Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej



lekarz Maciej Fus

Retrospektywna ocena zaburzeń czynności narządów przedsionkowych na podstawie badań nystagmograficznych u kandydatów do szkolenia lotniczego

Rozprawa na stopień doktora nauk medycznych

Promotor: dr hab. n. med. Andrzej Wojdas, prof. WIML
Klinika Otolaryngologii WIML
Badania wykonano w: *Pracownia Diagnostyki Narządu Słuchu i Układu Równowagi WIML*

Warszawa, 2026

Podziękowania:

Chciałbym złożyć serdeczne podziękowania Panu prof. Andrzejowi Wojdasowi za nieocenioną pomoc naukową, cenne wskazówki i okazaną cierpliwość na każdym etapie pisania niniejszej pracy.

Gorąco dziękuje mojej Siostrze Agnieszce, która dzieliła się ze mną swoją merytoryczną wiedzą na temat obliczeń i analiz statystycznych oraz była bezcennym wsparciem.

Szczególne podziękowania dedykuję mojej Żonie Zuzannie, Synowi Władysławowi i Rodzicom za nieustanną motywację i wiarę w moje możliwości. Wasza obecność była dla mnie najważniejszym filarem.

Spis treści

I. Wstęp……... 6
I.1.Wprowadzenie……... 6
I.2. Anatomia układu przedsionkowego…….. 7
I.3. Fizjologia układu przedsionkowego……. 11
I.4. Diagnostyka otoneurologiczna…….. 14
I.4.1. Wywiad i podstawowe badanie otoneurologiczne…….. 14
I.4.2. Elektronystagmografia i videonystagmografia……... 20
I.4.3. Próba Coriolisa……... 37
I.5. Aktualne orzecznictwo wojskowe w zakresie czynności narządu słuchu i równowagi……... 39
I.6. Przebieg badań lekarskich kandydatów do szkolenia w LAW……. 43
I.6.1. Badanie otoneurologiczne kandydatów do szkolenia w LAW……... 43
I.7. Znaczenie czynności układu przedsionkowego w medycynie lotniczej…... 44
II. Założenia i cel pracy…… 48
III. Materiał i metody badań…….. 50
IV. Wyniki…….. 53
IV.1. Charakterystyka badanej grupy…….. 53
IV.2. Rezultaty wykonanych badań……. 55
IV.2.1. Rodzaj uzyskanych wyników w poszczególnych latach badania…. 56
IV.2.2. Rodzaj uzyskanych wyników końcowych w zależności od płci….. 57
IV.2.3. Rodzaj uzyskanych wyników w zależności od wieku badanych…. 59
IV.3 Charakterystyka uzyskanych wyników……... 61
IV.3.1. Wyniki nieprawidłowe (poza normą)……... 61
IV.3.1.1. Wyniki nieprawidłowe w metodach ENG i VNG…… 63
IV.3.1.2. Wyniki nieprawidłowe z uwzględnieniem płci…… 65
IV.3.1.3. Wyniki nieprawidłowe w grupach wiekowych…… 66
IV.3.1.4. Wyniki osób z powtarzanym badaniem……... 67
IV.3.2. Wyniki z uwzględnieniem wykrytych zaburzeń w badaniach nystagmograficznych…… 68
IV.3.2.1. Przewaga kierunkowa oczopląsu w próbie fotela wahadłowego…… 68
IV.3.2.1.1. Wyniki w zależności od płci……... 70
IV.3.2.1.2. Wyniki w zależności od wieku…… 72
IV.3.2.1.3. Wyniki w poszczególnych latach badania……... 73
IV.3.2.2. Jednostronne osłabienie [CP] próby kalorycznej……. 73
IV.3.2.2.1. Wyniki w zależności od płci……... 75
IV.3.2.2.2. Wyniki w zależności od wieku…… 77
IV.3.2.2.3. Wyniki w poszczególnych latach badania……... 78
IV.3.2.3. Przewaga kierunkowa oczopląsu [DP] próby kalorycznej... 78
IV.3.2.3.1. Wyniki w zależności od płci……... 80
IV.3.2.3.2. Wyniki w zależności od wieku…… 82
IV.3.2.3.3. Wyniki w poszczególnych latach badania……... 82
IV.3.3. Wyniki „w granicach dopuszczalnej zmienności……. 83
V. Dyskusja…….. 87
VI. Wnioski…… 101
VII. Streszczenie w języku polskim……... 103
VIII. Streszczenie w języku angielskim…….. 107
IX. Piśmiennictwo…… 111

X. Wykaz tabel……. 119
XI. Wykaz rycin…… 121

Wykaz skrótów

COR – odruch szyjno-okoruchowy

CP – jednostronne osłabienie / niedowład kanałowy w próbie kalorycznej

DP – przewaga kierunkowa oczopląsu w próbie kalorycznej

ENG – elektronystagmografia

FI% – indeks fiksacji

GDZ – granica dopuszczalnej zmienności

HIT – test pchnięcia głową

HSV – wirus opryszczki zwykłej

LAW – Lotnicza Akademia Wojskowa

MTOM – maksymalna masa startowa

OUN – ośrodkowy układ nerwowy

PeakLC – szczytowa reakcja ucha lewego na bodziec zimny

PeakLW – szczytowa reakcja ucha lewego na bodziec ciepły

PeakRC – szczytowa reakcja ucha prawego na bodziec zimny

PeakRW– szczytowa reakcja ucha prawego na bodziec ciepły

RKWL-L – Rejonowa Wojskowa Komisja Lotniczo-Lekarska

SIL – służba inżynieryjno-lotnicza

SPV – średnia prędkość fazy wolnej oczopląsu

TFW – test fotela wahadłowego

TotLE – całkowita odpowiedź ucha lewego

TotRE – całkowita odpowiedź ucha prawego

VNG – videonystagmografia

VOR – odruch przedsionkowo-okoruchowy

VVOR – odruch wzrokowo-przedsionkowo-okoruchowy

I. Wstęp

I.1.Wprowadzenie

Medycyna lotnicza jako odrębna specjalność i nowy rejon zainteresowań nauk medycznych, powstała wskutek prężnego rozwoju lotnictwa w XX wieku. Zadaniem tej gałęzi medycyny była i jest ocena wpływu środowiska lotu i związanych z nim czynników szkodliwych na funkcjonowanie ustroju pilota. Przyspieszenia i siły bezwładnościowe działające w trakcie lotu na ciało człowieka są nieproporcjonalnie większe i niespotykane w życiu codziennym wywierając na nie negatywny wpływ. Wynika to z faktu, braku przystosowaniu organizmu ludzkiego do latania, a w szczególności układu odpowiedzialnego za utrzymanie równowagi i orientacji przestrzennej. Postępujący rozwój technologiczny statków powietrznych wiąże się koniecznością przebywania organizmu pilota w warunkach niskiego ciśnienia atmosferycznego, z dużą zmiennością temperatur, promieniowania, wibracji, hałasu oraz wspomnianych wyżej przyspieszeń i przeciążeń [81]. Niezbędna jest więc jak najlepsza ocena medyczna i kwalifikacja kandydatów, ze szczególną oceną sprawności i wydolności układu równowagi przyszłych pilotów, aby sprostać tym wymagającym czynnikom.

Temat zaburzeń czynności narządu przedsionkowego stanowi zainteresowanie otoneurologów już od wielu lat. W XIX wieku wprowadzono pierwsze testy diagnostyczne, oraz był to czas, kiedy ukazały się pierwsze prace opisujące zależność między ruchami oczopląsowymi gałek ocznych a pobudzeniem błędników. Przełomowa okazała się pierwsza rejestracja ruchów oczopląsowych, wykorzystująca obecność pola elektrostatycznego i jego zmian w trakcie ruchu gałek ocznych, której autorem był w 1922 roku Schott, tworząc pierwotną formę obecnego badania elektronystagmograficznego. Kolejna z obecnie stosowanych metod, czyli wideonystagmografia rejestrująca kamerą ruchy gałek ocznych, powstała na początku lat 90 XX wieku. Badania te do dnia dzisiejszego stanowią kluczowy element w diagnostyce zaburzeń czynności układu równowagi, w tym funkcji narządów przedsionkowych u osób zmagających się z objawami zawrotów głowy i zaburzeń równowagi. Badania te również stanowią nieodłączny filar diagnostyki układu równowagi kandydatów do szkolenia lotniczego w Lotniczej Akademii Wojskowej. Pracownia Diagnostyki Narządu Słuchu i Układu Równowagi WIML od wielu lat prowadzi badania kwalifikacyjne pośród kandydatów do szkolenia lotniczego. Lata doświadczeń i obserwacji otoneurologów z WIML

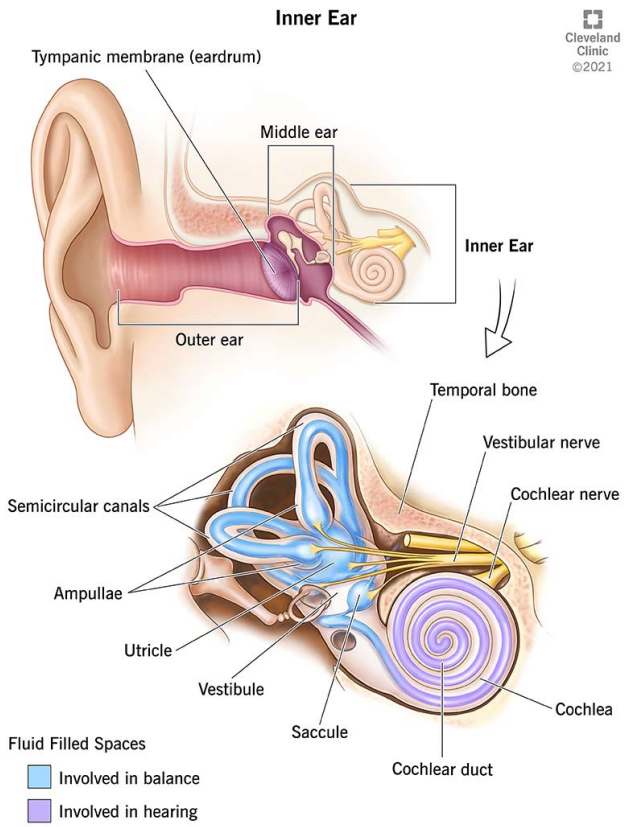
pozwoliły opracować skuteczną technikę, z wykorzystaniem odpowiednich prób i testów w trakcie badań nystagmograficznych, do sprawnej i wiarygodnej oceny czynności błędników u przyszłych adeptów lotnictwa. Pozwala ona na wykluczenie ukrytych obwodowych i ośrodkowych zaburzeń funkcji układu równowagi, które wiązałyby się z ryzykiem rozwoju choroby powietrznej i zaburzeniem orientacji pilota w trakcie lotu. Obecna praca skupia się na analizie wyników badań czynności układu przedsionkowego kandydatów do LAW z oceną dwóch równorzędnych metod badań nystagmograficznych. Doświadczenia i obserwacje z pracy w Klinice Otolaryngologicznej WIML, w trakcie której spotykane są przypadki nieprawidłowości pośród badanych kandydatów, stanowiły inspirację do szerszej analizy i oceny prowadzonych badań. Mimo wielu lat doświadczenia prowadzonych badań czynności układu równowagi przez lekarzy z Kliniki, w dalszym ciągu spotykane są przypadki, w których oszacowanie bezpieczeństwa dopuszczenia kandydatów do szkolenia lotniczego jest dużym wyzwaniem. Niniejsza praca, w założeniu, może stanowić istotną podstawę do dalszego doskonalenia i usprawnienia prowadzonej diagnostyki, aby zwiększyć bezpieczeństwo przyszłych pilotów.

I.2. Anatomia narządu przedsionkowego

Układ odpowiedzialny za utrzymanie odpowiedniej postawy i równowagi ciała człowieka składa się z kilku zintegrowanych i współdziałających ze sobą narządów:

- narządu przedsionkowego (tworzony przez kanały półkoliste i przedsionek),
- narządu wzroku,
- móżdżku oraz
- proprioreceptorów mięśni i stawów.

Narząd przedsionkowy jako parzysty narząd, jest integralną częścią kości skroniowej, zlokalizowany w obrębie ucha wewnętrznego, a dokładnie błędnika kostnego. Receptory obwodowe układu równowagi położone w jego obrębie, położone są w kanałach półkolistych i przedsionku.



Rycina 1. Budowa anatomiczna ucha.

Anatomiczny podział na ucho zewnętrzne, środkowe i wewnętrzne.

Budowa ucha wewnętrznego

Kolorem niebieskim zaznaczony został przedsionek z kanałami półkolistymi, woreczkiem i łagiewką odpowiadająca za równowagę.

Kolorem fioletowym zaznaczony został ślimak odpowiedzialny za słyszenie.

(Pobrane dn 09.05.25 z https://my.clevelandclinic.org/health/body/24340-inner-ear)

Przedsionek, który znajduje się w środkowej części błędnika kostnego, jest nieregularną strukturą położoną między leżącymi tylnie kanałami półkolistymi i ślimakiem, położonym do przodu i przyśrodkowo. Ściana przyśrodkowa przedsionka, tworząca część dna przewodu słuchowego wewnętrznego, jest miejscem przyczepu leżącego wewnątrz błędnika błoniastego, a dokładnie łagiewki i woreczka [2].

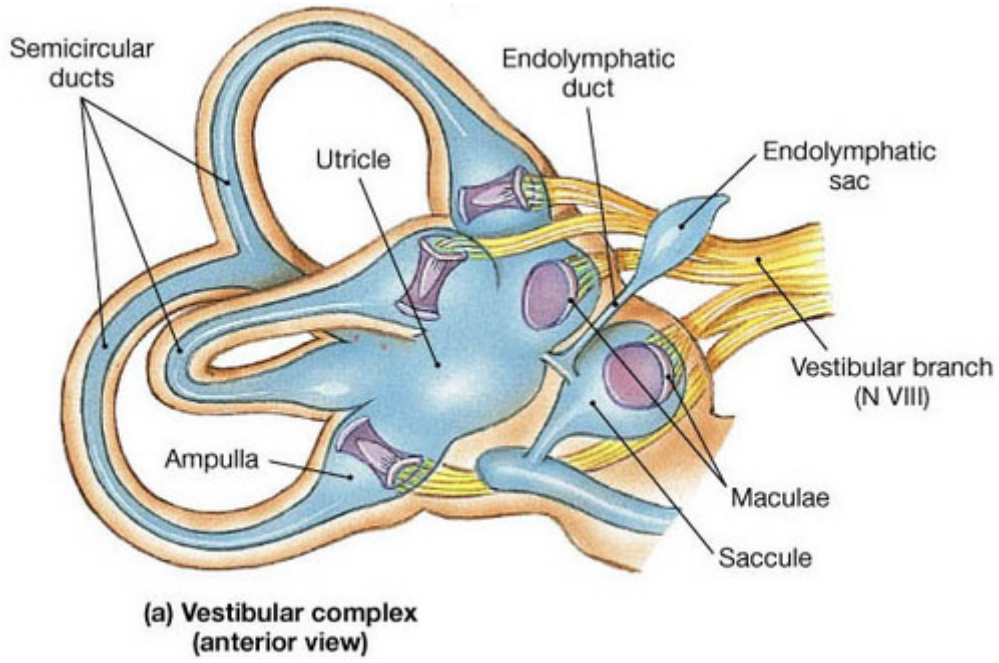
W jej obrębie znajdują się również liczne otwory przez które przechodzą zakończenia nerwowe z błędnika błoniastego do przewodu słuchowego wewnętrznego. Otwory te tworzą tzw. Plamki sitowate: górną – przez którą przebiegają gałązki nerwu łagiewkowego i bańkowego przedniego i bocznego, tworząc nerw łagiewkowo-bańkowy; środkową – przebiegają przez nią gałązki nerwu woreczkowego oraz dolną – gdzie biegną gałązki nerwu bańkowego tylnego. W tylno-dolnej części przedsionka obecny jest wewnętrzny otwór wodociągu przedsionka, który ma swoje zakończenie w tylnej części piramidy kości skroniowej.

Kanały półkoliste to trzy kostne kanały o średnicy około 8mm, położone do tyłu od przedsionka. Każdy z kanałów tworzy łuk stanowiący około 2/3 obwodu koła. Kanały półkoliste boczne położone są obustronnie w płaszczyźnie poziomej, prostopadle do nich ułożone są kanały przedni i tylny. Kanał przedni ustawiony jest poprzecznie, a kanał tylny równolegle do długiej osi piramidy kości skroniowej. Położone są w taki sposób, że kanał

przedni jednej ze stron i tylny strony przeciwnej leżą w tej samej płaszczyźnie. Każdy z kanałów na jednym ze swoich końców posiada rozszerzenie nazywanym bańką [8].

Światło błędnika kostnego, czyli przedsionka i kanałów półkolistych wypełnione jest przychłonką (perylimfą), która oddziela część kostną od błędnika błoniastego [2].
Część przedsionkową błędnika błoniastego tworzą wspomniany wcześniej woreczek i łagiewka, a także przewody półkoliste leżące w świetle kanałów półkolistych. Przewody półkoliste zajmują około ¼ światła kanałów półkolistych. Analogicznie do otaczających ją kostnych kanałów, posiadają rozszerzenie tzw. bańkę, w której znajduje się grzebień bańkowy pokryty nabłonkiem zmysłowym, zbudowany z komórek receptorowych, będących zakończeniami włókien nerwu bańkowego. Zakończenia nerwowe pokryte są galaretowatą substancją tworzącą osklepek dochodzący do szczytu bańki. Komórki receptorowe, czyli komórki włoskowate, oprócz lokalizacji w grzebieniach bankowych przewodów półkolistych, znajdują się również w plamkach łagiewki i woreczka. Każda z komórek posiada kilkadziesiąt wypustek - rzęsek (stereocyliów) oraz jednej dodatkowej najdłużej wypustki nazywanej kinetocylium. Pod wpływem przyspieszeń kątowych osklepki przewód półkolistych na skutek ruchu śródchłonki ulegają wychyleniom powodując wygięcie stereocyliów w kierunku kinetocylium uaktywniając depolaryzację, co wiąże się z pobudzeniem komórki oraz hiperpolaryzację przy ruchu w stronę przeciwną [1].
W obrębie woreczka i łagiewki komórki zmysłowe tworzą tzw. plamki, z leżącymi na jej powierzchni kryształami węglanu wapnia – statolitami. W trakcie ruchu głowy, podczas występujących przyspieszeń liniowych statolity w obrębie plamek łagiewki i woreczka przemieszczają się, wywołując odkształcenie i aktywacje zakończeń komórek receptorowych.

Komórki receptorowe łagiewki, woreczka i kanałów półkolistych łączą się z wypustkami dośrodkowymi komórek dwubiegunowych zwoju przedsionkowego (zwoju Scarpy) leżącego w dnie przewodu słuchowego wewnętrznego. W jego obrębie obecne są dwie części tworzące pęczki włókien nerwowych: górny – do komórek zmysłowych w plamce łagiewki, kanału półkolistego górnego i tylnego, oraz pęczek dolny do plamki woreczka i kanału półkolistego bocznego [3].



Rycina 2. Błędnik błoniasty ucha wewnętrznego. Kolorem fioletowym zaznaczono pola receptorowe tzn. osklepki baniek przewodów półkolistych oraz plamki woreczka i łagiewki – miejsca zakończeń włókien nerwowych tworzących gałąź przedsionkową nerwu VIII. (pobrane dn. 20.05.25 z https://quizlet.com/160090987/special-senses-3-vestibular-system-structure-and-function-flash-cards)

Aksony tych neuronów tworzą przedsionkową część nerwu przedsionkowo-ślimakowego, która przewodzi bodźce nerwowe z narządu przedsionkowego do mózgowia. Nerw przedsionkowy prowadzi włókna aferentne, mające swoje zakończenie w rdzeniu przedłużonym, w obrębie jąder przedsionkowych (boczne, przyśrodkowe, górne i dolne). Z jąder tych włókna nerwowe biegną w kierunku rdzenia kręgowego tworząc pęczek podłużny przyśrodkowy, a następnie tworzą liczne połączenia nerwowe z jądrami nerwów okoruchowych, wzgórza, rdzenia kręgowego, móżdżku i wyższych pięter mózgu. Z jąder przedsionkowych biegną również włókna eferentne w kierunku jąder przedsionkowych strony przeciwnej, drogą nerwu przedsionkowo-ślimakowego włókna wracające do komórek włoskowatych, neurony do komórek ruchowych rdzenia kręgowego (droga przedsionkowo-rdzeniowa), odpowiadające za kontrolę mięśni antygrawitacyjnych, mięśni kończyn, odgrywając kluczową rolę w utrzymaniu prawidłowej postawy ciała [1,5].

Ucho wewnętrzne zaopatrywane jest w krew drogą tętnicy błędnikowej, odchodzącej od tętnicy przedniej dolnej móżdżku, a w niektórych przypadkach bezpośrednio od tętnicy podstawnej lub tętnicy kręgowej. Tętnica przedsionkowa i w mniejszym stopniu tętnica przedsionkowo-

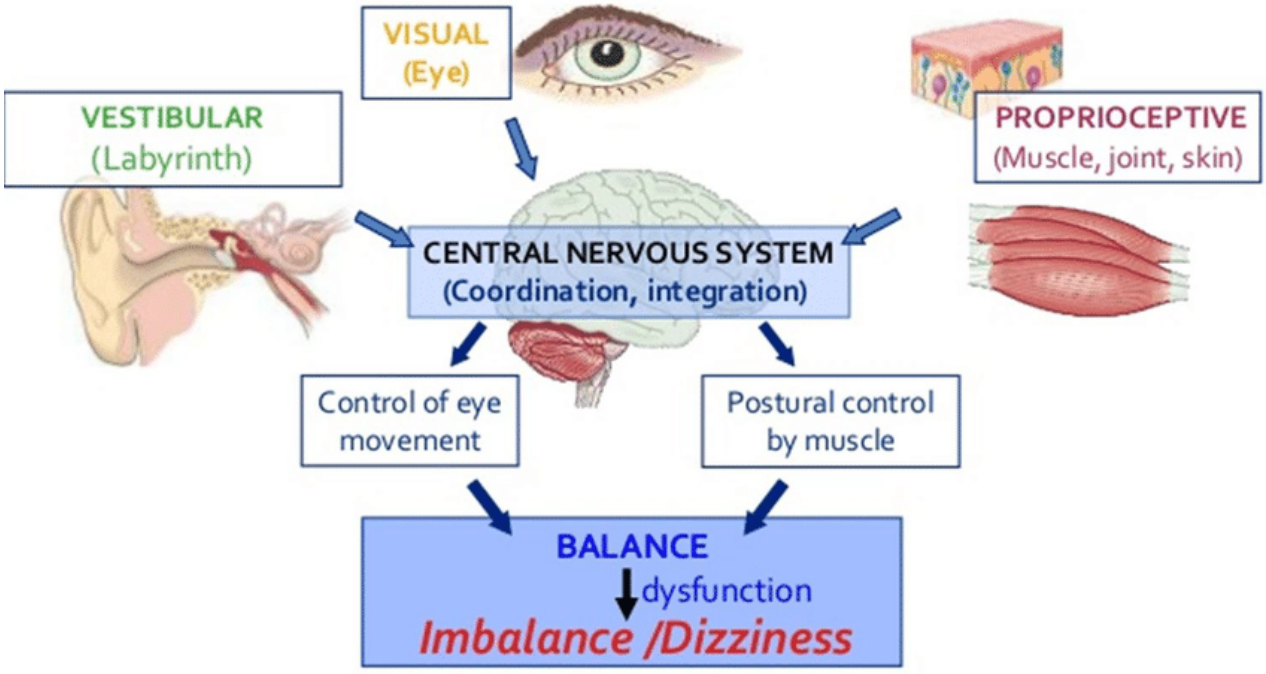
ślimakowa, będące odgałęzieniami tętnicy błędnikowej, odpowiadają za dostarczanie krwi do narządu przedsionkowego. Krew żylna odpływa z błędnika przez żyłę wodociągu przedsionka uchodząc do zatoki skalistej dolnej oraz przez żyłę kanalika ślimaka również uchodząca do zatoki skalistej dolnej, a w niektórych przypadkach bezpośrednio do opuszki żyły szyjnej wewnętrznej [1].
Ucho wewnętrzne nie posiada naczyń chłonnych.

I.3. Fizjologia narządu przedsionkowego

Układ równowagi stanowi zintegrowany system odpowiedzialny za statyczną i dynamiczną kontrolę położenia ludzkiego ciała w otoczeniu, a także głowy, tułowia i pozostałych części ciała względem siebie. Trzy główne składowe tego systemu stanowią:

- receptory grzebieni bankowych, pobudzane podczas przyspieszeń kątowych oraz plamek woreczki i łagiewki, pobudzane podczas przyspieszeń liniowych, oraz zmian wektora grawitacji,
- receptory siatkówki oka przekazujące informacje wzrokowe,
- proprioreceptory mięśni i stawów pobudzane m.in. przez siłę grawitacji i inercji [4].

Narząd przedsionkowy stanowi kluczową i wiodącą rolę tego układu.
Pobudzenia powstające w każdym z powyżej wymienionych elementów układu równowagi integrowane są w ośrodkowym układzie nerwowym, głównie w śródmózgowiu, które posiada połączenia neuronalne z wyższymi ośrodkami w obrębie płata skroniowego, zwojów podstawnych i móżdżku.
Informacje z ośrodków podkorowych i korowych po dokonanej analizie przekazywane są drogą eferentną do mięśni efektorowych kończyn, tułowia, szyi oraz mięśni gałkoruchowych.



Rycina 3. Układ równowagi - schemat. Narząd przedsionkowy, narząd wzroku oraz układ proprioceptywny tworzą główne składowe układu, z centralną rolą OUN odpowiedzialnego za integrację i koordynację informacji z receptorów obwodowych.
(pobrano dn. 20.05.25 z https://ladnervillagephysio.com/blog/tag/%23vertigo)

Kanały półkoliste

Grzebienie bańkowe, w których znajdują się narządy receptorowe kanałów półkolistych ułożonych w trzech płaszczyznach anatomicznych, pobudzane są ruchem śródchłonki. Wywołuje to wychylenie osklepka i depolaryzację komórek receptorowych.

Zgodnie z II prawem Ewalda w kanałach poziomych dobańkowy ruch śródchłonki wywołuje wzrost potencjału czynnościowego, a odbańkowy jego spadek. W kanałach półkolistych pionowych reakcja jest odwrotna – wzrost potencjału czynnościowego wywołuje ruch odbańkowy [85].

Ruch śródchłonki wywoływany przyspieszeniami kątowymi wywołuje ruch i wychylenie osklepka, które jest proporcjonalne do siły bodźca (szybkości kątowej). Przepływ śródchłonki w kanale jest najbardziej efektywny, jeżeli płaszczyzna kanału jest taka jak płaszczyzna obrotu, dlatego w testach obrotowych dla kanałów poziomych ustawienie takie występuje podczas przygięcia głowy do przodu o 30^0, dla kanałów przednich podczas pochylenia głowy o 90^0, natomiast dla kanałów tylnych przy przygięciu głowy do przodu i rotacji bocznej o 45^0.

Minimalna wartość przyspieszenia kątowego wywołująca ruch śródchłonki kanałów półkolistych to $0{,}2^0/s^2$ [5].
Kanały półkoliste nie odpowiadają za utrzymanie równowagi statycznej. Nie są pobudzane podczas przyspieszeń liniowych, z wyjątkiem sytuacji, gdzie na skutek ruchu bezwładnościowego śródchłonki receptory grzebieni bańkowych mogą być stymulowane.

Pobudzenia biegnące z receptorów baniek kanałów półkolistych dzięki połączeniom z jądrami nerwów okoruchowych, tworzą odruch przedsionkowo-okoruchowy odpowiedzialny za obrót gałek ocznych w kierunku przeciwnym do ruchu głowy, co skutkuje fiksacją wzrokową i stabilizacją obrazu mimo ruchu głowy i ciała, oraz wywołuje reakcję oczopląsową w przypadku zakłóceń powstających na tej drodze.

Łagiewka i woreczek

Przyspieszenia liniowe, oddziaływanie siły grawitacji oraz działanie siły odśrodkowej to czynniki które pobudzają narządy otolitowe woreczka i łagiewki. Podczas zadziałania powyższych bodźców dochodzi do przemieszczenia otolitów i ugięcia rzęsek na komórkach receptorowych plamek [6].
Odpowiadają one za zachowanie równowagi statycznej oraz podczas występujących przyspieszeń liniowych. Nie są one jednak pobudzane w trakcie ruchu liniowego głowy, który odbywa się ze stałą prędkością. Narząd otolitowy kontroluje powstające podczas ruchu, skoordynowane wertykalne ruchy gałek ocznych oraz kompensacyjne ruchy mięśni szyi, tułowia oraz kończyn, tworząc tzw. reakcje posturalne. Łagiewka pobudzana jest podczas liniowych ruchów, gdzie wektor przyspieszenia jest równoległy do płaszczyzny plamki oraz podczas zmiany położenia płaszczyzny plamki łagiewki w stosunku do wektora grawitacji. Plamka woreczka pobudzana jest podczas ruchów ciała w osi pionowej. Dodatkowo uważa się, że woreczek pobudzany jest przez bodźce akustyczne oraz wibracje określane jest to jako „słyszenie woreczkowe” [5,86].

Odruch przedsionkowo-rdzeniowy powstający na skutek przepływu impulsów z receptorów narządu przedsionkowego do rdzenia kręgowego, odpowiada za utrzymanie i regulowanie prawidłowego napięcia mięśni szkieletowych zarówno podczas spoczynku oraz ruchu ciała, w celu utrzymania stabilnej postawy [7].

Twór siatkowaty

Integralną część układu równowagi stanowią liczne połączenia i szlaki neuronalne tworu siatkowatego. Stanowi on łącznik między jądrami przedsionkowymi a wyższymi piętrami ośrodkowego układu nerwowego. Twór siatkowaty posiada połączenia z ośrodkami wegetatywnymi, wpływając na wywoływanie reakcji wegetatywnych w przypadku asymetrycznej impulsacji z narządów przedsionkowych. Poprzez zstępujące drogi rdzeniowe oddziałuje na utrzymanie odpowiedniego spoczynkowego napięcia mięśni oraz prawidłową czynność mięśni w trakcie ruchu [1,5,86].

Móżdżek

Prawidłowa i symetryczna czynność narządów przedsionkowych kontrolowana jest przez impulsacje z móżdżku, licznymi połączeniami do jąder przedsionkowych, głównie z płatów kłaczka i grudki. Działanie móżdżku wywiera głównie hamujący wpływ na jądra przedsionkowe, hamuje natężenie odruchów okulomotorycznych i przedsionkowo-rdzeniowych, co przy jego uszkodzeniu skutkuje nasileniem tych odruchów oraz natężenia oczopląsu samoistnego i indukowanego. Uszkodzenie grudki i kłaczka skutkuje wystąpieniem podobnych objawów jak przy uszkodzeniu kanałów półkolistych. Dodatkową funkcją móżdżku jest kontrola złożonych ruchów kończyn i gałek ocznych, odpowiadając za kontrolę ustabilizowanego spojrzenia, położenia ciała i zachowanie równowagi w ruchu oraz podczas spoczynku [1,5,86].

I.4. Diagnostyka otoneurologiczna

I.4.1. Wywiad i podstawowe badanie otoneurologiczne

U każdego pacjenta, u którego występują zaburzenia równowagi oraz zgłaszającego zawroty głowy, ścieżka diagnostyczna powinna rozpoczynać się od badania laryngologicznego oraz otoneurologicznego. W przypadku pilotów oraz kandydatów do szkolenia w Lotniczej Akademii Wojskowej diagnostyka otoneurologiczna jest obligatoryjna dla wszystkich, nawet dla osób niezgłaszających żadnych dolegliwości, sugerujących dysfunkcję układu przedsionkowego.

Uważa się, że kluczowym elementem badania jest szczegółowo przeprowadzony wywiad lekarski [9,10]. Powinien on ustalić charakter i dynamikę dolegliwości, co często pozwala

określić dysfunkcyjny obszar w obrębie układu równowagi i wskazać, czy patologia dotyczy części obwodowej lub ośrodkowej.

Pacjent powinien dokładnie opisać doznanie, które rozumie jako „zawrót głowy", różnicując czy jest to *vertigo,* czyli iluzja ruchu wirowego otoczenia lub własnego ciała, które wskazywałoby na pochodzenie obwodowe, czy są to inne odczucia (kołysania, zapadania, uczucie stanu przedomdleniowego), które wskazywałyby na ośrodkowy charakter dolegliwości. Uważa się, że im mniej elementów ruchu kołowego w trakcie uczucia zawrotu zgłasza pacjent, tym dalej „od obwodu" znajduje się przyczyna dolegliwości. Dodatkowo w przypadku zaburzeń o charakterze obwodowym, gdzie dysfunkcyjny obszar obejmuje ucho wewnętrzne lub nerw przedsionkowo-ślimakowy, pacjent może zgłaszać dolegliwości towarzyszące takie jak szumy uszne, niedosłuch lub uczucie pełności w uchu. Konieczne jest odnotowanie chorób współistniejących, które mogą być przyczyną choroby. Choroby sercowo-naczyniowe takie jak zaburzenia rytmu serca, choroba wieńcowa, nadciśnienie tętnicze należą do istotnych czynników ryzyka naczyniopochodnych zawrotów głowy [11].

W wywiadzie należy zwrócić uwagę na urazy głowy, cukrzycę, zaburzenia lipidowe, choroby tarczycy, a także czy nie występują u pacjenta choroby narządu wzroku takie jak jaskra, zaćma oraz wady wzroku. Istotne w wywiadzie jest zwrócenie uwagi na używki oraz leki stosowane przez pacjenta np. leki antydepresyjne, psychotropowe, antyhistaminowe. Leki hamujące czynność OUN, hipotensyjne (diuretyki) mogą wywoływać zaburzenia ortostatyczne. Duża grupa leków takich jak: antybiotyki aminoglikozydowe, diuretyki pętlowe, niesteroidowe leki przeciwzapalne, trójpierścieniowe leki przeciwdepresyjne czy neuroleptyki ma udowodnione działanie oto- i westybulotoksyczne [12,13].

W trakcie podstawowej diagnostyki nieodzownym elementem jest przedmiotowe badanie otolaryngologiczne z oceną jamy ustnej, gardła, nosa, szyi oraz badaniem otoskopowym uszu. Powinno ocenić się czynność nerwów czaszkowych z uwzględnieniem czynności nerwów okoruchowych, czynności nerwu twarzowego, nerwu przedsionkowo ślimakowego z podstawowymi próbami stroikowymi w celu oceny czynności słuchu [15].

Ogólne przedmiotowe badanie otoneurologiczne obejmuje wykonanie prób móżdżkowych i koordynacyjnych (badania diadochokinezy, próba palec-nos) oraz prób statycznych (próby Romberga), dynamicznych (próby mijania i marszu po prostej) oraz próby Unterbergera, a także ocena postawy i chodu [14].

Próba Romberga – w trakcie tego badania poleca się choremu, aby stanął przodem do badającego ze złączonymi stopami z uniesionymi przed siebie rękoma i zamknął oczy. W przypadku ośrodkowych zaburzeń chory często chwieje się lub pada do tyłu, natomiast w zaburzeniach obwodowych chory często pada w stronę uszkodzonego narządu przedsionkowego („chory błędnik wodzi") [4,5, 86].

Próba mijania – w tej próbie przy zamkniętych oczach pacjent wyciąga ręce przed siebie, będąc przodem do badającego, a następnie kilkukrotnie opuszcza do dołu i ponownie wyciąga przed siebie. W zburzeniach obwodowych obie ręce chorego w trakcie badania zbaczają w stronę uszkodzonego błędnika, natomiast w uszkodzeniach ośrodkowych w stronę uszkodzenia zbacza tylko jedna z rąk [4,5,86].

Próba marszu po prostej – badany w trakcie tej próbie wykonuje marsz przed siebie po prostej linii na podłodze, a następnie powtarza to ćwiczenie z zamkniętymi oczami. Dla zaburzeń obwodowych charakterystyczne jest zbaczanie w trakcie marszu w kierunku deficytowego narządu przedsionkowego. W przypadku zaburzeń ośrodkowych chód jest chwiejny, często na szerokiej podstawie [4,5,86].

Próba Unterbergera – podobnie jak w próbie Romberga prosimy chorego o wyciągnięcie rąk do przodu i zamknięcie oczu. Następnie poleca się choremu zamknięcie oczu i marsz w miejscu, z unoszeniem nóg przez około 15 sekund. W przypadku obwodowych zaburzeń chory obraca swoje ciało w trakcie wykonywanej próby w kierunku mniej sprawnego błędnika (normą jest obrót o nie więcej niż 10 stopni). W zaburzeniach ośrodkowych chory z trudnością utrzymuje pionową postawę, chwieje się, często padając do tyłu [20].

Badanie ustawienia i ruchów gałek ocznych oraz ocena ewentualnego oczopląsu jest kluczowym elementem badania przedmiotowego [21].

Oceniając gałki oczne powinno się ocenić szerokość i symetrie szpar powiekowych, wygląd źrenic – szerokość, symetrię, a także reakcje na światło akomodację i zbieżność. Oceniamy ustawienie gałek ocznych, które powinny być ustawione symetrycznie i równolegle względem siebie.

Ruchomość gałek ocznych

W trakcie badania oceniamy:

- Ruchy śledzenia – pacjent wodzi wzrokiem za jednostajnie poruszającym się punktem utrzymując nieruchomą głowę. Gałki oczne powinny poruszać się płynnie bez tzw. sakad korekcyjnych, czyli drobnych szybkich ruchów korygujących ustawienie gałki ocznej. [30]
- Ruchy korekcyjne (sakadowe) – pacjent utrzymując nieruchomo głowę, przenosi wzrok w pionie i poziomie, między pojawiającymi się punktami lub przedmiotami. Prawidłowo ruch gałek ocznych powinien być precyzyjny bez korygujących sakad, płynny, bez zwolnienia i opóźnienia ruchu gałek ocznych [27].
- Ocena fiksacji – pacjent utrzymuje wzrok na określonym punkcie, prawidłowo bez występujących dodatkowych samoistnych ruchów oczu [25].
- Ocena odruchu przedsionkowo-ocznego – ma na celu utrzymanie stabilnego obrazu na siatkówce przy gwałtownych ruchach głowy [24].

  Może być badany zarówno dla kanałów półkolistych bocznych oraz przednich. Najczęściej wykonywanym testem jest test HIT (head impulse test) w trakcie, którego badający trzymając głowę chorego wykonuje nagłe niewielkie ruchy obrotowe głowy w jedną bądź drugą stronę, obserwując ruch gałek ocznych pacjenta. Prawidłowo powinien być skierowany w stronę przeciwną do kierunku obrotu głowy.
- Ocena ruchów zbieżnych i rozbieżnych gałek ocznych
- Ocena oczopląsu optokinetycznego – normą jest pojawiający się dwufazowy oczopląs u badanego w trakcie obserwacji przesuwającej się planszy (najczęściej cylinder z namalowanymi biało-czarnymi pasami) zajmującej dużą powierzchnię pola widzenia pacjenta. Szybka faza oczopląsu skierowana jest w przeciwnym kierunku do ruchu przemieszczającego się cylindra. Oczopląs ten jest fizjologiczny - nazywany optokinetycznym [26].

Oczopląs

Oczopląs to niezależne od woli rytmiczne ruchy gałek ocznych. Jego występowanie to często kolejny ważny objaw, oceniany w trakcie badania przedmiotowego, który może wskazywać na patologię w obrębie układu przedsionkowego.

Na skutek pobudzeń kinetycznych, stymulacji ulegają narządy kanałowo-otolitowe przedsionków. Wzbudzana w komórkach receptorowych impulsacja nerwowa biegnie drogą

łuku odruchowego przez jądra przedsionkowe pnia mózgu, następnie przez pęczek podłużny przyśrodkowy, kolejno do jąder motorycznych mięśni gałkoruchowych doprowadzając pobudzenie do mięśni zewnętrznych gałek ocznych. Wskutek tego odruchu, narządy przedsionkowe odpowiadają za utrzymanie napięcia spoczynkowego mięśni gałek ocznych, co umożliwia fiksację spojrzenia na obserwowanym obrazie. Podczas ruchu głowy dochodzi do przemieszenia gałek ocznych w przeciwnym kierunku do ruchu głowy umożliwiając stabilizację obserwowanego obrazu [5].

Mechanizm ten pozostaje pod kontrolą tworu siatkowatego i móżdżku. Utrzymanie przedsionkowego potencjału spoczynkowego odpowiedzialnego za odpowiednie ustawienie gałek ocznych w ruchu i spoczynku kontrolowane jest na poziomie pnia mózgu w jądrach przedsionkowych, gdzie docierają impulsy z układu wzrokowego, móżdżku oraz dróg przedsionkowo-rdzeniowych. W przypadku każdego uszkodzenia opisanych dróg odruchowych, na różnych poziomach jego szlaku, dochodzi do zaburzenia równowagi, co skutkuje zmianami napięcia mięśni gałkoruchowych i powstania oczopląsu przedsionkowego. Równowaga może zostać zaburzona zarówno przez pobudzenie jak i osłabienie potencjału jednego z przedsionków. Odpowiednio wywoływany w ten sposób oczopląs podrażnieniowy, w którym kierunek fazy szybkiej jest skierowany do stymulowanego błędnika lub porażenny z kierunkiem fazy szybkiej oczopląsu do błędnika z obniżonym napięciem.

Poza oczopląsem wahadłowym, który jest jednofazowy, oczopląs składa się z fazy szybkiej oraz fazy wolnej, którą umownie można określić jako powrót do pozycji wyjściowej [19].

Zjawisko oczopląsu opisujemy według określonych parametrów takich jak [39]:

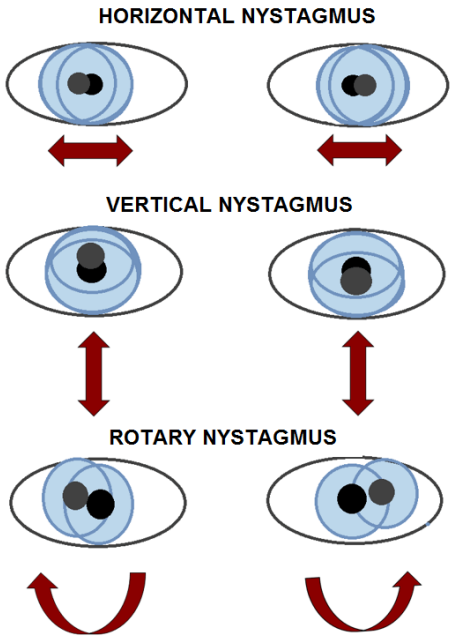
- Typ: rytmiczny (dwufazowy) lub wahadłowy
- Postać: pionowy lub poziomy, skośny lub obrotowy, a także mieszany, kiedy zawiera co najmniej 2 komponenty
- Kierunek: w prawo/ lewo, w górę lub dół określane zgodnie z kierunkiem fazy szybkiej oczopląsu
- Szybkość: gdzie liczba wychyleń gałek ocznych <40/minutę (I stopień); 40-100/minutę (II stopień), >100/minutę (III stopień)
- Amplituda: drobnofalisty (kiedy wychylenia gałki ocznej są niewielkie do 5 stopni) średniofalisty, lub grubofalisty (kiedy wychylenia są większe niż 15 stopni, lub ponad 3 mm)

- Natężenie:

  - I stopień - występuję jedynie przy patrzeniu w kierunku fazy szybkiej

  - II stopień - również przy patrzeniu na wprost

  - III stopień – przy patrzeniu równiej w stronę fazy wolnej



Rycina 4. Rodzaje oczopląsu w zależności od postaci (poziomy, pionowy, obrotowy lub mieszany) (pobrano dnia 22.03.2026 z *https://icrcat.com/en/nystagmus/)*

Oczopląs dzielimy również na samoistny lub indukowany:

a) Samoistny – występujący bez uchwytnego bodźca, powstający fizjologicznie np. optokinetyczny lub przy skrajnym ustawieniu gałek ocznych lub w następnie procesów patologicznych na poziomie narządu przedsionkowego, nerwu lub jąder przedsionkowych a także OUN [87].

b) Indukowany - powstaje na skutek drażnienia receptorów błędnika. Czynnikami drażniącymi mogą być przyspieszenia kątowe, bodziec optokinetyczny. W trakcie próby kalorycznej są to zmiany temperatury wprawiające endolimfę w ruch, a także drażnienie prądem galwanicznym [28].

I.4.2. Elektronystagmografia i videonystagmografia

Badania te rejestrują reakcje oczopląsowe gałek ocznych powstające na skutek pobudzeń receptorów narządu przedsionkowego bodźcami kalorycznymi, kinetycznymi i położeniowymi, a także przez pobudzenia narządu wzroku poruszającymi się bodźcami świetlnymi. Są to więc metody badań rejestrujące reakcje motoryczne powstające na skutek odruchu przedsionkowo-okoruchowego (VOR) oceniając sprawność odruchu. Badania ENG oraz VNG nie rejestrują zatem zjawisk zachodzących bezpośrednio w błędniku czy nerwie przedsionkowym a efekty powstających w błędniku pobudzeń [5].

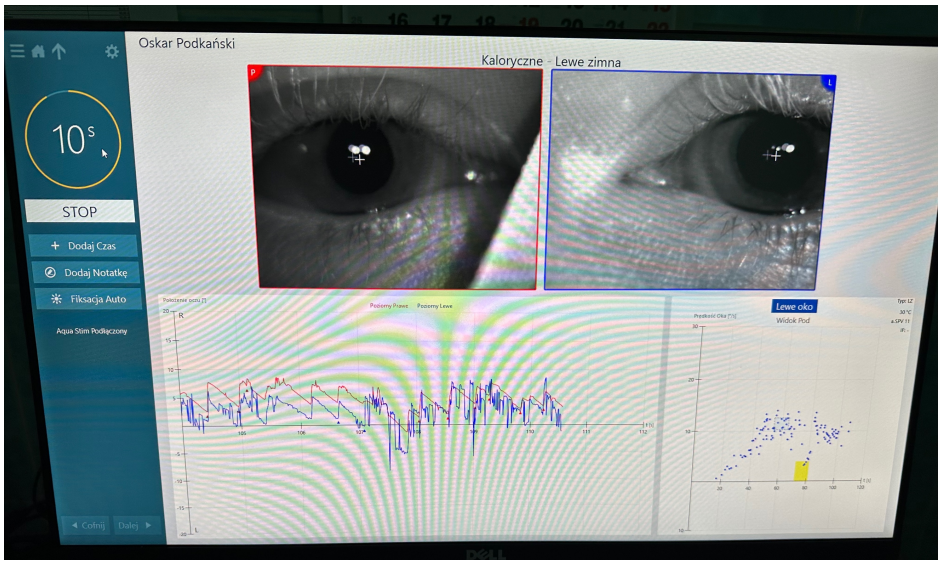
Badania ENG oraz VNG są uważane za równorzędne metody oceny funkcji układu przedsionkowego [23]. W obu metodach na skutek pobudzeń czuciowych woreczka i łagiewki ucha wewnętrznego, podczas przyspieszeń liniowych oraz osklepków kanałów półkolistych podczas przyspieszeń liniowych, a także pobudzeń z receptorów wzroku dochodzi do ruchów mięśni okoruchowych gałek ocznych, wywołując czynność ruchową gałek ocznych (tzw. oczopląs). Metody te różnią się między sobą sposobem rejestracji ruchu gałek ocznych [22].

Podstawą badania elektronystagmograficznego jest wykorzystanie faktu, że gałka tworzy dipol elektryczny z dodatnie naładowaną rogówką oraz ujemnie naładowaną siatkówką. Wokół gałki ocznej tworzy się pole elektrostatyczne, które zmienia się przy ruchach gałki ocznej w oczodole. Istotą ENG jest rejestracja zmian natężenia pola za pomocą elektrod umieszczonych wokół oczu i zapis w postaci graficznej [1].



Rycina 5. Badanie ENG w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML . Rozmieszczenie elektrod wokół oczu pacjenta.

W badaniu videonystagmograficznym do rejestracji ruchów gałek ocznych wykorzystywana jest kamera wideo i źródła światła podczerwonego, które rejestrują ruchy źrenicy oka [29].



Rycina 6. Graficzny zapis ruchu oczopląsowego gałek ocznych w trakcie próby kalorycznej w metodzie VNG (źródło: materiały własne}

Przyjęło się, że zapis ruchów gałek ocznych w obu metodach przedstawiany jest graficznie w postaci wykresów. W 1960r. podczas zjazdu w Genewie przyjęto, że przemieszczenie gałki ocznej w prawo odpowiada wychyleniu „pisaka" na wykresie w górę, natomiast przemieszczenie w stronę lewą odpowiada wychyleniu „pisaka" w dół [5].
Dla ruchów w płaszczyźnie pionowej wychylenie pisaka jest zgodnie z kierunkiem wychylenia.
VNG oraz ENG nie mogą rejestrować ruchów obrotowych gałek ocznych.



Rycina 7. Badanie VNG w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML. Ruchy źrenic gałek ocznych rejestrowane w trakcie badania przez kamerę umieszczoną w goglach.
(źródło: materiały własne)

Wskazaniem do badania ENG lub VNG jest wykluczenie lub potwierdzenie uszkodzenia obwodowego narządu przedsionkowego (głównie kanału półkolistego bocznego), oraz ewentualne określenie miejsca uszkodzenia układu przedsionkowego, wskazując na część obwodową lub ośrodkową. W praktyce klinicznej badania te mogą być wykorzystywane również do monitorowania przebiegu chorób błędnika.

Metoda	Zalety	Wady
ENG	• Nieinwazyjna, komfortowa dla pacjenta • Dokładny zapis ruchów poziomych • Rozdzielczość ok. 1^0 wychyleń kątowych gałek ocznych • Możliwa do wykonania u niewspółpracujących pacjentów • Możliwy zapis badania przy zamkniętych oczach	• Niestabilne elektrody aparatu, wrażliwe na pocenie skóry, zmieniające jej oporność • Zmienność potencjału siatkówkowo-rogówkowego niezależna od ruchu gałki ocznej na skutek zmian oświetlenia, ucisku mechanicznego lub stanu emocjonalnego pacjenta • Zakłócenia elektromiograficzne • Brak możliwości oceny oczopląsu rotacyjnego
VNG	• Nieinwazyjna, komfortowa dla pacjenta • Rozdzielczość $0,5^0$ i wyższa • Możliwość identyfikacji zaburzeń fiksacji • Rejestracja ruchów gałki ocznej w płaszczyźnie poziomej, pionowej i obrotowych • Możliwa obserwacja ruchów oka w czasie rzeczywistym	• Zapis i interpretacja wrażliwe na łzawienie oczu, przymknięcie powiek i mruganie, a także ze względu na makijaż, zaćmę czy zmiany na tęczówce • Lęk niektórych pacjentów ze względu na wymuszoną ciemność przez maskę zakrywającą oczy • Możliwy dyskomfort związany z maską aparatu (rozmiar, kształt, ułożenie) • Brak możliwości obserwacji gałek ocznych przy oczach zamkniętych • Brak możliwości uzyskania wiarygodnego zapisu oczopląsu, kiedy ruch gałek ocznych jest niezborny • Możliwość oceny oczopląsu podczas próby Dix-Hallpike'a

Rycina 8. Zalety i wady technik ENG i VNG

(opracowanie własne na podstawie: Niemczyk K. i wsp. *Otorynolaryngologia Kliniczna* T. I str. 92)

Elektro- oraz videonystagmografia to złożone badania diagnostyczne, składające się z szeregu możliwych do wykonania testów, w tym:

1) badania oceniające czynność okoruchową i odruchy wzrokowo-okoruchowe:
   - Test stabilności spojrzenia
   - Test sakadowy
   - Test optokinezy
   - Test śledzenia
2) ocena oczopląsu samoistnego oraz oczopląsu w testach położeniowych,
3) testy kaloryczne,
4) testy kinetyczne.

Test stabilności spojrzenia

Badanie wykonywane jest w celu oceny zdolności utrzymania stabilnego ustawienia gałek ocznych podczas patrzenia na nieruchomy punkt. W trakcie badania pacjent ma za zadanie utrzymanie wzroku na wyświetlanym punkcie znajdującym się na wprost oka oraz przesuniętym odśrodkowo w płaszczyźnie pionowej i poziomej o około 30 stopni. Prawidłowo pacjent powinien utrzymać spojrzenie, a w związku z tym ustawienie gałek ocznych winno pozostać bez ruchu przez co najmniej 10 sekund.

Z nieprawidłowości jakie możemy zaobserwować podczas tego testu to: pojawiający się oczopląs, ruchy sakadowe oraz inne nieprawidłowe ruchy gałki ocznej (np. trzepotanie, opsoklonie) [88].



Rycina 9. Badanie fiksacji (stabilności spojrzenia), oraz ocena oczopląsu samoistnego w trakcie badania ENG w pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML (źródło: materiały własne)

Test sakadowy

Sakady to szybkie ruchy nastawcze gałek ocznych, które mają na celu szybką zmianę kierunku spojrzenia i przemieszczenie oglądanego obrazu na plamkę żółtą siatkówki oka.

W trakcie badania obraz wyświetlany zostaje losowo w różnych miejscach w płaszczyźnie pionowej i poziomej, w odchyleniu do 30^0 od centralnego położenia gałek ocznych. W trakcie oceny ruchomości gałek ocznych oceniana jest szybkość reakcji na zmianę pozycji wyświetlanego obrazu, czyli tzw. latencja, precyzja ruchu gałek ocznych, szybkość i symetria

ruchu oczu. [32] Nieprawidłowości ruchów sakadowych oczu wynikają najczęściej z zaburzeń w obrębie ośrodkowego układu nerwowego lub czynności mięśni okoruchowych.

Wydłużenie latencji może być spowodowane zaburzeniami pnia mózgu, chorobami neurodegeneracyjnymi np. choroby Parkinsona lub choroby Alzheimera, ale także przy braku koncentracji lub senności pacjenta. Zatrucie lekami także może wydłużyć czas reakcji gałek ocznych.

Dokładność trafiania sakad w obserwowany punkt może prezentować się pod postacią ruchów hipsometrycznych (kiedy ruchy sakadowe są zbyt krótkie) lub hipermetrycznych (ruchy za długie). Zaburzenia te mogą występować u osób z deficytem pola widzenia, uszkodzeniach robaka móżdżku (hipermetria w jednym kierunku z hipometrią w stronę przeciwną), w guzach kąta mostowo-móżdżkowego, a także przy zatruciu lekami.

Prędkość. Zbyt szybkie ruchy sakadowe najczęściej wynikają z przyczyn technicznych i błędnej kalibracji sprzęty. Zbyt wolne ruchy towarzyszą zaburzeniom tworu siatkowatego porażeniu międzyjądrowemu, mogą występować także u osób cierpiących na stwardnienie rozsiane czy toczeń rumieniowaty układowy. Zatrucie lekami np. barbituranami również jest przyczyną wolnych ruchów sakadowych.

Test śledzenia

Odruch śledzenia gałek ocznych służy utrzymaniu ostrego obrazu na siatkówce podczas obserwacji poruszającego się obiektu. Badanie przeprowadza się polecając pacjentowi obserwację obiektu przemieszczającego się jednostajnym ruchem wahadłowym. Pacjent ma zadanie śledzić oczami obiekt utrzymując nieruchomo głowę. Zakres ruchu wynosi do 20^0 w obu kierunkach od położenia centralnego [30,32]. W trakcie badania ocenia się płynność ruchu oczu, sprawdzając czy jest on prawidłowy, bez nakładających się sakad i symetryczny dla obu gałek ocznych. Dodatkowo oceniany jest tzw. współczynnik nadążania, czyli *gain*.
Prędkość oka powinna być taka sama jak prezentowanego obiektu – w takim przypadku określamy *gain* równy 1. Kiedy prędkość gałek ocznych jest mniejsza niż prezentowanego obiektu wartość *gain* wynosi <1.
Do najczęstszych przyczyn zaburzeń wyniku testu śledzenia należą:

- choroby neurodegeneracyjne (choroba Parkinsona, choroba Alzheimera) [82,83],
- leki,
- podeszły wiek pacjenta,
- dysfunkcje OUN (guzy kąta mostowo-móżdżkowego, uszkodzenia móżdżku czy śródmózgowia).

Ostre jednostronne uszkodzenie narządu przedsionkowego może również dawać nieprawidłowości podczas testu śledzenia. U pacjentów z występującym oczopląsem samoistnym prędkość śledzenia jest wolniejsza w kierunku wolnej fazy oczopląsu oraz mogą występować dodatkowe sakady korekcyjne.

Test optokinezy

Optokineza, czyli ciągły ruch pola widzenia wywołuje reakcję gałkoruchową, przejawiającą się śledzeniem przemieszczającego się obrazu z następczym szybkim ruchem oczu w przeciwnym kierunku, kiedy obraz znika z pola widzenia. Reakcję tą nazywamy odruchem optokinetycznym, który ma za zadanie utrzymanie dobrego obrazu na siatkówce [47]. Za powstanie odruchu optokinetycznego odpowiedzialne są obszary od poziomu kory mózgowej, móżdżku, do jąder nerwów okoruchowych, a także siatkówki oka i nerwu wzrokowego. Aby wywołać odruch optokinetyczny przemieszczający się obszar powinien zajmować co najmniej 90% pola widzenia, dając złudzenie bycia w trakcie ruchu wirowego.

Test ten wykonuje się polecając pacjentowi patrzenie na ekran najczęściej wyświetlający przemieszczające się ze stałą prędkością biało-czarne pasy lub szachownicę oraz liczenie przemieszczających się punktów (pasów). Obserwujemy powstającą u pacjenta reakcję optokinetyczną. W trakcie badania oceniamy reakcję ruchową gałek ocznych – ich symetrię, płynność ruchu i nadążanie (*gain*) za przemieszczającym obrazem.

Test optokinezy powinien być oceniany łączenie z testem śledzenia, ponieważ są to współpracujące ze sobą układy, wywołując zaburzenia w każdym z nich.

Uszkodzenia czynności narządu przedsionkowego mogą dawać nieprawidłowości testu optokinezy. W ostrym jednostronnym uszkodzeniu błędnika często obserwujemy przewagę kierunkową oczopląsu optokinetycznego (wzrost fazy wolnej w kierunku uszkodzonego błędnika). Nieskompensowane uszkodzenie narządu przedsionkowego daje asymetryczny wynik współczynnika nadążania optokinezy przy prawidłowym teście śledzenia. Symetryczne obniżenie współczynnika nadążania optokinetycznego przy prawidłowym teście śledzenia występuje w chorobach siatkówki, a także dróg wzrokowo-okoruchowych.

Nieprawidłowości testu optokinezy występują również w patologiach OUN (guzach kąta-mostowo-móżdżkowego, pnia mózgu czy kory mózgowej w części potylicznej) [1].

Oczopląs samoistny

Jest to mimowolny rytmiczny ruch gałek ocznych występujący bez żadnego pobudzenia nystagmogennego. Uważa się, że za jego powstanie odpowiada zaburzenie równowagi spoczynkowego napięcia układów przedsionkowych, skutkujące zwiększeniem potencjału jednego z nich, a w związku z tym pobudzenie czynności mięśni gałkoruchowych. Oceniany jest w pozycji wyjściowej gałek ocznych z użyciem okularów Frenzla.

Za występowanie oczopląsu samoistnego może odpowiadać dysfunkcja na różnych poziomach układu przedsionkowego, zarówno obwodowych jak i centralnych szlaków OUN.

Charakter występującego oczopląsu często pozwala wnioskować, czy uszkodzenie dotyczy części obwodowej lub centralnej układu przedsionkowego [86].

Tabela 1. Cechy oczopląsu samoistnego i spojrzeniowego obwodowego i centralnego (źródło: opracowanie własne na podstawie: Narożny W. Zarys Otoneurologii, tom 1, str. 127)

Objaw	Obwodowy	Centralny
Kierunek	Stały w różnych położeniach gałki ocznej, poziomo-obrotowy	Może zmieniać kierunek zależnie od spojrzenia, zwykle w jednej płaszczyźnie
Wpływ fiksacji	Osłabienie	Bez wpływu lub nasilenie
Wpływ spojrzenia	Nasilenie przy spojrzeniu w kierunku fazy szybkiej	Nasilenie, brak wpływu lub odwrócenie kierunku
Wpływ HIT	Nasilenie	Bez wpływu
Przebieg fazy wolnej	W zapisie faza wolna ma przebieg liniowy	W zapisie faza wolna często o przebiegu nieliniowym

Oczopląs położeniowy i napadowy ze zmiany położenia

Oczopląs pojawiający się w pewnych ułożeniach głowy w stosunku do siły grawitacji nazywamy oczopląsem położeniowym. W badaniu tym pacjenta powoli układa się w kilku pozycjach głowy w stosunku do podłoża znosząc fiksacje (odpowiednie okulary lub w ciemności), obserwując charakter ewentualnie występującego oczopląsu, jego kierunek, zmienność kierunku w zależności od pozycji oraz to, czy jest stały lub okresowy [31].

Badany jest w pięciu klasycznych pozycjach:

- siedzącej na wprost,
- leżącej na wznak,
- leżącej na prawym boku,
- leżącej na lewym boku,
- w pozycji Rosego (z głową odgiętą do tyłu i dołu poza kozetkę lekarską).

Obserwacja w każdej z pozycji trwa minimum 30 sekund.

Do klinicznej oceny oczopląsu położeniowego stosujemy klasyfikację wg Nylena [33] gdzie:

- Nylen I – oczopląs zmieniający kierunek ze zmianą położenia głowy,
- Nylen II – oczopląs o stałym kierunku niezależnie od pozycji głowy,
- Nylen III – oczopląs nieregularny lub zmieniający kierunek w tej samej pozycji głowy.

Oczopląs typu II najczęściej wskazuje na obwodowy charakter uszkodzenia, natomiast typu I i III najczęściej wiąże się z zaburzeniami ośrodkowymi.

Według Aboulkera i wsp. [77] dla oczopląsu pochodzenia obwodowego typowe są: krótki czas trwania, szybko wygasająca reakcja oczopląsowa, ale silne objawy pod postacią zawrotów głowy zgłaszane przez pacjentów. Oczopląs pochodzenia ośrodkowego ma dłuższy czas utajenia, ale jest długotrwały i niewygasający w czasie obserwacji. Często pacjentowi towarzyszą skąpe zawroty głowy lub ich całkowity brak.

Ważnym jest fakt, że oczopląs położeniowy może występować również u zdrowych osób bez trwałych uszkodzeń narządu przedsionkowego, wywołany przez leki lub alkohol. [34]

Innym typem oczopląsu indukowanego jest oczopląs ze zmiany położenia. Jest to rodzaj oczopląsu, który wywoływany jest ruchem głowy do odpowiedniej pozycji tzw. pozycji krytycznej. Głównym manewrem wywołującym oczopląs u osób z dysfunkcją narządu przedsionkowego (kanałopatią) jest manewr Dix-Hallpike'a. Polega on na szybkim ruchu głowy i tułowia z pozycji siedzącej do pozycji leżącej z odgięciem głowy do dołu i rotacją do boku [46].

Przyczyną oczopląsu w takim przypadku są zmiany zwyrodnieniowe narządu otolitowego i uwolnieniem otolitów plamki łagiewki lub woreczka oraz przemieszczaniem osklepka kanału półkolistego przez pływające w śródchłonce otolity [35]. Dysfunkcja w większości przypadków dotyczy kanału półkolistego tylnego, a znacznie rzadziej kału przedniego lub bocznego [36].

Oczopląs napadowy ze zmiany położenia pojawia się po kilku kilkunastu sekundach od przyjęcia pozycji krytycznej. Jest to oczopląs poziomy z dużą komponentą obrotową,

zazwyczaj z towarzyszącymi silnymi zawrotami głowy. Charakterystyczna jest adaptacja i „wyczerpywanie się" oczopląsu przy kolejnych próbach.
Istotne jest, że większość pacjentów cierpiących na łagodne zawroty głowy ze zmiany położenia z towarzyszącym oczopląsem nie wykazuje odchyleń w próbie kalorycznej i próbach obrotowych w trakcie elektro lub videonystagmografii.

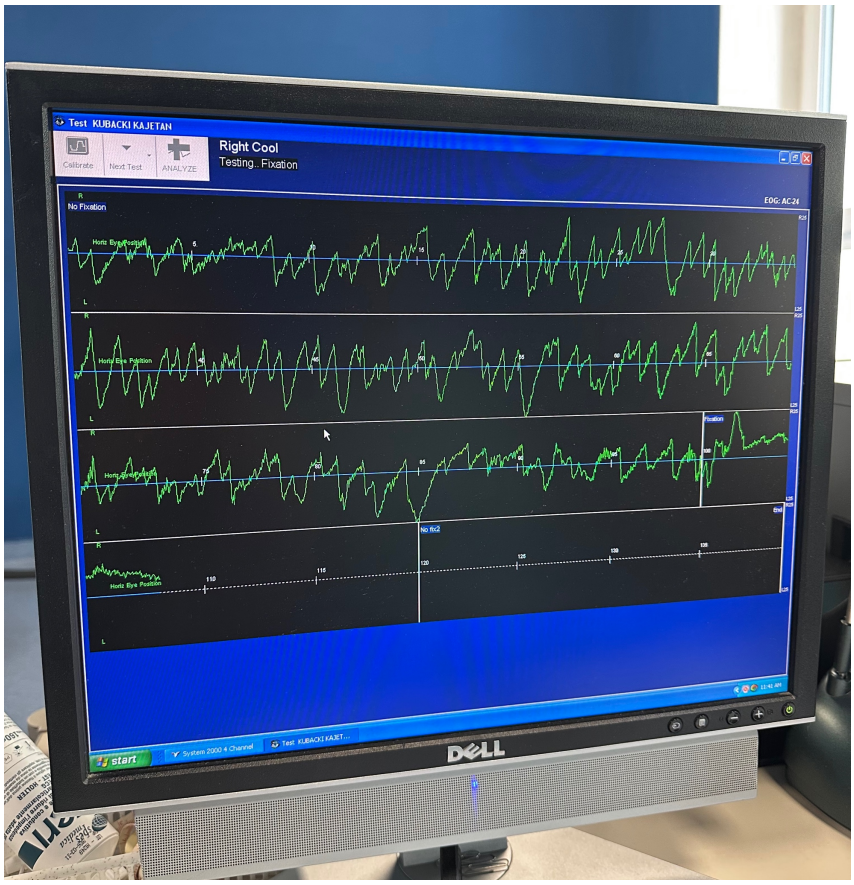
Próba kaloryczna

Kluczowym elementem badania nystagmograficznego pozostają testy cieplne, czyli tzw. próba kaloryczna. Próba kaloryczna zgodnie z techniką Fitzgeralda-Hallpike'a polega na stymulacji narządu przedsionkowego, a dokładnie kanału półkolistego bocznego, bodźcem termicznym [42]. W metodzie tej wykorzystuje się fakt, że zmiana temperatury wnętrza przewodu słuchowego zewnętrznego powoduje zmianę temperatury kości skroniowej i endolimfy kanałów półkolistych. Zmiana temperatury endolimfy zmieniając jej ciężar właściwy wywołuje jej ruch – w przypadku ogrzewania w kierunku osklepka (dołagiewkowy), a w przypadku obniżania temperatury w przeciwnym kierunku (odłagiewkowy). Pobudzanie bodźcem cieplnym generuje powstanie oczopląsu z kierunkiem fazy szybkiej do ucha drażnionego, natomiast przy pobudzaniu bodźcem zimnym, oczopląs skierowany w stronę ucha, które nie jest bodźcowane. Ważne jest, aby w trakcie badania głowa pacjenta była ułożona w odpowiedni sposób – płaszczyzna kanału półkolistego była zgodna z płaszczyzną wektora grawitacji i z wektorem zmian temperatury, tak aby bodziec termiczny mógł wywołać odpowiednią reakcję narządu przedsionkowego.



Rycina 10. Próba kaloryczna w trakcie badania VNG (po lewej) oraz badania ENG (po prawej) – stymulacja wodą w temperaturze odpowiedni dobranej przez kalorymetr. Badanie w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML (źródło: materiały własne)

Typowo w próbie dwukalorycznej Fitzgeralda-Hallpike'a pacjent leży na wznak z głową przygiętą do przodu o 30 stopni, tak aby kanał półkolisty boczny był ułożony pionowo. [38] Przewód słuchowy zewnętrzny jest stymulowany bodźcem cieplnym o temperaturze 44 stopni Celsjusza i bodźcem zimnym o temperaturze 30 stopni Celsjusza. Używa się do tego ciepłej i zimnej wody w odpowiednio dobranej temperaturze przez kalorymetr. Każde ucho jest drażnione zarówno bodźcem ciepłym, jak i zimnym, a czas drażnienia (irygacji) wynosi 30 sekund. W badaniu tym każdy z błędników badany jest osobno. [5,16]. U pacjentów z obecnym ubytkiem w błonie bębenkowej do stymulacji stosuje się powietrze w odpowiednio dobranej temperaturze, aby uniknąć nadmiernego pobudzenia narządu przedsionkowego oraz w celu zmniejszenia ryzyka rozwoju stanu zapalnego w obrębie ucha środkowego. [37]



Rycina 11. Graficzny zapis ruchu oczopląsowego gałek ocznych w trakcie próby kalorycznej metodą ENG w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML (źródło: materiały własne)

Na skutek pobudzenia przez bodźce cieplne dochodzi do wyzwolenia reakcji oczopląsowej, która pojawia się po około 20 sekundach od rozpoczęcia stymulacji, osiągając największe nasilenie po około minucie, a następnie stopniowo wygasa ustępując po około 2 minutach od początku stymulacji. Pacjent w trakcie pobudzania bodźcem kalorycznym powinien pozostawać w stanie maksymalnego skupienia, najczęściej zadając pacjentowi do wykonania proste zadanie matematyczne (np. odliczanie wstecz), aby odwrócić uwagę badanego i wyeliminować próby hamowania oczopląsu.

Obecnie oczopląs oceniany jest w okularach Frenzla i analizowany automatycznie przez oprogramowanie aparatury ENG oraz VNG. Oceniany jest charakter oczopląsu – czas trwania, amplituda, częstotliwość oraz średnia prędkość fazy wolnej oczopląsu (SPV) w czasie jego największego nasilenia.

Do kolejnych parametrów ocenianych w trakcie próby kalorycznej są [1]:

- **Całkowita reakcja kaloryczna:**

TotRE = PeakRC - PeakRW

TotLE = PeakLW - PeakLC

gdzie: TotRE i TotLE – całkowita odpowiedź ucha prawego i lewego
PeakRC i PeakLC – szczytowa reakcja ucha prawego/lewego na bodziec zimny
PeakRW i PeakLW – szczytowa reakcja ucha prawego/lewego na bodziec ciepły

Do oceny różnicy w pobudliwości obu błędników, czyli tzw. jednostronnego osłabienia i przewagi kierunkowej oczopląsu stosowane są wzory **wg. Jongkesa**

- **Jednostronne osłabienie / niedowład kanałowy (CP – canal paresis)**

$$CP = \frac{(L_{30} + L_{44}) - (P_{30} + P_{44})}{L_{30} + P_{30} + L_{44} + P_{44}} \times 100\%$$

Gdzie: L_{30} i L_{44} – odpowiedź ucha lewego na bodziec w temperaturze 30^0 i 44^0 Celsjusza
P_{30} i P_{44} – odpowiedź ucha prawego na bodziec w temperaturze 30^0 i 44^0 Celsjusza

Jednostronne osłabienie określa procentową różnicę pobudliwości obu błędników na podstawie oceny intensywności oczopląsu po stymulacji bodźcami cieplnymi.
Wartości normy dla osób niezwiązanych z lotnictwem i uznawane przez większość pracowni otoneurologicznych to CP do 20-30%.

- **Przewaga kierunkowa (DP – directional preponderance)**

$$DP = \frac{(L_{30} + P_{44}) - (P_{30} + L_{44})}{L_{30} + P_{30} + L_{44} + P_{44}} \times 100\%$$

Gdzie: L_{30} i L_{44} – odpowiedź ucha lewego na bodziec w temperaturze 30^0 i 44^0 Celsjusza
P_{30} i P_{44} – odpowiedź ucha prawego na bodziec w temperaturze 30^0 i 44^0 Celsjusza

Kolejnym bardzo istotnym parametrem wyliczanym w trakcie próby kalorycznej jest tzw. przewaga kierunkowa. Mówimy o niej, kiedy intensywność indukowanego w trakcie próby kalorycznej oczopląsu jest silniejsza w jednym kierunku aniżeli w stronę przeciwną. Oczopląs indukowany w stronę prawą powinien być w przybliżeniu podobnie nasilony jak w stronę lewą. Wartość przewagi kierunkowej wyrażana w procentach uznawana jest za normę,

kiedy wartości DP wynoszą co najwyżej 20-30% (w zależności od pracowni otoneurologicznej).

Jest to wartość względna, oceniana jako procent całkowitej pobudliwości obu narządów przedsionkowych.

- **Indeks fiksacji (FI%)**

W trakcie wykonywania próby kalorycznej oceniany jest także wpływ fiksacji na indukowaną reakcje oczopląsową. Ocenia się nasilenie oczopląsu tuż przed i po fiksacji wzroku w trakcie próby kalorycznej. W momencie, kiedy dochodzi do całkowitego hamowania oczopląsu Indeks fiksacji wynosi 0. W przypadku częściowego hamowania oczopląsu wartości wynoszą między 0 a 100%. Wartości powyżej 100% świadczą o nasileniu oczopląsu w trakcie fiksacji wzroku

Za normę uznaje się wartości FI% poniżej 60%

Wyniki i interpretacja próby kalorycznej

Oprogramowanie komputerowe aparatów do VNG oraz ENG po ilościowej ocenie oczopląsu indukowanego w próbie dwukalorycznej i wyliczeniu wartości procentowych dla wyniku indeksu fiksacji, jednostronnego osłabienia oraz przewagi kierunkowej, pozwala zaklasyfikować je do odpowiednich typów odpowiedzi [1,86]. Są to:

1. Wyniki w normie – kiedy wartości procentowe CP, DP oraz IF% mieszczą się w granicach normy, świadczące o symetrycznej odpowiedzi obu błędników.
2. Jednostronne osłabienie pobudliwości błędnika – wartości CP bliskie 0 świadczą o podobnej pobudliwości narządu przedsionkowego obu stron. Jednostronne osłabienie, czyli różnica w pobudliwości między uchem prawym i lewym stwierdzana jest, kiedy wartości CP wynoszą **20% lub więcej**.

   Występowanie tego świadczy o deficycie w obrębie kanału półkolistego bocznego jednej ze stron lub dośrodkowych włókien nerwowych prowadzących impulsacje z narządu przedsionkowego. **Jednostronne osłabienie wskazuje na obwodowe uszkodzenie narządu przedsionkowego.** Uraz w obrębie ucha wewnętrznego, przebyte lub obecne zapalenie nerwu VIII, wodniak błędnika, a także zmiany degeneracyjne w nerwie VIII należą do możliwych przyczyn występowania tej patologii.
3. Jednostronne „porażenie" błędnika - przy całkowitym wyłączeniu czynności narządu przedsionkowego i braku reakcji na bodźce termiczne w próbie kalorycznej mówimy o porażeniu przedsionka (błędnika). Wartości CP w takim przypadku są bliskie 100%.

4. Przewaga kierunkowa - o przewadze kierunkowej mówimy, kiedy odpowiedzi w postaci reakcji oczopląsowej są silniejsze w jednym kierunku w stosunku do strony przeciwnej. Uważa się, że w większości przypadków spowodowana jest występowanie utajonego oczopląsu samoistnego lub położeniowego, ujawniającego się po zniesieniu fiksacji (rzeczywista).

   a) symetryczna - oceniamy ją jako symetryczną, kiedy jednocześnie **nie występuje** jednostronne osłabienie pobudliwości błędnika. Najczęściej wskazuje na uszkodzenie ośrodkowe, jednak nie daje dokładnej informacji o poziomie uszkodzenia oraz stronie uszkodzenia.

   b) rzeczywista – występuje, kiedy **obecne jest** jednoczesne jednostronne osłabienie pobudliwości błędnika (nieprawidłowe wartości CP) z obecnością patologicznej przewagi kierunkowej (DP) w stronę przeciwną. **Wskazuje na obwodowe nieskompensowane uszkodzenie narządu przedsionkowego**.
5. Obustronne osłabienie pobudliwości błędnika – występuje w sytuacji, kiedy odpowiedzi obu stron na bodźce cieplne są osłabione. Do czynników, które mogą prowadzić do obustronnego uszkodzenia jest ototoksyczne działanie leków, obustronne zapalenie nerwu VIII, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, choroba Meniere'a. Najczęściej jednak nie jest to wynikiem obustronnego uszkodzenia narządu przedsionkowego, a np. błędami technicznymi badania a w związku z tym nieprawidłowym przenikaniem temperatury do błędnika lub obniżeniu stanu czuwania pacjenta wywołanego lekami.
6. Nadpobudliwość przedsionkowa - w sytuacji, kiedy reakcje na bodźce cieplne są zbyt intensywne mówimy o nadpobudliwości przedsionkowej. Świadczy o tym bardzo duża amplituda oczopląsu, zwiększona szybkość i długość trwania oczopląsu. Przyczyną tego zjawiska poza sytuacjami, kiedy występuje oczopląs samoistny lub pooperacyjnie otwarte ucho środkowe, są zaburzenia ośrodkowe. Główną przyczyną jest brak hamującej funkcji móżdżku na skutek chorób demielinizacyjnych, guzów, czy przebytego urazu.

Test fotela wahadłowego

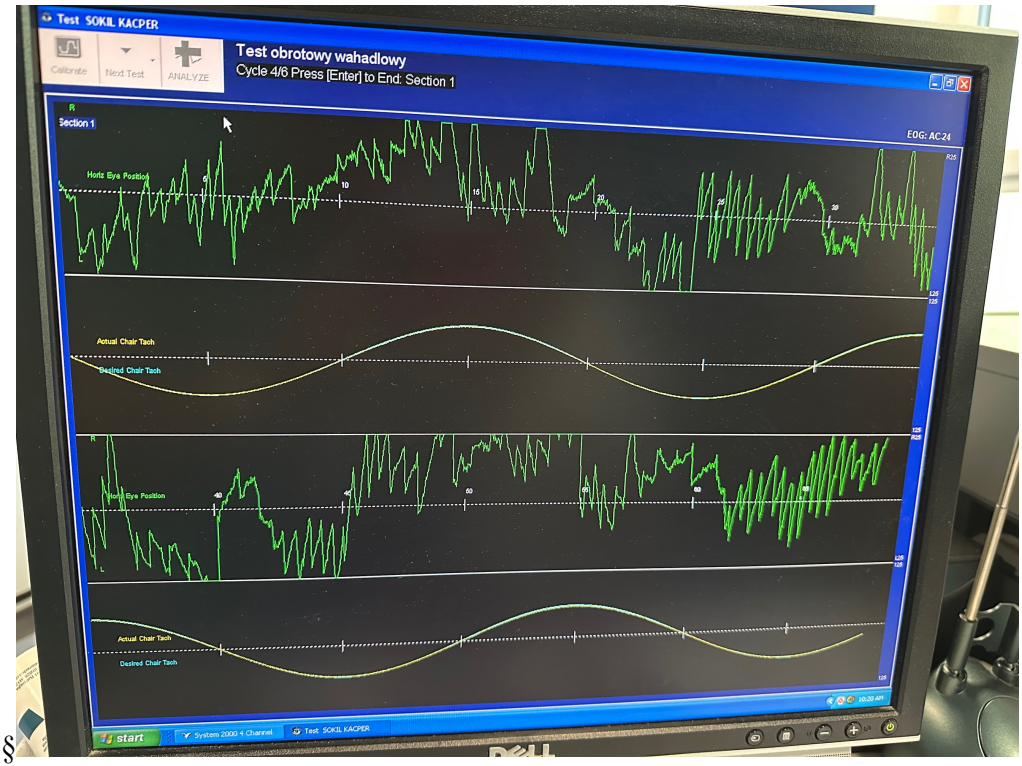
Spośród testów kinetycznych w trakcie badań VNG i ENG w diagnostyce pilotów oraz kandydatów do szkolenia w LAW wykorzystywana jest próba fotela wahadłowego o przebiegu sinusoidalnym. Jest to badanie, w którym dochodzi do jednoczesnego pobudzenia obu narządów przedsionkowych poprzez zmienne przyspieszenia kątowe, którym poddawane jest ciało badanego. Taka stymulacja jest uznawana za najbardziej fizjologiczną, gdzie narząd przedsionkowy strony lewej oraz prawej testowany i oceniany jest jednoczasowo, jako całość.

W trakcie badania pacjent, umiejscowiony na fotelu obrotowym, poddawany jest krótkim naprzemiennym półobrotom w obu kierunkach, z początkowo rosnącą a następnie malejącą amplitudą obrotów oraz niską prędkością, maksymalnie 60 stopni/ sekundę.



Rycina 12. Test fotela wahadłowego z wykorzystaniem metody VNG (zdjęcie po lewej) oraz metody ENG (zdjęcie po prawej) w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML.
źródło: materiały własne

W trakcie badania dochodzi do indukcji oczopląsu, którego parametry w tym m. in. częstotliwość oczopląsu rejestrowane są przez oprogramowanie aparatu VNG lub ENG. Po zakończeniu badania analizowana jest suma wszystkich wychyleń oczopląsowych, indukowanych w trakcie testu i wyliczana jest tzw. przewaga kierunkowa, czyli różnica totalnej częstotliwości reakcji oczopląsowych w obu kierunkach. Za normę uznajemy wartości parametrów przewagi kierunkowej (DP) < 20%.



Rycina 13. Zapis graficzny reakcji oczopląsowej gałek ocznych w trakcie testu fotela wahadłowego z wykorzystaniem metody ENG w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML (Źródło: materiały własne)

W trakcie wykonywania próby fotela wahadłowego możliwe do wykonania są dodatkowe oznaczenia, takie jak:

- Indeks fiksacji (IF) – ma za zadanie oceny czynności móżdżku, tłumiącej odruch przedsionkowo-okoruchowy. Badanie przeprowadza się, kiedy badany w trakcie ruchów półobrotowych na fotelu wahadłowym ma za zadanie ufiksowanie wzroku na punkcie umieszczonym na wprost oczu badanego. W trakcie tego testu nie powinno dojść do wywołania oczopląsu. W przypadku, kiedy oczopląs się pojawia może to świadczyć o zaburzenia czynność móżdżku (jego zdolności supresyjnych) lub w przypadku obecności silnego oczopląsu samoistnego.
- Odruch wzrokowo-przedsionkowo-okoruchowy (VVOR) – jest to odruch powstający na skutek nakładania bodźców przedsionkowych i wzrokowych. Oceniany jest u pacjenta poddawanego ruchom półobrotowym na fotelu wahadłowym z wzrokiem swobodnie skierowanym przed siebie bez fiksowania wzroku na żadnym punkcie (wzrok swobodnie pływający po obrazie przed badanym). W trakcie badania dochodzi do powstania reakcji oczopląsowych o charakterze optokinetycznym.

- Odruch przedsionkowo-okoruchowy (VOR) – jest to odruch generowany w błędniku. Badany jest u chorego po zniesieniu fiksacji (zasłonięcie oczu/ okularów) poddawanego ruchom półobrotowym na fotelu wahadłowym. Jest to test oceniający ogólną czynność nadrzędu przedsionkowego. Powinien być oceniany razem z odruchem VVOR. W większości przypadków osłabienie obu odruchów występuje łącznie i występuje na przykład w ostrym zapaleniu nerwu przedsionkowego. W przypadku, kiedy osłabieniu odruchu VOR towarzyszy prawidłowy odruch VVOR, świadczy to o silnej wzrokowej zależności pacjenta, kiedy do utrzymania prawidłowej równowagi w znacznym stopniu wykorzystuje się czynność narządu wzroku. W sytuacji odwrotnej, kiedy prawidłowemu odruchowi VOR towarzyszy nieprawidłowy odruch VVOR, często wynika to z błędu badania lub zbyt silnej fiksacji wzroku badanego (za duże skupienie badanego).
- Odruch szyjno-okoruchowy (COR) – jest to odruch generowany w proprioreceptorach szyi. Wyzwalany jest w trakcie badania, przy zniesieniu odruchu VOR, poprzez unieruchomienie głowy badanego w trakcie ruchów półobrotowych na fotelu wahadłowym. Głowa pacjenta przytrzymywana jest w trakcie testu przez badającego. Dochodzi wówczas do ruchów i skrętów szyi oraz pobudzenia proprioreceptorów wywołując odruch COR. Oceniana jest siła odruchu. W przypadku, kiedy podwyższona jest wartość współczynnika odruchu szyjno-okoruchowego może to wskazywać na patologię szyjną jako przyczynę zaburzeń równowagi pacjenta.

I.4.3. Próba Coriolisa

W trakcie ruchu lokomocyjnego, a zwłaszcza podczas lotu samolotem, ciało człowieka poddawane jest złożonym przyspieszeniom liniowym i kątowym nazywanym przyspieszeniom Coriolisa. Są one wprost proporcjonalne do prędkości ruchu liniowego, obrotowego i czasu trwania przyspieszeń. Skutkiem nakładającego się ruchu w płaszczyźnie liniowej oraz kątowej jest chaotyczny ruch śródchłonki błędnika pobudzający bańki kanałów półkolistych oraz osklepki woreczka i łagiewki. Wynikiem tego jest iluzja ruchu w płaszczyźnie innej niż rzeczywista. Objawem powstających pobudzeń jest wyzwalany chaotyczny oczopląs o zmiennym kierunku i amplitudzie oraz objawy wegetatywne, dając obraz choroby lokomocyjnej. Próba Coriolisa wykonywana jest w WIML w celach diagnostycznych pilotów i kandydatów do szkolenia w LAW, aby wykluczyć skłonność do występowania objawów choroby lokomocyjnej.

Próbę Coriolisa (test tolerancji przyspieszeń Coriolisa) przeprowadza się na fotelu obrotowym, sterowanym elektronicznie. Pacjent poddawany jest jednoczasowo ruchowi obrotowemu wokół osi pionowej ze stała prędkością 120 stopni/sek. oraz ruchowi liniowemu poprzez rytmiczne ruchy głowy w stronę prawą i lewą w płaszczyźnie czołowej. Ruchy głowy pacjent wykonuje samodzielnie w trakcie badania z częstotliwością 1 ruch/sekundę, w wyniku czego powstaje ruch złożony (efekt Coriolisa).

Uznaje się, że dobra tolerancja próby Coriolisa i pozytywny wynik badania to dwuminutowy czas jej trwania, bez wystąpienia objawów wegetatywnych. Za wynik negatywny uznajemy złą tolerancję próby zgłaszaną przez pacjenta w trakcie mniej niż dwóch minut czasu badania, z różnie nasilonymi objawami wegetatywnymi. Świadczy to o zwiększonej skłonności do wystąpienia objawów choroby lokomocyjnej oraz zdolności do prawidłowego postrzegania położenia przestrzennego i dezorientacji przestrzennej [76].

W ocenie tolerancji przyspieszeń Coriolisa wykorzystywana jest poniższa skala oceniająca stopień rozwijających się odczynów wegetatywnych.

Klasyfikacja wg Chiłowa dla próby kumulacyjnych przyspieszeń Coriolisa

- 0 stopień - brak skarg zgłaszanych przez badanego
- 1 stopień - pogorszenie samopoczucia/zblednięcie skóry
- 2 stopień - ogólne osłabienie/ nudności/ ślinotok/ wzmożona potliwość
- 3 stopień - złe samopoczucie/ silne zblednięcie/ silne nudności/ wymioty.

Test tolerancji kumulacyjnych przyspieszeń Coriolisa jest obecnie najlepszą metodą selekcyjną kandydatów szkolenia w LAW ze skłonnością do choroby lokomocyjnej.
W trakcie próby można dodatkowo wykorzystać bodziec wzrokowy (optokinetyczny) uzyskując przez to dodatkowe jednoczasowe pobudzenie układu równowagi bodźcem wzrokowym.

I.5. Aktualne orzecznictwo wojskowe w zakresie czynności narządu słuchu i równowagi

Szkolenie w Lotniczej Akademii Wojskowej w Dęblinie jest możliwe wyłącznie dla osób pełniących zawodową służbę wojskową. Przystępując do służby wojskowej kandydaci wstępnie zobowiązani są do uzyskania pozytywnego orzeczenia wydanego przez Rejonową Wojskową Komisję Lekarską. Następnie, będąc kandydatem na żołnierza zawodowego, możliwe jest ubieganie się o rozpoczęcie szkolenia w LAW, po wykonaniu niezbędnych badań lekarskich, psychologicznych oraz badań na symulatorach lotniczych w Ośrodku Badań Orzecznictwa Lotniczo-Lekarskiego WIML. W oparciu o wyniki tych badań Rejonowa Wojskowa Komisja Lotniczo-Lekarska wydaje orzeczenie o zdolności do szkolenia w wybranej przez kandydata specjalności lotniczej, umożliwiając kandydatowi rozpoczęcie postępowania kwalifikacyjnego do Lotniczej Akademii Wojskowej.

Piloci wojskowi narażeni są na niekorzystne czynniki środowiskowe działające w trakcie lotu, które to różnią się w zależności od pełnionego stanowiska. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Obrony Narodowej z dnia 22 listopada 2022 r. poz. 2400 w sprawie orzekania o zdolności do służby wojskowej i trybu postępowania wojskowych komisji lekarskich, w tych sprawach dzieli personel lotniczy i personel naziemny zabezpieczenia lotów na następujące grupy orzecznicze:

- **grupa I**:

Podgrupa IA (badania są wykonywane co 12 miesięcy):
– kandydaci na pilotów samolotów naddźwiękowych,
Podgrupa IB (badania są wykonywane co 12 miesięcy):
– kandydaci na pilotów samolotów poddźwiękowych,
– kandydaci na pilotów samolotów turbośmigłowych z fotelem katapultowym;
Podgrupa IC (badania są wykonywane co 12 miesięcy):
– kandydaci na pilotów samolotów turbośmigłowych,
– kandydaci na pilotów samolotów transportowych,
– kandydaci na pilotów śmigłowców,
– osoby ubiegające się o powołanie do służby wojskowej oraz kandydaci do służby w jednostkach/instytucjach wojskowych na stanowiskach służbowych, na których obowiązuje wykonywanie skoków spadochronowych z wysokości powyżej 4000 metrów,

– żołnierze i instruktorzy spadochronowi pełniących służbę w jednostkach/instytucjach wojskowych na stanowiskach służbowych objętych szkoleniem spadochronowym, na których obowiązuje wykonywanie skoków spadochronowych z wysokości powyżej 4000 metrów oraz przewidziani do wyznaczenia na ww. stanowiska służbowe w tych jednostkach;

- **grupa II** (badania są wykonywane co 12 miesięcy):

– kandydaci na nawigatorów pokładowych,
– kandydaci na inżynierów (techników) pokładowych,
– kandydaci na członków personelu pokładowego,
– kandydaci na żołnierzy zawodowych obsługujący bezzałogowe statki powietrzne o maksymalnej masie startowej (MTOM) > 150 kg,

- **grupa III**:

– kandydaci na członków naziemnego personelu lotniczego,
– kandydaci na członków personelu lotniczego (nawigatorzy, kontrolerzy ruchu lotniczego),
– kandydaci na członków naziemnego personelu nawigatorskiego,
– kandydaci do personelu służby inżynieryjno-lotniczej (SIL),
– kandydaci na żołnierzy obsługujący bezzałogowe statki powietrzne o maksymalnej masie startowej (MTOM) ≤ 150 kg,

Wymogi dotyczące sprawności fizycznej oraz stanu zdrowia są najbardziej rygorystyczne dla pilotów samolotów naddźwiękowych (podgrupa IA), podźwiękowych oraz turbośmigłowych (podgrupa IB) ze względu na narażenie pilotów na wysokie i zmieniające się przyspieszenia i przeciążenia, wymagające ponadprzeciętnej sprawności i barofunkcji uszu, zatok przynosowych oraz narządu przedsionkowego ucha wewnętrznego.

Przepisy zawarte w wyżej wymienionym rozporządzeniu ministra obrony narodowej regulują kwestie zdolności do pełnienia służby w stosunku do danego stanowiska.
Aktualny wykaz chorób i zaburzeń stanu zdrowia, które są podstawą orzekania komisji lekarskiej dzieli zaburzenia narządu słuchu i równowagi na kategorie określone w rozdziale V Załącznika nr 2 rozporządzenia, przedstawionym poniżej.

Tabela 2. Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej w sprawie orzekania o zdolności do służby wojskowej i trybu postępowania wojskowych komisji lekarskich w tych sprawach z dnia 23 listopada 2022 roku.

ROZDZIAŁ V – NARZĄD SŁUCHU

1	2	3	4	5	6	7	8
15	1	Wady wrodzone i nabyte oraz przewlekłe choroby ucha zewnętrznego	N	N	N	Z/N	Z/N
16	1	Jednostronne lub obustronne blizny, zaniki utkania sprężystego, rozległe zwapnienia błon bębenkowych nieupośledzające słuchu	N	Z/N	Z/N	Z/N	Z
	2	Zmiany bliznowate i zrostowe ucha środkowego upośledzające słuch	N	N	Z/N	Z/N	Z/N
17	1	Jednostronny lub obustronny ubytek błony bębenkowej nieupośledzający słuchu	N	N	N	Z/N	Z/N
	2	Jednostronny lub obustronny ubytek błony bębenkowej upośledzający słuch	N	N	N	N	Z/N
18	1	Jednostronne lub obustronne przewlekłe zapalenie ucha środkowego upośledzające słuch	N	N	N	N	Z/N
	2	Przewlekłe ropne zapalenie ucha środkowego z ubytkiem błony bębenkowej, ziarniną, polipami, perlakiem	N	N	N	N	N
19	1	Stan po wygojonych operacjach zachowawczych uszu środkowych	N	Z/N	Z/N	Z/N	Z/N
	2	Stan po wygojonej jednostronnej operacji radykalnej ucha środkowego przy prawidłowym słuchu drugiego ucha	N	N	N	Z/N	Z/N
20	1	Zmiany zwyrodnieniowe zrostowe (tympano- lub otoskleroza) ucha środkowego upośledzające słuch	N	N	Z/N	Z/N	Z/N
21	1	Jednostronne lub obustronne upośledzenie słuchu w zakresie tonów wysokich	Z/N	Z/N	Z/N	Z/N	Z/N
	2	Jednostronne lub obustronne osłabienie słuchu (przewodzeniowe lub odbiorcze)	Z/N	Z/N	Z/N	Z/N	Z/N
	3	Jednostronne przytępienie słuchu przy prawidłowym słuchu drugiego ucha	N	N	Z/N	Z/N	Z/N

	4	Jednostronne przytępienie słuchu przy osłabieniu słuchu drugiego ucha	N	N	N	N	N
	5	Obustronne przytępienie słuchu	N	N	N	N	N
	6	Trwałe zaburzenia czynności wyrównawczej ciśnienia ucha środkowego (barofunkcja)	N	N	Z/N	Z/N	Z/N
	7	Nadmierna pobudliwość przedsionkowo-wegetatywna	N	N	N	N	Z/N
	8	Zaburzenia czynności narządu przedsionkowego nieupośledzające wydolności układu równowagi	N	N	Z/N	Z/N	Z/N
	9	Zaburzenia czynnościowe lub organiczne narządu przedsionkowego upośledzające wydolność układu równowagi	N	N	N	N	N

Objaśnienia szczegółowe Do § 21:

pkt 1. Za upośledzenie słuchu wyłącznie w zakresie tonów wysokich uważa się ubytek przekraczający 40 dB (typu odbiorczego), od 4000 Hz wzwyż.

pkt 2. Przez osłabienie słuchu należy rozumieć jego ubytek dla przewodnictwa powietrznego zawarty między 26 a 40 dB, ustalony badaniem audiometrycznym i obliczony jako średnia arytmetyczna dla częstotliwości 500, 1000 i 2000 Hz.

pkt 3–5. Przez przytępienie słuchu należy rozumieć jego ubytek dla przewodnictwa powietrznego zawarty między 41 a 70 dB, ustalony badaniem audiometrycznym i obliczony jako średnia arytmetyczna dla częstotliwości 500, 1000 i 2000 Hz. Kandydaci muszą mieć prawidłowy słuch w badaniu audiometrycznym.

pkt 7–9. Zaburzenia w zakresie narządu równowagi wymagają rozszerzonego badania laryngologicznego (ENG lub VNG) oraz neurologicznego.

W próbach odczynowych narządu przedsionkowego maksymalna asymetria lub przewaga kierunkowa oczopląsu nie powinna przekraczać 20%.

I.6. Przebieg badań lekarskich kandydatów do szkolenia w LAW

Kandydaci do szkolenia lotniczego w Lotniczej Akademii Wojskowej w Dęblinie są poddawani szeregowi badań i testów, aby uzyskać pozytywne orzeczenie o zdolności do służby i szkolenia lotniczego. Orzeczenie wydawane jest przez Rejonową Wojskową Komisję Lotniczo-Lekarską na podstawie wyników badań lekarskich, psychologicznych a także badań na symulatorach lotniczych w Ośrodku Badań Orzecznictwa Lotniczo-Lekarskiego i Medycyny Pracy Wojskowego Instytutu Medycyny Lotniczej. W trakcie badań lekarskich każdy z kandydatów poddawany jest szczegółowej ocenie internistycznej z oceną układu krążenia uzupełnioną o badanie EKG, echo serca, próbę wysiłkową, ocenę neurologiczną, chirurgiczną, okulistyczną. Każdy z kandydatów poddawany jest ocenie psychologicznej. Istotną rolę w diagnostyce lekarskiej pełni ocena otolaryngologiczna, łącznie z diagnostyką otoneurologiczną.

I.6.1. Badanie otoneurologiczne kandydatów do szkolenia w LAW

Diagnostyka otoneurologiczna kandydatów do szkolenia w Lotniczej Akademii Wojskowej przeprowadzana jest Pracowni Badań Narządu Słuchu i Układu Równowagi WIML. Każdy z kandydatów po odbyciu podstawowego badania laryngologicznego, w ramach pracowni przechodzi badanie audiologiczne oceniające czynność narządu słuchu, czyli audiometrię tonalną oraz wykonywane są badania oceniające czynność narządów przedsionkowych. Są to badania nystagmograficzne - VNG lub ENG, oraz próba Coriolisa, czyli test oceny tolerancji kumulacyjnych przyspieszeń Coriolisa. Kluczowymi badaniami oceniającym czynność układu przedsionkowego są elektronystagmografia oraz videonystagmografia.

Podczas prowadzonej diagnostyki w WIML każdy z kandydatów poddawany jest losowo jednemu z równorzędnych badań - ENG lub VNG. W trakcie tych badań w Pracowni Badań Narządu Słuchu i Układu Równowagi WIML wykorzystywane są wybrane z możliwych testów wchodzących w skład badań nystagmograficznych, które są uznawane za kluczowe w wykrywaniu ukrytych dysfunkcji narządów przedsionkowych.

Do wykonywanych testów badań ENG lub VNG należy:

- ocena obecności lub braku oczopląsu samoistnego

- test kinetyczny - próba fotela wahadłowego z oznaczeniem parametru przewagi kierunkowej oczopląsu
- próba kaloryczna z oznaczeniem parametrów przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] oraz parametru jednostronnego osłabienia narządu przedsionkowego [CP].

Wymagane jest, aby uzyskane wyniki badania otoneurologicznego (badań nystagmograficznych i próby Coriolisa), tak jak w przypadku pozostałych badań lekarskich, nie wykraczały poza zakres uznawany za normę, określoną w rozporządzeniu MON. Jest to niezbędny warunek, aby kandydat mógł uzyskać pozytywną kwalifikacje do szkolenia w LAW.

I.7. Znaczenie czynności układu przedsionkowego w medycynie lotniczej

Pilot w trakcie lotu narażony jest na działanie dużych wartości przyspieszeń liniowych, kątowych, a także sił bezwładnościowych generowanych w ich trakcie. Organizm ludzki nie jest do tego przystosowany, często przekraczając wydolność narządów zmysłu, a w szczególności narządów przedsionkowych ucha wewnętrznego. Skutkiem działania sił bezwładnościowych jest niekorzystny wpływ na czynność ustroju. Reakcja organizmu na te zjawiska zależna jest od wielkości przyspieszenia, szybkości jego narastania, długości działania oraz kierunku działania sił bezwładnościowych [5].

W trakcie ruchu głowy dochodzi do przemieszczania się śródchłonki wypełniającej przewody półkoliste, woreczek i łagiewkę ucha wewnętrznego, drażniąc receptory, które są w płaszczyźnie równoległej do kierunku ruchu. Odczuwanie przyspieszenia zależne jest od jego wartości oraz czasu trwania. Przyspieszenia kątowe rejestrowane są w kanałach półkolistych, a liniowe w łagiewce i woreczku błędnika. Najniższy prób pobudzenia dotyczy kanałów poziomych, gdzie odbierane są przyspieszenia kątowe o wartości 0,05 stopnia/s2. Im większe przyspieszenie, tym większe odchylenie osklepków i bardziej intensywna stymulacja.

Nie jest to jednak całkowicie proporcjonalne, ponieważ częściowo ruchomość osklepków jest tłumiona w skutek zbyt dużej lepkości endolimfy, głównie podczas przyspieszeń krótkich, o dużych wartościach. Sytuacja ta może skutkować błędnym odczuciem istniejącego ruchu odbieranego przez pilota. Przy utrzymującym się długotrwałym ruchu, na przykład podczas lotu o stałej prędkości, kiedy osklepek wraca do swojej pierwotnej pozycji, zaburzone jest odczuwanie istniejącego ruchu obrotowego oraz nieprawidłowo oceniane zmiany prędkości kątowej lotu. Oprócz przyspieszeń liniowych receptory woreczka i łagiewki informują

o działaniu siły grawitacji na organizm człowieka. Rejestrują zmiany pozycji głowy w stosunku do kierunku działania siły grawitacji oraz kontrolują płaszczyznę, w której odbywa się ruch obrotowy. Prawidłowe odczuwalnie odchyleń ciała występuje w normalnym ułożeniu głowy w stosunku do reszty ciała. W sytuacji, kiedy wektor grawitacji nie przebiega w osi pionowej głowy, na przykład, kiedy w trakcie lotu pilot odchyli głowę, powstająca wypadkowa siła jest identyfikowana jako siła ciążenia. Przy braku kontroli wzroku, który uzupełnia informację powstające w błędniku, powstaje błędne odczucie położenia ciała pilota względem ziemi i możliwe zaburzenie orientacji [5].

Asymetria pobudliwości narządów przedsionkowych, zmienionych chorobowo, na skutek stanów zapalnych, urazu ucha lub innych skutkuje wysyłaniem asymetrycznych informacji do OUN [52]. Zwiększa to ryzyko występowania złudnych i nieprawidłowych odczuć podczas lotu np. rotacji samolotu, lub lotu w przechyle.

Zintegrowane i zgodne sygnały płynące z narządów przedsionkowych, narządu wzroku oraz proprioreceptorów mięśni głębokich warunkują prawidłową równowagę statyczno-kinetyczną [51]. Zaburzona czynność jednego z tych elementów, skutkuje utratą zdolności pilota do prawidłowej oceny położenia ciała i samolotu względem ziemi, trudności w określeniu kierunku lotu, jego prędkości, kąta skrętu samolotu oraz położenia geograficznego. Subiektywne odczucia pilota, mogą być niezgodne ze wskazaniami urządzeń pokładowych, utrudniając pilotowanie a nawet może prowadzić do katastrofy lotniczej.

Choroba powietrzna, uznawana za jedną z form choroby lokomocyjnej, nieco rzadziej występującą aniżeli choroba samochodowa czy morska [43,44]. Dysfunkcja ta jest powszechna, częściej występująca u kobiet, a podstawowe objawy dolegliwości doświadcza każdy człowiek przynajmniej raz w ciągu życia. [40, 41]. Choroba powietrzna może objawiać się u pasażerów podczas podróży samolotem oraz pilotów samolotów cywilnych i wojskowych, wpływając istotnie na zdolności do sterowania. Główną przyczynę powstawania objawów choroby lokomocyjnej wyjaśnia uznawana obecnie teoria konfliktu sensorycznego [17]. Uważa się, że pod wpływem przyspieszeń niskiej częstotliwości, zarówno liniowych, kątowych oraz ich kombinacji, czyli przyspieszeń Coriolisa, podczas trwania ruchu lokomocyjnego, dochodzi do nieadekwatnego pobudzania receptorów bańkowych i ślimakowych błędnika, a informacje o występującym ruchu docierające do ośrodkowego układu nerwowego, są sprzeczne z uzyskanymi informacjami, płynącymi z narządu wzroku i receptorów czucia głębokiego [18]. Ocena podatności do wystąpienia jej objawów jest ważnym elementem diagnostyki kandydatów do szkolenia lotniczego. Według literatury objawy choroby powietrznej występują u 10-31% pilotów kadetów trakcie szkolenia lotniczego. Częstotliwość występowania objawów

zmniejsza się jednak, na skutek adaptacji i doświadczenia wynikającego z treningu podczas zwiększania ilości przebytych lotów [45]. Istnieje szereg technik behawioralnych i zalecanych czynności w trakcie lotu, usprawniających pracę narządów przedsionkowych pilota, które mogą zapobiec wystąpieniu objawów tej kinetozy [48,49, 90]. Dodatkowo wielokrotne i długotrwałe drażnienie bodźcami kinetycznymi, na przykład w trakcie treningu na fotelu obrotowym, zwiększa tolerancję na ich działanie. Uważa się, że jedynie w 5% próby habituacji są nieskuteczne [50].

Kolejną z możliwych dysfunkcji dotykających pilotów w trakcie lotu i będącą przedmiotem zainteresowania lekarzy medycyny lotniczej jest dezorientacja przestrzenna. Opisywana jest jako stan błędnego odczuwania przez pilota pozycji, ruchu, oraz położenia ciała i samolotu, w którym się znajduje względem powierzchni ziemi [53]. Towarzyszy temu błędne postrzeganie przez pilota wektora działającej siły grawitacji oraz błędna ocena wysokości i kierunku lotu w stosunku do innych statków powietrznych. Jest uważana za najczęstszą przyczynę wypadków lotniczych z udziałem człowieka. Za przyczynę prowadzącą do rozwoju dezorientacji przestrzennej uważa się błędny i niespójny odbiór informacji z narządów zmysłów (narządów przedsionkowych, narządu wzroku, proprioreceptorów) odpowiedzialnych za utrzymanie stanu równowagi statyczno-kinetycznej ciała. Około 80% informacji dostarczanych do ośrodkowego układu nerwowego niezbędnych do utrzymania orientacji w przestrzeni pochodzi z narządu wzroku, który stanowi kluczową rolę. 15% informacji sensorycznej pochodzi z narządu przedsionkowego, a około 5% z proprioreceptorów skóry mięśni, ścięgien i stawów [54,55].

Adaptacja i habituacja mają kluczowe znaczenie w profilaktyce dezorientacji przestrzennej. Adaptacja, czyli zmniejszenie czułości układu przedsionkowego na działający bodziec, zmniejszający subiektywne objawy i zaburzenie orientacji, powstający dzięki mechanizmom ośrodkowego układu nerwowego.

Habituacja, która ma kluczowe znaczenie w lotnictwie i szkoleniu pilotów to zdolność do zmniejszenia reakcji subiektywnych i okoruchowych poprzez częste wielorazowe pobudzanie i stymulowanie narządu przedsionkowego bodźcami o podobnym charakterze. Wywołuje to zmniejszenie reakcji narządu przedsionkowego na powtarzany bodziec. Habituacja zmniejsza ryzyko rozwinięcia dezorientacji przestrzennej wśród pilotów. Do jej rozwoju konieczne są częste regularne loty, unikanie długich przerw między lotami oraz treningi w przyrządach specjalnych, lub na fotelu obrotowym z wykorzystaniem przyspieszeń Coriolisa [84,89].

W trakcie diagnostyki lekarskiej w WIML wymagane jest uzyskanie przez kandydatów ponadprzeciętnych wyników w testach oceniających czynność układu przedsionkowego.

Wyznaczone w WIML normy badanych parametrów testów czynnościowych narządu przedsionkowego są wąskie i bardziej rygorystyczne aniżeli dla osób niezwiązanych z lotnictwem. Wymaga jest więc ponadprzeciętna sprawność zdrowotna, ze szczególnym uwzględnieniem prawidłowej czynności układu równowagi. Celem tych badań jest wykluczenie wszystkich osób z dysfunkcją narządów przedsionkowych, również tych bezobjawowych z ukrytymi nieprawidłowościami, które mogłyby mieć skłonność do rozwoju kinetoz takich jak choroba powietrzna czy dezorientacja przestrzenna. Dzięki tym badaniom wyselekcjonowani kandydaci spełniają najważniejsze wymagane kryterium, jakim jest odpowiednia sprawność fizyczna zapewniająca bezpieczeństwo w trakcie lotu.

II. Założenia i cel pracy

Podjęcie tematu pracy i inspiracją do jej napisania, była obserwacja licznych przypadków pośród kandydatów do szkolenia lotniczego, diagnozowanych w Klinice laryngologicznej WIML, u których przypadkowo wykryto odchylenia w trakcie obowiązkowego badania otoneurologicznego. Znakomita większość z tych osób nie była świadoma obecności występujących zaburzeń oraz nie zgłaszała jakichkolwiek dolegliwości i niepokojących objawów. Dysfunkcje zostały wykryte podczas obowiązkowych badań wstępnych, w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi podczas badań z użyciem metody elektronystagmografii lub videonystagmografii. Zaburzenia czynności narządu przedsionkowego u większości osób nie wymagają leczenia farmakologicznego czy rehabilitacyjnego, jednak w przypadku pilotów mogą stanowić przeciwskazanie do pełnienia służby wojskowej z wykorzystaniem samolotów wysokomanewrowych. Dynamiczny rozwój lotnictwa, a w związku z tym także zaawansowanie technologiczne nowych statków powietrznych, stawiają coraz większe wymagania przed pilotami odpowiedzialnymi za prowadzenie i ich obsługę. Wiąże się to z wymaganą ponadprzeciętną sprawnością fizyczną pilota i prawidłową czynnością narządu przedsionkowego. Utajona dysfunkcja narządu przedsionkowego może się ujawnić i wywołać dolegliwości u pilota w trakcie lotu, mimo ich braku w trakcie codziennej aktywności. Stanowi to zagrożenie dla pilota, poprzez utratę zdolności do prawidłowej oceny położenia w trakcie lotu, a w związku z tym, zwiększając ryzyko wypadku. Do chwili obecnej niewiele jest badań i doniesień naukowych wskazujących na kluczowe testy i oceniane w nich parametry pomocne w ujawnieniu utajonych zaburzeń czynności narządu przedsionkowego, a także analizujących zależność uzyskanych wyników od parametrów demograficznych i biologicznych badanych kandydatów. Przeprowadzone badanie w ramach niniejszej pracy pozwoli także porównać wyniki w obu stosowanych metodach diagnostycznych. Porównanie wyników własnego badania z danymi literaturowymi pozwoli oszacować czułość obu metod badania w wykrywaniu utajonych zaburzeń oraz zmienność ich występowania uwzględniając wiek rozwojowy kandydatów, podczas badań lotniczo-lekarskich. Retrospektywna ocena czynności narządu przedsionkowego może stworzyć podstawę do usprawnienia pracy komisji lotniczo-lekarskich w codziennej praktyce.

Cel pracy

Celem pracy jest retrospektywna ocena zaburzeń czynności narządu przedsionkowego u kandydatów do szkolenia lotniczego w Lotniczej Akademii Wojskowej w Dęblinie.

Cele szczegółowe:

1. Ogólna analiza końcowych wyników badań nystagmograficznych (ENG i VNG), a w szczególności analiza rodzaju i częstości występowania wykrytych nieprawidłowości, uwzględniając metodę badania, różnice międzypłciowe i różnice wynikające z wieku osób w momencie badania.
2. Ocena wyników próby kalorycznej i próby fotela wahadłowego jako głównych składowych badań nystagmograficznych (ENG i VNG).
3. Ocena częstości występowania odchyleń w badaniu oczopląsu samoistnego dla metod ENG oraz VNG oraz nieprawidłowej tolerancji próby Coriolisa w badaniach kandydatów do szkolenia lotniczego.
4. Ogólna ocena zasadności wykonywania badań nystagmograficznych dla celów orzeczniczo-lotniczo-lekarskich, ze wskazaniem kluczowych testów oraz oceną zasadności ich powtarzania lub modyfikacji.

III. Materiał i metody badań

Opracowaniem objęto wyniki badań 1011 kandydatów do szkolenia lotniczego w Lotniczej Akademii Wojskowej w Dęblinie, przeprowadzone dla potrzeb Rejonowej Wojskowej Komisji Lotniczo-Lekarskiej, na podstawie akt lotniczo-lekarskich z lat 2020-2022. Do analizy wybrano zapisy wyników badania otolaryngologicznego i otoneurologicznego. Z akt lotniczo-lekarskich wyodrębniono i przeanalizowano wszystkie zapisy podstawowego badania przedmiotowego laryngologicznego, zapisy wykonanych testów badania videonystagmograficznego (VNG), elektronystagmograficznego (ENG) oraz próby fotela obrotowego z zastosowaniem kumulacyjnych przyspieszeń Coriolisa. Badania ENG lub VNG wykonywane były w celu wykluczenia uszkodzeń obwodowego narządu przedsionkowego lub ewentualnych zaburzeń o charakterze ośrodkowym. Są to odchylenia, które w sposób czasowy lub stały mogą wykluczyć z pełnienia służby wojskowej z wykorzystaniem statków powietrznych. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem aparatu ENG firmy MicroMedical Technologies oraz aparatu VNG firmy MicroMedical VisualEyes. Podczas badań wstępnych do Lotniczej Akademii Wojskowej wykonywane są wybrane z możliwych testów nystagmograficznych, które są kluczowe w przesiewowej diagnostyce kandydatów. Dogłębnej analizie poddano zapisy testów takich jak badanie oczopląsu samoistnego, próby kalorycznej i próby fotela wahadłowego z wykorzystaniem obu metod badania - ENG i VNG. Oczopląs samoistny badany był po obserwacji kilkunastosekundowej z fiksacją wzroku przez badanego na punkcie świetlnym wyświetlanym na ekranie. Obecność ewentualnego oczopląsu oceniano przy otwartych oczach badanego w obu metodach oraz przy oczach zamkniętych w metodzie ENG.

Próbę kaloryczną wykonywano zgodnie z techniką Fitzgeralda-Hallpike'a w pozycji leżącej z głową przygiętą o kąt 30 stopni do przodu, podając do przewodów słuchowych przez 20 sekund wodę ciepłą i zimną z kalorymetru, o temperaturze 44 i 30 stopni, dla każdego ucha z osobna. Poddano analizie otrzymane i wyliczone komputerowo wartości parametrów czynności narządu przedsionkowego – jednostronnego osłabienia (CP) i przewagi kierunkowej oczopląsu (DP).

Próbę fotela wahadłowego przeprowadzano na sterowanym elektronicznie fotelu. Badany z przygiętą do przodu głową o kąt 30 stopni wprawiany był w ruch obrotowy o zmiennej sinusoidalnie prędkości i kierunku, wokół osi pionowej. Analizowano wyliczone komputerowo wyniki parametru przewagi kierunkowej oczopląsu (TFW).

Próbę Coriolisa przeprowadzano na fotelu obrotowym, elektronicznie sterowanym, poddając badanych ruchowi obrotowemu w osi pionowej ze stałą prędkością, polecając badanym wykonywanie w trakcie testu naprzemiennych ruchów głowy z prawego na lewe ramię w celu maksymalnej stymulacji narządu przedsionkowego. Tolerancja próby, oceniana była jako prawidłowa, jeżeli badany był w stanie wytrzymać 2 minuty badania bez wystąpienia znacznych objawów wegetatywnych. W przypadku wystąpienia u kandydata w trakcie prowadzonej próby dolegliwości uniemożliwiających jej kontynuację, wynik próby uznawano za nieprawidłowy.

Kandydaci po wykonaniu testu Coriolisa oraz badaniu VNG lub ENG, mogli uzyskać jeden z trzech możliwych końcowych rezultatów:

- wynik w normie,
- wynik w normie „w granicach dopuszczalnej zmienności",
- wynik nieprawidłowy (poza normą).

Kryteria oceny

Uzyskany wynik końcowy wynikał z wartości parametrów uzyskanych w poszczególnych testach podczas badania ENG lub VNG oraz próbie Coriolisa.

Należy odnotować, że w Pracowni Diagnostyki Zaburzeń Równowagi WIML w badaniach ENG i VNG, uznawane za normę są wartości parametrów próby kalorycznej (CP, oraz DP) oraz parametru przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego wynoszące do 20%. Dopuszczalne wartości normy są więc niższe i bardziej rygorystyczne, aniżeli w większości pracowni otoneurologicznych do badań osób niezwiązanych z lotnictwem. Wynika to ze specyfiki pracy w lotnictwie, gdzie piloci poddawani są licznym przeciążeniom i częstej silnej stymulacji narządu przedsionkowego w trakcie lotu, w związku z tym wymaganej ponadprzeciętnej sprawności błędników.

Za prawidłowy końcowy wynik (w normie) oceniono te badania, w których spełnione były wszystkie poniższe kryteria:

- brak oczopląsu samoistnego,
- próba kaloryczna - wyniki jednostronnego osłabienia (CP) i przewagi kierunkowej (DP) z wartością do 19%,
- próba fotela wahadłowego – wyniki przewagi kierunkowej z wartością do 19%,
- prawidłowa tolerancja próby Coriolisa.

Końcowym wynikiem nieprawidłowym (poza normą) oceniano badania, w których wystąpił co najmniej jeden z poniższych:

- obecność oczopląsu samoistnego przy oczach zamkniętych lub otwartych,
- próba kaloryczna – wyniki jednostronnego osłabienia (CP) i przewagi kierunkowej (DP) z wartościami większymi lub równymi 20%,
- próba fotela wahadłowego – wyniki przewagi kierunkowej z wartościami większymi lub równymi 20%,
- nieprawidłowa tolerancja próby Coriolisa.

Wyniki przewagi kierunkowej fotela wahadłowego, CP i DP próby kalorycznej z wartościami w przedziale między 15-19% uznawane były jako „wyniki w granicach dopuszczalnej zmienności". Są to wyniki uznawane za normę („wąska norma") i akceptowalne dla większości stanowisk w lotnictwie. Oznaczanie tych wyników wprowadzono na podstawie wieloletnich doświadczeń badaczy z WIML, w tym badań Kaczorowskiego i wsp. [59], w celu wyodrębnienia osób o ponadprzeciętnej sprawności narządów przedsionkowych (z wynikami CP i DP do 15%), zwłaszcza planujących prace w lotnictwie na samolotach wielomanewrowych i poddźwiękowych.

Grupa kandydatów z nieprawidłowościami w badaniu otoneurologicznym (VNG, ENG, lub teście Coriolisa) uzyskała w orzeczeniu RKWL-L paragraf 21 punkt 8 warunkujący orzeczenie o niezdolności do służby na większości stanowisk lotniczych.

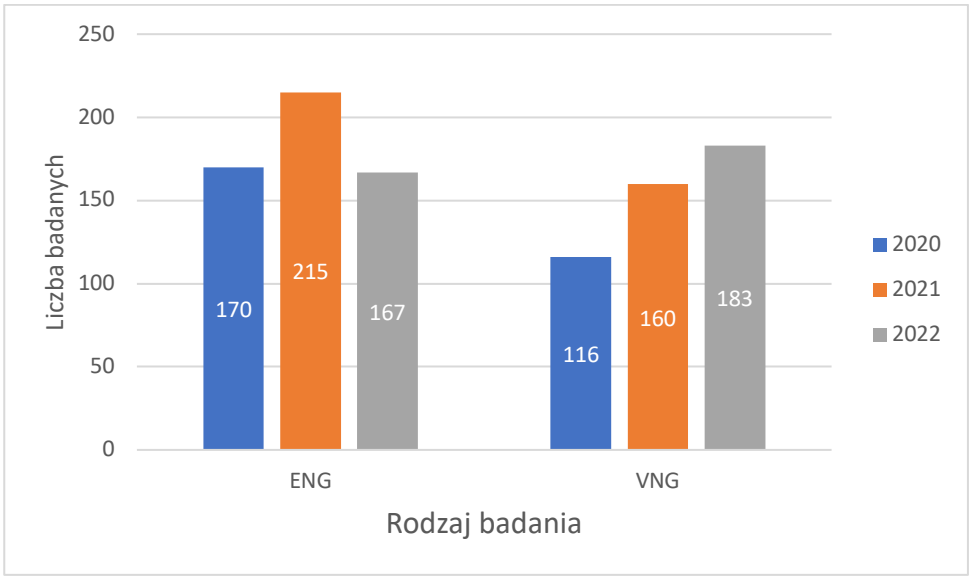
Zaburzenia czynności narządu przedsionkowego w badaniach VNG, ENG rozpoznano i opisano zgodnie z ogólnie przyjętymi kryteriami, w oparciu o literaturę, m. in w „Zarys Otoneurologii" red. W. Narożny i H. Skrażyński; „Otoneurologia" red. G. Janczewski I B. Latkowski; „Otorynolaryngologia Kliniczna" red. K. Niemczyk, D. Jurkiewicz, J. Składzień, C. Stankiewicz, W. Szyfter.

Wyniki poddano analizie statystycznej, gdzie poza statystykami opisowymi wykorzystano test U Manna-Whitneya, test t równości średnich oraz test korelacji Pearsona.

IV. Wyniki

IV.1. Charakterystyka badanej grupy

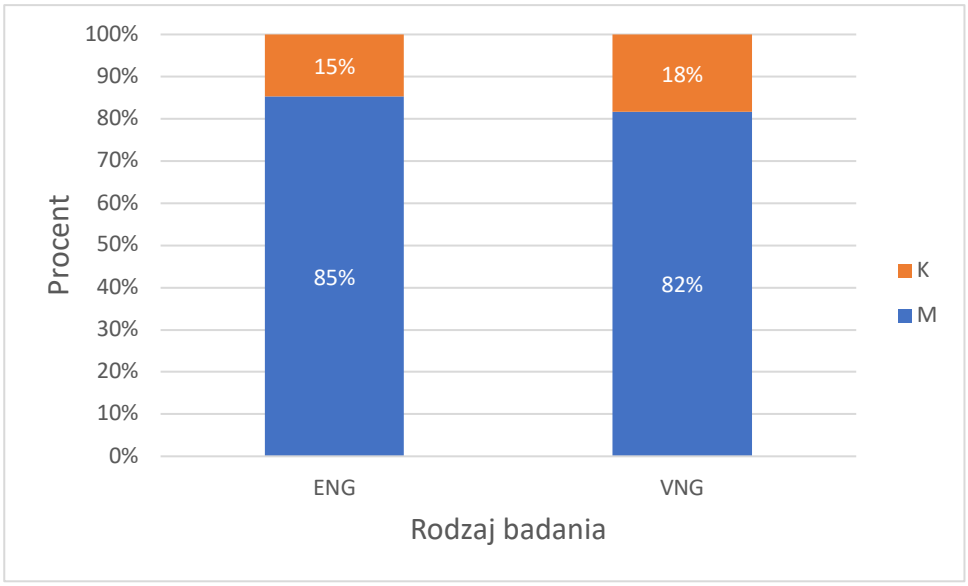
1011 osób objętych badaniem podzielono na 2 główne grupy. Pierwszą grupę 552 osób stanowili kandydaci badani metodą ENG. Drugą grupę 459 osób stanowili kandydaci poddani badaniu VNG.



Rycina 14. Liczba osób objętych badaniami VNG i ENG w latach 2020-2022

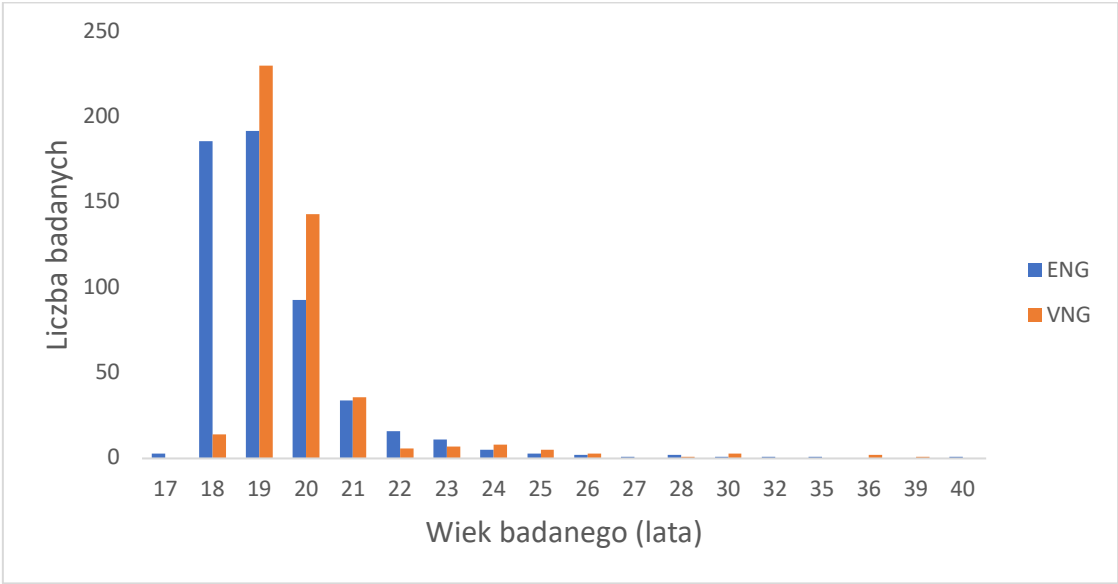
Część z badanych kandydatów miało wykonywane badanie dwukrotnie. Wiązało się to z wykrytymi nieprawidłowości w pierwotnym badaniu i koniecznością ponownej weryfikacji wyniku. U 10 osób wykonywano dwukrotnie badanie ENG, z kolei u 12 osób dwukrotnie badanie VNG. 10 kandydatów miało wykonane badanie dwukrotnie, po jednym razie każdą z metod.

Większość badanych osób stanowili mężczyźni – 84% (846 badanych osób). Kobiety stanowiły 16% badanych (165 osób). Liczbę kobiet i mężczyzn objętych badaniem przy pomocy obu metod przedstawiono poniżej na rycinie 15.



Rycina 15. Udział procentowy kobiet i mężczyzn w obu metodach badania

Średnia wieku badanych kandydatów wynosiła 19,55 lat. Dla grupy badanej metodą ENG było to 19,37 lat, a metodą VNG 19,95 lat. Najmłodsze osoby w chwili badania były w wieku 17 lat, a najstarszy badany miał 40 lat. Średnia wieku badanych mężczyzn była wyższa i wynosiła 19,65 lat, w porównaniu do kobiet, gdzie średnia ta wynosiła 19,55 lat.



Rycina 16. Rozkład liczby badanych osób każdą z metod z uwzględnieniem wieku

Znakomita większość badanych osób w chwili badania mieściła się w przedziale wiekowym między 17 a 20 rokiem życia, stanowiąc 85,9 % osób w grupie ENG oraz 84,3 % osób w grupie VNG. Kandydaci od 21 roku życia stanowili 14,4% osób grupy ENG oraz 15,7%

osób w grupie VNG. Dokładną liczbę badanych osób w danych grupach wiekowych dla obu metod przedstawiono w Tabeli 3 i 4.

Tabela 3. Liczba badanych metodą ENG

Wiek	Liczba badanych
17-20	474
21-24	66
25-28	8
29-32	1
>33	3
Razem	**552**

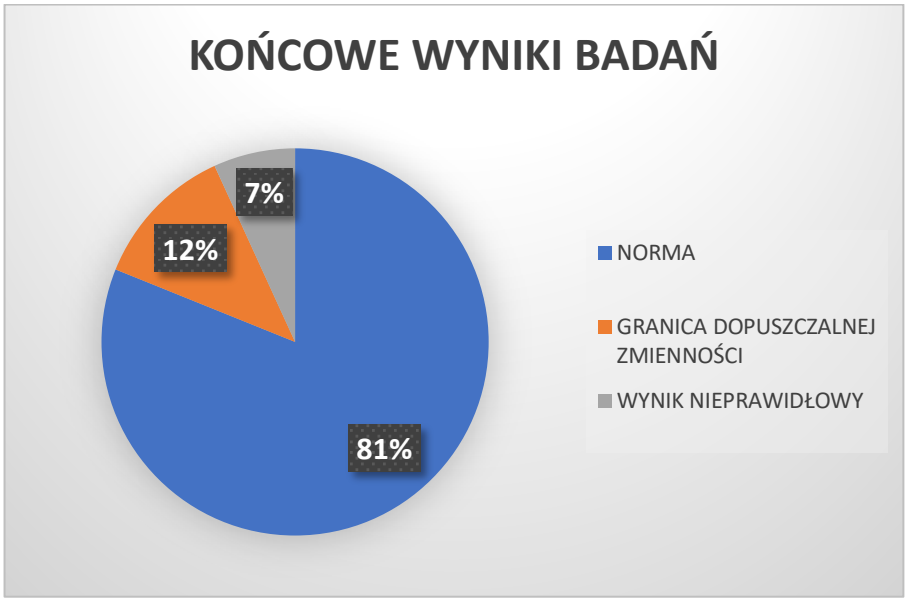
Tabela 4. Liczba badanych metodą VNG

Wiek	Liczba badanych
17-20	387
21-24	57
25-28	9
29-32	3
>33	3
Razem	**459**

IV.2. Rezultaty wykonanych badań

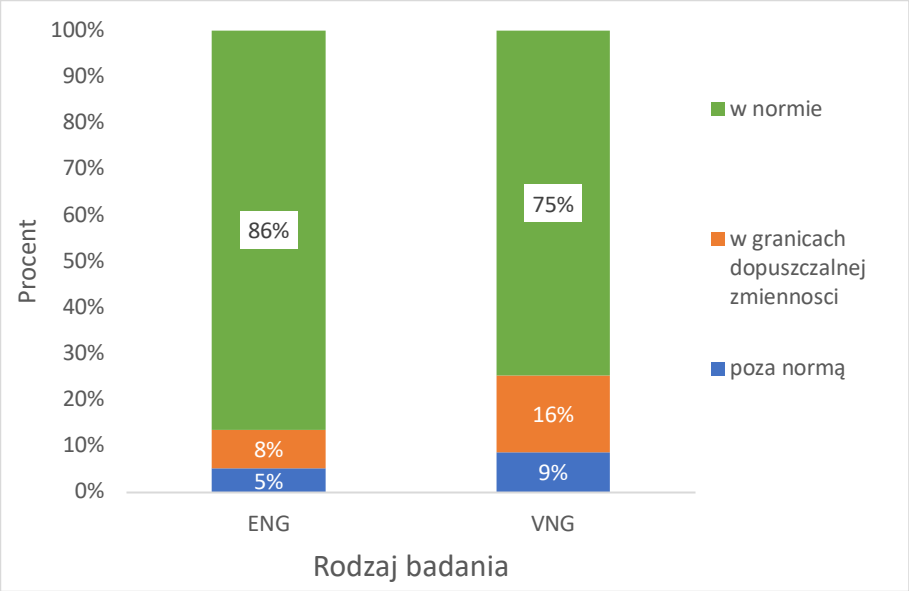
Badani po wykonaniu badania nystagmograficznego jedną z wykorzystanych metod, ENG lub VNG, łącznie z testem Coriolisa oraz oceną oczopląsu samoistnego uzyskali poniżej przedstawione rezultaty. Na ich podstawie wyniki klasyfikowano zgodnie z wcześniej wymienionymi kryteriami do grupy wyników prawidłowych, „w granicach dopuszczalnej zmienności" oraz wyników nieprawidłowych.

Znakomita większość badanych osób uzyskała prawidłowy wynik – 820 osób. Wynik prawidłowy „w graniach dopuszczalnej zmienności" uzyskały 121 badane osoby. Wynik nieprawidłowy uzyskano w 70 przypadkach. Udział procentowy poszczególnych wyników przedstawiono na rycinie 17.



Rycina 17. Ogólne wyniki końcowe dla całej grupy badanych

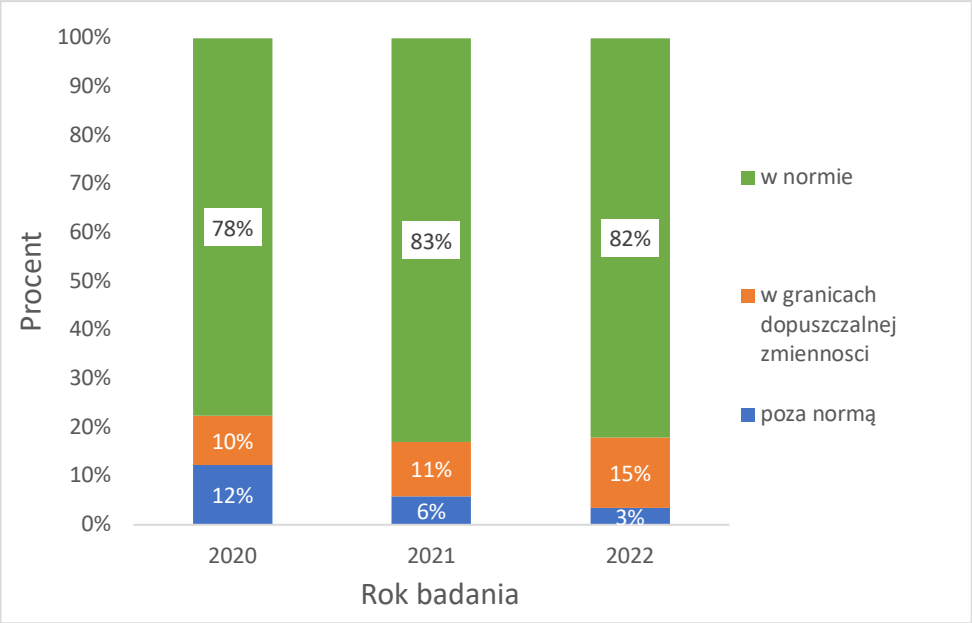
W badaniu odnotowano istotnie lepsze rezultaty u osób badanych metodą ENG. Uzyskano o 4% więcej wyników prawidłowych w porównaniu do osób badanych metodą VNG. Wyniki poza normą występowały istotnie częściej u osób poddanych badaniu metodą VNG, stanowiąc 9% wykonywanych tą metodą badań. Osoby badane metodą ENG uzyskały wynik nieprawidłowy w 5% wykonanych badań. Odnotowano również procentowo większy udział badanych z uzyskanym wynikiem „w graniach dopuszczalnej zmienności" w grupie badanych metodą VNG (16% badanych osób) w stosunku do grupy badanej metodą ENG (8% badanych). Poniżej przedstawiono zestawienie końcowych wyników dla obu metod badania.
Procentowy udział poszczególnych wyników dla obu metod przedstawiono na rycinie 18.



Rycina 18. Wyniki końcowe badań w metodach ENG i VNG

IV.2.1. Rodzaj uzyskanych wyników w poszczególnych latach badania

W badaniu odnotowano istotną różnicę w uzyskiwanych wynikach końcowych na przestrzeni kolejnych lat między 2020 a 2022 rokiem. Wyniki uzyskiwane w latach 2020 i 2021 były gorsze w stosunku do wyników uzyskiwanych w roku 2022, kiedy uzyskano znacznie więcej wyników prawidłowych oraz w „graniach dopuszczalnej zmienności". Wyniki przedstawiono na rycinie 19.



Rycina 19. Wyniki końcowe uzyskane w poszczególnych latach badania

Zmienność wyników zauważalna jest w obu metodach badań, jednak istotnie większa w przypadku badań wykonywanych metodą VNG. U kandydatów poddanych badaniu VNG w roku 2020 niemal 20% badanych uzyskało wynik nieprawidłowy. W kolejnych latach odsetek wyników nieprawidłowych był istotnie mniejszy, stanowiąc w 2021 roku 4% uzyskanych wyników, a w roku 2022 to 5,5% uzyskanych wyników.

W przypadku badanych metodą ENG również odnotowano istotnie więcej nieprawidłowych wyników w latach 2020-2021 w stosunku do roku 2022. W roku 2020 i 2021 wyniki nieprawidłowe uzyskano w 7% wykonanych badań, a w roku 2022 było to jedynie 1,2%.

IV.2.2. Rodzaj uzyskanych wyników końcowych w zależności od płci

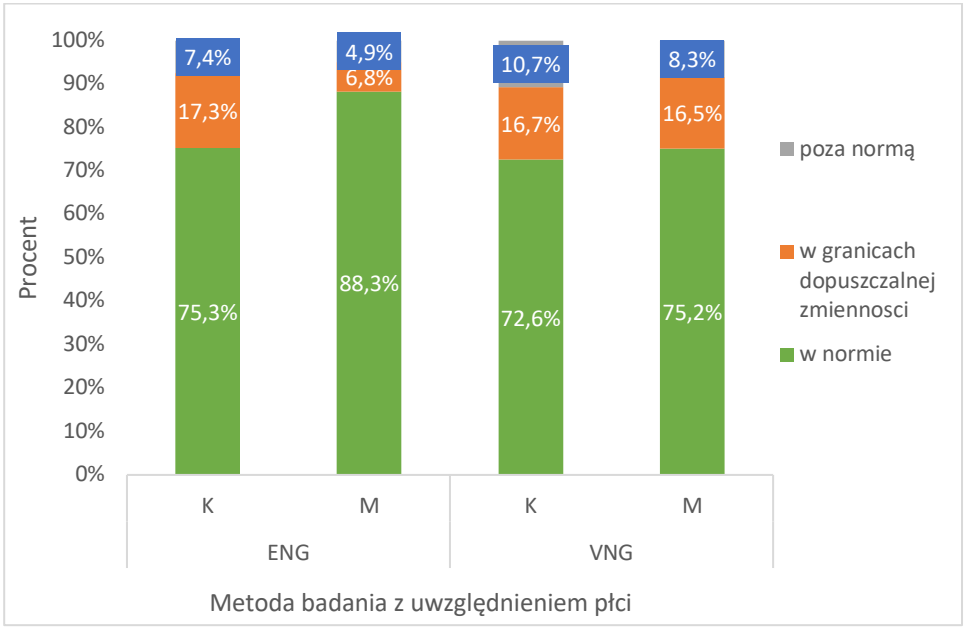
Lepsze rezultaty w badanej grupie uzyskiwali mężczyźni, gdzie stwierdzono większy procentowy udział wyników zaliczanych do normy. Mimo że liczba osób z nieprawidłowym wynikiem płci męskiej była większa (55 badanych) to procentowy udział wyników nieprawidłowych był większy w grupie kobiet, gdzie u 9,1% badanych kobiet stwierdzono wynik poza normą, w stosunku do 6,5% wyników poza normą u mężczyzn.

U kobiet badanych z użyciem metody VNG lub ENG, nie odnotowano istotnych różnic w rozkładzie procentowym uzyskiwanych końcowych wyników pomiędzy stosowanymi metodami. Odnotowano podobne wartości procentowe uzyskanych wyników, 75% wyników w normie w przypadku badania ENG i 73% badanych VNG. Wyniki prawidłowe, ale „w granicach dopuszczalnej zmienności" w obu metodach stanowiły 17% uzyskanych wyników.

W przypadku mężczyzn stwierdzono niższy procent wyników w „wąskiej normie” (nie biorąc pod uwagę wyników w graniach dopuszczalnej zmienności) u osób badanych metodą VNG, a dokładnie 13 % mniej takich wyników w stosunku do osób badanych metodą ENG. Poziom wyników poza normą był na podobnym poziomie w obu metodach badania. Dysproporcja w ilości prawidłowych wyników w obu metodach wiązała się z wystąpieniem stosunkowo większej liczby wyników „w granicach dopuszczalnej zmienności” u mężczyzn badanych metodą VNG. Procentowy rozkład wyników w obu metodach badania z uwzględnieniem płci przedstawiono w tabeli 5 oraz na rycinie 20.

Tabela 5. Rozkład procentowy uzyskanych rezultatów badań ENG i VNG z uwzględnieniem płci (w tabeli uwzględniono wyniki w zaokrągleniu)

ENG/ VNG	Płeć	w normie	granica dop. zmienności	poza normą
ENG	K	75%	17%	7%
	M	88%	7%	5%
VNG	K	73%	17%	11%
	M	75%	17%	8%

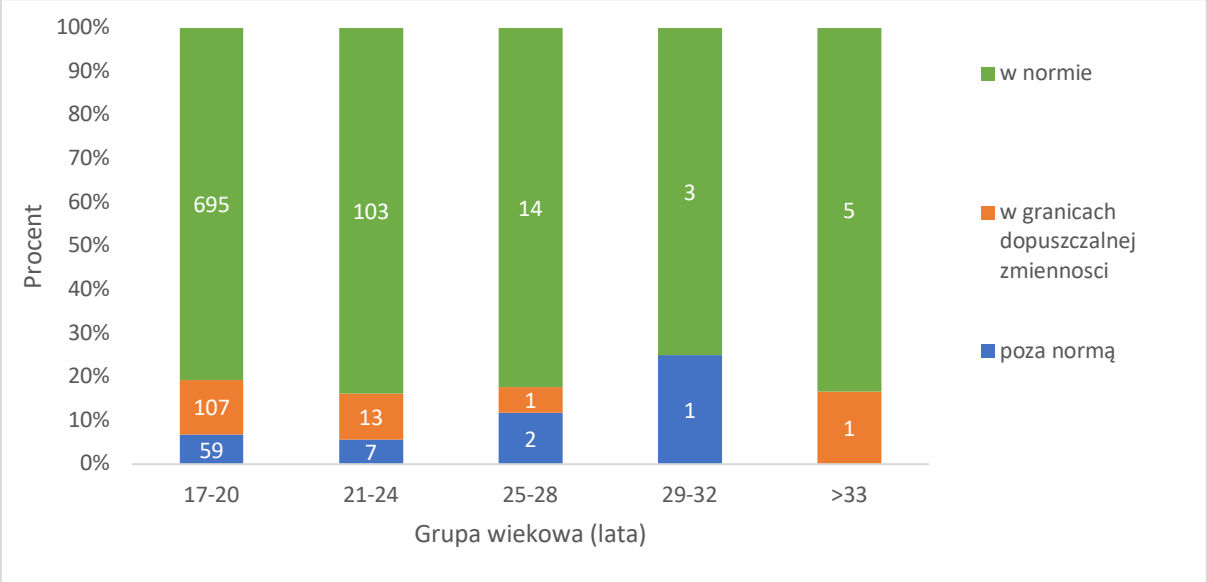


Rycina 20. Porównanie wyników końcowych w metodzie ENG i VNG dla obu płci

Porównując obie stosowane metody badania, lepsze rezultaty uzyskali pacjenci badani metodą ENG. Wyniki prawidłowe stwierdzono u 93% badanych kobiet i 95% badanych mężczyzn. W badaniu VNG liczba procentowa prawidłowych wyników była niższa o 3-4% w zależności od płci.

IV.2.3. Rodzaj uzyskanych wyników w zależności od wieku badanych

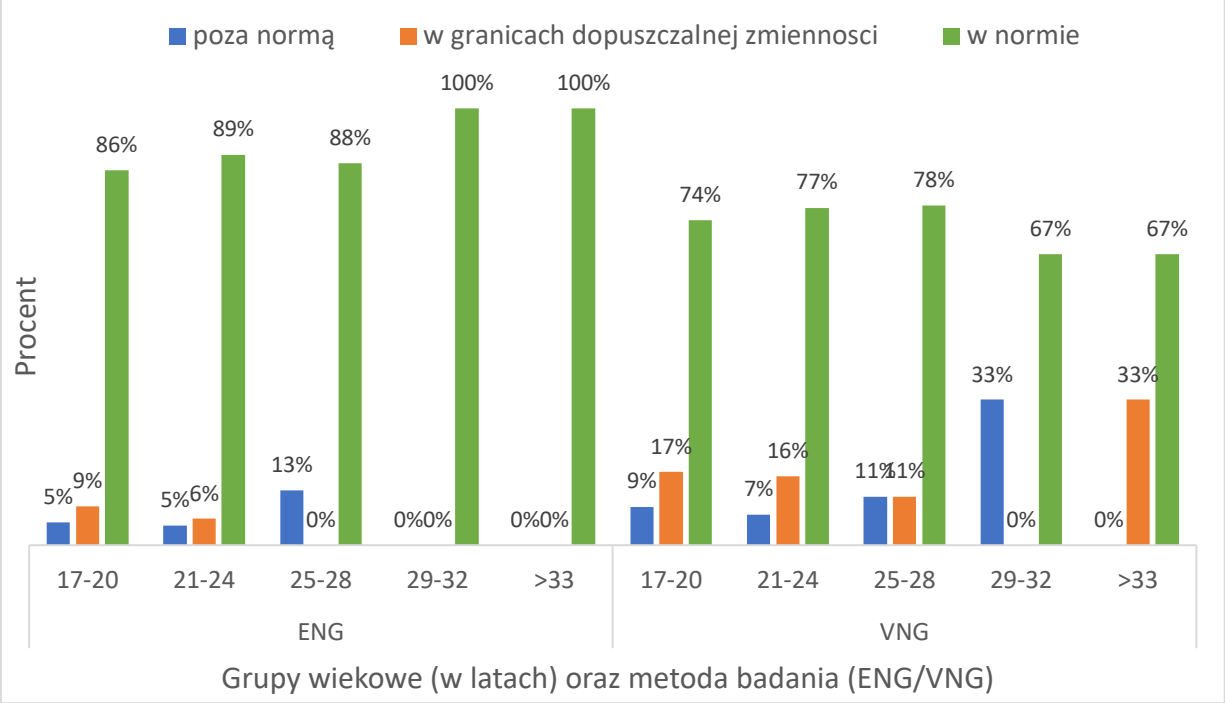
Do oceny zależności między wiekiem badanych a uzyskanymi wynikami grupę chorych podzielono na pięć kategorii wiekowych. Największą grupę 861 osób stanowili badani w wieku między 17 a 20 rokiem życia. Grupa osób w wieku między 21 a 24 rokiem życia była znacznie mniejsza stanowiąc 123 osoby. Badanych osób w wieku 25 lat lub starszych było łącznie 27. Odnotowano, że gorsze wyniki, z wyższym procentowo odsetkiem wyników nieprawidłowych, występowały w grupie osób najmłodszych w wieku 17-20 lat (7% wyników zaklasyfikowanych jako poza normą) oraz w wieku od 25 lat wzwyż. W grupie osób od 29 roku życia i starszych odsetek wyników nieprawidłowych wyniósł nawet 25%, trzeba jednak zwrócić uwagę, że grupę badanych w tym wieku stanowiło łącznie jedynie kilkanaście osób. Najlepsze wyniki, z najniższym odsetkiem wyników poza normą (6% wyników) pośród wszystkich grup, uzyskali kandydaci z grupy wiekowej w przedziale 21-24 lat.
Wyniki przedstawiono na rycinie 21.



Rycina 21. Wyniki uzyskane przez badanych w poszczególnych grupach wiekowych. Liczby w słupkach wykresu przedstawiają dokładną liczbę osób z danym wynikiem.

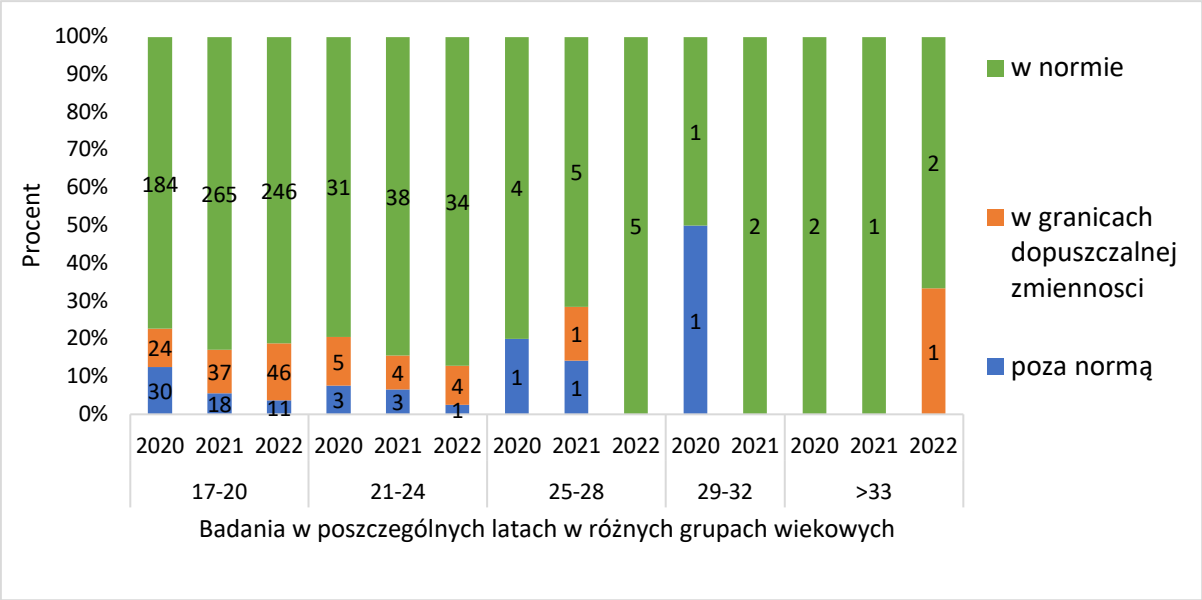
Uwzględniając metodę badania, kandydaci z dwóch najliczniejszych grup wiekowych (większość badanych), czyli osoby do 24 roku życia, uzyskały lepsze wyniki przy zastosowaniu metody ENG. Liczba wyników prawidłowych w każdej z tych trzech grup wiekowych była od 2 do 4 % większa w stosunku do wyników uzyskanych w metodzie VNG. Zauważalna jest również większa liczba wyników prawidłowych, klasyfikowanych jako „w granicach dopuszczalnej zmienności" które odnotowano w trakcie badań metodą VNG.

Osoby badane metodą VNG z trzech najliczniejszych grup wiekowych, uzyskały od 8 do 11% więcej rezultatów w GDZ (w zależności od grupy) w porównaniu do osób badanych metodą ENG. Procentowy udział wyników w poszczególnych grupach wiekowych dla obu metod badania przedstawiono na rycinie 22.



Rycina 22. Wartości procentowe danych wyników dla poszczególnych grup wiekowych, uwzględniając metodę badania

We wszystkich grupach wiekowych odnotowano istotnie większy odsetek wyników nieprawidłowych w roku 2020, w stosunku do kolejnych lat, w których wykonywane były badania. Najlepsze wyniki (najmniejszy odsetek wyników nieprawidłowych i najwyższy prawidłowych) uzyskiwano u kandydatów z każdej grupy wiekowej w roku 2022. Rozkład uzyskanych wyników dla badanych grup wiekowych w poszczególnych latach badania przedstawiono na rycinie 23.

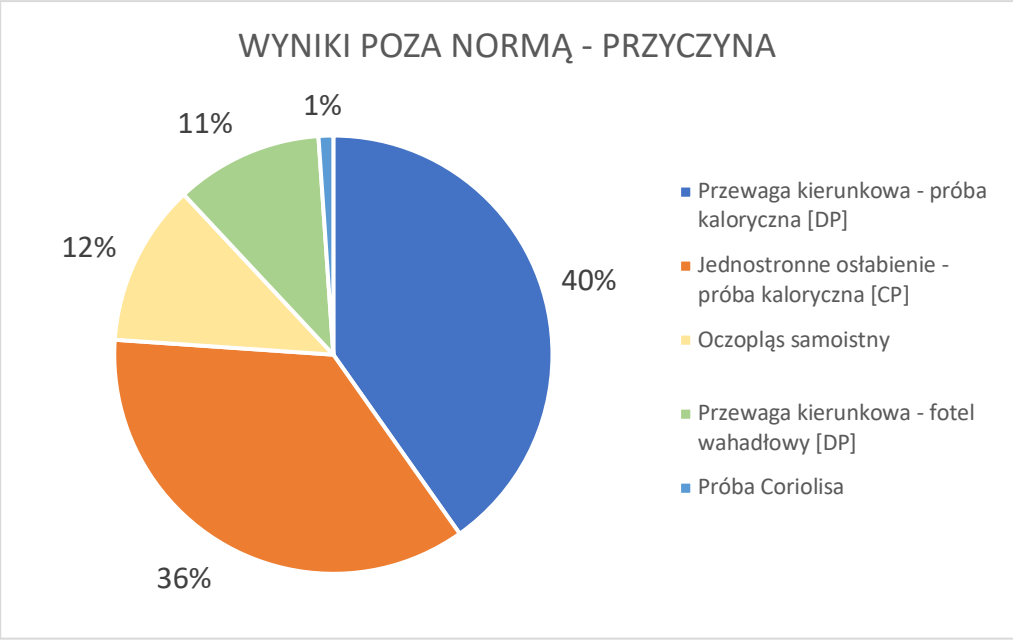


Rycina 23. Wyniki badań nystagmograficznych w różnych kategoriach wiekowych w poszczególnych latach badania.
Liczby w słupkach wskazują dokładną liczbę badanych z danym wynikiem.

IV.3 Charakterystyka uzyskanych wyników

IV.3.1. Wyniki nieprawidłowe (poza normą)

Kandydaci objęci badaniem, u których wykonano badanie VNG lub ENG, w przeważającej większości uzyskali prawidłowy wynik (81% badanych). Grupa kandydatów, która po badaniu uzyskała wynik dyskwalifikujący (poza normą) wyniosła 70 osób, stanowiąc 7% wszystkich badanych. Najczęstszą przyczyną warunkującą, że wynik uznawany był za nieprawidłowy była obecność patologicznej (co najmniej 20%) przewagi kierunkowej oczopląsu [*DP – directional preponderance*] w próbie kalorycznej. Nieprawidłowość ta występowała w 40% nieprawidłowych wyników (37 badanych obu metodami). Udział procentowy parametrów badań nystagmograficznych warunkujących nieprawidłowy wynik przedstawiono na rycinie 24.



Rycina 24. Udział procentowy danych odchyleń warunkujących nieprawidłowy wynik

Obecność tzw. *rzeczywistej przewagi kierunkowej* próby kalorycznej, czyli nieprawidłowej wartości przewagi kierunkowej próby kalorycznej z jednoczasową nieprawidłową wartością jednostronnego osłabienia [CP] u badanego, stwierdzono w 9 badanych przypadkach (24% przypadków z patologiczną przewagą kierunkową próby kalorycznej). Większość, bo aż 8 przypadków, wykryto w badaniu metodą VNG. Patologia ta została wykryta tylko u jednej osoby badanej metodą ENG.

Obecność *symetrycznej przewagi kierunkowej* próby kalorycznej, czyli przewagi kierunkowej z jednoczasową prawidłową wartością jednostronnego osłabienia [CP], była częściej wykrywanym wariantem (28 przypadków łącznie), stanowiąc 76% przypadków tej patologii. Odchylenie to wystąpiło u 19 badanych metodą VNG oraz 9 badanych metodą ENG.

Drugą co do częstości nieprawidłowością stwierdzaną w badaniach nystagmograficznych była obecność patologicznego jednostronnego osłabienia [*CP- canal paresis*] (wartości co najmniej 20%), którą stwierdzono u 33 badanych kandydatów (36% wszystkich nieprawidłowych wyników). Kolejną pod względem częstości występowania nieprawidłowością była obecność oczopląsu samoistnego, który stwierdzono w przypadku 12% nieprawidłowych wyników, czyli u 11 badanych. Obecność patologicznej przewagi kierunkowej oczopląsu w próbie fotela wahadłowego [*TFW*] stwierdzono w 11 % przypadków nieprawidłowych wyników (u 10 badanych). U jednego pacjenta, który był poddany badaniu

elektronystagmograficznemu, stwierdzono dodatkowo nieprawidłową tolerancję testu kumulacyjnych przyspieszeń Coriolisa na fotelu obrotowym, co również warunkowało wynik końcowy jako nieprawidłowy.

Warto zaznaczyć, że u 22 badanych osób (31% wyników poza normą) wykryto jednoczasową obecność patologicznych odchyleń, w co najmniej dwóch parametrach badania nystagmograficznego. Uzyskane wyniki przedstawiono poniżej:

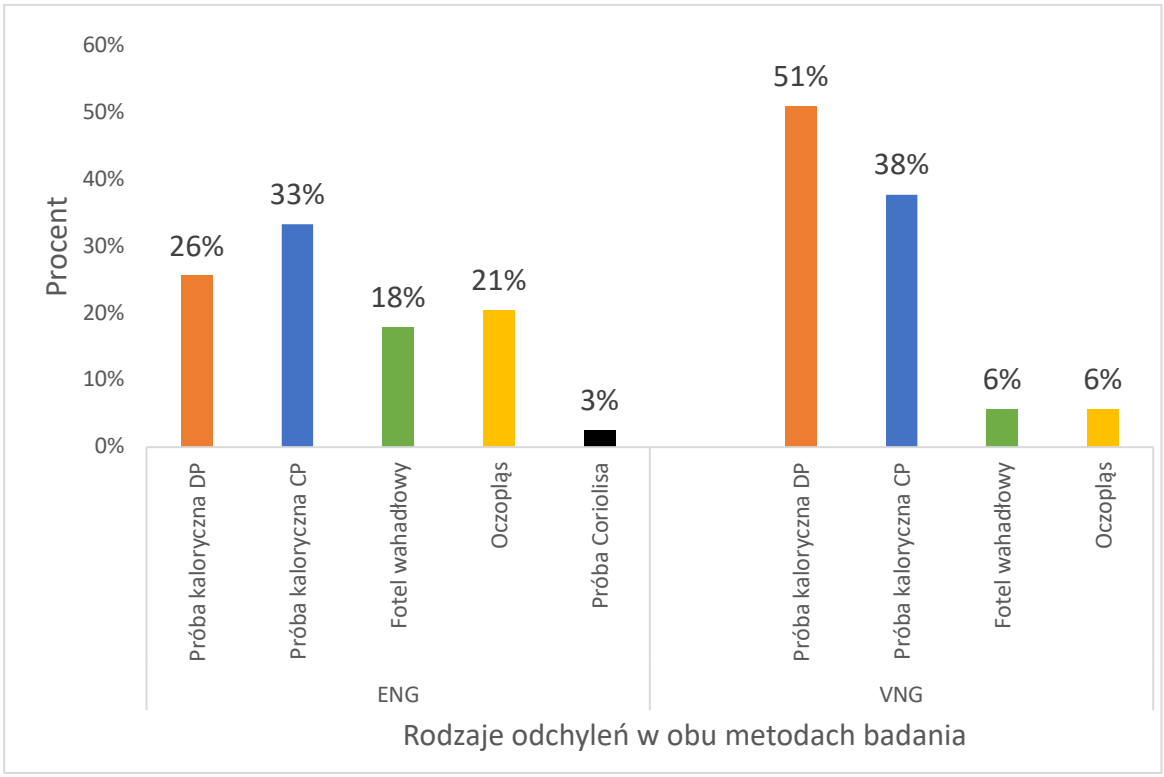
- 9 przypadków przewagi kierunkowej [DP] ze współistniejącym jednostronnym osłabieniem [CP] w próbie kalorycznej
- 4 przypadki przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej ze współistniejącym oczopląsem samoistnym
- 3 przypadki przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego ze współistniejącym oczopląsem samoistnym
- po 2 przypadki jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej ze współistniejącą przewagą kierunkową próby fotela wahadłowego lub obecnością oczopląsu samoistnego
- 1 przypadek przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej ze współistniejącą przewagą kierunkową próby fotela wahadłowego.

U jednej z badanych osób wykryto obecność trzech zaburzeń, gdzie stwierdzono obecność jednostronnego osłabienia [CP] w próbie kalorycznej ze współistniejącą przewagą kierunkową w próbie fotela wahadłowego i obecnością oczopląsu samoistnego.

IV.3.1.1. Wyniki nieprawidłowe w metodach ENG i VNG

W przypadku metody ENG najczęściej występującym odchyleniem warunkującym nieprawidłowy wynik była obecność patologicznego jednostronnego osłabienia [CP], które wykryto u 13 badanych kandydatów. U 10 badanych przyczyną nieprawidłowego wyniku końcowego była patologiczna przewaga kierunkowa oczopląsu próby kalorycznej [DP]. Kolejne co do częstości przyczyny nieprawidłowości, to obecność oczopląsu samoistnego, które odnotowano u 8 badanych, a najrzadziej występującym odchyleniem, warunkującym nieprawidłowy wynik, była patologiczna przewaga kierunkowa oczopląsu w próbie fotela wahadłowego [TFW], którą stwierdzono u 7 osób. Jeden pacjent, u którego wykonano badanie

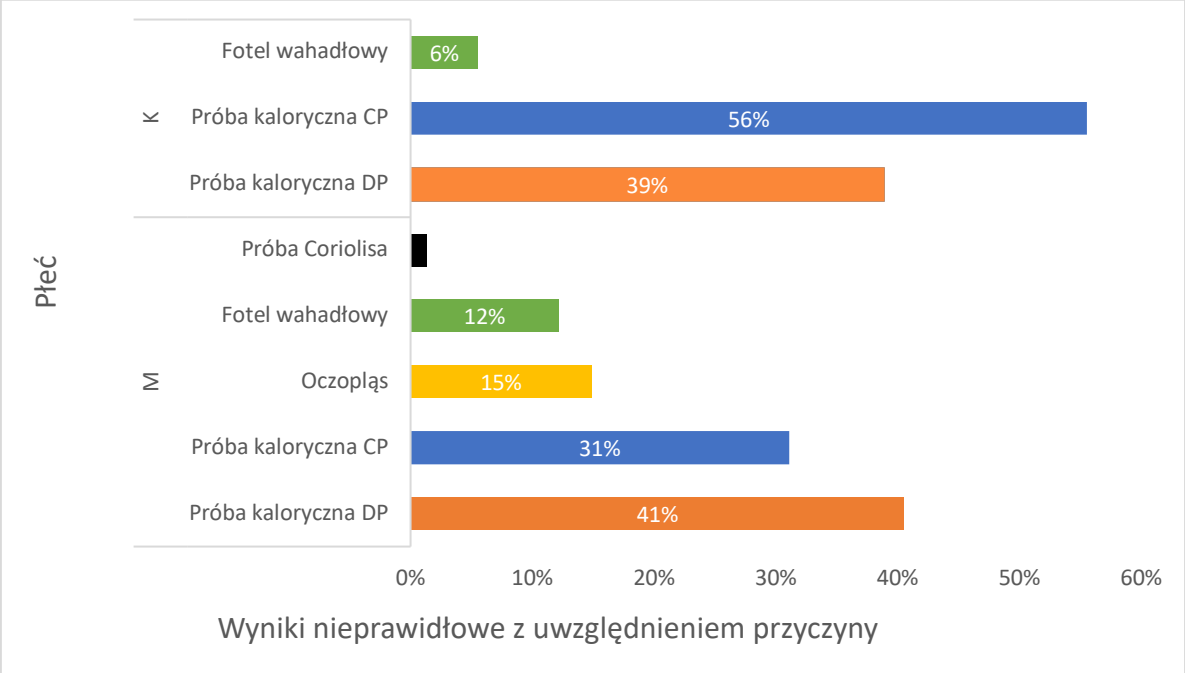
ENG, uzyskał nieprawidłowy wynik próby Coriolisa, kwalifikujący do grupy wyników nieprawidłowych.



Rycina 25. Udział procentowy poszczególnych odchyleń warunkujących nieprawidłowy wynik dla metod ENG i VNG.

Najczęstszą przyczyną nieprawidłowego wyniku w metodzie VNG była obecność patologicznej przewagi kierunkowej oczopląsu w próbie kalorycznej [DP], którą stwierdzono w ponad połowie nieprawidłowych wyników (51%), u 27 badanych kandydatów. Kolejnym pod względem częstości występowania zaburzeniem była obecność patologicznego jednostronnego osłabienia [DP], które wykryto u 20 badanych osób. Obecność oczopląsu samoistnego i patologicznej przewagi kierunkowej oczopląsu w próbie fotela wahadłowego wykryto w takiej samej liczbie przypadków (po 3 badane osoby). Udział procentowy poszczególnych odchyleń warunkujących nieprawidłowy rezultat dla obu metod badania przedstawiono na rycinie 25.

IV.3.1.2. Wyniki nieprawidłowe z uwzględnieniem płci



Rycina 26. Udział procentowy poszczególnych odchyleń warunkujących nieprawidłowy wynik dla kobiet i mężczyzn.

Na rycinie powyżej przedstawiono najczęstsze przyczyny nieprawidłowych wyników badania nystagmograficznego u kandydatów płci męskiej i żeńskiej.

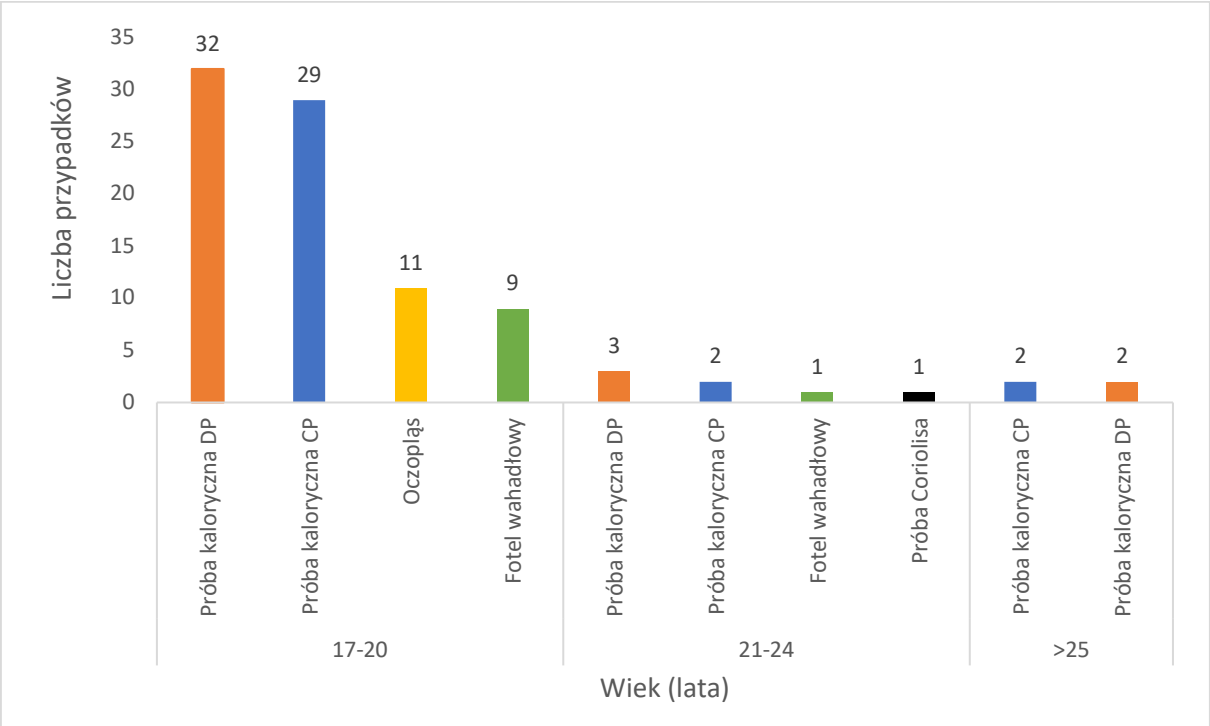
U kobiet testem, który najczęściej warunkował nieprawidłowy wynik, było w ponad połowie przypadków patologiczne jednostronne osłabienie [CP] próby kalorycznej, a kolejną przyczyną była patologiczna przewaga kierunkowa [DP] próby kalorycznej.

U mężczyzn te dwie nieprawidłowości również były wiodące, lecz częstotliwość występowania odwrotna i najczęstszym stwierdzanym deficytem była obecność nieprawidłowej przewagi kierunkowej [DP].

Warto odnotować, że wśród kobiet poddanych badaniu nystagmograficznemu, nie stwierdzono żadnego przypadku oczopląsu samoistnego oraz nieprawidłowej tolerancji próby Coriolisa.

Udział procentowy poszczególnych odchyleń warunkujących nieprawidłowy rezultat dla obu płci przedstawiono na rycinie 26.

IV.3.1.3. Wyniki nieprawidłowe w grupach wiekowych



Rycina 27. Zestawienie wyników nieprawidłowych z uwzględnieniem przyczyny w poszczególnych grupach wiekowych

Najliczniejszą grupę badanych stanowiły osoby w przedziale między 17 a 20 rokiem życia i w tej grupie odnotowano największą ogólną liczbę przypadków z wynikiem poza normą. Przewaga kierunkowa oczopląsu próby kalorycznej [DP] została stwierdzona w 40% wyników poza normą w grupie wiekowej 17-20 lat oraz 43% wyników poza normą grupy osób między 21 a 24 rokiem życia, będąc najczęściej stwierdzanym odchyleniem. W tych grupach wiekowych analogicznie kolejną co do częstości występowania nieprawidłowość stanowiło jednostronne osłabienie próby kalorycznej [CP], rzadziej przewaga kierunkowa fotela wahadłowego [DP]. Warto odnotować, że jedynie w grupie badanych między 17 a 20 rokiem życia odnotowano przypadki występowania oczopląsu samoistnego, co stanowiło 14% wyników nieprawidłowych w tej grupie wiekowej.

Na rycinie 27 przedstawiono dokładne liczby osób z odchyleniem w poszczególnych parametrach dla badanych grup wiekowych.

IV.3.1.4. Wyniki osób z powtarzanym badaniem

U części z kandydatów, u których badanie nystagmograficzne zostało zaklasyfikowane jako nieprawidłowe oraz podejrzewano, że dysfunkcja może być czasowa lub wynikać z niedojrzałości narządu przedsionkowego, w celu ponownej weryfikacji wyniku badanie zostało powtórzone. Odstęp czasu, po którym kandydaci zgłosili się na powtórne wynosił od kilku do kilkunastu miesięcy od pierwszego badania.

Tabela 6. Rezultaty powtórzonych badań ENG w których pierwszy wynik był nieprawidłowy

BADANIE POWTARZANE TĄ SAMĄ METODĄ: ENG		
WYNIK PO POWTÓRZENIU	**SUMA**	**% PRZYPADKÓW**
	11	*100%*
POZA NORMĄ	**2**	*18%*
W NORMIE	**6**	*55%*
W GRANICACH DOPUSZCZALNEJ ZMIENNOŚCI	**3**	*27%*

Tabela 7. Rezultaty powtórzonych badań VNG w których pierwszy wynik był nieprawidłowy

BADANIE POWTARZANE TĄ SAMĄ METODĄ: VNG		
WYNIK PO POWTÓRZENIU	**SUMA**	**% PRZYPADKÓW**
	12	*100%*
POZA NORMĄ	**2**	*17%*
W NORMIE	**7**	*58%*
W GRANICACH DOPUSZCZALNEJ ZMIENNOŚCI	**3**	*25%*

Wyniki przedstawione w tabeli 6 oraz 7 wskazują, że znakomita większość wyników, które uzyskano w powtórzonych badaniach, uległo poprawie i zostało zaklasyfikowane jako prawidłowe. Wyniki nieprawidłowe ponownie uzyskano jedynie w 17% i 18% badań przeprowadzonych metodami odpowiednio VNG i ENG.

Podobne wyniki uzyskano u osób, u których badanie powtórzono inną metodą badania. Znakomita większość wyników również uległa poprawie. Wyniki badań powtórzone drugą z metod przedstawiono w tabeli.

Tabela 8. Rezultaty powtórzonych badań drugą z metod, u osób których pierwszy wynik był nieprawidłowy

METODA I BADANIA	METODA II BADANIA	WYNIK PO POWTÓRZENIU	SUMA	%
ENG	**VNG**		**1**	
		POZA NORMĄ	**0**	0%
		W NORMIE	**1**	100%
		W GDZ	0	
VNG	**ENG**		**9**	
		POZA NORMĄ	**2**	22%
		W NORMIE	**7**	78%
		W GDZ	0	

IV.3.2. WYNIKI Z UWZGLĘDNIENIEM WYKRYTYCH ZABURZEŃ W OZNACZANYCH PRÓBACH NYSTAGMOGRAFICZNYCH

IV.3.2.1. Przewaga kierunkowa oczopląsu w próbie fotela wahadłowego

Wartość procentowa przewagi kierunkowej oczopląsu w próbie fotela wahadłowego [TFW] wyliczana jest komputerowo w obu metodach badania, zarówno w badaniu ENG jak i VNG.

Wykorzystując test Levene'a i test t równości średnich porównano uzyskane wartości procentowe z 550 wyników próby fotela wahadłowego wykonanych metodą ENG oraz 458 wyników po badaniu metodą VNG. Wyniki przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 9. Statystyki dla wyników przewagi kierunkowej oczopląsu próby fotela wahadłowego [TFW] w grupach ENG i VNG

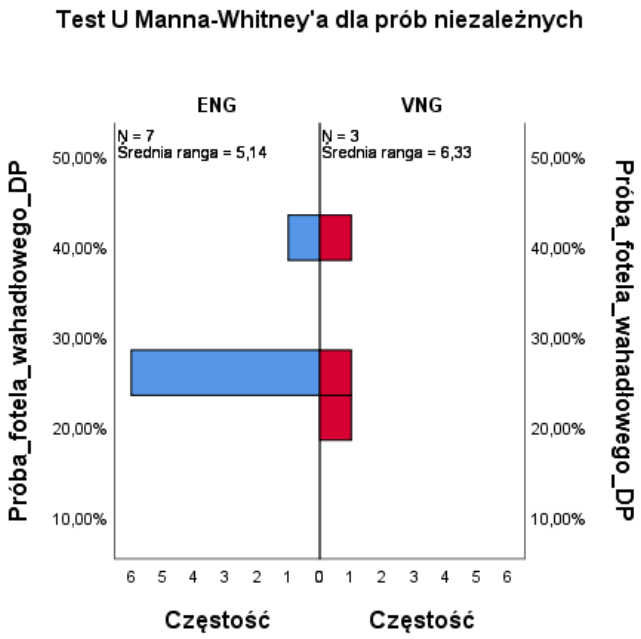
Metoda	N	Średnia	Odchylenie standardowe
ENG	550	6,08	4,76
VNG	458	6,64	4,91

Tabela 10. Wyniki testu Levene'a i test t równości w ocenie różnic wartości przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w metodach ENG i VNG

		Test Levene'a jednorodności wariancji		Test t równości średnich		
		F	Istotność	t	df	Istotność (dwustronna)
Próba fotela wahadłowego	Założono równość wariancji	1,716	,191	-1,842	1006	,066

Wykazano, że nie ma istotnej statystycznie różnicy (p>0,05) w ogólnym rozkładzie wartości procentowych wyników przewagi kierunkowej oczopląsu [TFW] między metodami ENG i VNG dla próby fotela wahadłowego. Wyniki przedstawiono w tabeli 10.
Pozwala to stwierdzić, że uzyskiwane wyniki w próbie fotela wahadłowego nie różniły się istotnie pomiędzy stosowanymi metodami badania.

Dodatkowo analizie poddano wybrane wyniki przewagi kierunkowej [DP] testu fotela wahadłowego, które zaklasyfikowano jako nieprawidłowe (wyniki z wartością DP co najmniej 20%). Wyniki takie odnotowano u 7 osób badanych metodą ENG oraz u 3 badanych metodą VNG. Test U Manna-Whitneya dla prób niezależnych wykazał, że rozkład wyników przewagi kierunkowej [DP] dla próby fotela wahadłowego jest taki sam dla obu metod badania z istotnością dwustronną wynoszącą 0,667. Wynik testu przedstawiono na rycinie 28.
Wynika z tego, że nie ma statystycznie istotnej różnicy (p>0,05) między metodami ENG i VNG w rozkładzie nieprawidłowych wyników (>=20%) przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] dla próby fotela wahadłowego.



Rycina 28. Porównanie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w obu metodach badania

IV.3.2.1.1. Wyniki w zależności od płci

Próbę fotela wahadłowego wykonano u 550 kandydatów metodą ENG oraz 458 kandydatów metodą VNG. W obu metodach, średnia wartość procentowa uzyskanego wyniku przewagi kierunkowej oczopląsu była wyższa u kobiet. Wyniki przedstawiono w tabeli poniżej (tabela 11).

Tabela 11. Statystyki dla grup z oznaczoną wartością przewagi kierunkowej [DP] próby fotela wahadłowego

Metoda		Płeć	N	Średnia	Odchylenie standardowe	Błąd standardowy średniej
ENG	Próba fotela wahadłowego	kobiety	80	7,16%	4,66	0,52%
		mężczyźni	470	5,90%	4,75	0,21%
VNG	Próba fotela wahadłowego	kobiety	84	7,34%	5,70	0,62%
		mężczyźni	374	6,49%	4,71	0,24%

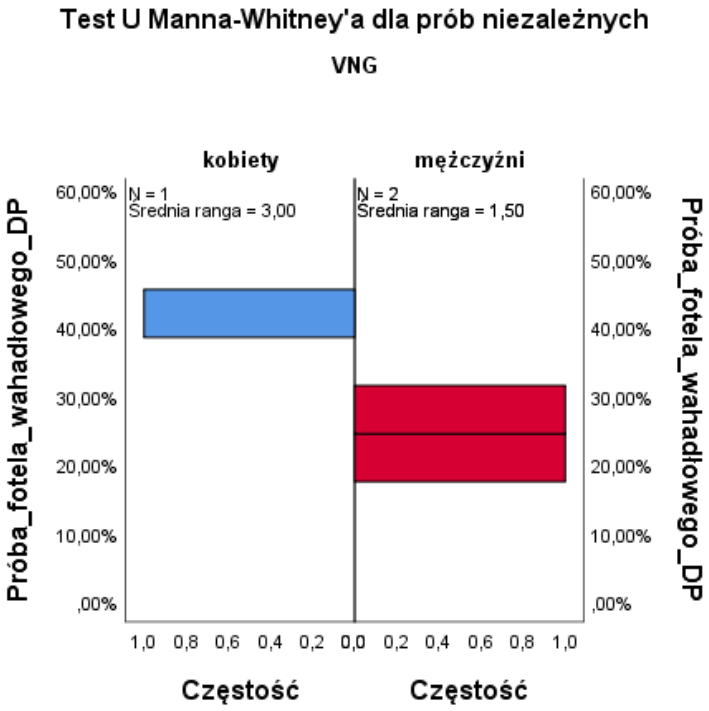
Analiza z użyciem testu t równości średnich wykazała, że kobiety badane metodą ENG uzyskały istotnie statystycznie (p= 0,028) wyższe wartości wyników przewagi kierunkowej [TFW] fotela wahadłowego, w stosunku do badanych mężczyzn.

Dla metody VNG nie wykazano istotnej statystycznie różnicy (p>0,05) między kobietami a mężczyznami dla wyników przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego.
Wyniki przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Wyniki testu Levene'a oraz testu t równości dla oceny różnic międzypłciowych w wartościach wyników próby fotela wahadłowego dla metod ENG i VNG

		Test Levene'a jednorodności wariancji		Test t równości średnich		
Metoda		F	Istotność	t	df	Istotność (dwustronna)
ENG Próba fotela wahadłowego	Założono równość wariancji	,682	,409	2,207	548	,028
VNG Próba fotela wahadłowego	Założono równość wariancji	,028	,866	1,442	456	,150

Analizując wyselekcjonowaną grupę wyników nieprawidłowych, gdzie wartości przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego były o wartościach DP = 20% lub większych odnotowano, że w przypadku metody ENG nieprawidłowy wynik wystąpił jedynie u 7 osób płci męskiej. Niemożliwa więc była ocena różnic między obiema płciami dla tej metody.
Dla metody VNG test U Manna-Whitneya nie wykazał istotnej statystycznie różnicy (p>0,05) w rozkładzie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej [TFW] próby fotela wahadłowego między kobietami a mężczyznami.
Wyniki testu przedstawiono na rycinie 29.



Rycina 29. Porównanie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego między kobietami a mężczyznami w próbie VNG

IV.3.2.1.2. Wyniki w zależności od wieku

Tabela 13. Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w metodzie ENG

		Próba fotela wahadłowego
wiek	Korelacja Pearsona	,026
	Istotność (dwustronna)	,540

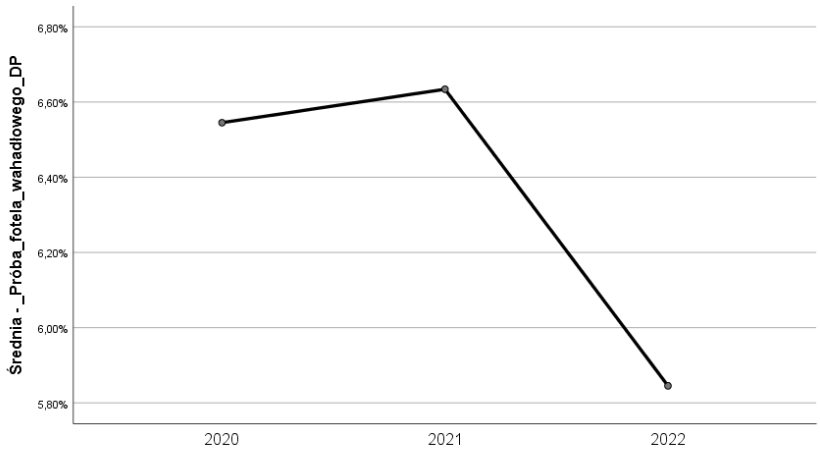
Tabela 14. Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w metodzie VNG

		Próba fotela wahadłowego
wiek	Korelacja Pearsona	,074
	Istotność (dwustronna)	,113

Na podstawie wyników zawartych w tabeli 13 i 14, wykazano, że zarówno dla metody ENG jak i VNG korelacja Pearsona między wiekiem a wynikiem przewagi kierunkowej [TFW] fotela wyniosła p > 0,05, co oznacza, że nie ma statystycznie istotnej korelacji między wiekiem a wynikami próby fotela wahadłowego w metodach.

IV.3.2.1.3. Wyniki w poszczególnych latach badania

Kolejną analizą jaką wykonano, było porównanie uzyskanych wyników w kolejnych latach badania między 2020 a 2022 rokiem. Wyniki przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego porównano z użyciem testu jednoczynnikowego ANOVA oraz testu Bonferroniego. W obu testach nie wykazano istotnej statystycznie różnicy (p=0,062, czyli p>0,05) między kolejnymi latami, w których przeprowadzono badanie dla uzyskiwanych wartości przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego. Wynik przedstawiono na rycinie 30.



Rycina 30. Średnie wartości wyników przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w kolejnych latach badania między 2020-2022 r.

IV.3.2.2. Jednostronne osłabienie [CP] (deficyt kanałowy) próby kalorycznej

Analogicznie do przewagi kierunkowej oczopląsu wartość procentowa jednostronnego osłabienia narządu przedsionkowego po jednej ze stron wyliczane jest automatycznie przez system komputerowy. Ocenę jednostronnego osłabienia wykonano u 545 kandydatów metodą ENG oraz u 459 kandydatów metodą VNG. Zgodnie z wynikami przedstawionymi poniżej średnia wartość procentowa wyniku była o ponad 2% wyższa u osób badanych metodą ENG.

Tabela 15. Statystyki dla wyników jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej w grupach ENG i VNG

Metoda	N	Średnia	Odchylenie standardowe	Błąd standardowy średniej
ENG	545	6,63%	5,90	0,25%
VNG	459	8,69%	7,13	0,33%

Test t równości średnich wykazał istotną statystycznie różnicę ($p<0,001$) wskazującą, że badani metodą VNG uzyskiwali wyniki o wyższych wartościach procentowych. Oznacza to, że istnieje istotna statystycznie różnica w ogólnym rozkładzie wszystkich rezultatów (uzyskanych wartości procentowych wyników CP) między metodami ENG i VNG dla próby kalorycznej CP, z wyższymi wynikami w metodzie VNG. Wyniki przedstawiono w tabeli 16.

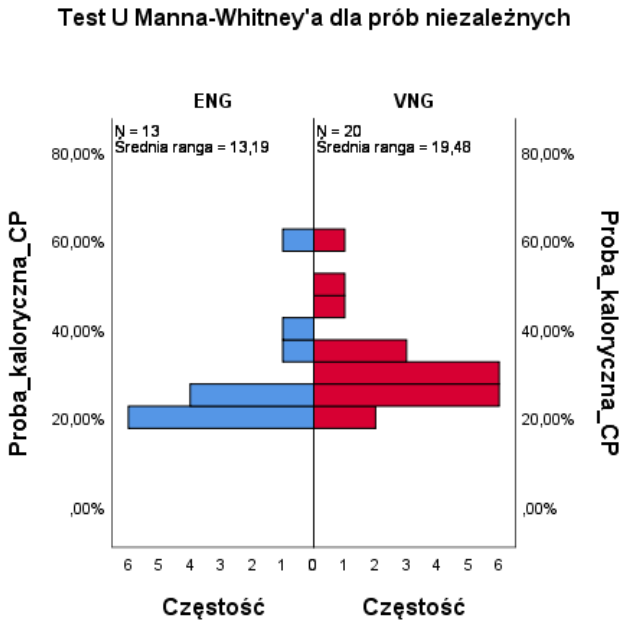
Tabela 16. Wyniki testu Levene'a i test t równości do oceny różnicy uzyskanych wartości jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej między metodami ENG i VNG

	Test Levene'a jednorodności wariancji		Test t równości średnich		
	F	Istotność	t	df	Istotność (dwustronna)
Założono równość wariancji	7,083	,008	-5,006	1002	,000
Nie założono równości wariancji			-4,926	889,058	,000

Na potrzeby badania wyselekcjonowano pacjentów, którzy uzyskali wyniki nieprawidłowe (wartość CP 20% i więcej). Taki wynik uzyskało 33 badane osoby. Po zastosowaniu testu U Manna Whitneya nie wykazano istotnej statycznie różnicy ($p>0,05$) w rozkładzie wyodrębnionej grupy wyników nieprawidłowych między badanymi metodą ENG a VNG. Dla tej samej grupy wyników, analiza średnich wykazała średni wynik 27,7692% dla ENG (N=13) i 31,3500% dla VNG (N=20). Test t równości średnich również nie wykazał statystycznie istotnej różnicy między metodą ENG i VNG. Wyniki przedstawiono w tabeli 17 i na rycinie 31.

Tabela 17. Wyniki testu Levene'a i test t równości do oceny różnicy uzyskanych wartości jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej między metodami ENG i VNG, jedynie dla wyników poza normą

	Test Levene'a jednorodności wariancji		Test t równości średnich		
	F	Istotność	t	Df	Istotność (dwustronna)
Założono równość wariancji	,068	,796	-,933	31	,358
Nie założono równości wariancji			-,903	22,955	,376



Rycina 31. Porównanie wyników nieprawidłowych jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej w metodach ENG i VNG

IV.3.2.2.1. Wyniki w zależności od płci

Próbę kaloryczną z oceną jednostronnego osłabienia [CP] wykonano u 545 kandydatów metodą ENG oraz 459 kandydatów metodą VNG. W obu metodach, średnia wartość procentowa uzyskanego wyniku jednostronnego osłabienia była wyższa u kobiet. Wyniki przedstawiono w tabeli 18.

Tabela 18. Statystyki dla grup z oznaczoną wartością jednostronnego osłabienia w metodzie ENG i VNG dla obu płci

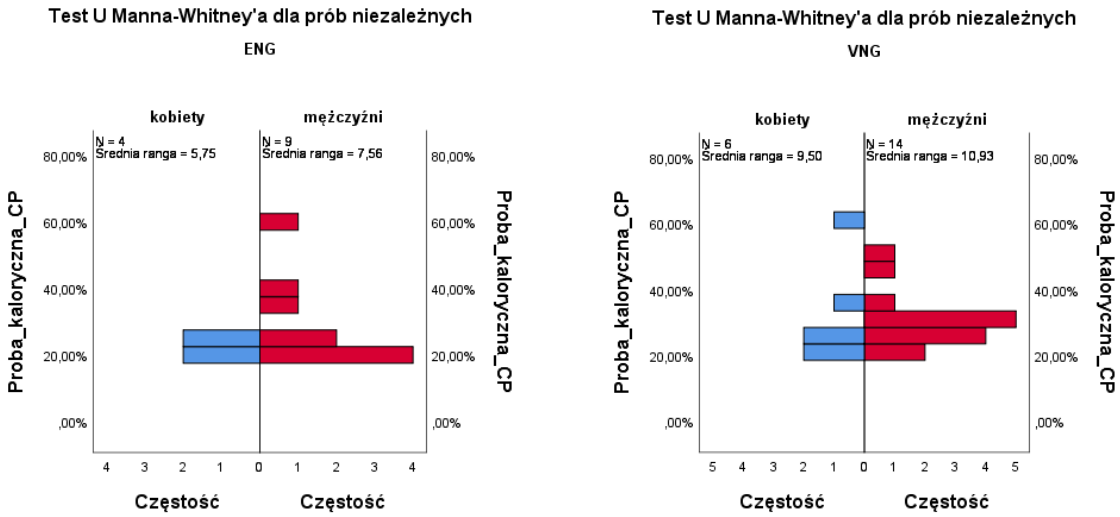
Metoda	Płeć		Średnia	Odchylenie standardowe
ENG	kobiety	81	7,43%	6,19
	mężczyźni	464	6,49%	5,84
VNG	kobiety	84	10,08%	8,60
	mężczyźni	375	8,38%	6,73

Test t równości średnich wykazał, że nie ma istotnej statystycznie różnicy ($p>0,05$) w rozkładzie uzyskanych wartości procentowych wyników jednostronnego osłabienia między kobietami a mężczyznami badanymi metodą ENG. Z kolei dla metody VNG, Test t równości średnich wykazał statystycznie istotną różnicę
($p = 0,048$). Oznacza to, że w metodzie VNG kobiety mają statystycznie istotnie wyższe wartości procentowe wyników jednostronnego osłabienia próby kalorycznej [CP] aniżeli mężczyźni. Powyższe rezultaty przedstawiono w tabeli 19.

Tabela 19. Wyniki testu Levene'a oraz testu t równości dla oceny różnic międzypłciowych w wartościach wyników jednostronnego osłabienia [CP] dla metod ENG i VNG

			Test Levene'a jednorodności wariancji		Test t równości średnich		
E			F	Istotność	t	df	Istotność (dwustronna)
ENG	Próba kaloryczna [CP]	Założono równość wariancji	2,838	,093	1,322	543	,187
VNG	Próba kaloryczna [CP]	Założono równość wariancji	1,530	,217	1,982	457	,048

Po wyselekcjonowaniu wyników nieprawidłowych jednostronnego osłabienia (wartości CP 20% i większe), w badaniu oceniono różnice występujące między płcią męską i żeńską.
Test U Manna Whitneya wykazał, że w obu metodach badania, nie ma statystycznie istotnych różnic w rozkładzie nieprawidłowych wyników (>=20%) dla próby kalorycznej CP między kobietami a mężczyznami.
Uzyskane wyniki przedstawiono na rycinie 32.



Rycina 32. Porównanie wyników jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej kobiet i mężczyzn w metodach ENG i VNG

IV.3.2.2.2 Wyniki w zależności od wieku

Tabela 20. Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku jednostronnego osłabienia w metodzie ENG

		Próba kaloryczna [CP]
wiek	Korelacja Pearsona	-,042
	Istotność (dwustronna)	,331

Tabela 21. Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku jednostronnego osłabienia w metodzie VNG

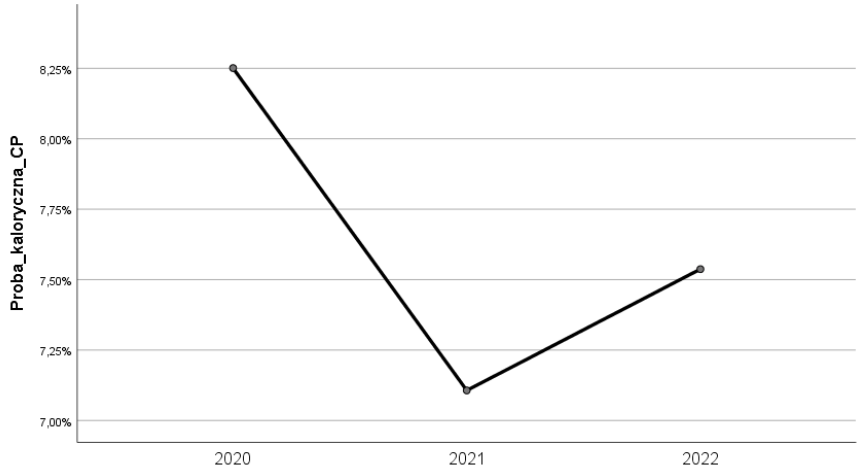
		Próba kaloryczna [CP]
wiek	Korelacja Pearsona	-,010
	Istotność (dwustronna)	,825

Kolejnym elementem, który poddano analizie w badaniu, była ocena zależności między wiekiem badanych a wartością wyniku jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej dla obu metod badania.

Zgodnie z wynikami przedstawionymi w tabeli 20 i 21, przy użyciu testu korelacji Pearsona nie wykazano istotnej statystycznie korelacji między wiekiem a wartością wyniku CP próby kalorycznej w metodzie ENG i VNG.

IV.3.2.2.3. Wyniki w poszczególnych latach badania

Uzyskane wyniki jednostronnego osłabienia próby kalorycznej z poszczególnych lat prowadzonego badania, porównano z użyciem testu jednoczynnikowego ANOVA oraz testu Bonferroniego. W obu testach nie wykazano istotnej statystycznie różnicy (p=0,088, czyli p>0,05) między wynikami z lat 2020, 2021 i 2022 dla wartości CP próby kalorycznej.



Rycina 33. Średnie wartości wyników jednostronnego osłabienia próby kalorycznej w kolejnych latach badania między 2020-2022 r.

IV.3.2.3. Przewaga kierunkowa oczopląsu [DP] próby kalorycznej

Wartość procentowa przewagi kierunkowej [DP] oczopląsu oceniana jest w trakcie próby kalorycznej. W badaniu poddano analizie wartości uzyskanych wyników, z pośród 1004 badanych osób, z czego większość dotyczyła osób badanych metodą ENG. Średnia wartość wyników wykonanych metodą VNG była o ponad 2% wyższa w stosunku do wyników ENG. Wyniki w tabeli 22.

Tabela 22. Statystyki dla wyników przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] próby kalorycznej w grupach ENG i VNG

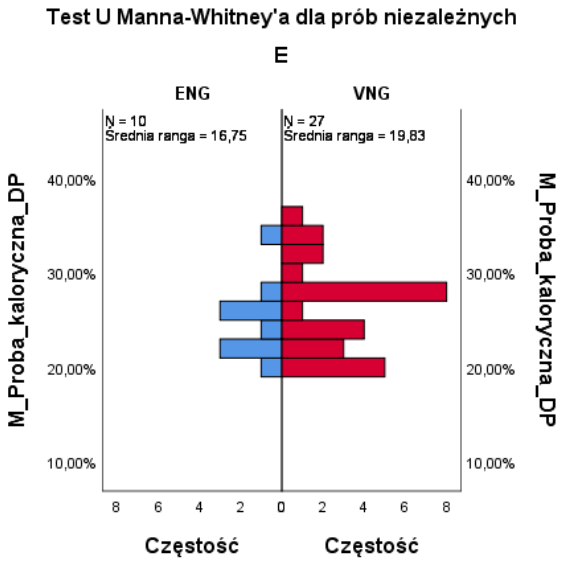
	Metoda	N	Średnia	Odchylenie standardowe	Błąd standardowy średniej
Próba kaloryczna [DP]	ENG	545	7,08%	5,32	0,22831%
	VNG	459	9,27%	6,78	0,31676%

Test t równości średnich wykazał statystycznie istotną różnicę ($p < 0,001$) w wynikach, zarówno przy założeniu równości wariancji ($p = 0,000$), jak i bez niego ($p = 0,000$). Wykazano różnicę w ogólnym rozkładzie wszystkich wyników procentowych między metodami ENG i VNG, dla przewagi kierunkowej oczopląsu próby kalorycznej, z istotnie wyższymi wynikami w metodzie VNG. Wyniki przedstawiono w tabeli 23.

Tabela 23. Wyniki testu Levene'a i test t równości do oceny różnicy uzyskanych wartości przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej między metodami ENG i VNG

		Test Levene'a jednorodności wariancji		Test t równości średnich		
		F	Istotność	t	df	Istotność (dwustronna)
Próba kaloryczna [DP]	Nie założono równość wariancji	28,110	,000	-5,601	861,666	,000

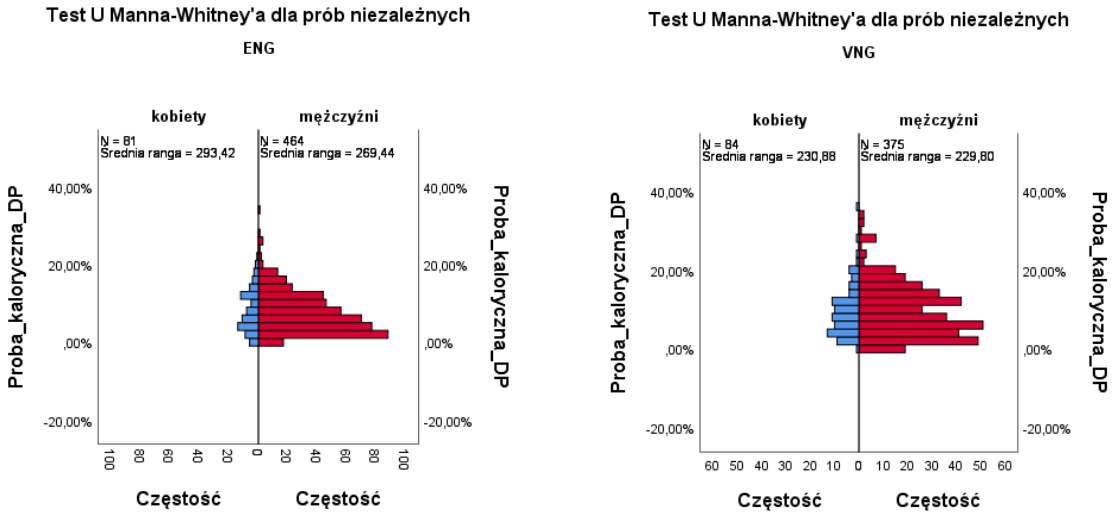
Analizie poddano wydzieloną grupę wyników o wartościach uznawanych za nieprawidłowe (DP o wartościach 20% i więcej) i porównując je w obu metodach badania. Wyselekcjonowano 37 osób który uzyskały nieprawidłowy wynik. Test U Manna-Whitneya dla prób niezależnych wykazał istotność na poziomie 0,448 ($p>0,05$), co wskazuje, że nie ma istotnej statystycznie różnicy między metodami ENG i VNG w rozkładzie nieprawidłowych wyników dla przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej.
Wyniki testu przedstawiono na rycinie 34.



Rycina 34. Porównanie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej w metodach ENG i VNG

IV.3.2.3.1. Wyniki w zależności od płci

Oceniając różnicę w uzyskanych wynikach przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] próby kalorycznej, test U Manna-Whitneya dla metody ENG wykazał istotność na poziomie 0,205. Oznacza to, że całościowy rozkład wyników przewagi kierunkowej próby kalorycznej jest taki sam dla kobiet i mężczyzn. W badaniu VNG również nie wykazano istotnej statystycznie istotnej różnicy w rozkładzie wyników między obiema płciami. Test U Manna-Whitneya wykazał istotność na poziomie 0,947 (p>0,05)
Wyniki testu dla obu metod przedstawiono na rycinie 35.



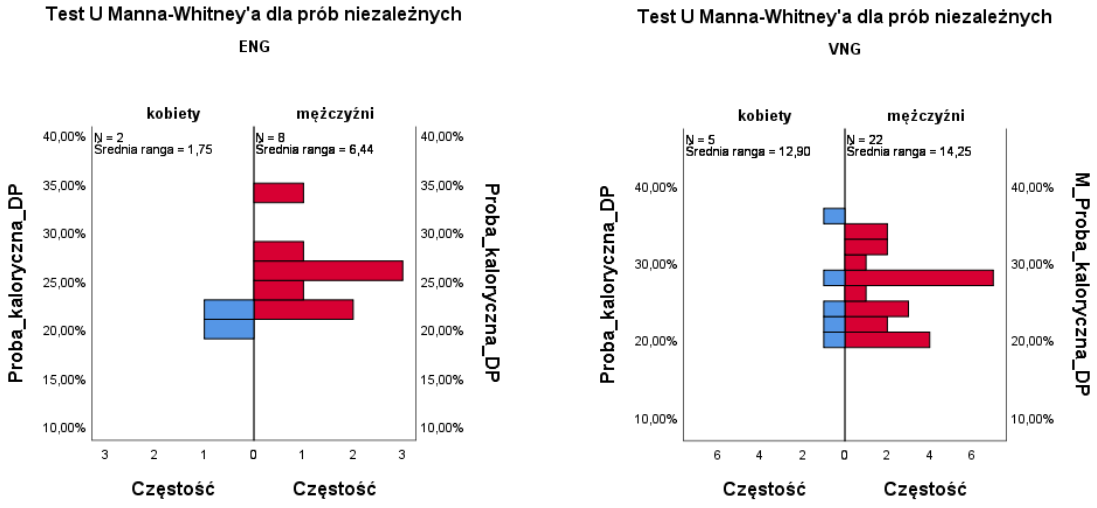
Rycina 35. Porównanie przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej kobiet i mężczyzn w metodach ENG i VNG

Zgodnie z tabelą przedstawioną poniżej (tabela 24) wyniki nieprawidłowe przewagi kierunkowej próby kalorycznej (DP= >20%) odnotowano łącznie u 37 osób. W obu metodach średnia wartość wyników nieprawidłowych była wyższa u mężczyzn.

Tabela 24. Statystyki dla grup z oznaczoną wartością przewagi kierunkowej próby kalorycznej w metodzie ENG i VNG dla obu płci

Metoda		płeć	N	Średnia	Odchylenie standardowe	Błąd standardowy średniej
ENG	Próba kaloryczna [DP]	kobiety	2	20,50%	0,70	0,50000%
		mężczyźni	8	25,50%	4,10	1,45160%
VNG	Próba kaloryczna [DP]	kobiety	5	25,80%	6,26	2,80000%
		mężczyźni	22	25,91%	4,37	0,93260%

W przypadku metody ENG, test U Manna-Whitneya wykazał istotność na poziomie 0,044. Oznacza to, że istnieje statystycznie istotna różnica w rozkładzie nieprawidłowych wyników przewagi kierunkowej próby kalorycznej, a wyższe wyniki występują w grupie mężczyzn.
Dla metody VNG, test U Manna-Whitneya wykazał istotność na poziomie 0,739. Oznacza to, że nie ma statystycznie istotnej różnicy w rozkładzie nieprawidłowych wyników przewagi kierunkowej próby kalorycznej między kobietami a mężczyznami.
Wyniki testu przedstawiono na rycinie 36.



Rycina 36. Porównanie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej kobiet i mężczyzn w metodach ENG i VNG

Obecność *rzeczywistej przewagi kierunkowej* próby kalorycznej stwierdzono u 6 osób płci męskiej i 3 osób płci żeńskiej. Średnia wartość uzyskanych wyników wyniosły DP=27,17% dla mężczyzn i DP= 27,33% dla kobiet. Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy (p=0,963, czyli p>0,05) w wartościach wyników z tą patologią między obiema płciami.

Obecność *symetrycznej przewagi kierunkowej* próby kalorycznej stwierdzono u 24 mężczyzn i 4 kobiet. Średnia wartość uzyskanych wyników była wyższa dla mężczyzn (DP=25,46%) niż dla kobiet (DP=22,00%). Warto zauważyć, że grupa kobiet jest znacznie mniejsza (N=4) niż grupa mężczyzn (N=24), co może wpływać na wiarygodność średniej i błędu standardowego średniej dla kobiet. Wykazano, że nie ma statystycznie istotnej różnicy (p=0,126, czyli p>0,05) w rozkładzie wartości uzyskanych wyników między kobietami a mężczyznami.

IV.3.2.3.2. Wyniki w zależności od wieku

W tabelach poniżej (tabela 25 i 26) przestawiono wyniki wskazujące, że zarówno dla metody ENG jak i VNG korelacja Pearsona między wiekiem a wynikiem przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej wyniosła p > 0,05, co oznacza, że nie ma statystycznie istotnej korelacji między wiekiem a wartościami wyników przewagi kierunkowej próby kalorycznej w obu metodach.

Tabela 25. Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby kalorycznej w metodzie ENG

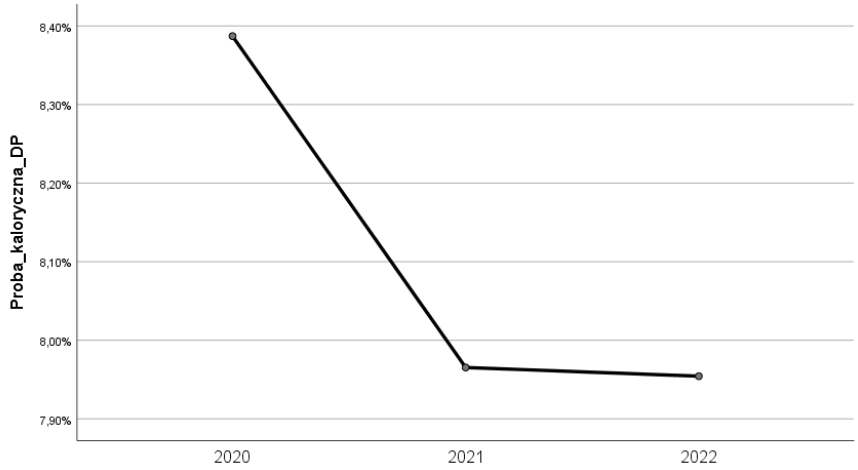
		Próba kaloryczna [DP]
wiek	Korelacja Pearsona	-,035
	Istotność (dwustronna)	,416

Tabela 26. Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby kalorycznej w metodzie VNG

		Próba kaloryczna [DP]
wiek	Korelacja Pearsona	,047
	Istotność (dwustronna)	,317

IV.3.2.3.3. Wyniki w poszczególnych latach badania

Analogicznie do wcześniejszych parametrów uzyskane wyniki przewagi kierunkowej próby kalorycznej z poszczególnych lat prowadzonego badania, porównano z użyciem testu jednoczynnikowego ANOVA oraz testu Bonferroniego. Wykazano istotność wynoszącą p=0,614 co wskazuje, że nie wykazano istotnej statystycznie różnicy (p>0,05) między wynikami z lat 2020, 2021 i 2022 dla wartości DP próby kalorycznej.

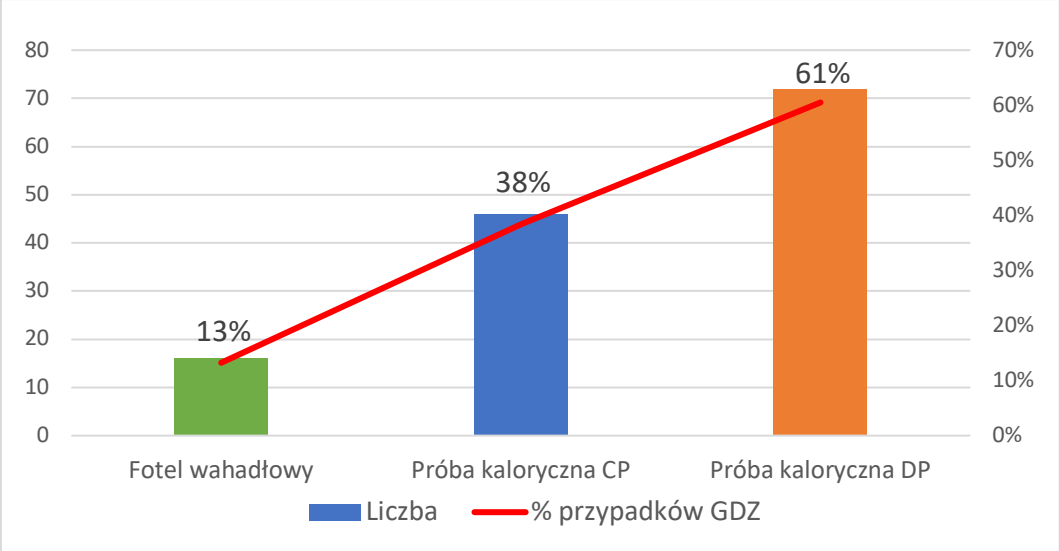


Rycina 37. Średnie wartości wyników przewagi kierunkowej próby kalorycznej w kolejnych latach badania między 2020-2022 r.

IV.3.3. Wyniki „W granicach dopuszczalnej zmienności”

Osoby objęte badaniem, które uzyskały wyniki o wartościach procentowych w przedziale między 15 a 19% dla przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] próby fotela wahadłowego lub próby kalorycznej oraz jednostronnego osłabienia w próbie kalorycznej [CP] klasyfikowano do wyników „w graniach dopuszczalnej zmienności’ („GDZ”).

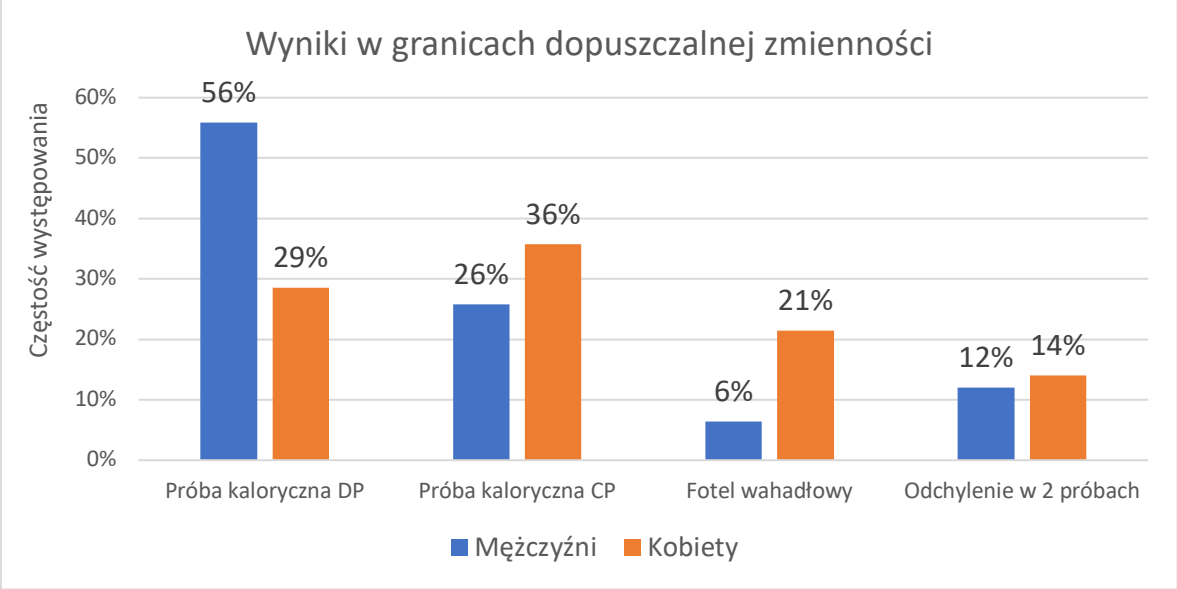
Pośród 121 osób, które w badaniu uzyskało taki wynik, większa liczba przypadków wystąpiła u mężczyzn (93 badanych) oraz 28 badanych kobiet, jednak to w grupie kobiet większy odsetek badanych uzyskał taki wynik (17% kobiet z wynikiem GDZ). U mężczyzn grupa wyniki w GDZ wystąpiły w 11% przypadków.



Rycina 38. Wyniki w graniach dopuszczalnej zmienności z uwzględnieniem przyczyny

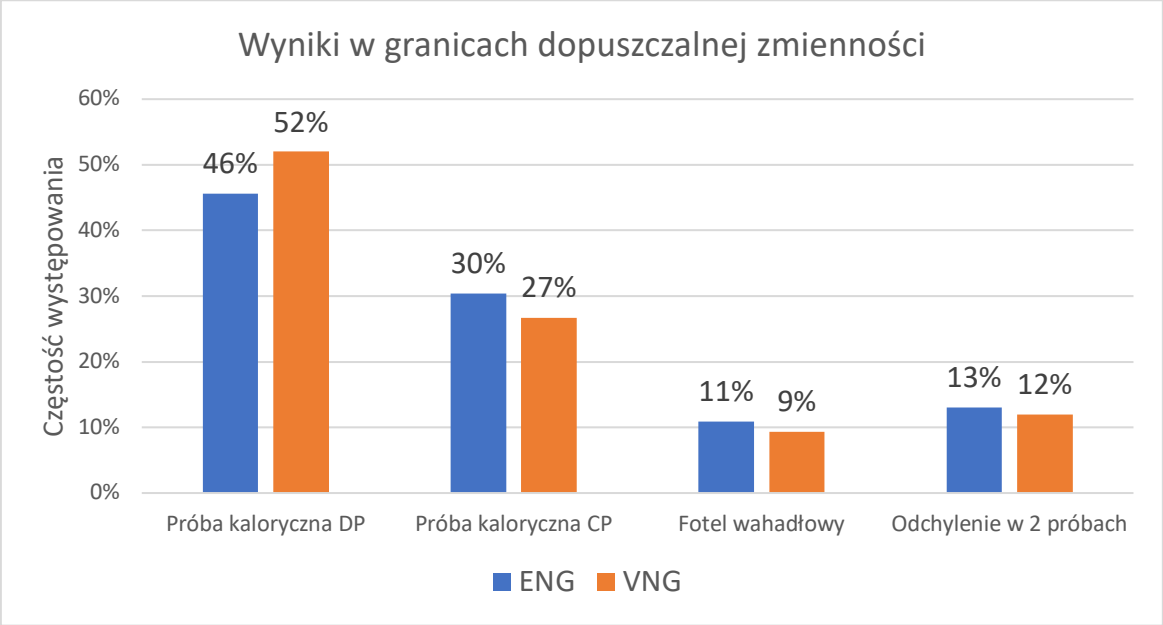
Zgodnie z informacjami widocznymi na rycinie 38 odnotowano, że najczęstszym odchyleniem, które warunkowało przyporządkowanie wyniku do grupy wyników „w graniach dopuszczalnej" zmienności, było odchylenie w wyniku przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] próbie kalorycznej. Rzadziej odchylenie dotyczyło jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej oraz przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego.
W 15 przypadkach odnotowano jednoczasowe odchylenie w dwóch testach badania nystagmograficznego. Najczęściej była to łączna obecność odchylenia w wyniku przewagi kierunkowej [DP] i jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej (11 przypadków)

Wyniki te różnią się przy ocenie z podziałem badanych ze względu na płeć.
U mężczyzn najczęstszym odchyleniem dla wyników w graniach dopuszczalnej zmienności pozostaje odchylenie w wyniku przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej, które występowało w ponad połowie przypadków. U kobiet z kolei, odchylenie wyniku jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej, stwierdzono nieco częściej aniżeli odchylenie wartości przewagi kierunkowej [DP].
Uzyskane wyniki przedstawiono na rycinie 39.



Rycina 39. Zestawienie liczby wyników poszczególnych prób, klasyfikowanych do grupy „w graniach dopuszczalnej zmienności" uwzględniając płeć.

Wyniki „w graniach dopuszczalnej zmienności” analogicznie oceniono z podziałem grupy na metodę którą wykonywano badanie (ENG/VNG). Nie odnotowano istotnych różnić między obiema metodami i zarówno w metodzie ENG jak i VNG dwa najczęstsze odchylenia dotyczyły wyników próby kalorycznej. W badaniu VNG w stosunku do ENG nieco większy procentowy odsetek odchyleń dotyczył wyników przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej, które były najczęstszym odchyleniem. Kolejne co do częstości odchylenie występowało w wynikach jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej, które z kolei stanowiło większy odsetek wyników „w graniach dopuszczalnej zmienności” badań metodą ENG aniżeli VNG. Wyniki przedstawiono na rycinie 40.

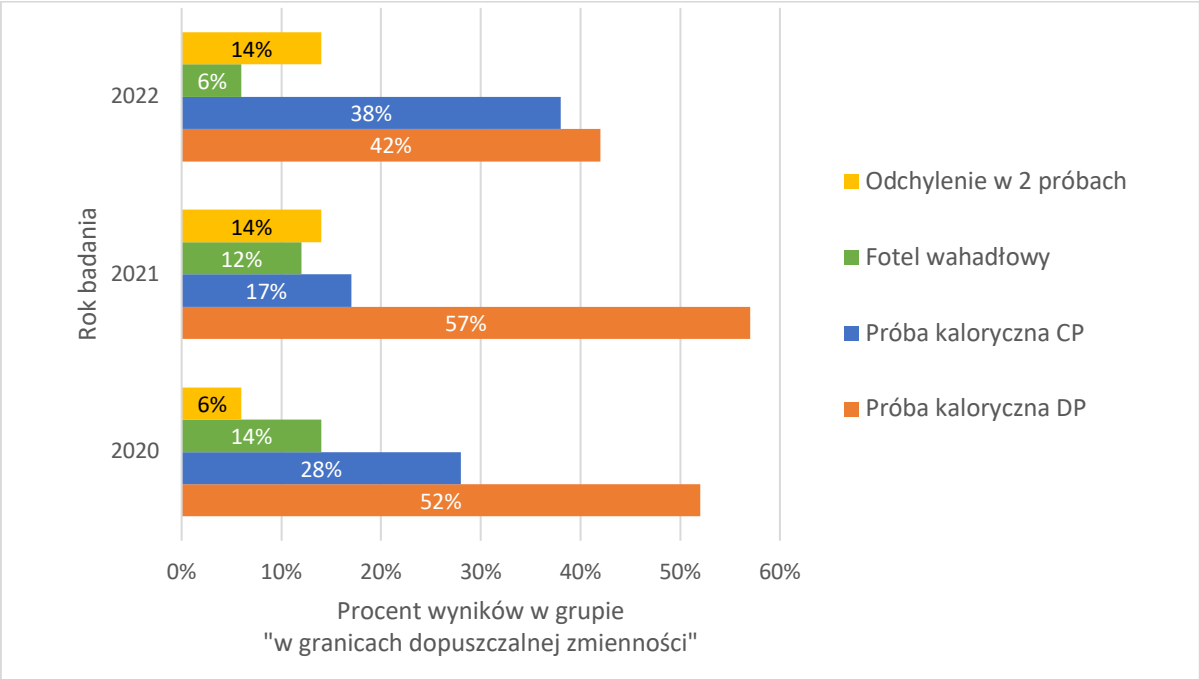


Rycina 40. Zestawienie liczby wyników poszczególnych prób, klasyfikowanych do grupy „w graniach dopuszczalnej zmienności” uwzględniając metodę badania.

Kolejnym elementem poddanym analizie był rozkład wyników „w granicach dopuszczalnej zmienności” w poszczególnych latach badania. Liczba wyników zakwalifikowanych do tej grupy stopniowo rosła w przeciągu kolejnych lat badania. W 2020 roku uzyskano 29 takich wyników, a następnie odpowiednio 42 i 52 wyniki „w graniach dopuszczalnej zmienności w roku 2021 i 2022.

Przewaga kierunkowa oczopląsu [DP] próby kalorycznej była testem, w którym najczęściej stwierdzono odchylenie we wszystkich latach objętych badaniem. W roku 2020 i 2021 była to wiodąca przyczyna warunkująca uzyskanie wyników „w graniach dopuszczalnej zmienności” i stanowiła ponad połowę takich przypadków. Drugim co do częstości odchyleniem było

odchylenie parametrów jednostronnego osłabienie [CP] próby kalorycznej, a najrzadziej stwierdzano odchylenie w wartościach przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] próby fotela wahadłowego. U części badanych obecność odchylenia stwierdzono w co najmniej 2 testach, a najczęściej było to jednoczasowe odchylenie wartości procentowych przewagi kierunkowej [DP] i jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej. Uzyskanie wyniki przedstawiono na rycinie poniżej (rycina 41).



Rycina 41. Rozkład procentowy testów z odchyleniem warunkujących wynik w graniach dopuszczalnej zmienności w poszczególnych latach badania.

V. Dyskusja

Prezentowana praca stanowi analizę wyników badań nystagmograficznych wykonanych na potrzeby RKWLL w WIML u klinicznie zdrowych osób, przed planowanym rozpoczęciem szkolenia lotniczego. W dostępnej literaturze polskiej i zagranicznej niewiele jest prac analizujących wyniki badań nystagmograficznych u klinicznie zdrowych osób, a w szczególności brakuje doniesień literaturowych na temat wyników takich badań u pilotów lub kandydatów do szkolenia lotniczego. Przyczyną tego może być brak jawności większości danych medycznych osób tej grupy zawodowej oraz fakt, że jest to grupa stosunkowo nieliczna. Piloci to osoby, u których wymagana jest ponadprzeciętna sprawność układu równowagi. Wynika to konieczności utrzymania pełnej sprawności psychofizycznej pilota, kiedy organizm poddawany jest działaniu dużych przyspieszeń, przeciążeń oraz innych niekorzystnych czynników fizycznych w trakcie lotu.

Wykluczenie potencjalnych przyczyn zaburzeń równowagi, a w szczególności badanie czynności narządu przedsionkowego, pozwala komisjom lotniczo-lekarskim ocenić zdolność kandydata do pełnienia służby w powietrzu. Pozwala też dzięki przeprowadzeniu szeregu badań układu równowagi, zakwalifikować do szkolenia lotniczego na danym rodzaju statków powietrznych w zależności od wymaganej sprawności zdrowotnej kandydata.

W pracy własnej badaniem objęto grupę 1011 osób, diagnozowanych w WIML w latach między 2020 a 2022 rokiem. Dokonano szczegółowej oceny nystagmogramów pod kątem najczęściej występujących zaburzeń, z szczegółowym omówieniem stwierdzanych odchyleń. Uzyskane wyniki poddano analizie oceniając wpływ metody badania, wieku, płci badanych kandydatów, a także roku badania na końcowe rezultaty badań postawione przez RKWLL.

Wyniki pracy własnej wykazały, że 941 kandydatów uznano za zdolnych do szkolenia lotniczego z punktu widzenia otoneurologicznego. Grupa ta co stanowiła 93% badanych osób. Byli to kandydaci, którzy uzyskali prawidłowy końcowy rezultat badań nystagmograficznych. W grupie osób, z pozytywną kwalifikacją wyniki 121 badanych zinterpretowano jako „odczyny narządów przedsionkowych w granicach dopuszczalnej zmienności" co stanowiło 13% ogółu badanych. Takie wyniki wśród osób niezwiązanych zawodowo z lotnictwem, uznawane są przez pracownie otoneurologiczne jako wyniki prawidłowe. Zakres normy w oznaczanych wartościach parametrów badań nystagmograficznych jest dużo szerszy od przyjętego w WIML. Osoby z końcowym wynikiem „w granicach dopuszczalnej zmienności" również są klasyfikowani do grupy wyników w normie, uznawane jako zdolne do lotnictwa, jednak

z wyłączeniem stanowisk związanych ze szczególnie wymagającymi warunkami lotu, gdzie przyjęty zakres normy jest węższy i bardziej rygorystyczny.
Wyniki nieprawidłowe stwierdzono u 7% badanych (70 osób). Osoby takie mogą jedynie ubiegać się o prace na stanowiska nawigatorów, inżynierów pokładowych lub innych osób personelu naziemnego.

Do prac naukowych opublikowanych w literaturze medycznej, o podobnej tematyce, w których analizowano czynność układu równowagi u pilotów, lub kandydatów do szkolenia lotniczego należą trzy badania przeprowadzone przez Kaczorowskiego i wsp. [58,59,60]. Badania te opublikowano między 2005 a 2010 rokiem. Pierwsze z badań [58] przeprowadzono wśród 247, a drugie [59] u 144 kandydatów do szkolenia w Wyższej Szkole Oficerskiej Sił Powietrznych (WSOSP). W obu tych badaniach, podobnie jak w pracy własnej dokonano analizy wyników wykonanych badań nystagmograficznych. W przypadku tych badań były to badania ENG. W badaniach przedstawiono rodzaje wykrytych nieprawidłowości u klinicznie bezobjawowych osób. Celem tych badań było wyselekcjonowanie osób o ponadprzeciętnej sprawności układu równowagi. Kolejna praca [60] objęła grupę 80 kandydatów do WSOSP u których przenalizowano wyniki badań VNG, a celem pracy, było opracowanie tej metody badania jako metody równorzędnej do stosowanej techniki ENG w diagnostyce do szkolenia lotniczego, ze wskazaniem kluczowych parametrów do wykrywania ukrytych zaburzeń otoneurologicznych. Badania przeprowadzone przez Kaczorowskiego i wsp. poddały analizie analogiczne wyniki testów badań nystagmograficznych. Praca niniejsza różni się od tych doniesień przede wszystkim liczebnością badanej grupy i okresem czasu objętym badaniem, które w pracy własnej są znacznie większe w porównaniu do wyżej wymienionych prac. Dodatkowo w każdej z wymienionych publikacji oceniania jest tylko jedna metoda badania nystagmograficznego, w odróżnieniu od pracy własnej w której oceniono wyniki badań ENG jak i VNG.

Wyniki odnotowane w pracy własnej były dużo lepsze, w porównaniu do rezultatów uzyskanych przez Kaczorowskiego i wsp. z większym odsetkiem pozytywnych końcowych wyników. Liczba osób z wynikiem prawidłowym była większa i wynosiła 93% badanych, w stosunku do badań Kaczorowskiego, w których stwierdzono 69% i 91% wyników prawidłowych w pracach odpowiednio z 2006 i 2010 roku. [59,60]. W pracy własnej wzięto pod uwagę wyniki badań obiema metodami, czyli ENG jak i VNG. Analizując jedynie wyniki grupy osób badanych metodą ENG, analogicznie jak w przytoczonych badaniach Kaczorowskiego rozbieżność wyników jest jeszcze większa, z dużo lepszymi wynikami własnej pracy, gdzie wyniki prawidłowe stwierdzono u 95% badanych. Widoczna jest ogólna

poprawa uzyskiwanych rezultatów badań nystagmograficznych na przestrzeni kolejnych lat, co może wynikać z dopracowania i ujednolicenia metodyki badań, oraz minimalizacji wpływu czynników niemedycznych i błędów ludzkich. Co więcej wskazują na kolejny fakt świadczący, iż częściej gorsze rezultaty prezentują kandydaci badani metodą VNG, zarówno kobiety jak i mężczyźni. Liczba wyników prawidłowych badanych tą metodą wyniosła 91% pośród badanych kandydatów.

Zauważalna jest również, wynikająca z wyników badania, międzypłciowa różnica końcowych rezultatów badań nystagmograficznych. Odsetek nieprawidłowych wyników końcowych, u kobiet jest większy niż u mężczyzn (9,1% vs 6,5%). Tych obserwacji nie możemy jednak skonfrontować z innymi autorami, ponieważ w swoich badaniach nie dokonali tego typu analizy.

W literaturze zagranicznej, występują pojedyncze publikacje analizujące wyniki badań układu równowagi wśród pilotów wojskowych lub kandydatów do szkolenia lotniczego. Jedną z prac, jest publikacja chińskich autorów Jing-chen Pei i wsp. [57], w której dokonano analizy wyników badań 59 pilotów wojskowych. W badaniu sprawdzano wyniki próby kalorycznej ENG oraz testu kumulacyjnych przyspieszeń Coriolisa. U wszystkich badanych pilotów stwierdzono prawidłową, symetryczną reakcję błędników w próbie kalorycznej. Nie stwierdzono żadnego przypadku patologicznej przewagi kierunkowej [CP] próby kalorycznej. Dodatkowo u znaczącej większości badanych (94,7%) stwierdzono prawidłową tolerancję próby Coriolisa, a jedynie u 5,3 % badanych stwierdzono względną podatność do choroby lokomocyjnej i dezorientacji przestrzennej. Wyniki te, a w szczególności wyniki próby kalorycznej, są znacznie lepsze w porównaniu do pracy własnej. Z dużym prawdopodobieństwem wynika to z charakteru badanej grupy, czyli pilotów, u których prawdopodobnie w trakcie wcześniejszej rekrutacji wykluczono zaburzenia równowagi, w porównaniu do badanych osób z pracy własnej, gdzie badani byli dopiero w trakcie dopuszczających do szkolenia badań diagnostycznych.

Kolejna praca autorstwa Fiorillo i wsp. [56] była analizą i porównaniem wyników 106 badań posturograficznych w grupie włoskich pilotów wojskowych oraz osób bez doświadczenia lotniczego. W badaniu tym jednak, w odróżnieniu do pracy własnej nie analizowano wyników badań nystagmograficznych. Oceniono wskaźniki badań posturograficznych i zgodnie z oczekiwaniami wyniki wskazywały na znacznie lepszą kontrolę postawy u pilotów w stosunku do osób bez doświadczenia lotniczego.

Kolejnym doniesieniem, z którym możemy porównać własne wyniki, mimo że nie dotyczyło personelu lotniczego, jest praca Pepaś i wsp. [61]. Autorzy pracy ocenili i porównali

wyniki 20 badań nystagmograficznych u zdrowych, bezobjawowych osób w wieku między 22 a 26 rokiem, u których wykonano zarówno badanie metodą ENG jak i VNG. U każdego z badanych zastosowano tygodniową przerwę między badaniami. W wynikach pracy autorzy wskazują, że u żadnej z badanych osób nie stwierdzono odchyleń czynności narządów przedsionkowych które klasyfikowałyby końcowy wynik jako nieprawidłowy. Wyniki uzyskane przez badaczy są więc dużo lepsze niż w pracy własnej. Należy jednak zwrócić uwagę, że badana grupa jest znacząco mniejsza, a w związku z tym możliwa jest obecność tak dużej rozbieżności wyników. W odróżnieniu od pracy własnej w badaniu Pepaś i wsp. u każdej osoby wykonano badanie dwiema metodami (ENG i VNG) jednak nie wykonywano testu fotela wahadłowego, oraz oceny oczopląsu samoistnego.

Wyniki własnego badania wskazują, że najczęstszymi i głównymi zaburzeniami wykrywanymi u kandydatów do szkolenia lotniczego, były odchylenia w wynikach próby kalorycznej. Nieprawidłowa, przekraczająca wartości normy przewaga kierunkowa oczopląsu [DP] oraz jednostronne osłabienie [CP] były to kolejno co do częstości dwa najczęściej występujące odchylenia w grupie wszystkich wykonanych badań nystagmograficznych. Oba zaburzenia odpowiadały łącznie za 76% wyników nieprawidłowych. Najczęściej stwierdzane odchylenie różniło się jednak między metodami badania, ponieważ w ENG najczęstsze odchylenie to jednostronne osłabienie [CP] (33% wyników poza normą) a w VNG była to przewaga kierunkowa oczopląsu [DP], którą wykryto w ponad połowie (51%) nieprawidłowych wyników.

Wyniki uzyskane w pracy własnej są analogiczne do wyników innych badaczy. Kaczorowski i wsp. w swoich doniesieniach [59,60] odchylenia w parametrach próby kalorycznej również wskazywał jako najczęstsze nieprawidłowości wykryte w badaniach. W badaniu z 2006 roku 61% z uzyskanych nieprawidłowych wyników oraz 57% takich wyników w badaniu z 2010 roku, warunkowane było obecnością symetrycznej przewagi kierunkowej oczopląsu [DP]. W obu badaniach jednostronne osłabienie [CP] to kolejne co do częstości występowania stwierdzone zaburzenie. W badaniu z 2006 roku autorzy wykryli je w 10% nieprawidłowych wyników oraz w 24% nieprawidłowych wyników w badaniu z 2010 roku. W pracy własnej, w porównaniu do przytoczonych doniesień procent nieprawidłowych wyników z odchyleniem DP jest nieco mniejszy. Dokładnie 40% pośród wyników nieprawidłowych z całej badanej grupy warunkowane było obecnością przewagi kierunkowej oczopląsu [DP]. Trzeba jednak zauważyć, że oceniając jedynie wyniki osób badanych metodą ENG, czyli analogicznie jak w badaniach Kaczorowskiego to procent ten jest jeszcze mniejszy, ponieważ odchylenie to stanowiło 26% z nieprawidłowych wyników.

Wyniki pracy własnej pozwalają wysunąć wniosek podobny do stwierdzanego przez innych badaczy [59,60], wskazujący próbę kaloryczną jako najbardziej selekcyjny test w diagnostyce otoneurologicznej kandydatów do lotnictwa. Parametry w niej oznaczane (CP oraz DP) są kluczowe i najbardziej czułe w wykrywaniu utajonych dysfunkcji narządów przedsionkowych zarówno w metodzie ENG jak i VNG.

Autorzy innych doniesień naukowych wskazują, że zauważalny jest trend spadkowy w liczbie nieprawidłowych wyników końcowych badań nystagmograficznych. Dodatkowo widoczny jest coraz mniejszy procentowy udział patologicznej przewagi kierunkowej próby kalorycznej [DP] w nowszych badaniach, jak i w pracy własnej. Jako możliwą przyczynę tego zjawiska badacze wskazują zmianę strategii badań na przestrzeni ostatnich lat. W nowej i obecnie funkcjonującej strategii badań, w przypadku wykrycia nieprawidłowości, badania są powtarzane w niedalekim odstępie czasu (kilku lub kilkunastu tygodni), jeżeli jest podejrzenie, że nieprawidłowości w wynikach wynikają z przyczyn pozamerytorycznych. Odnotowywane były liczne przypadki poprawy wyników w kolejnych próbach, ostatecznie klasyfikując je jako prawidłowe. Według badaczy zauważalna labilność wyników, u młodych osób z prawidłowymi odczynami narządów przedsionkowych, mogą wynikać ze stresu, zmęczenia oraz co najważniejsze z niedokończonego procesu dojrzewania OUN [79].

Przedmiotem badań mojej pracy była, między innymi, ocena ewentualnych różnic w wynikach badanych parametrów, między stosowanymi metodami badań nystagmograficznych. Przewaga kierunkowa oczopląsu próby kalorycznej [DP], to parametr, w którym odchylenie od normy w tych badaniach, było najczęściej stwierdzaną nieprawidłowością. Przeprowadzona analiza wykazała, że istnieje istotna statycznie różnica między wartościami wyników DP uzyskiwanymi w badaniu metodą ENG i VNG. Wartości procentowe wyników DP u osób badanych VNG były średnio o ponad 2% wyższe. Średnia wartość wyników dla metody ENG wyniosła DP = 7,08%, a dla VNG było to DP = 9,27%. Istotnej statystycznie różnicy jednak nie stwierdzono, kiedy porównano wyniki DP jedynie tej grupy osób u których wartości DP wykraczały poza granicę normy.

Jednostronne osłabienie [CP] próby kalorycznej to parametr, którego odchylenie stanowiło drugą co do częstości przyczynę kwalifikującą wynik jako nieprawidłowy. Podobnie jak w przypadku przewagi kierunkowej praca własna wykazała analogiczne różnice. Wartości wyników CP były istotnie statystycznie wyższe pośród osób badanych metodą VNG (ponad 2% wyższe w porównaniu do ENG) dla grupy wszystkich badanych osób, ale bez istotności statystycznej w wyselekcjonowanej grupie osób z wynikami uznawanymi za nieprawidłowe.

Średnia wartość wyników uzyskanych dla metody ENG wyniosła CP = 6,63%, a dla VNG było to CP = 8,69%.

Porównując wyniki własne do doniesień innych autorów, widać pewne różnice w uzyskanych rezultatach. Pepaś i wsp. [61] w swoim badaniu odnotowali wyższe średnie wartości DP u badanych osób, w porównaniu do wyników w pracy własnej. Autorzy nie odnotowali jednak istotnych różnic w wynikach przewagi kierunkowej [DP] między obiema metodami badań. Średnie wartości dla badania ENG wyniosły DP = 15,04% a dla VNG było to DP = 14,45%. W przypadku wyników jednostronnego osłabienia [CP] wyniki Pepaś i wsp. były już zbliżone do wyników w pracy własnej i były to średnio CP = 8,48% w ENG, oraz CP = 3,95% w VNG. W odróżnieniu od pracy własnej autorzy odnotowali wyższe średnie wartości CP w metodzie ENG. Oczywiście trzeba zaznaczyć, że grupa badana, którą oceniano w tej pracy była znacząco mniejsza.

Drugi nieodłączny filar badania nystagmograficznego u kandydatów do lotnictwa to próba kinetyczna, czyli test fotela wahadłowego z oceną parametru przewagi kierunkowej oczopląsu oraz ocena obecności lub braku oczopląsu samoistnego. Obecność utajonego oczopląsu i nieprawidłowe wartości przewagi kierunkowej oczopląsu w teście kinetycznym (fotel wahadłowy) stanowiły kolejne co do częstości wykrywane zaburzenia w badaniach nystagmograficznych (łącznie 33% pośród wyników nieprawidłowych).

Nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic w średnich wartościach wyników TFW pomiędzy obiema metodami badań. Mimo że średnie wartości wyników TFW w metodzie VNG były wyższe (6,64% w VNG vs 6,08% w ENG) to różnica jest niewielka i bez istotności statystycznej.

Różnice międzypłciowe wyników to kolejny element zainteresowań mojej pracy. Z roku na rok liczba badanych kobiet wzrasta, w związku z rosnącym zainteresowaniem służbą lotniczą pośród kobiet. Mimo to, nadal przeważająca jest grupa kandydatów płci męskiej.

Ogólna analiza uzyskanych wyników kobiet i mężczyzn wskazuje, że najczęstsze wykrywane nieprawidłowości były podobne u osób obu płci, z wiodącą przewagą odchyleń w parametrach próby kalorycznej. Stwierdzono, że najczęstszą nieprawidłowością u stwierdzaną u kobiet była obecność jednostronnego osłabienia [CP], z kolei u mężczyzn przewaga kierunkowa oczopląsu [DP]. Biorąc pod uwagę poszczególne parametry, analiza wszystkich odnotowanych wyników DP próby kalorycznej u obu płci, nie wykazała istotnych różnic międzypłciowych w uzyskiwanych wartościach procentowych wyników. Natomiast po porównaniu wartości DP kobiet i mężczyzn jedynie dla wyników nieprawidłowych stwierdzono, że nieprawidłowe wartości DP są istotnie wyższe u mężczyzn, jednak tylko w przypadku badań metodą ENG.

Oznacza to, że u osób z dysfunkcją układu przedsionkowego, gdzie wykazano obecność patologicznej przewagi kierunkowej, w metodzie ENG odchylenie to jest mocniej zaznaczone u mężczyzn (wartości procentowe DP są istotnie wyższe).
W przypadku parametrów jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej, zauważono, że średnie wartości tych parametrów są wyższe u kobiet. Analiza statystyczna wykazała jednak, że dla wyników CP różnica ta jest istotna statystycznie jedynie w przypadku metody VNG.

Wyniki badań, wskazują, że w przypadku badań młodych bezobjawowych osób możemy spodziewać się uzyskiwania wyższych wartości w parametrach DP oraz CP próby kalorycznej stosując metodę VNG w porównaniu do metody ENG.
Odmienności w wartościach uzyskiwanych parametrów próby kalorycznej dla poszczególnych płci są nieregularne i niespecyficzne. Pozwala to wysunąć wniosek, że próba kaloryczna nie jest badaniem, w którym istnieje większe prawdopodobieństwo uzyskania wyższych wartości parametrów u którejkolwiek z płci.
Wyjątkiem jest parametr przewagi kierunkowej DP u badanych metodą VNG gdzie odnotowano istotnie wyższe wartości u badanych mężczyzn, jednak ze względu na to,
że odmienność tą odnotowano jedynie dla tego jedynego parametru, i tylko w jednej badanej metodzie, przed postawieniem jednoznacznych wniosków, zasadne byłoby przeprowadzenie dalszych badań, w celu potwierdzenia uzyskanych rezultatów.

W przypadku próby fotela wahadłowego wyniki pracy własnej pozwoliły odnotować, że u kobiet zarówno badanych metodą ENG jak i VNG wartości procentowe uzyskanych wyników były wyższe. Mimo że statystycznie istotną różnicę wykazano jedynie dla metody ENG, możemy wnioskować, że jest to test, w którym prawdopodobieństwo nieprawidłowego wyniku a w związku z tym wykrycia bezobjawowych zaburzeń układu przedsionkowego jest większa u płci żeńskiej. Badania Nowickiego i wsp. [65] oraz Kubiczkowej i wsp. [66] wykazały wiele zalet tego szybkiego do przeprowadzenia testu. Test fotela wahadłowego ma tą przewagę, że nieczęsto możliwe jest wywołanie zjawiska adaptacji i habituacji w trakcie wykonywania badań. Największą zaletą testu jest z kolei fakt, iż jest to badanie pozwalające odróżnić charakter przewagi kierunkowej oczopląsu, a dokładnie czy ma charakter obwodowy, czy ośrodkowy.

Wiek badanych kandydatów w momencie prowadzenia diagnostyki otoneurologicznej, stanowi jedną z kluczowych składowych warunkujących prawidłowy rezultat badań. Dotyczy to szczególnie badań nystagmograficznych, w których oceniana jest reaktywność narządów przedsionkowych.

Uważa się, że u dzieci i młodych dorosłych czynność narządów przedsionkowych, a w związku z tym sprawność układu równowagi, nie jest w pełni ukształtowana, co może mieć odzwierciedlenie w labilności uzyskiwanych wyników w trakcie badań nystagmograficznych. Doniesienia naukowe licznych autorów, w tym m.in. Dec i wsp. [62] wskazują, że wiek, w którym obserwuje się ostateczną dojrzałość kory mózgowej, to okres między 18 a 21 rokiem życia. W tym okresie kształtuje się wydolność czynnościowa i bioelektryczna mózgu, a w szczególności płatów czołowych za to odpowiedzialnych.

Wyniki uzyskane w przeprowadzonym badaniu wskazują, że najlepsze rezultaty uzyskują pacjenci w wieku między 21 a 24 rokiem życia (6% wyników nieprawidłowych w grupie). Nieco gorsze rezultaty uzyskują młodsi kandydaci (do 20 roku życia), w grupie których liczba wyników nieprawidłowych była o 1% wyższa. U osób najmłodszych również wykryto 1% więcej wyników w GDZ w porównaniu do starszej grupy. Wyniki te potwierdzają teorię wyżej cytowanych autorów, o wpływie niedojrzałości OUN na uzyskiwane rezultaty. Zaskakujący jest fakt, tak dużej liczby uzyskanych wyników nieprawidłowych u kandydatów po 28 roku życia. Trudno jednak na podstawie tych wyników wyciągnąć jednoznaczne wnioski, ze względu na bardzo małą liczebność tej grupy i potrzebę dalszych badań, na większej grupie, w celu wiarygodnego porównania tych wyników do osób młodszych.

W pracy własnej nie zaobserwowano istotnych różnic w wynikach parametrów wyznaczanych w trakcie próby kalorycznej oraz próby fotela wahadłowego między osobami różniącymi się wiekiem w chwili badania. Na podstawie obecnych doniesień naukowych [62] wiemy, że u osób starszych oraz w podeszłym wieku wzrasta ryzyko wystąpienia zaburzeń czynności narządów przedsionkowych dając objawy wirowych zawrotów głowy. U tych osób możemy spodziewać się osłabionej pobudliwości narządów przedsionkowych w próbie kalorycznej, dającej odzwierciedlenie w szczególności pod postacią podwyższonych wartości parametru jednostronnego osłabienia [CP]. Podobnie w przypadku młodych osób, a w szczególności u dzieci możemy spodziewać się odchyleń w badaniach nystagmograficznych, często nawet mimo braku dolegliwości. Doniesienia naukowe wskazują między innymi na częstsze występowanie u dzieci oczopląsu samoistnego oraz indukowanego w próbach położeniowych w stosunku do osób dorosłych. [63,64]. Wyniki pracy własnej wskazujące brak wpływu wieku na wartości badanych parametrów nystagmograficznych, wynikają z pewnością z faktu obecności w grupie badanej jedynie młodych zdrowych dorosłych (w większości między 18 a 25 rokiem życia), u których częstość bezobjawowych zaburzeń jest mniej spodziewana, aniżeli u dzieci lub osób w podeszłym wieku jak wskazują inni badacze.

Obecność utajonego oczopląsu samoistnego wykrytego w badaniach nystagmograficznych było trzecią co do częstości przyczyna warunkującą nieprawidłowy wynik. Obecność oczopląsu samoistnego odnotowano u 11 badanych osób. U prawie każdej z tych osób (10 na 11 przypadków) wiązało się to z jednoczasową obecnością odchylenia w próbie kalorycznej lub próbie fotela wahadłowego. Najczęściej, bo u 4 osób towarzyszącym odchyleniem była patologiczna przewaga kierunkowa w teście fotela wahadłowego, a po 3 osoby dodatkowo uzyskały nieprawidłowy wynik CP lub DP próby kalorycznej. Mimo stosunkowo nielicznej grupy osób, u której w pracy własnej odnotowano obecność utajonego oczopląsu samoistnego, zauważono, że ponad dwukrotnie więcej osób z tą w patologią wykryto u osób badanych metodą ENG, co może wskazywać tą technikę jako bardziej czułą w wykrywaniu utajonego oczopląsu.

W literaturze zagranicznej, warto zwrócić uwagę na pracę japońskich autorów Takahashi i wsp. [67], którzy u 30 losowo wybranych kandydatów bez istotnych dolegliwości, wykonali badania elektronystagmograficzne pod kątem oceny obecności oczopląsu samoistnego. U połowy badanych badanie wykonano dwukrotnie. Dodatkowo u każdej z osób wykonano próbę kaloryczną z oceną jednostronnego osłabienia [CP]. U 5 osób (16,7%) wykryto obecność oczopląsu samoistnego, a dodatkowo u 3 z tych 5 osób stwierdzono asymetrię pobudliwości błędników przekraczającą 40%. Wyniki te wskazują na dużo większy odsetek z utajonym oczopląsem w porównaniu do grupy z pracy własnej (mniej niż 1% badanych). Należy jednak wziąć po uwagę fakt, na który zwracają uwagę również inni autorzy [68,69,70]. Nie ma, albowiem jednolitych wspólnych kryteriów oceny oczopląsu samoistnego, stąd duża rozbieżność w wynikach badaczy (nawet kilkadziesiąt procent). Kryteria oceny dokonywanej pomiędzy badaczami różnią się długością obserwacji, wpływem fiksacji w trakcie oceny, pozycji badanego w trakcie badania, a nawet ilości wymaganych uderzeń oczopląsowych. Dodatkowo Takahashi i wsp. podkreślają, że u 4/5 osób z wykrytym oczopląsem wyniki te nie były stałe i nie potwierdziły się podczas powtórnego badania ENG, co wskazuje na dużą labilność wyników.

U osób z uszkodzeniem lub dysfunkcją jednego z narządów przedsionkowych, obecność odchylenia w wynikach próby kalorycznej, a w szczególności obecność rzeczywistej przewagi kierunkowej, może być wyrazem nakładania się utajonego oczopląsu samoistnego [5]. Można więc traktować wykrytą na wstępie badań nystagmograficznych, obecność samoistnego oczopląsu jako pierwszy sygnał, wskazujący na możliwą obecność dalszych odchyleń w trakcie testu kinetycznego bądź próby kalorycznej. Z drugiej strony należy również pamiętać, że obecność oczopląsu samoistnego, mimo prawidłowej reaktywności błędników w próbie

kalorycznej nie wyklucza obwodowego charakteru dolegliwości. Przykładem takiego zjawiska może być tzw. recovery nystagmus, czyli oczopląs ze zdrowienia po przejściowej dysfunkcji błędnika. W związku z tym faktem oraz istnieniem dużej zmienności charakteru wykrywanego oczopląsu, istnieją przesłanki do powtarzania badań nystagmograficznych u części osób. Zalecane to powinno dotyczyć w szczególności wyników niejednoznacznych, w celu ich weryfikacji i potwierdzenia prawidłowości rezultatu.

Okres, który objęto badaniem przypadał na lata między 2020 a 2022 rokiem. Był to czas, w którym odnotowano dużą liczbę chorujących na infekcje wirusowe a w szczególności infekcje wywołane wirusem SARS-CoV2. Z doniesień naukowych innych autorów [73] wiemy, że dysfunkcja narządu przedsionkowego może być objawem lub powikłaniem infekcji Covid-19. Kandydaci objęci badaniem nie mieli wykonywanych rutynowo testów na obecność infekcji Covid-19, stąd niestety niemożliwa była ocena wpływu tego rodzaju infekcji na wyniki badań nystagmograficznych. Poddane analizie wartości parametrów próby kalorycznej (DP oraz CP) oraz wartości wyników przewagi kierunkowej testu fotela wahadłowego, były nieco wyższe w latach 2020-21 w porównaniu do roku 2022, jednak mimo to, różnice wyników między kolejnymi latami badania nie okazały się istotnie różne w ocenie statystycznej.

Dużo więcej dowodów naukowych przedstawia negatywny wpływ innych rodzajów infekcji wirusowych na czynność narządu przedsionkowego. Wirusy HSV-1 i HSV-2 są uznawane za czynniki odpowiadające, za okresową lub trwałą dysfunkcję przedsionków. Wywoływane przez nie zapalenie nerwu przedsionkowego, jest przyczyną dokuczliwych i uporczywych zawrotów głowy. [71,72]

Infekcje wirusowe wywołane przez inne typy wirusów, jak np. wirus CMV, również mogą negatywnie wpływać na czynność błędników, zaburzając ich funkcję i wywołując objawy pod postacią zawrotów głowy, lub wpływać na odchylenia w wynikach badań nystagmograficznych u pacjentów nie odczuwających zaburzeń równowagi. [74].

Obecność infekcji w trakcie badania otoneurologicznego, to jeden z częstszych powodów kierowania kandydatów na powtórne badania nystagmograficzne, w przypadku nieprawidłowości w wynikach. Powtórne badania po dłuższym odstępie czasu wykonywane są również w przypadku podejrzenia wyżej opisywanej niedojrzałości OUN. Powtórne badania losowo wykonywane są tą samą lub drugą z metod badania. U większości osób objętych badaniem, u których powtórzono badanie z powodu podejrzenia przejściowej nieprawidłowości odnotowano poprawę wyniku. U osób badanych metodą ENG 83% powtórzonych wyników zostało zaklasyfikowanych jako prawidłowe, z kolei w przypadku metody VNG, taki rezultat uzyskano w 82% przypadków. Podobne rezultaty uzyskano u osób u których powtórne badanie

wykonano drugą z metod nystagmograficznych. Większość, bo w 9/10 takich przypadków po wstępnym badaniu ENG, powtórne badanie przeprowadzono metodą VNG. U 7 takich kandydatów powtórny wynik był prawidłowy (78%). U jedynego kandydata wstępnie badanego VNG również uzyskano prawidłowy wynik w kolejnym badaniu drugą z metod (ENG).

Wyniki te wskazują, że istnieją przesłanki do powtórnych badań nystagmograficznych lub odroczenia tych badań w przypadku podejrzenia przejściowych zaburzeń czynności błędnika związanych z infekcją, zmęczeniem, lub stresem towarzyszącym badaniom diagnostycznym u kandydatów. Dodatkowo u części młodych osób, mimo braku istotnych zauważalnych przejściowych odchyleń w ogólnym stanie zdrowia, kiedy odchylenie w wynikach może wiązać się niedojrzałością OUN, zasadne wydaje się powtarzanie badań za kilka lub kilkanaście miesięcy i weryfikacja uzyskanych wyników. Niewielka liczba kandydatów w badanej grupie miała wykonywane badanie obiema metodami badań. Dotyczyło to tylko osób z nieprawidłowym wynikiem w pierwszym badaniu. Jak wspomniano wcześniej większość z tych osób odnotowywała poprawę w badaniu kontrolnym, niezależnie którą z metod badania wykorzystywano. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że osoby badane obiema metodami stanowiły bardzo nieliczną grupę (10 osób) i byli to jedynie kandydaci z podejrzeniem przejściowych zaburzeń czynności błędnika. Niemożliwa więc była wiarygodna ocena różnic w wynikach wynikająca z metody badania, jednak może to stanowić przedmiot do dalszych prac i analiz w planowaniu kolejnych badań w przyszłości, na przykład z jednoczasowym wykorzystaniem obu metod jednoczasowo w trakcie badania kandydatów. Tego rodzaju doświadczenie opisali Bielińska i wsp. [75] w badaniu, w którym u 50 zdrowych osób wykonano badanie ENG i VNG oddzielnie a następnie jednoczasowo w odstępie 48 godzin. Autorzy tej pracy nie stwierdzili negatywnego wpływu jednego rodzaju badania na drugie, a z zaobserwowanych różnic odnotowano jedynie niższe wartości średniej prędkości wolnej fazy oczopląsu (SPV) w trakcie próby kalorycznej w badaniu ENG w stosunku do badania VNG.

Przyspieszenia Coriolisa są jednymi z kluczowych czynników decydujących o występowaniu objawów choroby lokomocyjnej. Ocena ich tolerancji jest kluczowa dla potrzeb orzeczniczych komisji lotniczo-lekarskich. Nieprawidłowa tolerancja próby świadczy o nadmiernej reaktywności przedsionkowo-wegetatywnej, dając objawy iluzji ruchu oraz wahania parametrów fizjologicznych pod postacią zaburzeń akcji serca, wzmożonej potliwości, omdlenia. Występowanie objawów subiektywnych i większą skłonność do występowania objawów choroby lokomocyjnej stwierdza się u osób niezwiązanych z lotnictwem, u osób w młodym wieku, a pośród pilotów, w tej grupie która odbyła najmniejszy nalot [76].

Tylko 1% z wyników z przedstawionego badania zaklasyfikowanych jako nieprawidłowe, wynikało z nieprawidłowej tolerancji próby Coriolisa. Tak mała liczba nieprawidłowych wyników w badanej grupie z nieprawidłową tolerancją próby Coriolisa wynika z dużym prawdopodobieństwem z metodyki badań kwalifikacyjnych kandydatów w WIML. Ocena odczynowości przedsionkowo-wegetatywnej w trakcie testu tolerancji kumulacyjnych przyspieszeń Coriolisa jest w większości przypadków pierwszym testem oceniającym czynność błędników. W przypadku wzmożonej odczynowości, a w związku z tym nieprawidłowej tolerancji próby Coriolisa kandydaci nie uzyskują pozytywnego wyniku kwalifikującego do szkolenia. W takiej sytuacji, w większości przypadków nie ma potrzeby wykonywania badania nystagmograficznego, stąd w badanej grupie znalazła się tylko jedna osoba z nieprawidłową tolerancją próby Coriolisa, u której z powodu podejrzenia przejściowej nietolerancji próby, zdecydowano o wykonaniu badania nystagmograficznego. Liczba osób która uzyskała negatywny wynik tolerancji próby Coriolisa, a tym samym osób, które nie uzyskały pozytywnej kwalifikacji, była prawdopodobnie istotnie większa. Ze względu na brak pełnej diagnostyki otoneurologicznej łącznie z badaniem ENG lub VNG, nie zostali oni jednak włączeni do badanej grupy.

Warto zwrócić uwagę na fakt, iż układ przedsionkowy posiada zdolność do habituacji i możliwy jest trening habituacyjny poprzez powtarzanie próby i poniekąd przyzwyczajania układu równowagi i wypracowania tolerancji, prowadzącej u części osób do zmniejszenia objawów [80, 89]. Mimo to w większości przypadków objawy wegetatywne u kandydatów z wzmożona odczynowością przedsionkowo-wegetatywną w trakcie próby Coriolisa są na tyle dokuczliwe, że uniemożliwiają podjęcie szkolenia ze względu na zbyt wysokie ryzyko wystąpienia objawów w trakcie lotu.

Kryteria oceny wyników badań nystagmograficznych są nieco odmienne w przypadku osób związanych z lotnictwem w odróżnieniu od osób cywilnych. Poza nieco węższym zakresem wartości wyników uznawanych za normę, w grupie prawidłowych wyników wyodrębnia się wyniki oznaczane jako „odczyny narządu przedsionkowego w granicach dopuszczalnej zmienności". Na podstawie dotychczasowych prac i doświadczeń badaczy z WIML stwierdzono, że osoby uzyskujące tak klasyfikowane wyniki są zdolne do szkolenia lotniczego i pozwalające na służbę z wykorzystaniem wszystkich rodzajów samolotów i śmigłowców. Autorzy zaznaczają jednak, że w niektórych przypadkach takie osoby powinny być ostrożnie kwalifikowane i dopuszczane do wykonywania lotów w trudnych warunkach atmosferycznych lub w nocy, ze względu na zwiększone ryzyko wystąpienia u pilota stanu utraty orientacji przestrzennego położenia [77]. W pracy własnej prawidłowe wyniki

z adnotacją GDZ („w granicach dopuszczalnej zmienności") odnotowano w 121 przypadkach (12% badanych). Wykazano, że analogicznie do wyników nieprawidłowych, odchylenia w parametrach próby kalorycznej najczęściej warunkowały wynik w granicach dopuszczalnej zmienności, potwierdzając największe znaczenie prób cieplnych i ich przewagę nad próbami kinetycznymi w wykrywaniu utajonych odchyleń i zaburzeń czynności błędników.
Wyniki w GDZ stosunkowo częściej dotyczyły kobiet (17% kobiet vs 11% mężczyzn).
Rezultaty te pokazują, jak liczną grupę stanowią osoby z takim wynikiem. Należy więc się zastanowić czy w ramach poprawy jakości pracy komisji lotniczo-lekarskich i bezpieczeństwa przyszłych pilotów nie należałoby rozważyć wprowadzenie u osób uzyskujących taki rezultat, obligatoryjnych okresowych badań nystagmograficznych, bądź innych dodatkowych badań otoneurologicznych.

Wykaz chorób i ułomności z zakresu zaburzeń narządu słuchu jest podstawą prawną na której bazują komisje lotniczo-lekarskie podczas orzekania o zdolności lub braku zdolności do służby w powietrzu przy ocenie wyników badań układu równowagi. Dokument ten nie jest doskonałym narzędziem, który w sposób dość ogólnikowy kategoryzuje oceniane wyniki badań otoneurologicznych. Zaburzenia czynności układu równowagi ujęte są łącznie z zaburzeniami narządu słuchu, które mimo anatomicznej i czynnościowej integracji w obrębie ucha wewnętrznego, stanowią odrębne układy wymagające samodzielnej i autonomicznej oceny. Zaburzenia czynności narządu przedsionkowego znajdują odzwierciedlenie w trzech punktach paragrafu 21 (punkt 7-9) wykluczających zdolność do służby w powietrzu w przypadku nadmiernej pobudliwości przedsionkowo-wegetatywnej, oraz zaburzeń czynności narządu przedsionkowego, z wyjątkiem zaburzeń nieupośledzających wydolności układu równowagi, które pozwalają na służbę z wyłączeniem stanowisk pilotów dla większości samolotów poza samolotami transportowymi i turbośmigłowymi. Jako jedyny i kluczowy warunek określany w rozporządzeniu uznaje się asymetrię lub przewagę kierunkową oczopląsu przekraczającą 20% w próbach odczynowych narządu przedsionkowego (ENG lub VNG). Mimo że kryteria te wydają się być wystarczające dla oceny większości wyników badań nystagmograficznych, są mało precyzyjne i powinny wymagać uzupełnienia. Wyniki pracy własnej wskazują kierunki działań do doprecyzowania, w szczególności kryteriów oceny badań nystagmograficznych. Warto rozważyć wprowadzenie obligatoryjnej możliwości pozwalającej na weryfikację i kontrolne badanie każdego nieprawidłowego wyniku badania nystagmograficznego, ze względu na widoczną w wynikach dużą labilność rezultatów u młodych osób, a może nawet odroczenia tych badań u kandydatów o rok lub dwa do osiągnięcia pełnej dojrzałości OUN. Kolejnym elementem wartym uwagi mogłoby być dodatkowe wyszczególnienie grupy

kandydatów uzyskujących wyniki „granicach dopuszczalnej zmienności", uznawanych za granicę normy, którzy wymagaliby dodatkowej oceny otoneurologicznej lub okresowej kontroli. Rozwój techniczny samolotów, stawia coraz wyższe wymagania przed pilotem i naraża układ równowagi na coraz większe przeciążenia. W związku z większym ryzykiem wystąpienia powietrznej choroby lokomocyjnej u osób z wynikami GDZ rozwiązanie takie byłoby zasadne i zwiększające bezpieczeństwo pilotów. Badanie własne potwierdza również wcześniejsze obserwację kluczowego i wiodącego znaczenia próby dwukalorycznej, w trakcie badań nystagmograficznych, oraz mniejszego znaczenia próby fotela wahadłowego. W związku z rosnącą liczba kandydatów do szkolenia i obciążeniem Pracowni Diagnostyki Narządu Słuchu i Układu Równowagi WIML, w celu usprawnienia pracy można rozważyć ograniczone wykonywanie tej próby jedynie do przypadków z niejednoznacznymi rezultatami pozostałych badań lub jako oddzielny kontrolny element diagnostyczny każdego kandydata w późniejszym okresie szkolenia lotniczego.

Diagnostyka kandydatów do szkolenia lotniczego w WIML winna być nadal prowadzona w taki sposób, aby oceniana sprawność zdrowotna pilota była jak najbardziej wielokierunkowa i szczegółowa, zapewniając maksymalne bezpieczeństwo pilota w trakcie lotu. Wieloletnie doświadczenia otoneurologów z Wojskowego Instytutu Medycyny Lotniczej pozwoliły wypracować skuteczną metodykę badań układu równowagi bazującą na próbie Coriolisa i badaniach elektronystagmograficznych, utrzymując od wielu lat wysokie standardy i skuteczność w wykrywaniu ukrytych zaburzeń czynności błędnika, mimo pojawiających się nowych metod diagnostycznych i badań otoneurologicznych.

VI. Wnioski

1. Zaburzenia czynności układu przedsionkowego wykryto u 7% kandydatów do lotnictwa. Z tego na podstawie badania ENG – wykryto u 5% badanych, z kolei w badaniu VNG u 9% badanych kandydatów
2. Zaobserwowano większą liczbę wyników nieprawidłowych u badanych kobiet w stosunku do mężczyzn (9,1% vs 6,5%).
3. Nie zaobserwowano istotnych różnic międzypłciowych uzyskiwanych wyników dla metod ENG i VNG (z gorszymi rezultatami w metodzie VNG dla obu płci)
4. Najlepsze rezultaty uzyskiwały osoby w grupie wiekowej między 21 a 24 rokiem życia z najmniejszym odsetkiem wyników nieprawidłowych (6%)
5. Próbę kaloryczna jest kluczową i najbardziej selekcyjną częścią badania nystagmograficznego. U 40% nieprawidłowych wyników końcowych stwierdzono obecność nieprawidłowej przewagi kierunkowej [DP], a u 36% rozpoznano nieprawidłowe jednostronne osłabienie [CP] w próbie kalorycznej. Były to najczęstsze i wiodące nieprawidłowości u badanych kandydatów.
6. Wartości uzyskanych wyników DP i CP próby kalorycznej, były istotnie statystycznie wyższe w metodzie VNG w stosunku do wyników z metody ENG. W parametrze jednostronnego osłabienia [CP] wyniki były średnio o 2,06 % wyższe, natomiast w parametrze przewagi kierunkowej [DP] były wyższe średnio o 2,19%.
7. Nie zaobserwowano jednak istotnej statystycznie różnicy między metodą ENG a VNG dla badanych z wynikami CP i DP wykraczającymi poza granicę normy (które to zostały wyodrębnione na potrzeby badania).
8. Nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy między metodą ENG a VNG, dla wyników przewagi kierunkowej testu fotela wahadłowego, zarówno w ocenie wyników wszystkich badanych oraz grupy badanych z wynikami poza granicą normy.
9. Średnia wartość uzyskanych wyników wszystkich kandydatów dla parametru przewagi kierunkowej fotela wahadłowego i parametru jednostronnego osłabienia próby kalorycznej [CP] była wyższa u badanych kobiet w stosunku do mężczyzn.
   Należy jednak doprecyzować, że:
   - Dla parametru przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego wyniki te były istotnie statystycznie wyższe u kobiet w stosunku do mężczyzn jedynie w metodzie ENG, bez istotności statystycznej w metodzie VNG

- Dla parametru jednostronnego osłabienia próby kalorycznej [CP] istotnie statystycznie wyższe u kobiet w stosunku do mężczyzn badanych metodą VNG, bez istotności statystycznej w metodzie ENG.

10. Średnia wartość uzyskiwanych wyników wszystkich kandydatów, dla parametru przewagi kierunkowej próby kalorycznej [DP] nie różniła się istotnie statystycznie między kobietami a mężczyznami. Zaobserwowano jednak, że dla wyodrębnionej grupy osób z nieprawidłowymi wynikami parametru DP próby kalorycznej, wyższe wartości występowały u mężczyzn. Istotność statystyczną stwierdzono dla osób badanych metodą ENG.
11. Nie stwierdzono zależności między wiekiem kandydata w chwili badania, a wartościami uzyskiwanych parametrów próby kalorycznej i próby fotela wahadłowego w obu metodach badań nystagmograficznych.
12. Wykrycie obecności oczopląsu samoistnego warunkowało nieprawidłowy końcowy rezultat. Dwukrotnie więcej osób z obecnością utajonego oczopląsu samoistnego wykryto w trakcie badań metodą ENG. Wyniki te mogą wskazywać tą technikę jako bardziej czułą w wykrywaniu tego rodzaju zaburzenia.
13. Wyniki oceniane jako „w granicach dopuszczalnej zmienności" stwierdzono u 12% badanych kandydatów. Uważane są za mieszczące się w granicach normy i nie powinny wykluczać kandydatów ze szkolenia lotniczego. Osoby te jednak nie powinny być dopuszczane do lotów w niekorzystnych warunkach atmosferycznych oraz w nocy, ze względu na większe ryzyko wystąpienia objawów dezorientacji przestrzennej.
14. Dla usprawnienia pracy komisji lotniczo lekarskich, należy rozważyć rozszerzenie paragrafu 21, wykazu chorób i ułomności przy ocenie zdolności fizycznej i psychicznej do służby w powietrzu rozporządzenia MON. Warto rozważyć zapis dający obligatoryjną możliwość powtórnych badań nystagmograficznych, w szczególności u najmłodszych kandydatów bądź możliwość odroczenia badania nystagmograficznego do dalszego etapu szkolenia. Dodatkowo, ze względu na stosunkowo dużą liczbę kandydatów, z wynikami „w granicach dopuszczalnej zmienności", które według obecnej literatury wiążą się ze zwiększonym ryzykiem rozwoju choroby powietrznej i dezorientacji przestrzennej, zalecana byłaby u tych osób dodatkowa diagnostyka otoneurologiczna lub okresowe badania kontrolne w trakcie służby.
15. Badania ENG i VNG to w dalszym ciągu kluczowe i równorzędne metody w diagnostyce otoneurologicznej kandydatów do LAW.

VII. Streszczenie w języku polskim

Wstęp. Badanie czynności narządów przedsionkowych stanowi ważny element badań z zakresu medycyny lotniczej u kandydatów do szkolenia lotniczego. Ich prawidłowa czynność, a wręcz ponadprzeciętna sprawność jest niezbędna do zachowania prawidłowych zdolności pilotowania statków powietrznych. Wymagania zdrowotne stawiane przed pilotami są coraz wyższe. Jest to wynik postępującego rozwoju technicznego samolotów wysokomanewrowych, a w związku z tym większymi obciążeniami organizmu, w trakcie pilotowania. Objawy, które mogą wystąpić w trakcie lotu u osób z ukrytymi zaburzeniami czynności narządów przedsionkowych, stanowią duże ryzyko niedyspozycji pilota w trakcie lotu prowadząc do katastrofy lotniczej. Diagnostyka otoneurologiczna kadetów lotnictwa opiera się na badaniach nystagmograficznych jako kluczowych w ocenie czynności narządów przedsionkowych. Pozwala na wykrywanie bezobjawowych zaburzeń błędnikowych u kadetów, mogących być przeciwskazaniem do szkolenia lotniczego.

Cele pracy. Praca obejmuje retrospektywną ocenę czynności narządów przedsionkowych u kadetów lotnictwa w latach 2020-2022 r., na podstawie badań nystagmograficznych w celu:

1. Ogólnej analizy końcowych wyników badań nystagmograficznych (ENG i VNG), a w szczególności analiza rodzaju i częstości występowania wykrytych nieprawidłowości, uwzględniając metodę badania, różnice międzypłciowe i różnice wynikające z wieku osób w momencie badania.
2. Oceny wyników próby kalorycznej i próby fotela wahadłowego jako głównych składowych badań nystagmograficznych (ENG i VNG).
3. Oceny częstości występowania odchyleń w badaniu oczopląsu samoistnego dla metod ENG oraz VNG oraz nieprawidłowej tolerancji próby Coriolisa w badaniach kandydatów do szkolenia lotniczego.
4. Ogólnej oceny zasadności wykonywania badań nystagmograficznych dla celów orzeczniczo-lotniczo-lekarskich, ze wskazaniem kluczowych testów oraz oceną zasadności ich powtarzania lub modyfikacji.

Materiał i metody. Badaniem objęto wyniki badań nystagmograficznych 1011 kandydatów do szkolenia lotniczego z lat 2020-2022. Analizie poddano zapisy badań ENG i VNG ze szczególnym uwzględnieniem wyników próby fotela wahadłowego i próby kalorycznej oraz testu Coriolisa.

Wyniki. W badanej grupie u 820 osób (81%) stwierdzono prawidłowy końcowy rezultat badań. Wyniki w normie w „granicach dopuszczalnej zmienności" stwierdzono u 121 osób (12%), natomiast u 70 badanych stwierdzono wynik poza normą, co stanowiło 7% badanej grupy. W badaniu odnotowano istotnie lepsze rezultaty u osób badanych metodą ENG, u których końcowe wyniki prawidłowe stwierdzono u 95% badanych. U badanych metodą VNG prawidłowy końcowy wynik stwierdzono u 91% badanych. W badanej grupie lepsze końcowe rezultaty uzyskiwali mężczyźni (6,5% wyników poza normą) w stosunku do kobiet (9,1% wyników poza normą). W badaniu zaobserwowano, że najlepsze końcowe rezultaty uzyskiwały osoby w grupie wiekowej między 21 a 24 rokiem życia (94% wyników prawidłowych). Nieco gorsze wyniki uzyskiwały osoby poniżej 21 roku życia (93% wyników prawidłowych). Najgorsze rezultaty odnotowano u osób od 27 roku życia, jednak należy zaznaczyć, że liczba badanych osób w tym wieku była wielokrotnie niższa.

Najczęstszą przyczyną warunkującą, że wynik uznawany był za nieprawidłowy, niezależnie od metody badania, była obecność patologicznej przewagi kierunkowej oczopląsu [*DP]* w próbie kalorycznej. Nieprawidłowość ta występowała w 40% nieprawidłowych wyników (37 badanych obiema metodami). Drugą co do częstości nieprawidłowością stwierdzaną w badaniach nystagmograficznych była obecność patologicznego jednostronnego osłabienia [*CP*] - 36% nieprawidłowych wyników. Kolejne co do częstości występujące nieprawidłowości to obecność oczopląsu samoistnego który stwierdzono w 12% nieprawidłowych wyników oraz obecność patologicznej przewagi kierunkowej oczopląsu w próbie fotela wahadłowego [*TFW]* - 11 % nieprawidłowych wyników.

Analizując najczęstsze nieprawidłowości dla każdej z metod badania stwierdzono, że w przypadku metody ENG było to patologiczne jednostronne osłabienie próby kalorycznej [CP] – 33% wyników nieprawidłowych w tej metodzie. W przypadku badanych metodą VNG najczęstszą stwierdzaną nieprawidłowością była obecność patologicznej przewagi kierunkowej próby kalorycznej [DP] – 51% wyników nieprawidłowych w tej metodzie.

U kobiet testem, który najczęściej warunkował nieprawidłowy wynik było w ponad połowie przypadków patologiczne jednostronne osłabienie [CP] próby kalorycznej (56% wyników poza normą). U mężczyzn najczęstszym stwierdzanym deficytem była obecność nieprawidłowej przewagi kierunkowej [DP] (41% wyników poza normą).

U części badanych z pierwotnie nieprawidłowym wynikiem, u których podejrzewano przejściową dysfunkcję narządów przedsionkowych, badania po kilku tygodniach wykonano ponownie. Stwierdzono, że niezależnie od metody badania, w większości przypadków wyniki

uległy poprawie. Wyniki nieprawidłowe ponownie uzyskano jedynie w 17% i 18% badań przeprowadzonych metodami odpowiednio VNG i ENG.

W przeprowadzonej pracy analizie poddano uzyskane wyniki testów: przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego [TFW] oraz CP i DP próby kalorycznej oceniając różnice w wynikach w zależności od metody prowadzonego badania, płci, oraz roku, w którym prowadzono badanie.

Dla wyników przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego [TFW] nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy w rozkładzie wyników wszystkich badanych, między metodą ENG a VNG. Średnia wartość uzyskiwanych wyników TFW była wyższa u badanych kobiet zarówno w metodzie ENG (7,16% vs 5,90% u mężczyzn) oraz w metodzie VNG (7,34% vs 6,49% u mężczyzn). Nie stwierdzono statystycznie istotnej korelacji między wiekiem a wynikami TFW w obu metodach badania.

Oceniając wyniki jednostronnego osłabienia próby kalorycznej [CP] zaobserwowano, że średnia wartość procentowa wyniku dla wszystkich badanych była o ponad 2% wyższa u osób badanych metodą ENG w porównaniu do metody VNG. Dodatkowo średnia wartość procentowa wyników CP była wyższa u kobiet w obu metodach badania, a wyniki były istotnie statystycznie wyższe w przypadku metody VNG, gdzie średnia wartość uzyskiwanych wyników CP wyniosła u kobiet 10,08% vs 8,38% u mężczyzn. Nie wykazano istotnej statystycznie korelacji między wiekiem a wartością wyniku CP w metodzie ENG i VNG.

Oceniając wyniki przewagi kierunkowej próby kalorycznej [DP] pośród badanych, stwierdzono, że średnia wartość wyników wykonanych metodą VNG była o ponad 2% wyższa w stosunku do wyników ENG (9,27% vs 7,08%). Nie wykazano istotnej statystycznie różnicy międzypłciowej oraz różnicy w zależności od wieku badanych w rozkładzie wyników DP dla obu metod badania.

121 osób z prawidłowym wynikiem zostało zaklasyfikowanych do grupy „w granicach dopuszczalnej zmienności". Większa liczba przypadków wystąpiła u mężczyzn (93 badanych), jednak to w grupie kobiet większy odsetek badanych uzyskał taki wynik (17% kobiet vs 11% mężczyzn). Najczęstszym odchyleniem, które warunkowało przyporządkowanie wyniku do grupy GDZ, było odchylenie w wyniku przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] próbie kalorycznej (61% przypadków).

Wnioski.

1. Zaburzenia czynności układu przedsionkowego wykryto u 7% kandydatów do lotnictwa. U 5% badanych metodą ENG oraz u 9% badanych VNG. Większa liczba wyników nieprawidłowych wystąpiła u badanych kobiet. Osoby badane metodą ENG uzyskały lepsze

końcowe rezultaty w porównaniu do badanych VNG. Najlepsze rezultaty uzyskiwały osoby w grupie wiekowej między 21 a 24 rokiem życia.

2. Próbę kaloryczna jest kluczową i najbardziej selekcyjną częścią badania nystagmograficznego. Najczęstsze i wiodące nieprawidłowości u badanych kandydatów to obecność nieprawidłowej przewagi kierunkowej [DP] i jednostronne osłabienie [CP] próby kalorycznej. Wartości uzyskanych wyników DP i CP próby kalorycznej, były istotnie statystycznie wyższe w metodzie VNG. Nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy między metodą ENG a VNG, dla wyników przewagi kierunkowej testu fotela wahadłowego.
3. Średnia wartość uzyskanych wyników wszystkich badanych kandydatów dla parametru przewagi kierunkowej fotela wahadłowego [TFW] i parametru jednostronnego osłabienia próby kalorycznej [CP] była wyższa u badanych kobiet w stosunku do mężczyzn. Nie stwierdzono jednak różnic międzypłciowych dla wyników DP próby kalorycznej.
4. Nie stwierdzono zależności między wiekiem kandydata w chwili badania, a wartościami uzyskiwanych parametrów próby kalorycznej i próby fotela wahadłowego w obu metodach badań nystagmograficznych.
5. Dwukrotnie więcej osób z obecnością utajonego oczopląsu samoistnego wykryto w trakcie badań metodą ENG.
6. Wyniki oceniane jako „w granicach dopuszczalnej zmienności" stwierdzono u 12% badanych kandydatów. Uważane są za mieszczące się w granicach normy i nie powinny wykluczać kandydatów ze szkolenia lotniczego.
7. Badania ENG i VNG to w ciągu dalszym kluczowe i równorzędne metody w diagnostyce otoneurologicznej kandydatów do LAW.

VIII. Streszczenie w języku angielskim

Introduction. Examination of vestibular function is an important element of aviation medicine examinations for candidates for flight training. Their proper function, even above-average efficiency, is essential for maintaining proper aircraft piloting skills. The health requirements placed on pilots are increasingly high. This is a result of the ongoing technological development of highly maneuverable aircraft, and the resulting increased demands on the body during piloting. Symptoms that may occur during flight in individuals with latent vestibular dysfunction pose a significant risk of pilot incapacitation during the flight, leading to a plane crash. Otoneurological diagnostics for aviation cadets is based on nystagmographic examinations as a key element in assessing vestibular function. This allows for the detection of asymptomatic vestibular disorders in cadets, which may constitute a contraindication to flight training.

Aims of the study. This study includes a retrospective assessment of vestibular function in aviation cadets from 2020 to 2022, based on nystagmographic examinations, aimed at:

1. General analysis of the final results of nystagmographic examinations (ENG and VNG), in particular, analysis of the type and frequency of detected abnormalities, taking into account the examination method, gender differences, and differences resulting from age at the time of the examination.
2. Assessment of the results of the caloric test and the rocking chair test as the main components of the nystagmographic examinations (ENG and VNG).
3. Assessment of the frequency of abnormalities in spontaneous nystagmus examinations for the ENG and VNG methods, and abnormal tolerance of the Coriolis test in examinations of candidates for aviation training.
4. General assessment of the validity of nystagmographic examinations for aviation medical certification purposes, identifying key tests and assessing the validity of their repetition or modification.

Materials and Methods. The study included the results of nystagmographic examinations of 1,011 aviation training candidates from 2020 to 2022. ENG and VNG test records were analyzed, with particular emphasis on the results of the swing seat test, caloric test, and Coriolis test.

Results. In the study group, 820 individuals (81%) had normal final test results. Results within the norm within the "limits of permissible variation" were found in 121 individuals (12%), while 70 subjects had abnormal results, representing 7% of the study group. The study noted significantly better results for those tested using the ENG method, with 95% of subjects achieving normal final results. For those tested using the VNG method, normal final results were found in 91%. In the study group, men achieved better final results (6.5% of abnormal results) compared to women (9.1% of abnormal results). The study found that the best final results were achieved by individuals aged 21 to 24 (94% of normal results). Slightly worse results were achieved by individuals under 21 (93% of normal results). The worst results were observed in individuals aged 27 and older, but it should be noted that the number of individuals in this age group was significantly lower.

The most common reason for a result being considered abnormal, regardless of the testing method, was the presence of abnormal directional predominance of nystagmus [DP] in the caloric test. This abnormality occurred in 40% of abnormal results (37 patients tested using both methods). The second most common abnormality found in nystagmographic tests was the presence of abnormal unilateral weakness [CP] – 36% of abnormal results. The next most common abnormalities were spontaneous nystagmus, which was found in 12% of abnormal results, and a pathological directional predominance of nystagmus in the rocking chair test (TFW) (11% of abnormal results).

Analyzing the most common abnormalities for each test method, it was found that in the case of the ENG method, it was a pathological unilateral weakening of the caloric test (CP) – 33% of abnormal results with this method. In the case of patients examined by the VNG method, the most common abnormality was the presence of a pathological directional predominance of the caloric test (DP) – 51% of abnormal results with this method.

For women, the test that most often led to an abnormal result was a pathological unilateral weakening of the caloric test (CP) in over half of the cases (56% of abnormal results). For men, the most common deficit was the presence of an abnormal directional predominance of the caloric test (41% of abnormal results). In case of some patients with initially abnormal results, who were suspected of having transient vestibular dysfunction, the tests were repeated after several weeks. It was found that, regardless of the testing method, the results improved in most cases. Abnormal results were again obtained in only 17% and 18% of the tests conducted using the VNG and ENG methods, respectively.

This study analyzed the results of the directional predominance of the rocking chair test [TFW] and the CP and DP caloric test, assessing differences in the results depending on the test method, gender, and year of study.

For the directional predominance of the rocking chair test [TFW], no statistically significant difference was found in the distribution of results for all subjects between the ENG and VNG methods. The mean TFW results were higher in women in both the ENG method (7.16% vs. 5.90% in men) and the VNG method (7.34% vs. 6.49% in men). No statistically significant correlation was found between age and TFW results in either test method. When assessing the unilateral caloric test [CP] weakness results, it was observed that the mean percentage of the result for all subjects was over 2% higher in those tested using the ENG method compared to the VNG method. Furthermore, the mean percentage of the CP results was higher in women in both methods, and the results were statistically significantly higher in the VNG method, with the mean CP results being 10.08% in women vs. 8.38% in men. No statistically significant correlation was found between age and the CP results in the ENG and VNG methods.

When assessing the directional predominance of the caloric test [DP] among the subjects, it was found that the mean value of the VNG results was over 2% higher compared to the ENG results (9.27% vs. 7.08%). No statistically significant difference was found between genders or age-related differences in the distribution of DP results for both methods. The 121 individuals with normal results were classified as "within acceptable variability." A higher number of cases occurred in men (93 subjects), but a higher percentage of women achieved this result (17% of women vs. 11% of men). The most common deviation that determined the assignment of the result to the GDZ group was a deviation resulting from a predominance of directional nystagmus [DP] on the caloric test (61% of cases).

Conclusions.

1. Vestibular dysfunction was detected in 7% of aviation candidates. In 5% of those tested using the ENG method and in 9% of those tested using the VNG method. A higher number of abnormal results occurred in women. Those tested using the ENG method achieved better final results compared to those tested using the VNG method. The best results were achieved by individuals aged 21 to 24 years.

2. The caloric test is a key and most selective part of the nystagmographic examination. The most common and leading abnormalities in the examined candidates were the presence of abnormal directional dominance [DP] and unilateral weakness [CP] in the caloric test. The DP and CP results obtained in the caloric test were statistically significantly higher in the VNG

method. No statistically significant difference was found between the ENG and VNG methods for the directional dominance of the swing chair test.

3. The mean value of the results obtained by all the examined candidates for the directional dominance of the swing chair test [TFW] and the unilateral weakness parameter of the caloric test [CP] was higher in the examined women compared to the examined men. However, no gender differences were found for the DP results of the caloric test.

4. There was no correlation between the candidate's age at the time of the examination and the values obtained in the caloric test and the swing chair test parameters in both nystagmographic methods.

5. Twice as many people with latent spontaneous nystagmus were detected during ENG testing.

6. Results rated as "within the acceptable variability" were found in 12% of the candidates tested. These results are considered within normal limits and should not exclude candidates from flight training.

7. ENG and VNG testing remain key and equivalent methods in the otoneurological diagnosis of LAW candidates.

IX. Piśmiennictwo

1. Narożny W, Skarżyński H. Zarys Otoneurologii. T.I. Medical education, Warszawa 2021

2. Bochenek A, Reicher M. Anatomia człowieka. T.I-V. PZWL, Warszawa 2007

3. Joung PA, Ding D, Salvi R., Allman BL. Neuranatomia kliniczna. Edra Urban &Partner, Wrocław 2016

4. Latkowski B, Prusiński A. Zawroty głowy (krótkie kompendium). Termedia, Poznań 2009

5. Janczewski G, Latkowski B. Otoneurologia. T.I-II. Warszawa 1998

6. Paige GD. Otolith function: basis for modern testing. Ann NY Acad Sci 2002; 314-323

7. Taube JS. The head direction signal: origins and sensory-motor integration. Ann Rev Neurosci 2007; 181-207

8. Standring S (ed). Gray's Anatomy. 41st ed. The Anatomical Basis of Clinical Practise. Churchill Livingstone, 2015.

9. Janczewski G. Wywiad chorobowy – ważny moment w kontakcie lekarza rodzinnego z chorym z zawrotami głowy I zaburzeniami równowagi. Vertigoforum 2009; 1(1):9-13

10. Oduchło S. Diagnostyka i leczenie zawrotów głowy – aspekty neurologiczne. Vertigoprofil 2009;3(2):14-20.

11. Maarsingh OR, Dros J, Schellevis FG, Weert HC, Windt DA, Riet G, van der Host HE. Causes of persistent dizziness in elderly patients in primary care. Ann Fam Med 2010; 8(3): 196-205.

12. Narożny W, Kocic I. Współczesna terapia zawrotów głowy i zaburzeń równowagi. Otorynolaryngologia 2016; 15(2): 87-93

13. Woroń J, Filipczak-Bryniarska I. Interakcje I niepożądane działania leków stosowanych w zawrotach głowy. Obrębowski A (red). Standardy rozpoznawania i leczenia zawrotów głowy: Ośrodek Informacji Naukowej ONIPHARMA, Warszawa 2010: 151-160.

14. Fuller G. Badanie neurologiczne. To proste. Elsevier Urban & Partner, Wrocław 2008.

15. Pruszewicz A, Obrębowski A (red). Audiologia kliniczna. Zarys. Wydawnictwo AM Poznań, Poznań 2010.

16. Narożny W, Prusiński A (red). Diagnostyka zawrotów głowy i zaburzeń równowagi. Harmonia Universalis, Gdańsk 2014.

17. Chen W, Chao JG, Wang JK, Chen XW, Tan C. Subjective vertical conflict theory and space motion sickness. Aerosp Med Hum Perform. 2016;87(2):128–36. 10.3357/AMHP.4327.2016

18. Aitken P, Zheng Y, Smith PF. The modulation of hippocampal theta rhythm by the vestibular system. J Neurophysiol. 2018;119(2):548–62. 10.1152/jn.00548.2017

19. Grommes C., Conway D. The Stepping Test: A Step Back in History. J. Hist. Neurosci. 2011;20:29–33. doi: 10.1080/09647041003662255

20. Eggers SDZ. Approach to the Examination and Classification of Nystagmus. J Neurol Phys Ther. 2019 Apr;43 Suppl 2:S20-S26. doi: 10.1097/NPT.0000000000000270. PMID: 30883489.

21. Whitman GT. Examination of the Patient with Dizziness or Imbalance. Med Clin North Am. 2019 Mar;103(2):191-201. doi: 10.1016/j.mcna.2018.10.008. Epub 2018 Dec 3. PMID: 30704676.

22. Ganança MM, Caovilla HH, Ganança FF. Electronystagmography versus videonystagmography. Braz J Otorhinolaryngol. 2010 May-Jun;76(3):399-403. doi: 10.1590/S1808-86942010000300021. PMID: 20658023; PMCID: PMC9442181.

23. Pietkiewicz P, Pepaś R, Sułkowski WJ, Zielińska-Bliźniewska H, Olszewski J. Electronystagmography versus videonystagmography in diagnosis of vertigo. Int J Occup Med Environ Health. 2012 Mar;25(1):59-65. doi: 10.2478/s13382-012-0002-1. Epub 2012 Jan 5. PMID: 22219058.

24. Brandt T, Strupp M. General vestibular testing. Clin Neurophysiol 2005; 116(2): 406-426

25. Eggers SDZ. Approach to the Examination and Classification of Nystagmus. J Neurol Phys Ther. 2019 Apr;43 Suppl 2:S20-S26. doi: 10.1097/NPT.0000000000000270. PMID: 30883489.

26. Cheng M, Outerbridge JS. Optokinetic nystagmus during selective retinal stimulation. Exp Brain Res 1975;23(2):129–139.

27. Shibasaki H, Hallett M. The Neurological Examination: Scientific Basis for Clinical Diagnosis. New York: Oxford University Press; 2016.

28. Strupp ML, Straumann D, Helmchen C. Nystagmus: Diagnosis, Topographic Anatomical Localization and Therapy. Klin Monbl Augenheilkd. 2021 Nov;238(11):1186-1195. English, German. doi: 10.1055/a-1525-0030. Epub 2021 Nov 16. PMID: 34784642.
29. Falls C. Videonystagmography and Posturography. Adv Otorhinolaryngol. 2019;82:32-38. doi: 10.1159/000490269. Epub 2019 Jan 15. PMID: 30947200

30. Huh YE, Kim JS. Bedside evaluation of dizzy patients. J Clin Neurol. 2013 Oct;9(4):203-13.

31. Zuniga SA, Adams ME. Efficient Use of Vestibular Testing. Otolaryngol Clin North Am. 2021 Oct;54(5):875-891.

32. Baloh RW, Furman JM. Modern vestibular function testing. West J Med. 1989 Jan;150(1):59-67.

33. Nylen Co. Positional nystagmus; a review and future prospects. J Laryngol Otol. 1950 Jun;64(6):295-318. PMID: 15428772.

34. Han K, Lee JY, Shin JE, Kim CH. Positional alcohol nystagmus and serum osmolality: New insights into dizziness associated with acute alcohol intoxication. Med Hypotheses. 2020 May;138:109606. doi: 10.1016/j.mehy.2020.109606. Epub 2020 Jan 28. PMID: 32018146.

35. Bhattacharyya N, Gubbels SP, Schwartz SR, Edlow JA, El-Kashlan H, Fife T, Holmberg JM, Mahoney K, Hollingsworth DB, Roberts R, Seidman MD, Steiner RW, Do BT, Voelker CC, Waguespack RW, Corrigan MD. Clinical Practice Guideline: Benign Paroxysmal Positional Vertigo (Update). Otolaryngol Head Neck Surg. 2017 Mar;156(3_suppl):S1-S47.

36. Yang X, Ling X, Shen B, Hong Y, Li K, Si L, Kim JS. Diagnosis strategy and Yacovino maneuver for anterior canal-benign paroxysmal positional vertigo. J Neurol. 2019 Jul;266(7):1674-1684.

37. Munakomi S, Lui F. StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing; Treasure Island (FL): Apr 5, 2023. Caloric Reflex Test.

38. Alhabib SF, Saliba I. Reliability of Monothermal Caloric Test as Screening Test of Vestibular System. J Clin Med. 2022 Nov 26;11(23)

39. Tarnutzer AA, Straumann D. Nystagmus. Curr Opin Neurol. 2018 Feb;31(1):74-80.

40. Herron DG. The ups and downs of motion sickness. Am J Nurs. 2010;110(12):49–51

41. Reavley CM, Golding JF, Cherkas LF, et al. Genetic influences on motion sickness susceptibility in adult women: a classical twin study. Aviat Space Environ Med.

2006;77(11):1148–1152

42. Hallpike Cs. Die kalorische Prüfung [The caloric test]. Pract Otorhinolaryngol (Basel). 1955;17(5-6):301-18. German. PMID: 13310362.

43. Leung AK. Motion sickness. In: Leung AK, editor. Common Problems in Ambulatory Pediatrics: Symptoms and Signs. New York: Nova Science Publishers, Inc.; 2011: 323–328.

44. Koch A, Cascorbi I, Westhofen M, et al. The neurophysiology and treatment of motion sickness. Dtsch Arztebl Int. 2018;115(41):687–696.

45. Samuel O, Tal D. Airsickness: etiology, treatment, and clinical importance – a review. Mil Med. 2015;180(11):1135–1139.

46. Syed I, Ahmed W, Selvadurai D. Dix-Hallpike and Epley manoeuvres. Br J Hosp Med (Lond). 2012 Oct;73(10):C149-51. doi: 10.12968/hmed.2012.73.sup10.c149. PMID: 23124198.

47. Robinson DA. The behavior of the optokinetic system. Prog Brain Res. 2022;267(1):215-230. doi: 10.1016/bs.pbr.2021.10.010. Epub 2022 Jan 7. PMID: 35074055.

48. Brainard A, Gresham C. Prevention and treatment of motion sickness. Am Fam Physician. 2014;90(1):41–46. PMID: 25077501

49. Yen Pik Sang FD, Billar JP, Golding JF, et al. Behavioral methods of alleviating motion sickness: effectiveness of controlled breathing and a music audiotape. J Travel Med. 2003;10(2):108–111.

50. Schmäl F. Neuronal mechanisms and the treatment of motion sickness. Pharmacology. 2013;91(3–4):229–241

51. Stephens MS. Electroneurophysiologic diagnosis of aircraft pilot spatial disorientation. Wright state University, 2003

52. David Gradwell DJR. Ernsting's aviation and space medicine 5E.CRC Press, 2016. doi: 10.1136/jrnms-103-147

53. Gillingham KK. A primer of vestibular function, spatial disorientation, and motion sickness. Aeromedical Reviews. 1966; 4: 1-80

54. Stott JR. Orientation and disorientation in aviation. Extrem Physiol Med. 2013 Jan 03;2(1):2.

55. Lawson BD. Exploiting the illusion of self-motion (vection) to achieve a feeling of "virtual acceleration" in an immersive display. Proceedings of the 11th international conference on human-computer interaction, Las Vegas, 2005, pp. 1-10.

56. Fiorillo V, Martino B, Castelli V, Filipponi E, Braga L, Randolfi A, Garzia E, Di Berardino F. Postural Balance in Italian Air Force Pilots: Development of Specific Normative Values. Audiol Res. 2025 Jun 12;15(3):70. doi: 10.3390/audiolres15030070. PMID: 40558409; PMCID: PMC12189183

57. Pei JC, Chang L, Liu ZQ, Wang LJ, Li WG, Sun RL. [Selection of vestibular system function in Chinese astronauts]. Space Med Med Eng (Beijing). 2003;16 Suppl:494-9. Chinese. PMID: 14989304.

58. Kaczorowski Z. Stablewski R . Ocena badań kwalifikacyjnych ENG u kandydatów do lotnictwa w 2010r.

59. Kaczorowski Z. Stablewski R. Ocena badań kwalifikacyjnych elektronystagmograficznych u kandydatów do lotnictwa. Polski przegląd medycyny lotniczej 2006, nr 3, Tom 12

60. Kaczorowski Z. Stablewski R. Kalinowski D. Michalik M, Rozlau P. Zastosowanie techniki wideonystagmograficznej dla potrzeb orzecznictwa lotniczo-lekarskiego i diagnostyki klinicznej. Polski przegląd medycyny lotniczej 2007, nr 2, Tom 13

61. Pepaś R., Pietkiewicz P., Olszewski J.: Comparative analysis of nystagmus caloric test results with the use of ENG and VNG in healthy subjects. Aktualn Neurol. 2010; 10 (1): 51–54.

62. Bruner A, Norris TW. Age-related changes in caloric nystagmus. Acta Otolaryngol Suppl. 1971;282:1-24. PMID: 5288846.

63. Levens SL. Electronystagmography in normal children. Br J Audiol. 1988 Feb;22(1):51-6. doi: 10.3109/03005368809077798. PMID: 3365525.

64. Rioja E, Caballero M, Sabin A, Domenech J, Bores A. Parameters of Normality in Electronystagmography in Children. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*. 2017;143(2_suppl):P241-P242.

65. Nowicki J., Kaczorowski Z., Stablewski R.: Znaczenie testu obrotowego sinusoidalnego podtrzymywanego w diagnostyce otoneurologicznej. Polski Przegląd Medycyny Lotniczej, 2005,3,243-253

66. Kubiczkowa J., Nowicki J., Czech S. : Ocena testu wahadłowego w orzecznictwie personelu latającego. Medycyna Lotnicza, 1981, nr 2,1-8.

67. Takahashi J, Kitamura K, Miyata M. Spontaneous nystagmus in normal subjects. ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec. 1996 Jan-Feb;58(1):42-5. doi: 10.1159/000276794. PMID: 8718538.

68. Bos JH, Oostcrvcld WJ, Philipszoon AJ. Vozz J, Zelig S: On pathological spontaneous and positional nystagmus. Pract Otorhinolaryngol 1963:25:282-290.

69. Fluur E, Eriksson L: Nystagmographic recording of vertical eye movements. Acta Otolaryngol (Stockh) 1961;53:486-492

70. Coats AC: The diagnostic significance of spontaneous nystagmus as observed in the electro- nystagmographic examination. Acta Otolaryngol (Stockh) 1969:67:33-42.

71. Le TN, Westerberg BD, Lea J. Vestibular Neuritis: Recent Advances in Etiology, Diagnostic Evaluation, and Treatment. Adv Otorhinolaryngol. 2019;82:87-92. doi: 10.1159/000490275. Epub 2019 Jan 15. PMID: 30947184.

72. Strupp M, Brandt T: Peripheral vestibular disorders. Curr Opin Neurol 2013;26: 81–89.

73. Daker LI, Elshafei RR, Bahi M, Mohammed A, Erfan R, Gomaa M. Could vertigo be a post-COVID-19 sequela or presenting symptom? Egypt J Neurol Psychiatr Neurosurg. 2023;59(1):65. doi: 10.1186/s41983-023-00659-x. Epub 2023 May 11. PMID: 37200583; PMCID: PMC10174602.

74. Shears A, Yan G, Mortimer H, Cross E, Sapuan S, Kadambari S, Luck S, Heath PT, Walter S, Fidler KJ. Vestibular and balance dysfunction in children with congenital CMV: a systematic review. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed. 2022 May 11;107(6):630–6. doi: 10.1136/archdischild-2021-323380. Epub ahead of print. PMID: 35545420; PMCID: PMC9606507.

75. Bielińska M, Polaczkiewicz A, Pietkiewicz P, Miłoński J, Olszewski J. Concurrent ENG and VNG recording in healthy people - preliminary report. Otolaryngol Pol. 2018 Apr 30;72(2):45-49. doi: 10.5604/01.3001.0011.7251. PMID: 29748450.

76. Kaczorowski Z.: Odczyny narządu przedsionkowego i układu wegetatywnego w następstwie kumulacyjnego oddziaływania przyspieszeń Coriolisa, Med. Lotn. 1981, 71, 17-22.

77. Nowicki J.: Asymetria w pobudliwości narządu przedsionkowego a skłonność do występowania utraty orientacji przestrzennego położenia u pilotów, Med. Lotn. 1981, 71, 9-15.

78. Aboulker P. i wsp.: Syndromes vestibulaires et nystagmographie. Masson. Paris 1963.

79. Dec S., Miszczak J., Zalewska E, : Obraz QEEG klinicznie zdrowych kobiet i mężczyzn w wieku 18-30 lat – kandydatów do lotnictwa. Pol. Przegl. Med. Lot. 2004, 10, 209-226.

80. Sulway S, Whitney SL. Advances in Vestibular Rehabilitation. Adv Otorhinolaryngol. 2019;82:164-169. doi: 10.1159/000490285. Epub 2019 Jan 15. PMID: 30947180.

81. Lytle JA, Kittelson AJ, Cardinale T, Kingsbury T, Infante E, Winters JD, Loyd BJ. A Comparative Study of Vestibular Performance in Pilot and Non-Pilot Service Members in Naval Aviation. Mil Med. 2026 Jan 31:usaf604. doi: 10.1093/milmed/usaf604. Epub ahead of print. PMID: 41617204.

82. Diotaiuti P, Marotta G, Siena FD, et al. Eye tracking in Parkinson's disease: a review of oculomotor markers and clinical applications. Brain Sci. 2025;15(4):362. 10.3390/brainsci15040362.

83. Frei K. Abnormalities of smooth pursuit in Parkinson's disease: a systematic review. Clin Parkinsonism Relat Disord. 2021; 4:100085. 10.1016/j.prdoa.2020.100085.

84. Latkowski B, Kubiczkowa J, Kaczorowski Z. Przydatność przyspieszeń Coriolisa w ocenie stopnia habituacji narządu przedsionkowego u personelu latającego. Med.Lotnicza. 1976, 50, 51-57.

85. Owens DE, Jenkins H, Honrubia V. Differences between ampullofugal and ampullopetal stimulation of the horizontal semicircular canal: confirmation of Ewald's second law. Trans Sect Otolaryngol Am Acad Ophthalmol Otolaryngol. 1976 Mar-Apr;82(2):197-200. PMID: 1084613.

86. Niemczyk K. i wsp. Otorynolaryngologia Kliniczna, T. I-II. Medipage, Warszawa 2014

87. Kim CH, Lee DH, Lee J, Shin JE, Park JY. Spontaneous Nystagmus in Patients With Posterior Semicircular Canal Benign Paroxysmal Positional Vertigo. Otolaryngol Head Neck Surg. 2023 May;168(5):1170-1177. doi: 10.1002/ohn.200. Epub 2023 Jan 30. PMID: 36939521.

88. Bery AK, Wang CF, Gold DR, Chang TP. The fixation suppression test can uncover vertical nystagmus of central origin in some patients with dizziness. Neurol Sci. 2021 Dec;42(12):5343-5352. doi: 10.1007/s10072-021-05676-3. Epub 2021 Oct 26. PMID: 34698943.

89. Wochyński Z, Krawczyk P, Cur K. The assessment of the impact of a training process on the habituation of the vestibular-vegetative system, using a special rotational test as a condition of maintaining flight safety. Int J Occup Med Environ Health. 2020 Jun 16;33(4):497-506. doi: 10.13075/ijomeh.1896.01515. Epub 2020 May 29. PMID: 32519680.

90. Wochyński Z, Skrzyńska-Rękawek J, Kobos Z. Assessment of the psychomotor fitness level of cadet pilots after a 6-month flight training period - pilot study. Front Psychol. 2023 Aug 30;14:1205412. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1205412. PMID: 37711335; PMCID: PMC10499522.

X. Wykaz tabel

Numer tabeli	Tytuł tabeli	Strona
Tabela 1	Cechy oczopląsu samoistnego i spojrzeniowego obwodowego i centralnego ……	27
Tabela 2	Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej w sprawie orzekania o zdolności do służby wojskowej i trybu postępowania wojskowych komisji lekarskich w tych sprawach z dnia 23 listopada 2022 roku	41
Tabela 3	Liczba badanych metodą ENG ……	55
Tabela 4	Liczba badanych metodą VNG ……	55
Tabela 5	Rozkład procentowy uzyskanych rezultatów badań ENG i VNG z uwzględnieniem płci……..	58
Tabela 6	Rezultaty powtórzonych badań ENG w których pierwszy wynik był nieprawidłowy ……	67
Tabela 7	Rezultaty powtórzonych badań VNG w których pierwszy wynik był nieprawidłowy ……	67
Tabela 8	Rezultaty powtórzonych badań drugą z metod, u osób których pierwszy wynik był nieprawidłowy …….	68
Tabela 9	Statystyki dla wyników przewagi kierunkowej oczopląsu próby fotela wahadłowego [DP] w grupach ENG i VNG ……	68
Tabela 10	Wyniki testu Levene'a i test t równości w ocenie różnic wartości przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w metodach ENG i VNG ……	69
Tabela 11	Statystyki dla grup z oznaczoną wartością przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego …….	70
Tabela 12	Wyniki testu Levene'a oraz testu t równości dla oceny różnic międzypłciowych w wartościach wyników próby fotela wahadłowego dla metod ENG i VNG ……..	71
Tabela 13	Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w metodzie ENG …….	72
Tabela 14	Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w metodzie VNG …….	72
Tabela 15	Statystyki dla wyników jednostronnego osłabienia próby kalorycznej w grupach ENG i VNG ……	74
Tabela 16	Wyniki testu Levene'a i test t równości do oceny różnicy uzyskanych wartości jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej między metodami ENG i VNG …….	74
Tabela 17	Wyniki testu Levene'a i test t równości do oceny różnicy uzyskanych wartości jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej między metodami ENG i VNG jedynie dla wyników poza normą ……	75
Tabela 18	Statystyki dla grup z oznaczoną wartością jednostronnego osłabienia w metodzie ENG i VNG dla obu płci ……	76

Tabela 19 Wyniki testu Levene'a oraz testu t równości dla oceny różnic międzypłciowych w wartościach wyników jednostronnego osłabienia [CP] dla metod ENG i VNG …….. 76
Tabela 20 Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w metodzie ENG……. 77
Tabela 21 Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w metodzie VNG…… 77
Tabela 22 Statystyki dla wyników przewagi kierunkowej oczopląsu [DP] próby kalorycznej w grupach ENG i VNG …….. 78
Tabela 23 Wyniki testu Levene'a i test t równości do oceny różnicy uzyskanych wartości przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej między metodami ENG i VNG …… 79
Tabela 24 Statystyki dla grup z oznaczoną wartością przewagi kierunkowej próby kalorycznej w metodzie ENG i VNG dla obu płci …….. 81
Tabela 25 Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby kalorycznej w metodzie ENG ……... 82
Tabela 26 Wyniki oceny korelacji między wiekiem a wartością wyniku przewagi kierunkowej próby kalorycznej w metodzie VNG …….. 82

XI. Wykaz rycin

Numer ryciny	Tytuł ryciny	Strona
Rycina 1	Budowa anatomiczna ucha ……...	8
Rycina 2	Błędnik błoniasty ucha wewnętrznego …….	10
Rycina 3	Układ równowagi – schemat ……	12
Rycina 4	Rodzaje oczopląsu w zależności od postaci …….	19
Rycina 5	Badanie ENG w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML. Rozmieszczenie elektrod wokół oczu pacjenta …….	21
Rycina 6	Graficzny zapis ruchu oczopląsowego gałek ocznych w trakcie próby kalorycznej w metodzie VNG ……	21
Rycina 7	Badanie VNG w Pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML. Ruchy źrenic gałek ocznych rejestrowane w trakcie badania przez kamerę umieszczoną w goglach ……	22
Rycina 8	Zalety i wady technik ENG i VNG …….	23
Rycina 9	Badanie fiksacji (stabilności spojrzenia), oraz ocena oczopląsu samoistnego w trakcie badania ENG w pracowni Diagnostyki Układu Równowagi WIML ……..	24
Rycina 10	Próba kaloryczna w trakcie badania VNG (po lewej) oraz badania ENG (po prawej) – stymulacja wodą w temperaturze odpowiedni dobranej przez kalorymetr ……	30
Rycina 11	Graficzny zapis ruchu oczopląsowego gałek ocznych w trakcie próby kalorycznej metodą ENG …….	31
Rycina 12	Test fotela wahadłowego z wykorzystaniem metody VNG (zdjęcie po lewej) oraz metody ENG (zdjęcie po prawej)……	35
Rycina 13	Zapis graficzny reakcji oczopląsowej gałek ocznych w trakcie testu fotela wahadłowego z wykorzystaniem metody ENG ……..	36
Rycina 14	Liczba osób objętych badaniami VNG i ENG w latach 2020-2022 …….	53
Rycina 15	Udział procentowy kobiet i mężczyzn w obu metodach badania …….	54
Rycina 16	Rozkład liczby badanych osób każdą z metod z uwzględnieniem wieku	54
Rycina 17	Ogólne wyniki końcowe dla całej grupy badanych ……..	55
Rycina 18	Wyniki końcowe badań w metodach ENG i VNG ……...	56
Rycina 19	Wyniki końcowe uzyskane w poszczególnych latach badania ……	57
Rycina 20	Porównanie wyników końcowych w metodzie ENG i VNG dla obu płci	58
Rycina 21	Wyniki uzyskane przez badanych w poszczególnych grupach wiekowych	59
Rycina 22	Wartości procentowe danych wyników dla poszczególnych grup wiekowych, uwzględniając metodę badania ……	60
Rycina 23	Wyniki badań nystagmograficznych w różnych kategoriach wiekowych w poszczególnych latach badania …….	61
Rycina 24	Udział procentowy odchyleń warunkujących nieprawidłowy wynik …..	62
Rycina 25	Udział procentowy poszczególnych odchyleń warunkujących nieprawidłowy wynik dla metod ENG i VNG ……..	64

Rycina 26 Udział procentowy poszczególnych odchyleń warunkujących nieprawidłowy wynik dla kobiet i mężczyzn …… 65
Rycina 27 Zestawienie wyników nieprawidłowych z uwzględnieniem przyczyny w poszczególnych grupach wiekowych ……. 66
Rycina 28 Porównanie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w obu metodach badania …….. 70
Rycina 29 Porównanie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego kobiet i mężczyzn w próbie VNG …… 72
Rycina 30 Średnie wartości wyników przewagi kierunkowej próby fotela wahadłowego w kolejnych latach badania między 2020-2022 r. …….. 73
Rycina 31 Porównanie wyników nieprawidłowych jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej w metodach ENG i VNG …… 75
Rycina 32 Porównanie wyników jednostronnego osłabienia [CP] próby kalorycznej kobiet i mężczyzn w metodach ENG i VNG ……..77
Rycina 33 Średnie wartości wyników jednostronnego osłabienia próby kalorycznej w kolejnych latach badania między 2020-2022 r. …….. 78
Rycina 34 Porównanie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej w metodach ENG i VNG ……. 79
Rycina 35 Porównanie przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej kobiet i mężczyzn w metodach ENG i VNG …… 80
Rycina 36 Porównanie wyników nieprawidłowych przewagi kierunkowej [DP] próby kalorycznej kobiet i mężczyzn w metodach ENG i VNG ……... 81
Rycina 37 Średnie wartości wyników przewagi kierunkowej próby kalorycznej w kolejnych latach badania między 2020-2022 r. ……. 83
Rycina 38 Wyniki w graniach dopuszczalnej zmienności z uwzględnieniem przyczyny ……. 83
Rycina 39 Zestawienie liczby wyników poszczególnych prób, klasyfikowanych do grupy „w graniach dopuszczalnej zmienności” uwzględniając płeć …. 84
Rycina 40 Zestawienie liczby wyników poszczególnych prób, klasyfikowanych do grupy „w graniach dopuszczalnej zmienności” uwzględniając metodę badania ……. 85
Rycina 41 Rozkład procentowy testów z odchyleniem warunkujących wynik w graniach dopuszczalnej zmienności w poszczególnych latach badania 86