki sposób, by działał na niego motywująco. Często program jest połączony z siecią, dzięki czemu specjalista ma wgląd w wyniki i może kontrolować, na ile pacjent trzyma się zaleceń. W opisywanym wcześniej badaniu grupy CITT nie osiągnięto istotnej statystycznie poprawy względem grupy kontrolnej [26]. Serna i wsp. w retrospektywnym badaniu obejmującym 42 dzieci w wieku 5–16 lat po zakończeniu leczenia, które trwało od 3 do 30 miesięcy (SD = 12,6), uzyskali poprawę w zakresie punktu bliskiego konwergencji, a mianowicie z 24,2 (SD = 15,3) do 5,6 cm (SD = 11,4), a także w zakresie zwiększenia pozytywnej wergencji fuzyjnej – z 11,3 (SD = 4,71) do 26 PD (SD = 5,08) [36]. 64,2% pacjentów stwierdziło ustąpienie objawów, a wszyscy deklarowali ich zmniejszenie. Autorzy nie zastosowali grupy kontrolnej, natomiast sugerują, że osiągnięte wyniki są nieznacznie gorsze niż efekty terapii gabinetowej, które uzyskano w badaniu grupy CITT [29–31].

W dwóch prospektywnych badaniach z grupą kontrolną [33, 34] stwierdzono istotną statystycznie poprawę wergencji fuzyjnej, natomiast nie można uznać tych wyników za mocne dowody ze względu na małą liczbę uczestników: 10 [33] i 12 [34] oraz brak pomiaru pozostałych parametrów istotnych dla niedomogi konwergencji. W innym retrospektywnym badaniu 43 pacjentów w wieku 9–33 lat wedle deklaracji autorów kryteria poprawy lub wyleczenia znane z badania CITT osiągnęło 55% badanych [35].

WNIOSKI

W tabeli 1 przedstawiono wnioski dotyczące skuteczności poszczególnych metod leczenia w różnych grupach wiekowych. Istotna statystycznie poprawa uzyskana w aspekcie punktu bliskiego konwergencji, pozytywnej rezerwy wergencji fuzyjnej do bliży i wyników uzyskanych w teście CIS w grupie placebo oznacza, że niedomoga konwergencji jest podatna na dane działanie [21, 24–26]. Dlatego każde badanie nad skutecznością leczenia poszczególnych metod powinno zawierać grupę kontrolną. Gabinetowa terapia widzenia jest skuteczną metodą u dzieci [24, 26]. Mniejszy sukces przy redukcji objawów podmiotowych u młodych dorosłych sugeruje, że efekty tej metody mogą być zależne od wieku [25, 29]. U dzieci pryzmaty dobrane według kryterium Shearda nie są skutecznym sposobem leczenia [21]. Może to wynikać z charakterystyki układu akomodacyjnego i wergencyjnego w tej grupie wiekowej lub z faktu, że metoda Shearda skutkuje doбором pryzmatu o zbyt małej mocy. Natomiast u prezbiopów nawet niewielka korekcja pryzmatyczna daje zadowalające efekty [22]. Popularność ćwiczeń z długopisem jako metody leczenia z wyboru wynika z jej prostoty, niskiego nakładu finansowego i podatności niedomogi konwergencji na efekt placebo.

TABELA 1

Skuteczność różnych metod leczenia w zależności od grupy wiekowej.

Metoda leczenia	Dzieci	Młodzi dorośli	Osoby z prezbiopią
Terapia w gabinecie	++	+	+
Oprogramowanie komputerowe	-/+	?	?
Ćwiczenia typu <i>push-up</i>	-	-	?
Pryzmaty dobrane kryterium Shearda	-	?	?
Pryzmaty (inne kryterium)	-/+	?	+

Oznaczenia:

- brak dowodów na skuteczność metody
- + – udowodniona skuteczność metody
- ++ – szczególnie wysoka skuteczność
- +/- – sprzeczne dane lub zbyt mało danych
- ? – brak badań

ADRES DO KORESPONDENCJI

mgr Szymon Zielonka

Vision Express Sp. z o.o.

02-672 Warszawa, ul. Domaniewska 39

e-mail: sz_zielonka@o2.pl

tel.: 662-878-050

Piśmiennictwo

- von Noorden GK, Campos EC. Binocular vision and ocular Motility. 6th ed. St. Louis, MO: Mosby 2002: 502-504.
- Kratka WH, Kratka Z. Convergence insufficiency; its frequency and importance. Am Orthopt J 1956; 6: 72-73.
- White JW, Brown HW. Occurrence of vertical anomalies associated with convergent and divergent anomalies. Arch Ophthalmol 1939; 21(6): 999-1009.
- Kent PR, Steeve JH. Convergence insufficiency, incidence among military personnel and relief by orthoptic methods. Military Surgeon 1953; 112(3): 202-205.
- Mahto RS. Eyestrain from convergence insufficiency. Br Med J 1972; 2(5813): 564-565.
- Passmore JW, MacLean F. Convergenceinsufficiency and its managements: an evaluation of 100 patients receiving a course of orthoptics. Am J Ophthalmol 1957; 43(3): 448-456.
- Mazow M. The convergence insufficiency syndrome. J Pediatr Ophthalmol 1971; 8: 243-244.
- Rouse MW, Borsting EJ, Mitchell GL, et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in adults. Ophthalmic & Physiological Optics 2004; 24(5): 384-390.
- Cooper J, Jamal N. Convergence insufficiency-a major review. Optometry 2012; 83(4): 137-158.
- Krohel GB, Kristan RW, Simon JW, et al. Posttraumatic convergence insufficiency. Ann Ophthalmol 1986; 18(3): 101-102.
- Cohen M, Groswasser Z, Barchadski R, et al. Convergence insufficiency in brain-injured patients. Brain Inj 1989; 3(2): 187-191.
- Kowal L. Ophthalmic manifestations of head injury. Aust. NZ. J Ophthalmol 1992; 20(1): 35-40.
- Brahm KD, Wilgenburg HM, Kirby J, et al. Visual Impairment and dysfunction in combat-injured service members with traumatic brain injury. Optom Vis Sci 2009; 86(7): 817-825.
- Goodrich GL, Kirby J, Cockerham G, et al. Visual function in patients of a polytrauma rehabilitation center: A descriptive study. J Rehabil Res Dev 2007; 44(7): 929-936.
- Stelmack JA, Frith T, Van Koeveing D, et al. Visual function in patients followed at a Veterans Affairs polytrauma network site: an electronic medical record review. Optometry 2009; 80(8): 419-424.

16. Biousse V, Skibell BC, Watts RL, et al. Ophthalmologic features of Parkinson's disease. *Neurology* 2004; 62(2): 177-180.
17. Burke JP, Shipman TC, Watts MT. Convergence insufficiency in thyroid eye disease. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 1993; 30(2): 127-129.
18. Granet DB, Gomi CF, Ventura R, et al. The relationship between convergence insufficiency and ADHD. *Strabismus* 2005; 13(4): 163-168.
19. Tamminga CA, Stan AD, Wagner AD. The hippocampal formation in schizophrenia. *Am J Psychiatry* 2010; 16: 1178-1193.
20. Bolding MS, Lahti AC, Gawne TJ, et al. Ocular convergence deficits in schizophrenia. *Front Psychiatry* 2012; 3: 86.
21. Scheiman M, Cotter S, Rouse M, et al. Randomized clinical trial of the effectiveness of base-in prism reading glasses versus placebo reading glasses for symptomatic convergence insufficiency in children. *Br J Ophthalmol* 2005; 89(10): 1318-1323.
22. Teitelbaum B, Pang Y, Krall J. Effectiveness of base in prism for presbyopes with convergence insufficiency. *Optom Vis Sci* 2009; 86(2): 153-156.
23. Dusek WA, Pierscionek BK, McClelland JF. An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with reading difficulties. *BMC Ophthalmol* 2011; 11(1): 21.
24. Scheiman M, Mitchell GL, Cotter S, et al. A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children. *Arch Ophthalmol* 2005; 123(1): 14-24.
25. Scheiman M, Mitchell GL, Cotter S, et al. Trial of vision therapy/orthoptics versus pencil pushups for the treatment of convergence insufficiency in young adults. *Optom Vis Sci* 2005; 82(7): 583-595.
26. Convergence Insufficiency Treatment Trial Study Group: Randomized clinical trial of treatments for symptomatic convergence insufficiency in children. *Arch Ophthalmol* 2008; 126(10): 1336-1349.
27. Convergence Insufficiency Treatment Trial Study Group: The convergence insufficiency treatment trial: design, methods, and baseline data. *Ophthalmic Epidemiol* 2008; 15(1): 24-36.
28. Convergence Insufficiency Treatment Trial Study Group: Long-Term Effectiveness of Treatments for Symptomatic Convergence Insufficiency in Children. *Optometry and Vision Science: official publication of the American Academy of Optometry* 2009; 86(9): 1096-1103.
29. Birnbaum MH, Soden R, Cohen AH. Efficacy of visiontherapy for convergence insufficiency in an adult male population. *J Am Optom Assoc* 1999; 70(4): 225-232.
30. Alvarez TL, Vicci VR, Alkan Y, et al. Vision therapy in adults with convergence insufficiency: clinical and functional magnetic resonance imaging measures. *Optom Vis Sci* 2010; 87(12): 985-1002.
31. Sapkota K, Sah DK, Bhattarai S, et al. Effectiveness of pencil push up therapy in patients with convergence insufficiency: a pilot study. *Health Renaissance* 2011; 9(3): 157-161.
32. Serna A, Rogers DL, McGregor ML, et al. Treatment of symptomatic convergence insufficiency with a home-based computer orthoptic exercise program. *J AAPOS* 2011; 15(2): 140-143.
33. Cooper J, Feldman J. Operant conditioning of fusional convergence ranges using random dot stereograms. *Am J Optom Physiol Optics* 1980; 57(4): 205-213.
34. Daum KM, Rutstein RP, Eskridge JB. Efficacy of computerized vergence therapy. *Am J Optom Physiol Optics* 1987; 64(2): 83-89.
35. Cooper J, Feldman J. Reduction of symptoms in binocular anomalies using computerized home therapy-HTS. *Optometry* 2009; 80(9): 481-486.