원문 출처: Journal of Vestibular Research 29 (2019) 161–170
DOI: 10.3233/VES-190672

노년전정병: 진단기준

바라니학회 전정질환분류위원회 합의문

Presbyvestibulopathy: Diagnostic criteria

Consensus document of the classification committee of the Bárány Society

Yuri Agrawal[a,*], Raymond Van de Berg[b], Floris Wuyts[c], Leif Walther[d], Måns Magnusson[e], Esther Oh[f], Margaret Sharpe[g] and Michael Strupp[h]

[a]*Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Johns Hopkins University, Baltimore, USA*
[b]*Department of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, Maastricht University Medical Centre, Maastricht, The Netherlands*
[c]*Lab for Equilibrium Investigations and Aerospace, University of Antwerp, Antwerp, Belgium*
[d]*Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, University Medicine Mannheim, University of Heidelberg, Germany*
[e]*Department of Otorhinolaryngology, Lund University, Lund, Sweden*
[f]*Department of Geriatric Medicine and Gerontology, Johns Hopkins University, Baltimore, USA*
[g]*Dizziness and Balance Disorders Centre, Adelaide, Australia*
[h]*Department of Neurology and German Center for Vertigo, Ludwig Maximilians University, Munich Germany*

초 록

이 문서는 바라니학회 전정질환분류위원회가 제안한 노년전정병(presbyvestibulopathy, PVP)의 진단기준을 기술한다. 노년전정병은 경도의 양측 전정기능 저하와 더불어 자세불안, 보행 장애 또는 반복 낙상이 동반되는 만성 전정증후군이다. 검사 결과는 정상 범위와 양측전정병 진단기준 사이에 해당한다.

진단은 병력 청취, 침상 진찰, 검사실 평가를 종합하여 내린다. 핵심은 양측 전정안반사 기능저하를 확인하는 것이다. 고주파 영역은 비디오두부충동검사, 중간 주파수 영역은 회전의자검사, 저주파 영역은 온도안진검사로 평가한다.

노년전정병 진단을 위해서는 다음 중 하나 이상에서 경도의 양측 전정기능 저하가 확인되어야 한다. 즉, 비디오두부충동검사에서 양측 수평 전정안반사 이득이 0.6 초과 0.8 미만이거나, 온도안진검사에서 양쪽 귀의 온·냉 자극에 대한 최대 느린성분속도 합이 6°/s 초과 25°/s 미만이거나, 회전의자검사의 정현파 자극에서 수평 전정안반사 이득이 0.1 초과 0.3 미만이어야 한다.

노년전정병은 전형적으로 시각, 고유감각, 피질, 소뇌, 추체외로 기능저하가 노화와 관련되는 것이다. 이러한 동반 손상도 자세불안, 보행 장애, 낙상의 발생에 기여할 수 있다. 따라서 이 기준은 고령자에서 이러한 증상의 존재와 객관적으로 확인된 전정기능 저하를 함께 고려하도록 설계하였다.

1. 서론

전 세계 인구의 고령화는 주요한 인구학적 변화이다. 이로 인해 고령인구 비율 증가가 공중보건에 미치는 영향에 대한 인식이 증가하였고, 감각기관의 노화가 초래하는 개인과 공중의 건강에 대한 이해도 커지고 있다[1]. 노안, 백내장, 황반변성 등 노화 관련 시력 저하는 장애와 낙상 위험, 시설입소 증가와 관련이 있다[2-4]. 노년난청(presbyacusis)은 치매, 우울증, 사망률 증가 위험과 관련이 있다[5-7]. 말초 감각기관의 노화와 그에 따른 감각기능 저하는 고령자에서 흔하게 나타난다. 70세 이상 인구의 약 15%는 증상을 동반한 시각장애를, 26%는 증상이 있는 청각장애를 경험한다[8].

전정감각계도 노화의 영향을 크게 받는다. 인구 기반 연

구에 따르면 60세 이상 인구의 약 절반에서 어떤 형태로든 전정기능의 저하를 보인다[9, 10]. 어지럼과 자세불안은 지역사회 거주 고령자에서 흔한 증상이며[11-14], 노화 관련 전정기능 저하는 보행장애, 낙상으로 이어질 수 있다[15-20]. 또한 노년에서 전정기능 감소는 일상생활 수행 능력 및 삶의 질 저하를 예측하는 요인으로 나타난다[21].

이러한 근거를 바탕으로 저자들은 노안, 노년난청과 마찬가지로 노화 관련 전정기능 저하를 노년전정병(presbyvestibulopathy)으로 정의할 것을 제안한다. 이 진단명은 정상 노화 과정에서 나타나는 경도 또는 불완전한 전정기능 소실을 포괄한다. 이는 노년난청이나 노안이 완전한 청력소실이나 시각소실, 즉 난청/농(deafness)이나 실명(blindness)과 구별되는 불완전한 감각기능 소실이라는 점과 일치한다. 노년전정병의 공식 진단기준을 마련하는 것은 임상과 연구 모두에서 유용하다. 임상적으로는 증상을 동반한 전정기능 저하가 있는 고령자에게 노년전정병의 가능성을 진단하면 전정 치료, 특히 조기부터 지속적인 전정재활 치료 처방이 증가할 수 있다. 또한 통일된 진단기준은 연구의 표준화를 가능하게 하고, 연구 간 대상자를 비교하거나 통합 분석하는 데에도 도움이 된다.

과거에는 노화에 따른 전정기능 저하를 지칭하기 위해 presbystasis, presbyequilibrium, presbylibrium, presbyotoconia, presbyvertigo 등 여러 용어를 사용해 왔다.

2. 방법

노년전정병 진단기준의 개발은 국제전정질환분류(International Classification of Vestibular Disorders, 이하 **ICVD**)를 위해 수립된 바라니학회 전정질환분류위원회(Classification Committee of the Bárány Society, 이하 **CCBS**)의 절차를 따랐다. 노년전정병을 공식 진단기준으로 정립하는 작업을 2017년에 CCBS에 처음 제안하였다. CCBS는 여러 국가와 다양한 전문분야의 전문가들로 구성된 위원회로 노년전정병 정의를 수립할 필요성과 관련 문헌을 검토하였다. 이후 공식 진단기준을 개발하기 위해 별도의 소위원회를 구성하였다. 이 소위원회에는 이비인후과, 신경과, 물리치료, 노인의학 등 다양한 분야의 전문가들이 참여하였으며, 세 개 대륙을 대표하도록 구성하였다. 소위원회는 약 1년에 걸쳐 문헌을 면밀히 검토하고, 이를 바탕으로 진단기준 초안을 작성하였다.

이 진단기준은 ICVD를 위해 CCBS가 정한 형식에 따라 주석, 논평, 논의로 충분히 뒷받침하였다. 초안은 CCBS의 검토를 받았고, 일정 기간 동안 공개 의견 수렴 절차도 거쳤다. 이후 반복적인 수정 및 추가 검토를 거쳐 출판을 위한 최종 기준을 확정하였다. 저자들은 특히 이 문서가 전 세계의 다양한 임상 환경에서 실제로 적용 가능하고, 환자 진료와 치료 결과를 향상시키며, 향후 연구 방향을 명확히 제시할 수 있도록 하는 데 중점을 두었다.

노년전정병(PVP) 진단기준

기준 A – D를 모두 충족해야 한다.

A. 최소 3개월 이상 지속되는 만성 전정 증후군이 있으며, 다음 증상 중 2가지 이상을 동반한다.[1]

1. 자세불안
2. 보행장애
3. 만성어지럼
4. 반복 낙상

---

[1] 노화 관련 질환에서는 여러 기관계의 기능 저하가 동시에 나타나는 경우가 흔하며, 생리적 기능 소실을 보상하는 능력도 감소한다[23, 24]. 이러한 맥락에서 노년전정병은 시각, 고유감각, 하지 근력, 피질, 추체외로, 소뇌 기능 저하 등 다른 감각 및 기능 저하와 함께 나타날 가능성이 높다[25 – 32]. 이러한 여러 기능 저하가 함께 작용하여 노화와 관련된 자세불안, 보행 장애, 반복 낙상 등의 증상을 유발한다[33]. 따라서, 이러한 증상에 노년전정병이 어느 정도 기여하는지를 명확히 판단하기는 어렵다. 이 진단기준은 고령자에서 이러한 증상이 존재하고, 전정 생리 기능 저하가 객관적으로 확인되었는지를 기준으로 한다. 자세불안은 정적(예: 가만히 서 있기) 및 동적(예: 기립 상태에서 공 던지기) 상태를 모두 포함한다. 보행 장애는 보행 속도 감소와 보행 중 자세불안이 포함될 수 있다. 만성어지럼은 움직일 때, 걸을 때, 또는 서 있을 때 반복적으로 나타나는 어지럼을 의미한다. 반복 낙상은 1년에 1회를 초과하여 낙상하는 경우, 즉 1년에 2회 이상 낙상하는 경우를 말한다.

[2] 여기서 "경도(mild)" 전정 소실은 정상 전정 기능과 양측전정병 기준값에 해당하는 전정기능 소실 사이의 상태로 정의한다. 또한 전정기능검사는 고령자에서 흔히 처방될 수 있는 진정제, 예를 들어 벤조디아제핀을 최근 복용하지 않은 상태에서 시행해야 한다.

[3] 비디오두부충동검사(video head impulse test, 이하 **vHIT**):

B. 다음 검사 중 하나 이상에서 확인된 경도[2]의 양측 말초 전정기능저하

1. 비디오두부충동검사: 양측 전정안반사 이득이 0.6 초과 0.8 미만[3]
2. 회전의자 정현파 자극(0.1 Hz, Vmax = 50-60°/sec): 전정안반사 이득이 0.1 초과 0.3 미만[4]
3. 온도안진검사: 최대 느린성분속도의 합이 6°/s 초과 25°/s 미만[5, 6]

C. 연령 ≥ 60세[7]

D. 다른 질환 또는 장애로 더 잘 설명되지 않음[8]

3. 역학

3.1 유병률

2050년에는 전 세계 인구의 17%, 즉 약 16억 명이 65세 이상이 될 것으로 예상된다[49]. 따라서 노년에서 전정기능이 어떻게 변화하는지, 그리고 이러한 변화가 임상적으로나 인구 집단 수준에서 어떻게 나타나는지를 이해하는 것은 매우 중요하다. 전정기능 저하는 보통 어지럼, 자세불안, 현훈으로 나타난다. 이러한 증상은 노년에서 매우 흔하지만, 전정기능장애에 특이적인 증상은 아니다. 노년에서 어지럼과 자세불안의 유병률 추정치는 연구에서 사용한 어지럼과 자세불안의 정의, 그리고 조사 대상 집단에 따라 크게 달라진다. 여러 대규모 인구 기반 연구에서는 65세 이상 노년에서 어지럼과 자세불안의 유병률을 20-30%로 보고하였다[12-14]. 이 유병률은 나이가 들수록 급격히 증가하여, 지역사회에 거주하는 80세 초과 인구에서는 50% 이상으로 나타난다[11]. 시설에 거주하는 요양원 환자를 대상으로 한 연구에서는 어지럼과 현훈의 유병률이 68%에 달하였다[19]. 또한 노년 1차 진료 클리닉을 방문한 65세 이상 환자 중 24%가 어지럼을 호소하였고, 17%는 어지럼을 주요 증상으로 보고하였다[50].

독일에서 시행된 일련의 대표적인 연구들은 전정기능저하로 인한 현훈, 즉 전정현훈의 인구 유병률과 발생률을 보다 구체적으로 추정하였다. 18세 이상 지역사회 거주 인구에서 전정현훈의 평생 유병률은 7.8%, 1년 유병률은 4.9%, 발

---

vHIT를 이용하면 각전정안반사(angular vestibulo-ocular reflex, 이하 **aVOR**) 이득을 정량화할 수 있다[34, 35]. ICVD에서 제시한 양측전정병의 정의에서는 양측 VOR 이득이 0.6 미만인 경우를 기준 중 하나로 규정하였다[27]. 따라서 경도 전정병에 해당하는 노년전정병에서는 aVOR 이득의 하한값을 0.6으로 설정하였다. 상한값 0.8은 여러 연구 결과를 종합하여 설정하였다. 한 연구에서는 성인 62명의 정상 표본에서 aVOR 이득을 평가하였고, 수평 aVOR 이득의 정상 하한값, 즉 평균보다 2표준편차 낮은 값이, 80 ms에서는 0.79, 60 ms에서는 0.75임을 확인하였다[36]. 그러나 건강한 고령자 243명을 대상으로 한 다른 연구에서는 aVOR 이득이 0.9 미만일 때 보상 신속보기(compensatory saccades)의 빈도가 유의하게 증가했다. 보상 신속보기는 VOR 결핍을 시사하는 표지자로 간주한다[37]. 따라서 노년전정병에 부합하는 경도 전정기능 소실을 포착하기 위해, aVOR 이득 기준을 0.6 초과 및 0.8 미만 범위로 설정하였다.

[4] 회전의자: 회전의자 검사는 저주파에서 중간 주파수 범위의 자극, 즉 약 0.05 – 0.1 Hz 자극에 대한 aVOR 반응을 평가한다. 여기서도 양측전정병의 기준값을 참고하여, aVOR 이득 0.1을 하한값으로 설정하였다. 상한값은 많은 검사실에서 aVOR 이득 0.3 – 0.35를 정상 하한 범위로 간주하고 있는 점을 고려하여 0.3 미만으로 정하였다[38].

[5] 온도안진검사: 온도안진검사는 저주파 자극, 즉 약 0.003 Hz 자극에 대한 aVOR 반응을 측정한다. 양측전정병 기준에서는 각 귀의 온수 자극(44°C)과 냉수 자극(30°C)에 대한 반응이 모두 6°/s 미만인 경우를 진단기준으로 정의하였다[39]. 따라서 노년전정병에서는 온도안진반응의 하한값을 6°/s로 설정하였다. 상한값은 여러 검사실에서 사용하는 정상 기준값의 바로 아래인 25°/s 미만으로 정하였다[40]. 즉, 노년전정병 진단을 위해서는 양쪽 귀 모두에서 온수·냉수 자극으로 유발된 최대 느린성분속도(slow phase velocity, SPV)의 합이 6°/s 초과 25°/s 미만이어야 한다.

[6] 노화와 관련하여 이석기관 기능이 저하된다는 근거가 있음에도 불구하고, 이석기관 기능저하는 이번 진단기준에 포함하지 않았다. 뒤의 "검사실 검사" 부분에서 다시 논의하겠지만, 현재로서는 이석기관 기능을 평가하는 임상 검사가 온도안진검사, 회전의자검사, vHIT를 통한 VOR 검사만큼 충분히 체계화되거나 표준화되어 있지 않다. 향후 진단기준 개정 시에는 이석기관 기능저하를 진단기준에 포함할지 다시 검토할 예정이다.

[7] 노년전정병은 유엔(United Nations, UN) 노년기준에 근거하여 60세로 하였다[41]. 또한 조직학적 연구들에서 60세 무렵부터 전정 말단기관 구조의 퇴행성 변화가 확인된 바 있다. 반고리관과 이석기관의 감각상피 전반에서 전정 유모세포 수의 뚜렷한 감소는 50세부터 관찰되었다[42]. 구형낭과 난형낭의 이석 변성 역시 50세부터 보고되었다[43]. 전정신경섬유는 40대부터 유의하게 감소하는 것으로 보고되었다[44]. 전정핵 내 신경세포 소실도 약 40세부터 시작되며, 전정신경절세포 수는 대략 60세부터 감소하기 시작한다[45, 46].

[8] 일부 환자는 노년전정병과 함께 여러 질환을 동시에 가질 수 있다는 점에 유의해야 한다. 예를 들어, 연령이 증가할수록 유병률이 높아지는 양성돌발두위현훈이나 파킨슨병과 같은 신경계 질환이 노년전정병과 함께 존재할 수 있다[47, 48]. 중요한 점은 이러한 동반 질환이 각각 추가적인 증상(예: 양성돌발두위현훈에서 짧게 지속되는 체위현훈, 파킨슨병에서 서동과 강직)을 보일 수는 있지만, 노년전정병의 진단기준을 완전히 설명하지는 못한다는 것이다.

생률은 1.5%였다[51]. 전정현훈의 1년 유병률은 연령이 증가할수록 높아져, 60-69세에서는 7.2%, 80세 이상에서는 8.8%로 나타났다. 또 다른 연구에서는 수정 Romberg 검사를 이용하여 미국 인구에서 전정기능 저하의 유병률을 추정하였다. 이 자세 지표를 기준으로 했을 때, 40세 이상 미국 성인의 35%에서 전정기능장애를 시사하는 소견을 관찰하였다[52]. 균형장애의 빈도는 나이가 들수록 유의하게 증가하였고, 80세 이상에서 85%에서 균형장애의 근거를 확인하였다. 이러한 추정치는 앞서 독일 인구 연구에서 보고된 전정현훈의 유병률보다 상당히 높다. 이는 수정 Romberg 검사가 증상이 뚜렷하게 나타나기 전 단계의 전정기능 저하까지 포착할 수 있고, 더 넓게는 전정 정보를 적절히 활용하지 못하는 상태를 반영하기 때문일 수 있다.

3.2 영향

노년에서 전정기능 저하(vestibular impairment)가 미치는 영향도 여러 연구에서 규명하였다. 노인의 전정기능 저하는 보행 속도 감소 및 자세 조절 능력 저하와 관련된다[15, 53]. 최근에는 노년에서 전정기능 저하가 인지기능 저하, 특히 공간 인지(spatial cognition) 저하와 관련된다는 근거도 증가하고 있다[17, 54, 55]. 또한 노화 관련 전정기능 소실은 낙상 위험을 증가시키는 것으로 보인다. 낙상은 노년에서 흔하면서도 심각한 결과를 초래할 수 있는 문제이다[56, 57]. 여러 연구에서 전정기능 저하가 낙상 관련 고관절 및 손목 골절 위험과 관련됨을 보고하였다[58-60]. 한 최근 연구는 노년에서 매년 약 50,000건의 추가 낙상이 전정기능 소실에 기인한다고 추정하였다[61].

또한 어지럼과 전정기능 저하는 침대에서 일어나거나 눕기, 운전, 쇼핑, 금전 관리와 같은 기본 및 수단적 일상생활 활동 수행의 어려움과 관련된다[11, 21]. 의료 이용 및 경제적 영향 측면에서 전정현훈은 진료 상담 증가, 병가 사용, 외출 회피와 관련이 있었다[62]. 마지막으로 어지럼과 전정기능 저하는 신체적 영역과 정신적 영역 모두에서 삶의 질을 유의하게 저하시키는 것을 보고하였다[62, 63]. 스웨덴의 한 인구 기반 연구에서는 어지럼이 노년의 전반적 삶의 질에 영향을 미치는 가장 중요한 증상 중 하나임을 확인하였다[64].

이러한 연구들을 종합하면, 노년에서 전정기능 소실은 유병률이 높고 그 영향도 상당하며, 공중보건학적으로 중요한 상태임을 알 수 있다. 다만 어지럼, 자세불안, 전정기능 저하가 노년에서 흔하기는 하지만 모든 노년에서 나타나는 것은 아니다. 90세 초과 인구 중에서도 어지럼이 없는 경우가 있었고[11], 건강한 노인은 80세를 넘어서도 정상 VOR 이득을 유지할 수 있음을 제시하였다[65]. 따라서 노년에서 어지럼, 자세불안, 전정기능 저하는 "노화 의존적(age-dependent)"이라기보다 "노화동반적(age-concomitant)" 상태로 이해할 수 있다[11]. 이러한 상태는 잠재적으로 개선 가능한 문제로 보아야 하며 적극적인 치료 노력이 필요하다. 실제로 전정기능 소실이 있는 노년 환자에서 전정재활(vestibular rehabilitation)의 효과를 뒷받침하는 근거는 충분하다[66]. 또한 전정기능 저하 여부를 특별히 선별하지 않은, 보다 넓은 의미의 어지럼을 가진 노년에서도 전정재활의 이점이 보고되었다[67].

4. 병태생리

여러 연구 결과들은 노화에 따른 전정 감각기능 저하를 보여준다. 이러한 변화에는 유전적 요인과 같은 내인성요인뿐 아니라, 감염, 염증, 혈관병, 약물, 외상 등 전정독성 요인에 대한 누적 노출이 함께 관여하는 것으로 보인다. 조직병리학적 연구들은 전정 말단기관 전반에서 노화에 따른 퇴행성 변화가 나타남을 보여주었다. 세 반고리관과 난형낭 및 구형낭에서는 유모세포 수가 감소하고, 이석의 형태도 변한다. 전정신경절세포, 구심성 신경섬유, 전정핵 신경세포군도 나이가 들면서 줄어드는 것으로 보고되었다[68-70].

생리학적 연구에서도 비슷한 변화를 확인하였다. 회전 자극, 선형운동 자극, 음향 자극, 진동 자극에 대한 전정 반응을 평가했을 때, 나이가 들수록 반응 진폭은 작아지고 잠복기는 길어졌다[61, 71-77]. 전정 생리 기능 및 노화에 대한 초기 연구에서는 다양한 연령대의 사람들을 대상으로 정현파 회전 자극에 대한 반응을 비교하였다. 이 연구들에서는 나이가 들수록 정현파 회전에 대한 VOR이득이 감소하였다[71].

저자들은 이를 바탕으로 "노화는 점진적인 양측 말초 전정기능 소실을 수반한다"고 말했다[73]. 나이가 증가하면서 속도저장기전(velocity storage)과 같은 VOR을 처리하는 기능의 저하도 보고하였다[78]. 이후 건강한 노년을 대상으로 한 종단 연구들에서, 같은 사람을 5년 동안 추적했을 때, 정현파 회전 자극에 대한 VOR 반응이 시간이 지나면서 감소하는 것을 보여주었다[79, 80]. 최근에는 vHIT와 같은 휴대형 전정기능검사를 이용하여 대규모 노년 인구에서 VOR을 평가한 연구들이 있다. 이들 연구에서도 나이가 많을수록 aVOR 이득이 감소하였다[36, 81, 82]. 이석기관 기능 역시 노화의 영향을 받는다. 전정유발근전위, 전정선형지각역치검사(vestibular linear perceptual threshold testing), 이석안구반사(otolith-ocular reflexes) 등 여러 이석기관 기능 검사에서 이러한 변화를 확인하였다[61, 74, 83].

5. 감별진단(Differential diagnosis)

노년전정병의 감별진단은 표 1에 제시되어 있다. 많은 질환은 양측 전정기능 검사 결손의 부재로 노년전정병과 감별할 수 있지만(편측 또는 양측전정병 제외), 이런 질환들 대부분은 노년전정병과 동반되어 나타날 수 있음을 유의해야 한다. 실제로 노화의 중요한 특징 중 하나는 여러 기능 저하가 동시에 존재하고, 이들이 함께 관찰되는 임상 양상에 기여한다는 점이다.

이 중 양성돌발두위현훈(benign paroxysmal positional vertigo, 이하 BPPV)은 노년에서 특히 흔하므로 언급할 필요가 있다. 노년에서 BPPV 유병률이 높은 것은 노화에 따른 이석막의 퇴행으로 이석이 내림프 안으로 비정상적으로 떨어져 나오기 때문일 수 있다[84]. 한 인구 기반 연구에서 60세 초과 인구에서 BPPV 유병률이 3.4%였으며, 80세까지의 누적 평생 발생률은 약 10%에 달하였다[47]. 신경이과 클

표 1. 노년전정병(PVP)의 감별진단

감별진단	노년전정병과의 감별점
전정질환(other vestibular)	
양성돌발두위현훈(benign paroxysmal positional vertigo, BPPV)	Dix-Hallpike 검사, 진단적 Semont 수기 또는 앙와위 회전검사(supine roll test)에서 양성 소견
지속성 편측전정병(persisting unilateral vestibulopathy)	노년전정병은 양측성 전정기능 저하
양측전정병(bilateral vestibulopathy, BVP)	노년전정병의 전정기능 저하는 BVP만큼 심하지 않음.
기능성어지럼(functional dizziness; 예: 지속체위지각어지럼[PPPD], 시각어지럼[visual dizziness])	양측 전정기능검사에서 결손이 없음.
감각운동계질환(other sensorimotor)	
기립어지럼(orthostatic dizziness)	양측 전정기능검사에서 결손이 없음
저시력(low vision)	양측 전정기능검사에서 결손이 없음
고유감각장애(proprioceptive impairment)	양측 전정기능검사에서 결손이 없음
중추신경계질환(Central nervous system)	
양측전정병이 없는 소뇌실조 (cerebellar ataxia without bilateral vestibulopathy)	양측 전정기능검사에서 결손이 없음
하향안진 증후군(downbeat nystagmus syndrome)	말초 전정기능 결손 동반 여부와 관계없이 하향안진이 관찰됨.
추체외로 질환(extrapyramidal disorders)	말초 전정기능 결손 동반 여부와 관계없이 강직, 서동 등 추체외로 증상이 나타남.
정상압수두증(normal pressure hydrocephalus, NPH)	말초 전정기능 결손 동반 여부와 관계없이 정상압수두증의 증상, 수두증, 양성 tap test 소견이 나타남.
전정억제제(vestibular suppressant medications)	양측 전정기능검사에서 결손이 없음
전신질환(Systemic)	
중독(intoxications)	양측 전정기능검사에서 결손이 없음

리닉을 방문한 노년현훈 환자 중에서는 BPPV가 최대 39%를 차지하였다[85]. 그러나 노년 환자가 항상 BPPV의 전형적인 양상, 즉 머리 위치 변화와 관련된 짧은 회전현훈 발작을 보이는 것은 아니다. 만성 질환으로 노인의학 외래를 방문한 노년 환자 100명을 조사한 연구에서는, 9%에서 인지되지 않았던 BPPV가 확인되었다[48]. BPPV는 흔하고 치료가능한 질환이기 때문에, 어지럼을 주소로 내원한 노년에서 이에 대한 주의 깊은 평가가 필요하다.

6. 현재 지식의 공백과 미래 방향

6.1 증상

노년전정병 분류위원회는 자세불안, 보행 이상, 어지럼, 반복 낙상 등 전정기능장애와 가장 흔히 연관되는 증상들을 진단기준에 포함하기로 결정하였다. 이들은 일반적인 외래 진료에서 환자가 직접 호소하는 증상들이다. 그러나 현재 진단기준에는 이러한 증상의 중증도를 정량화하는 기준을 포함하지 않았다. 자세불안의 객관적 측정 도구로는 Romberg 검사, 일렬서기검사(tandem stance test), 플랫폼 자세검사(platform posturography)가 있다. 보행이상은 보행속도, 일렬보행, 동적보행지수(Dynamic Gait Index, DGI), 기능적보행평가(Functional Gait Assessment) 등을 이용해 평가할 수 있다[86]. 어지럼으로 인한 장애 정도는 어지럼장애척도(Dizziness Handicap Inventory, DHI)와 같은 환자 보고 도구를 통해 더 구체적으로 평가할 수 있다[87]. 낙상은 일정 기간 동안의 낙상 횟수로 정량화하거나, 낙상 효능 척도(Falls Efficacy Scale)와 같은 환자 보고형 도구를 통해 추가적으로 평가할 수 있다[88]. 현재 노년전정병 분류위원회는 노년에서 비정상 기준치에 대한 폭넓은 합의가 부재하고 이러한 측정 도구들의 표준화가 불충분하여 특정 증상 지표를 포함하는 것이 타당하지 않다고 판단하였다. 향후 진단기준 개정 시에는 노년전정병 진단기준에 어떤 세부증상 평가지표를 추가할 수 있을지 재평가해야 한다.

또한 최근 연구들은 노년의 전정기능저하가 인지기능에도 영향을 줄 수 있음을 보여주고 있다. 특히 공간기억, 공간탐색, 공간지남력을 포함하는 공간인지와의 관련성이 주목받고 있다[17, 89]. 그러나 노년전정병 분류위원회는 인지기능이 광범위한 중추신경계 및 말초 요인의 영향을 받으며, 전정기능장애와 인지기능 간의 직접적 연관성을 입증하기 위한 추가 근거가 아직 필요하다고 판단하였다. 향후 진단기준 개정 시에는 인지기능장애를 노년전정병진단의 보조 기준으로 추가할지, 그리고 인지기능 평가에 어떤 도구를 활용할지 재검토해야 할 것이다.

6.2 검사실 검사(Laboratory testing)

앞서 언급한 바와 같이, 이석기관 기능은 나이가 들수록 저하된다. 이는 난형낭과 구형낭의 유모세포, 이석의 완전성 같은 구조적 변화뿐 아니라, 전정유발근전위나 지각 역치 검사(perceptual threshold testing)로 평가한 기능적 변화에서도 확인된다. 또한 이석기관 기능저하는 자세이상 및 공간인지 저하와 관련이 있다는 근거가 있다[17, 74]. 그러나 현재 이석기관 기능검사는 온도안진검사, 회전의자, vHIT를 통한 VOR 검사만큼 임상적으로 체계화되거나 표준화되어 있지 않다. 이석기관 기능을 평가하는 가장 널리 사용되는 검사인 전정유발근전위도 안정적으로 반응을 유발하기 어려울 수 있다. 또한 노년에서는 전정유발근전위 반응이 흔히 소실되는데, 이러한 소실이 어떤 임상적 의미를 갖는지는 아직 충분히 밝혀지지 않았다[90]. 미국신경과학회(American Academy of Neurology)의 최근 입장 표명문에서는 현재 전정유발근전위의 임상적 유용성은 위반고리관결손증후군 및 기타 내이 제3창 증후군을 진단하는 데 가장 부합하다고 기술하였다[24]. 이에 따라 노년전정병 분류위원회는 이석기관 기능장애를 노년전정병 진단기준에서 제외하기로 결정하였다. 향후 진단기준 개정 시에는 이석기관 기능 검사의 현황을 재평가하고, 이석기관 기능저하를 진단기준에 포함할지 재고해야 할 것이다.

노년전정병 진단기준에서 vHIT, 회전의자, 온도안진검사의 기준치는 양측전정병 기준치보다 높고 일반적인 정상범위의 하한치보다 낮은 수준으로 설정하였다. 목표는 노년난청이나 노안과 유사한—즉 심대한 감각 소실(청력 소실, 실명)과 구별되는—경도 전정 기능장애의 수준을 규명하는

것이다. 다만 각 전정기능검사에서 실제 임상 증상 발현과 관련된 반응의 역치가 존재하는지는 아직 명확하지 않다. 향후 진단기준 개정 시에는 노년에서 경도 전정기능장애에대한 기준값을 더 세분화하는 것에 대해 검토해야 한다.

또 하나의 중요한 과제는 노년전정병의 아형을 구분하는 것이다. 예를 들어 반고리관 기능저하와 이석기관 기능저하, 저주파수 전정기능저하와 고주파수 전정기능저하, 말초 전정기능저하와 중추 전정기능저하로 구분할 수 있다. 노년난청은 고주파수 청력저하가 특징인 것으로 알려져 있다. 이와 유사하게 전정감각계에서도 고주파수 반응에 관여하는 제1형 유모세포(Type 1 hair cell)가 저주파수 반응성 제2형 유모세포(Type 2 hair cell)에 비해 노화에 더 취약한 것으로 알려져 있다[69]. 또한 조직병리학적 연구들은 노화에 따라 반고리관 유모세포가 이석기관 유모세포보다 더 많이 퇴행할 수 있음을 시사한다. 이러한 소견은 임상 연구에서도 확인되었다[9, 68]. 향후 진단기준 개정 시에는 노화에 따라 발생하는 전정생리적 기능저하의 유형에 따라 노년전정병을 더 정밀하게 정의할 수 있을지 검토해야 한다.

6.3 노화 표현형(The aging phenotype)

앞서 언급했듯이 노화는 시간에 따른 여러 생리계의 기능이 함께 저하되는 과정이다. 따라서 전정기능저하는 다른 감각운동계, 중추신경계, 전신 기능의 저하와 함께 나타날 수 있다. 이 진단기준은 전정생리기능의 저하에 초점을 맞추고 있다. 그러나 노년전정병이 실제 임상적으로 어떤 영향을 미치는지는 다른 생리계의 기능 상태에 따라 달라질 가능성이 크다. 예를 들어, 같은 정도의 말초 전정기능저하가 있더라도 각각의 보상 능력은 다를 수 있다. 기존 감각운동기능, 감각입력재가중(reweight sensory inputs) 능력, 중추신경계가소성(Central nervous system plasticity)의 정도가 서로 다르기 때문이다. 향후 진단기준의 개정에서는 다른 생리적 계통들의 맥락과 이러한 계통들이 노년의 기능장애에 미치는 복합적 영향을 고려하여 노년전정병을 더욱 명시적으로 다루어야 한다.

참고문헌

[1] Y. Agrawal, J.P. Carey, C. Della Santina, M.C. Schubert and L.B. Minor, Disorders of balance and vestibular function in US adults: Data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 2001-2004, *Arch Intern Med* **169**(10) (2009), 938 – 944.

[2] Y. Agrawal, M. Davalos-Bichara, M.G. Zuniga and J.P. Carey, Head impulse test abnormalities and influence on gait speed and falls in older individuals, *Otology & Neurotology* **34**(9) (2013), 1729 – 1735.

[3] Y. Agrawal, K.G. Pineault and Y.R. Semenov, Health-related quality of life and economic burden of vestibular loss in older adults, Laryngoscope Investigative Otolaryngology. 2017.

[4] Y. Agrawal, M.G. Zuniga, M. Davalos-Bichara, M.C. Schubert, J.D. Walston, J. Hughes, et al. 3376350; Decline in semicircular canal and otolith function with age, *Otol Neurotol* **33**(5) (2012), 832 – 839.

[5] E.R. Anson, R.T. Bigelow, J.P. Carey, Q.L. Xue, S. Studenski, M.C. Schubert, et al., 4919329; VOR Gain Is Related to Compensatory Saccades in Healthy Older Adults, *Front Aging Neurosci* **8** (2016), 150.

[6] R.W. Baloh, K.M. Jacobson and T.M. Socotch, The effect of aging on visual-vestibuloocular responses, *Experimental Brain Research* **95**(3) (1993), 509 – 516.

[7] R.W. Baloh, J. Enrietto, K.M. Jacobson and A. Lin, Age-related changes in vestibular function: A longitudinal study, *Ann N Y Acad Sci* **942** (2001), 210 – 219.

[8] R.W. Baloh, S.H. Ying and K.M. Jacobson, A longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people, *Arch Neurol* **60**(6) (2003), 835 – 839.

[9] P.B. Baltes and U. Lindenberger, Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: A new window to the study of cognitive aging? *Psychol Aging* **12**(1) (1997), 12.

[10] K. Bartl, N. Lehnen, S. Kohlbecher and E. Schneider, Head impulse testing using video-oculography, *Ann N Y Acad Sci* **1164** (2009), 331 – 333.

[11] B. Bergström Morphology of the vestibular nerve: II. The number of myelinated vestibular nerve fibers in man at various ages, *Acta Otolaryngol* **76**(1-6) (1973), 173 – 179.

[12] R.T. Bigelow and Y. Agrawal, Vestibular involvement in cognition: Visuospatial ability, attention, executive function, and memory, *Journal of Vestibular Research* **25**(2) (2015), 73 – 89.

[13] R.T. Bigelow, Y.R. Semenov, S. du Lac, H.J. Hoffman and Y. Agrawal, Vestibular vertigo and comorbid cognitive and psychiatric impairment: The 2008 National Health Interview Survey, *J Neurol Neurosurg Psychiatr* (2015), 310319.

[14] R.T. Bigelow, Y.R. Semenov, C. Trevino, L. Ferrucci, S.M. Resnick, E.M. Simonsick, et al., Association between visuospatial ability and vestibular function in the Baltimore Longitudinal Study of Aging, *J Am Geriatr Soc* **63**(9) (2015), 1837 – 1844.

[15] A. Bisdorff, M. Von Brevern, T. Lempert and D. Newman-Toker, Classification of vestibular symptoms: Towards an international classification of vestibular disorders, *Journal of Vestibular Research* **19**(1) (2009), 1 – 13.

[16] K. Brantberg, K. Granath and N. Schart, Age-related

changes in vestibular evoked myogenic potentials, *Audiol Neurootol* **12**(4) (2007), 247 – 253.
[17] B.L. Brody, A.C. Gamst, R.A. Williams, A.R. Smith, P.W. Lau, D. Dolnak, et al., Depression, visual acuity, comorbidity, and disability associated with age-related macular degeneration, *Ophthalmology* **108**(10) (2001), 1893 – 1900.
[18] A. Campos, F.J. Canizares, M.C. Sanchez-Quevedo and P.J. Romero, Otoconial Degeneration in the Aged Utricle and Saccule1. In: Karger Publishers; 1990. pp. 143 – 153.
[19] F.M. Chan, J. Galatioto, M. Amato and A.H. Kim, Normative data for rotational chair stratified by age, *Laryngoscope* **126**(2) (2016), 460 – 463.
[20] R.G. Cumming, R. Ivers, L. Clemson, J. Cullen, M.F. Hayes, M. Tanzer, et al., Improving vision to prevent falls in frail older people: A randomized trial, *J Am Geriatr Soc* **55**(2) (2007), 175 – 181.
[21] C.F. Dillon, Q. Gu, H.J. Hoffman and C. Ko, Vision, hearing, balance, and sensory impairment in Americans aged 70 years and over: United States, 1999-2006, *NCHS data Brief* (31) (2010), 1 – 8.
[22] A. Ekwall, A. Lindberg and M. Magnusson, Dizzy - why not take a walk? Low-level physical activity improves quality of life among elderly with dizziness, *Gerontology* **55**(6) (2009), 652 – 659.
[23] E. Ekvall Hansson and M. Magnusson, 3724742; Vestibular asymmetry predicts falls among elderly patients with multisensory dizziness, *BMC Geriatr* **13**(1) (2013), 77.
[24] T.D. Fife, J.G. Colebatch, K.A. Kerber, K. Brantberg, M. Strupp, H. Lee, et al., Practice guideline: Cervical and ocular vestibular evoked myogenic potential testing Report of the Guideline Development, Dissemination, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology, *Neurology* (2017), 10.1212/WNL. 0000000000004690.
[25] S.K. Gadkaree, D.Q. Sun, C. Li, F.R. Lin, L. Ferrucci, E.M. Simonsick, et al., Does sensory function decline independently or concomitantly with age? Data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging, *Journal of Aging Research* 2016; 2016.
[26] D.J. Genther, J. Betz, S. Pratt, S.B. Kritchevsky, K.R. Martin, T.B. Harris, et al., Association of hearing impairment and mortality in older adults, *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences* **70**(1) (2014), 85 – 90.
[27] N.S. Gittings and J.L. Fozard, Age related changes in visual acuity, *Exp Gerontol* **21**(4-5) (1986), 423 – 433.
[28] B. Gopinath, C.M. McMahon, E. Rochtchina and P. Mitchell, Dizziness and vertigo in an older population: The Blue Mountains prospective cross-sectional study, *Clinical Otolaryngology* **34**(6) (2009), 552 – 556.
[29] A. Grimby and U. Rosenhall, Health-related quality of life and dizziness in old age, *Gerontology* **41**(5) (1995), 286 – 298.
[30] J.M. Guralnik, L. Ferrucci, E.M. Simonsick, M.E. Salive and R.B. Wallace, Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability, *N Engl J Med* **332**(9) (1995), 556 – 561.
[31] A. Harun, Y.R. Semenov and Y. Agrawal, Vestibular function and activities of daily living: Analysis of the 1999 to 2004 National Health and Nutrition Examination Surveys, *Gerontology and Geriatric Medicine* **1** (2015), 2333721415607124.
[32] R.H. Harwood, Visual problems and falls, *Age Ageing* **30** (Suppl 4) (2001), 13 – 18.
[33] W. He, D. Goodkind and P. Kowal, An aging world: 2015. International population reports, *Last modified March* (2016), 31.
[34] G.E. Hicks, M. Shardell, D.E. Alley, R.R. Miller, S. Bandinelli, J. Guralnik, et al., 3260485; Absolute strength and loss of strength as predictors of mobility decline in older adults: The InCHIANTI study, *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **67**(1) (2012), 66 – 73.
[35] G. Ishiyama, Imbalance and vertigo: The aging human vestibular periphery, *Semin Neurol* **29** (5) (2009), 491 – 499.
[36] G.P. Jacobson, D.L. McCaslin, S.L. Grantham and E.G. Piker, Significant vestibular system impairment is common in a cohort of elderly patients referred for assessment of falls risk, *J Am Acad Audiol* **19**(10) (2008), 799 – 807.
[37] G.P. Jacobson and C.W. Newman, The development of the Dizziness Handicap Inventory, *Arch Otolaryngol Head Neck* **116**(4) (1990), 424 – 427.
[38] A.C. Kao, A. Nanda, C.S. Williams and M.E. Tinetti, Validation of dizziness as a possible geriatric syndrome, *J Am Geriatr Soc* **49**(1) (2001), 72 – 75.
[39] A. Katsarkas, Dizziness in aging: A retrospective study of 1194 cases, *Otolaryngol Head Neck Surg* **110**(3) (1994), 296 – 301.
[40] E.A. Keshner, Head-trunk coordination in elderly subjects during linear anterior-posterior translations, *Exp Brain Res* **158**(2) (2004), 213 – 222.
[41] E.K. Kristinsdottir, G.B. Jarnlo and M. Magnusson, Asymmetric vestibular function in the elderly might be a significant contributor to hip fractures, *Scand J Rehabil Med* **32**(2) (2000), 56 – 60.
[42] E.K. Kristinsdottir, E. Nordell, G.B. Jarnlo, A. Tjader, K.G. Thorngren and M. Magnusson, Observation of vestibular asymmetry in a majority of patients over 50 years with fall-related wrist fractures, *Acta Otolaryngol* **121**(4) (2001), 481 – 485.
[43] C. Li, A.J. Layman, R. Geary, E. Anson, J.P. Carey, L. Ferrucci, et al., Epidemiology of vestibulo-ocular reflex function: Data from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. Otology & neurotology: Official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society and] European Academy of Otology and Neurotology **36**(2) (2015), 267.
[44] H.W. Lin and N. Bhattacharyya, Balance disorders in the elderly: Epidemiology and functional impact, *Laryngoscope* **122**(8) (2012), 1858 – 1861.
[45] F.R. Lin, E.J. Metter, R.J. O'Brien, S.M. Resnick, A.B. Zonderman and L. Ferrucci, Hearing loss and incident Dementia, *Arch Neurol* **68**(2) (2011), 214 – 220.
[46] M.B. Liston, D.E. Bamiou, F. Martin, A. Hopper, N. Koohi, L. Luxon, et al., Peripheral vestibular dysfunction is prevalent in older adults experiencing multiple non-syncopal falls versus age-matched non-fallers: A pilot study, *Age Ageing* **43**(1) (2014), 38 – 43.
[47] I. Lopez, V. Honrubia and R.W. Baloh, Aging and the human vestibular nucleus, *Journal of Vestibular Research* **7**(1)

(1997), 77 − 85.
[48] H.G. MacDougall, K.P. Weber, L.A. McGarvie, G.M. Halmagyi and I.S. Curthoys, The video head impulse test: Diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy, *Neurology* **73**(14) (2009), 1134 − 1141.
[49] L. Maes, I. Dhooge, W. D'haenens, A. Bockstael, H. Keppler, B. Philips, et al., The effect of age on the sinusoidal harmonic acceleration test, pseudorandom rotation test, velocity step test, caloric test, and vestibular evoked myogenic potential test, *Ear Hear* **31**(1) (2010), 84 − 94.
[50] G.F. Marchetti and S.L. Whitney, Older adults and balance dysfunction, *Neurol Clin* **23**(3) (2005), 785 − 805.
[51] A.J. Matheson, C.L. Darlington and P.F. Smith, Dizziness in the elderly and age-related degeneration of the vestibular system, *New Zealand Journal of Psychology* **28**(1) (1999), 10.
[52] E. Mati ˜ no-Soler, E. Esteller-More, J. Martin-Sanchez, J. Martinez-Sanchez and N. Perez-Fernandez, Normative data on angular vestibulo-ocular responses in the yaw axis measured using the video head impulse test, *Otology & Neurotology* **36**(3) (2015), 466 − 471.
[53] L.A. McGarvie, H.G. MacDougall, G.M. Halmagyi, A.M. Burgess, K.P. Weber and I.S. Curthoys, The video head impulse test (vHIT) of semicircular canal function − age-dependent normative values of VOR gain in healthy subjects, *Frontiers in Neurology* (2015), 6.
[54] D.J. Mener, J. Betz, D.J. Genther, D. Chen and F.R. Lin, Hearing loss and depression in older adults, *J Am Geriatr Soc* **61**(9) (2013), 1627.
[55] S.N. Merchant, L. Velazquez-Villasenor, K. Tsuji, R.J. Glynn, C. Wall, 3 and S.D. Rauch, Temporal bone studies of the human peripheral vestibular system. Normative vestibular hair cell data, *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* **181** (2000), 3 − 13.
[56] B. Mossman, S. Mossman, G. Purdie and E. Schneider, Age dependent normal horizontal VOR gain of head impulse test as measured with video-oculography, *Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery* **44**(1) (2015), 29.
[57] H.K. Neuhauser, A. Radtke, M. von Brevern, F. Lezius, M. Feldmann and T. Lempert, Burden of dizziness and vertigo in the community, *Arch Intern Med* **168**(19) (2008), 2118 − 2124.
[58] H.K. Neuhauser, M. von Brevern, A. Radtke, F. Lezius, M. Feldmann, T. Ziese, et al., Epidemiology of vestibular vertigo: A neurotologic survey of the general population, *Neurology* **65**(6) (2005), 898 − 904.
[59] E. Nordell, E.K. Kristinsdottir, G.B. Jarnlo, M. Magnus son and K.G. Thorngren, Older patients with distal forearm fracture. A challenge to future fall and fracture prevention, *Aging Clin Exp Res* **17**(2) (2005), 90 − 95.
[60] J.S. Oghalai, S. Manolidis, J.L. Barth, M.G. Stewart and H.A. Jenkins, Unrecognized benign paroxysmal positional vertigo in elderly patients, *Otolaryngol Head Neck Surg* **122**(5) (2000), 630 − 634.
[61] G.D. Paige, Senescence of human visual-vestibular interactions. 1. Vestibulo-ocular reflex and adaptive plasticity with aging, *J Vestib Res* **2**(2) (1992), 133 − 151.
[62] R.J. Peterka, F.O. Black and M.B. Schoenhoff, Age-related changes in human vestibulo-ocular and optokinetic reflexes: Pseudorandom rotation tests, *J Vestib Res* **1**(1) (1990), 61 − 71.
[63] S.D. Rauch, L. Velazquez-Villasenor, P.S. Dimitri and S.N. Merchant, Decreasing hair cell counts in aging humans, *Ann N Y Acad Sci* **942** (2001), 220 − 227.
[64] M.C.B. Rey, T.K. Clark, W. Wang, T. Leeder, Y. Bian and D.M. Merfeld, Vestibular perceptual thresholds increase above the age of 40, *Front Neurol* (2016), 7.
[65] E. Richter, Quantitative study of human Scarpa's ganglion and vestibular sensory epithelia, *Acta Otolaryngol* **90**(1-6) (1980), 199 − 208.
[66] S. Robbins, E. Waked and J. McClaran, Proprioception and stability: Foot position awareness as a function of age and footware, *Age Ageing* **24**(1) (1995), 67 − 72.
[67] R.E. Roditi and B.T. Crane, Directional asymmetries and age effects in human self-motion perception, *J Assoc Res Otolaryngol* **13**(3) (2012), 381 − 401.
[68] S.M. Rosengren, M.S. Welgampola and J.G. Colebatch, Vestibular evoked myogenic potentials: Past, present and future, *Clinical Neurophysiology* **121**(5) (2010), 636 − 651.
[69] U. Rosenhall, Degenerative patterns in the aging human vestibular neuro-epithelia, *Acta Otolaryngol* **76**(2) (1973), 208 − 220.
[70] Y.R. Semenov, R.T. Bigelow, Q. Xue, S. du Lac and Y. Agrawal, Association between vestibular and cognitive function in US adults: Data from the National Health and Nutrition Examination Survey, *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* **71**(2) (2016), 243 − 250.
[71] J.M. Serrador, L.A. Lipsitz, G.S. Gopalakrishnan, F.O. Black and S.J. Wood, Loss of otolith function with age is associated with increased postural sway measures, *Neurosci Lett* **465**(1) (2009), 10 − 15.
[72] H.B. Skinner, R.L. Barrack and S.D. Cook, Age-related decline in proprioception, *Clin Orthop* **184** (1984), 208 − 211.
[73] K.N. Stevens, I.A. Lang, J.M. Guralnik and D. Melzer, Epidemiology of balance and dizziness in a national population: Findings from the English Longitudinal Study of Ageing, *Age Ageing* **37**(3) (2008), 300 − 305.
[74] M. Strupp, J. Kim, T. Murofushi, D. Straumann, J.C. Jen, S.M. Rosengren, et al., Bilateral vestibulopathy: Diagnostic criteria Consensus document of the Classification Committee of the Barany Society, *Journal of Vestibular Research* **27**(4) (2017), 177 − 189.
[75] B.K. Swenor, P.Y. Ramulu, J.R. Willis, D. Friedman and F.R. Lin, The prevalence of concurrent hearing and vision impairment in the United States, *JAMA Internal Medicine* **173**(4) (2013), 312 − 313.
[76] J.R. Tian, I. Shubayev, R.W. Baloh and J.L. Demer, Impairments in the initial horizontal vestibulo-ocular reflex of older humans, *Exp Brain Res* **137**(3-4) (2001), 309 − 322.
[77] M.E. Tinetti, D. Richman and L. Powell, Falls efficacy as a measure of fear of falling, *J Gerontol* **45**(6) (1990), 239.
[78] E. Tuunainen, D. Poe, P. Jantti, K. Varpa, J. Rasku, E. Toppila, et al., Presbyequilibrium in the oldest old, a combi nation of vestibular, oculomotor and postural deficits, Aging Clin Exp Res 23(5-6) (2011), 364 − 371.
[79] United Nations, Department of Economic and, Social Affairs. World Population Ageing 2015. 2015;(ST/ESA/SER.A/390).

[80] A. Van Der Stappen, F.L. Wuyts and P.H. Van De Heyning, Computerized electronystagmography: Normative data revisited, *Acta Otolaryngol* **120**(6) (2000), 724 – 730.
[81] M. von Brevern, A. Radtke, F. Lezius, M. Feldmann, T. Ziese, T. Lempert, et al., Epidemiology of benign paroxysmal positional vertigo: A population based study, *J Neurol Neurosurg Psychiatr* **78**(7) (2007), 710 – 715.
[82] L.E. Walther and M. Westhofen, Presbyvertigo-aging of otoconia and vestibular sensory cells, *Journal of Vestibular Research* **17**(2) (2007), 89 – 92.
[83] D.E. Warren, M.J. Thurtell, J.N. Carroll and M. Wall, Perimetric Evaluation of Saccadic Latency, Saccadic Accuracy, and Visual Threshold for Peripheral Visual Stimuli in Young Compared With Older Adults Perimetric Evaluation Using Saccadic Eye Movements, *Invest Ophthalmol Vis Sci* **54**(8) (2013), 5778 – 5787.
[84] M.S. Welgampola and J.G. Colebatch, Vestibulocollic reflexes: Normal values and the effect of age, *Clin Neu rophysiol* **112**(11) (2001), 1971 – 1979.
[85] S.L. Whitney, D.M. Wrisley, G.F. Marchetti and J.M. Furman, The effect of age on vestibular rehabilitation outcomes, *Laryngoscope* **112**(10) (2002), 1785 – 1790.
[86] D.M. Wrisley and N.A. Kumar, Functional gait assessment: Concurrent, discriminative, and predictive validity in community-dwelling older adults, *Phys Ther* **90**(5) (2010), 761 – 773.
[87] Y.J. Xie, R.T. Bigelow, S.F. Frankenthaler, S. Studenski, S.D. Moffat and Y. Agrawal, Vestibular Loss in Older Adults is Associated with Impaired Spatial Navigation: Data from the Triangle Completion Task. *Front Neurol.* 2017; Accepted.
[88] Y.J. Xie, E.Y. Liu, E.R. Anson and Y. Agrawal, Age-Related Imbalance Is Associated With Slower Walking Speed: An Analysis From the National Health and Nutrition Examination Survey, *J Geriatr Phys Ther* 2016 Jun 23.
[89] L. Yardley, M. Donovan-Hall, H.E. Smith, B.M. Walsh, M. Mullee and A.M. Bronstein, Effectiveness of primary care-based vestibular rehabilitation for chronic dizziness, *Ann Intern Med* **141**(8) (2004), 598 – 605.
[90] S.H. You, Joint position sense in elderly fallers: A preliminary investigation of the validity and reliability of the SENSERite measure, *Arch Phys Med Rehabil* **86** (2) (2005), 346 – 352