

**Jacek Wilczyński<sup>1</sup>, Stanisław Bien<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Zakład Patobiomechaniki

Instytut Fizjoterapii

Wydział Nauk o Zdrowiu Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach

Kierownik Zakładu: prof. dr hab. n. med. Andrzej Rydzewski

<sup>2</sup> Zakład Onkologii i Pielęgniarstwa Onkologicznego

Instytut Pielęgniarstwa i Położnictwa

Wydział Nauk o Zdrowiu Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach

Kierownik Zakładu: dr hab. n. med. Stanisław Bien

**ANALIZATORY WZROKU A REAKCJE RÓWNOWAŻNE  
NA PRZYKŁADZIE PRĘDKOŚCI BOCZNEJ (PB) POSTUROGRAMU  
U MŁODZIEŻY W WIEKU 12-15 LAT****STRESZCZENIE**

Celem badań była analiza reakcji równoważnych na przykładzie prędkości bocznej (PB) oraz określenie roli analizatorów wzroku w procesie utrzymania równowagi ciała u młodzieży w wieku 12-15 lat. Badaniami objętych zostało 503 uczniów z wylosowanych uprzednio: Szkoły Podstawowej nr 13 i Gimnazjum nr 4 w Starachowicach. Równowagę badano na platformie stabilograficznej. Do jej analizy zastosowano prędkość boczną (PB) (*lateral speed*) posturogramu. Prędkość boczna (PB) wynosiła od 8,22 z oczami otwartymi (OE) do 7,63 z oczami zamkniętymi (CE). Różnica w teście Romberga wynosiła 0,59. Wystąpiły: istotne zróżnicowanie prędkości bocznej (PB) względem płci, istotny efekt opcji badania oraz istotne interakcje: płci i wieku, płci i opcji badania oraz wieku i opcji badania. Prędkość boczna była mniejsza u dziewcząt w obu testach (OE, CE). Wystąpiły istotne różnice w badaniu z oczami otwartymi i zamkniętymi (OE-CE). W teście oczu zamknięte (CE) nastąpił wzrost tego parametru jedynie u 12-letnich dziewcząt oraz 12- i 15-letnich chłopców, w pozostałych grupach nastąpił jego spadek.

**Słowa kluczowe:** młodzież szkolna, analizatory wzroku, reakcje równoważne, platforma stabilograficzna, test Romberga, środek nacisku stóp (COP), prędkość boczna (PB) posturogramu.

**SUMMARY**

The aim of the research was to analyze the equivalent reactions based on lateral speed (LS) and estimate the role of sight analyzers in the process of keeping balance among children aged 12 to 15. First, 503 children aged 12 to 15 were drawn from the Primary School number 13 and from the Gymnasium number 4 in Starachowice and next they were examined. Balance was measured on the stabiligraphic platform.

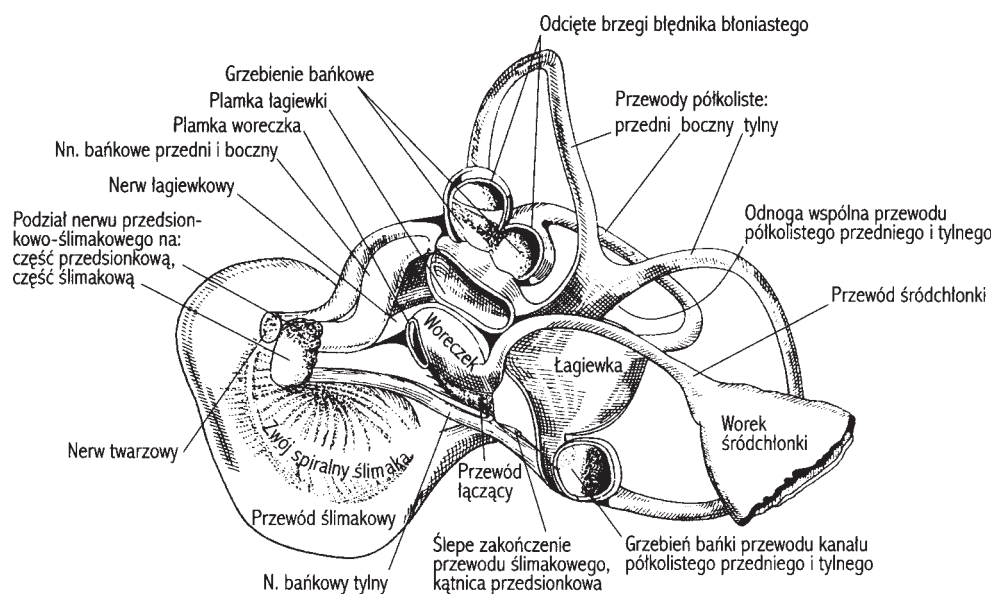
**Key words:** children school, sight analyzer, equivalent reactions based, stabiligraphic platform, Romberg's test, center of feet pressure (COP), lateral speed (LS) of the posturogram.

## WSTĘP

Sterowanie równowagą ciała jest procesem niezwykle złożonym, którego wytłumaczenie absorbuje neurofizjologów od blisko 200 lat. Fluorens (1830) [1] na podstawie badań gołębi sformułował twierdzenie, że drażnienie lub zastosowanie przyśpieszenia kątownego w płaszczyźnie właściwych kanałów półkolistych wywołuje oczopląs w tychże płaszczyznach. Z kolei Ewald (1892) [2] wykonywał doświadczenia na gołębiach: po fenestracji kanału półkolistego poziomego i zablokowaniu go cementową plombą wprowadził tłoczek pomiędzy blokadę a bańkę kanału, którego ruchy zmieniały ciśnienie śródchłonki. Pozwoliły one sformułować następujące prawa:

1. Kierunek wolnej fazy oczopląsu indukowanego jest zgodny z kierunkiem przepływu śródchłonki.
2. W kanałach półkolistych poziomych przepływ ampulopetalny śródchłonki powoduje znacznie silniejszą reakcję oczopląsową niż przepływ ampulofugalny. Odwrotne reakcje obserwuje się podczas drażnienia kanałów pionowych. W świetle ostatnich badań elektrofizjologicznych prawo to znajduje potwierdzenie jeśli zastosuje się silne bodźce, zwłaszcza obrotowe [3].

Dzięki doświadczeniom Bechterewa (1909) [4] z kolejno następującymi uszkodzeniami błędników, tj. pojawianiem się oczopląsu porażennego w pierwszym etapie doświadczenia (po jednostronnym zniszczeniu błędnika) oraz tzw. oczopląsu Bechterewa w drugiej części doświadczenia (po zniszczeniu błędnika po przeciwnej stro-



Ryc. 1. Błędnik błoniasty ucha prawego z zaznaczonymi polami zmysłowymi narządu przedsionkowego – widok od strony przyśrodkowej i z tyłu (wg Ansona 1971, w modyfikacji Bienia i Kukwy 1998)

nie), zainteresowano się ośrodkami nystagmogennymi w pniu mózgu i ich znaczeniem w procesach kompensacyjnych [5-9]. Natomiast badania elektrofizjologiczne Lowensteina [10] i Ledoux [11] poszerzają wiedzę o potencjale spoczynkowym i czynnościowym pierwszego neuronu przedsionkowego i o funkcjonowaniu części receptorowej narządu przedsionkowego [3].

Układ równowagi zapewnia utrzymanie odpowiedniej postawy zarówno w bezruchu, jak i podczas czynności motorycznych. Pionizacja postawy człowieka sprawiła, że nie jest to zadanie łatwe. Spełnienie go umożliwia złożona budowa anatomiczna narządów zmysłowych układu równowagi oraz sieć szlaków nerwowych, które łączą poszczególne ośrodki nerwowe i efekторы mięśniowe. Istotną rolę odgrywa mechanizm zmysłowo-odruchowy, działający często poza świadomością (ryc. 1). Celem badań była analiza reakcji równoważnych na przykładzie prędkości bocznej posturogramu (PB) oraz odpowiedź na pytanie: jak kształtują się reakcje równoważne z oczami otwartymi (OE) i zamkniętymi (CE) u młodzieży w wieku 12-15 lat.

#### MATERIAŁ I METODA BADAŃ

Badaniami objętych zostało 503 uczniów w wieku 12-15 lat, z wylosowanych uprzednio placówek oświatowych: Szkoły Podstawowej nr 13 i Gimnazjum nr 4 w Starachowicach. Badania wykonano w listopadzie i grudniu 2005 r. Dobór badanych dokonany został losowo, zgodnie z zasadą randomizacji, po uprzednim ustaleniu kryteriów, jakim powinny odpowiadać poszczególne grupy. Rozkłady liczebności w grupach wieku i płci nie różniły się istotnie.

W badaniach równowagi zastosowano platformę Cosmogamma by Emildue (ryc. 2). Pomiary stabilograficzne na platformie polegają na ciągłej obserwacji środka nacisku stóp – COP (*center of pressure*). Przemieszczenia COP odzwierciedlają ruchy środka ciężkości masy ciała w płaszczyźnie czołowej i strzałkowej. Sygnał COP jest losowym wolnozmiennym procesem „owijającym” się z wyższą częstotliwością wokół sygnału reprezentującego środek masy ciała (COM). Parametry ilościowe określające wychylenia są czułym wskaźnikiem oceniającym stan układu kontroli równowagi i mogą być wykorzystywane zarówno do wykrywania i oceny zmian patologicznych, jak i do terapii i sprawdzania jej efektów [12-21].



Ryc. 2. Platforma stabilometryczna Cosmogamma by Emildue R50300 (Technomex 2005)

Wykonywano test standardowej oceny stabilności w staniu swobodnym (test Romberga), składający się z dwóch następujących po sobie prób trwających po 30 s: pierwszej z oczami otwartymi (OE – *open eyes*) i drugiej z oczami zamkniętymi (CE – *close eyes*) [22]. Do opisu reakcji równoważnych zastosowano prędkość boczną (PB) (*lateral speed*). Prędkość boczna (*lateral speed*), czyli średnia szybkość oscylacji wzdłuż osi X (mm/s), jest to iloraz długości wychyleń środka nacisku stóp w czasie trwania testu (pomiar 30 s). Test ten informuje pośrednio o dynamice procesu regulacji stabilności posturalnej w pozycji stojącej.

Oceniając reakcje równoważne obliczono podstawowe parametry statystyczne zmiennych opisujących równowagę w każdym przedziale wieku odrębnie dla dziewcząt i chłopców. Dla zmiennych tych weryfikowano normalność rozkładu testem Kołmogorowa-Smirnowa. Różnice równowagi dziewcząt i chłopców oceniano analizą czynnikową. Następnie dokonano analizy wariancji z klasyfikacją potrójną dla powtarzanych pomiarów z oczami otwartymi (OE) i zamkniętymi (CE), odrębnie dla zmiennych wyłonionych w analizie czynnikowej [23, 24].

## WYNIKI

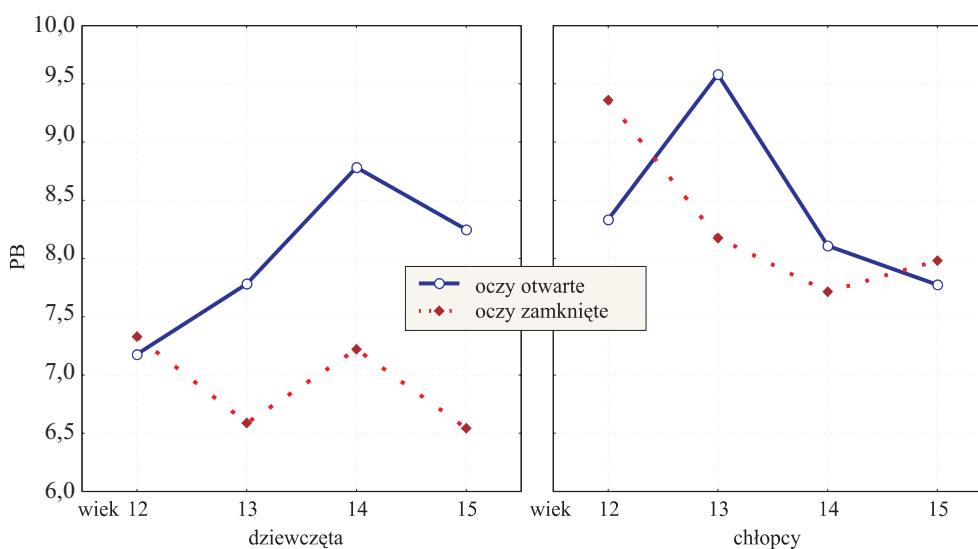
Tabela 1. Prędkość boczna posturogramu (PB) (*lateral speed*)

| Płeć<br>Wiek | Prędkość boczna (OE) |     |      | Prędkość boczna (CE) |     |      | Różnica<br>OE-CE |
|--------------|----------------------|-----|------|----------------------|-----|------|------------------|
|              | x                    | N   | s    | x                    | N   | s    |                  |
| Dziewczeta   | 8,02                 | 247 | 3,55 | 6,92                 | 247 | 2,37 | 1,09             |
| 12 lat       | 7,18                 | 60  | 3,25 | 7,33                 | 60  | 2,46 | -0,15            |
| 13 lat       | 7,78                 | 60  | 3,78 | 6,59                 | 60  | 2,63 | 1,19             |
| 14 lat       | 8,78                 | 65  | 3,69 | 7,22                 | 65  | 2,20 | 1,56             |
| 15 lat       | 8,25                 | 62  | 3,34 | 6,54                 | 62  | 2,10 | 1,70             |
| Chłopcy      | 8,43                 | 256 | 4,05 | 8,32                 | 256 | 3,39 | 0,11             |
| 12 lat       | 8,34                 | 65  | 2,92 | 9,36                 | 65  | 3,80 | -1,03            |
| 13 lat       | 9,58                 | 61  | 5,88 | 8,18                 | 61  | 3,58 | 1,40             |
| 14 lat       | 8,11                 | 60  | 3,51 | 7,72                 | 60  | 3,24 | 0,39             |
| 15 lat       | 7,78                 | 70  | 3,22 | 7,98                 | 70  | 2,73 | -0,21            |
| Razem        | 8,22                 | 503 | 3,82 | 7,63                 | 503 | 3,01 | 0,59             |

Tabela 2. Analiza wariancji prędkości bocznej (PB)

| Zmienne niezależne                                  | DF*<br>efekt | MS<br>efekt | DF<br>błąd | MS<br>błąd | F     | p     |
|---|--------------|-------------|------------|------------|-------|-------|
| Płeć (1)  | 1            | 212,52      | 495        | 15,08      | 14,09 | 0,001 |
| Wiek (2)  | 3            | 9,55        | 495        | 15,08      | 0,63  | 0,593 |
| Opcja badania (3)                                   | 1            | 93,02       | 495        | 7,65       | 12,15 | 0,001 |
| Interakcja płeć<br>– wiek (1, 2)                    | 3            | 46,85       | 495        | 15,08      | 3,10  | 0,020 |
| Interakcja płeć – opcja<br>badania (1, 3)           | 1            | 54,79       | 495        | 7,65       | 7,15  | 0,007 |
| Interakcja wiek – opcja<br>badania (2, 3)           | 3            | 42,68       | 495        | 7,65       | 5,57  | 0,001 |
| Interakcja płeć – wiek –<br>opcja badania (1, 2, 3) | 3            | 12,13       | 495        | 7,65       | 1,58  | 0,192 |

\* DF (*degree of freedom*) – liczba stopni swobody, MS (*mean square*) – średnia kwadratów, F – stosunek MS efektu do MS błędu, p – poziom istotności.



Ryc. 3. Prędkość boczna (PB)

**OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI**

1. Prędkość boczna (PB) wynosiła od 8,22 z oczami otwartymi (OE) do 7,63 z oczami zamkniętymi (CE). Różnica w teście Romberga wynosiła 0,59.
2. U dziewcząt prędkość boczna (PB) w teście oczu otwarte (OE) była najmniejsza u 12-letnich, następnie 13-, 14- i 15-letnich. W teście oczu zamknięte (CE) parametr ten był najmniejszy u 15-letnich, następnie 13-, 14- i 12-letnich.
3. U chłopców w teście oczu otwarte (OE) prędkość boczna (PB) najmniejsza była u 15-letnich, następnie 14-, 12- i 13-letnich. W teście oczu zamknięte (CE) prędkość boczna (PB) najmniejsza była u 14-letnich, następnie 15-, 13- i 12-letnich.
4. Wystąpiły: istotne zróżnicowanie prędkości bocznej (PB) względem płci ( $p < 0,001$ ), istotny efekt opcji badania ( $p < 0,001$ ) oraz istotna interakcja płci i wieku ( $p < 0,026$ ), płci i opcji badania ( $p < 0,007$ ) oraz wieku i opcji badania ( $p < 0,001$ ) (tabele 1, 2, ryc. 3).
5. Prędkość boczna była znacząco mniejsza u dziewcząt w obu testach (OE, CE).
6. Wystąpiły istotne różnice prędkości bocznej (PB) w badaniu z oczami otwartymi i zamkniętymi (OE-CE). W teście oczu zamknięte (CE) nastąpił wzrost tego parametru jedynie u 12-letnich dziewcząt oraz 12- i 15-letnich chłopców, w pozostałych grupach nastąpił jej spadek.

**PIŚMIENNICTWO**

- [1] Fluorens M. J. P.: Experimental researches on the properties and the functions of the nervous system in vertebrate animals. Memory Accademy Royale Society 1830.
- [2] Ewald J.: Physiologische untersuchungen über das endorgan des nervus octavus. Bergmann. Wiesbaden 1892.
- [3] Bochenek Z., Morawiec-Bajda A.: Fizjologia narządu przedsionkowego. W: Otoneurologia. G. Janczewski, B. Latkowski (red.). Bel Corp. Warszawa 1998.
- [4] Bechterew W.: Funktionen der nervencentra. Fisher. Jena 1909.
- [5] Bień S. F.: Badania kliniczne procesu kompensacji uszkodzeń narządu przedsionkowego. AM. Warszawa 1986.
- [6] Bień S. F., Gołębiewska E.: Zastosowanie komputerowej analizy sygnału ENG do badań nad oczopląsem optokinetycznym. Otolaryngologia Polska 1988; 6: 428-433.
- [7] Bień S. F.: Fizjologia zjawisk kompensacji i adaptacji i habituacji przedsionkowej. W: Otoneurologia. G. Janczewski, B. Latkowski (red.). Bel Corp. Warszawa 1998.
- [8] Bień S. F., Kukwa A.: Anatomia i fizjologia narządu przedsionkowego. W: Otoneurologia. G. Janczewski, B. Latkowski (red.). Bel Corp. Warszawa 1998.
- [9] Hain T. C., Ramaswamy T. S., Hillman M. A.: Anatomy and physiology of the normal vestibular system. In: Vestibular rehabilitation. S. J. Herdman (ed.). F. A. Davis Company. Philadelphia 2000; 3-24.
- [10] Lowenstein O.: The peripheral neuron. In: The vestibular system. R. F. Nauton (ed.). Acad Press, New York, San Francisco, London 1975; 99-109.

- [11] Ledoux A.: Les canaux semicirculaires. *Acta Oto-Rhino-Laryngology Belgica* 1958; 12: 109.
- [12] Błaszczyk J. W., Lowe D. L., Hansen P. D.: Age-related differences in performance of stereotype arm movements: movement and posture interaction. *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 1997; 1: 49-57.
- [13] Błaszczyk J. W., Klonowski W.: Postural stabilny and fractal dynamics. *Acta Neurobiologiae Experimentalis* 2001; 61: 105-112.
- [14] Kuczyński M.: Comparison of ankle and hip joint physiological parameters in various populations. *Proc. ESB Conference. Dublin* 2000; 390.
- [15] Kuczyński M.: Control of upright stance: from assessment methods to mechanisms. *Human Movement* 2000; 2: 34-43.
- [16] Horak F. B., Kuo A.: Postural adaptation for altered environments, tasks, and intentions. In: *Bio-mechanics and neural control of posture and movement*. J. M. Winters, P. E. Crago (eds.). Springer. New York 2000.
- [17] Massion J.: Postural control-system. *Current Opinion in Neurobiology* 1994; 6: 877-887.
- [18] Massion J.: Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 1998; 4: 465-472.
- [19] Wilczyński J.: Analizatory wzroku a reakcje równoważne na przykładzie prędkości głównej posturogramu u młodzieży w wieku 12-15 lat. *Wychowanie Fizyczne i Zdrowotne* 2007; 8-9: 17-19.
- [20] Winter D. A.: Human balance and posture control during standing and working. *Gait & Posture* 1995; 4.
- [21] Winter D. A., Patla A. E., Ishac M., Gielo-Perczak K.: Stiffness control of balance quiet standing. *Journal of Neurophysiology* 1998; 80: 1211-1221.
- [22] Romberg M. H.: *Lehrbuch der nervenkrankheiten des menschen*. Berlin 1851.
- [23] Greenland S., Robins J. M.: Estimation of common effect parameter from sparse followup data. *Biometrics* 1985; 41: 55-68.
- [24] Computer statistic programme: *Statistica.7.1 statsoft* 2007.