원문 출처: Journal of Vestibular Research 32 (2022) 205–222
DOI: 10.3233/VES-210169

혈관현훈 및 어지럼: 진단기준

바라니학회 전정질환분류위원회 합의 문서

Vascular vertigo and dizziness: Diagnostic criteria

Consensus document of the committee for the classification of vestibular disorders of the Bárány Society

Ji-Soo Kim[a], David E. Newman-Toker[b], Kevin A. Kerber[c], Klaus Jahn[d], Pierre Bertholon[e], John Waterston[f], Hyung Lee[g], Alexandre Bisdorff[h] and Michael Strupp[i]

[a]*Department of Neurology, Seoul National University College of Medicine, Seoul National University Bundang Hospital, Seongnam, Korea*
[b]*Department of Neurology, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, USA*
[c]*Department of Neurology, University of Michigan Health System, Ann Arbor, USA*
[d]*Department of Neurology Schoen Clinic Bad Aibling and German Center for Vertigo and Balance Disorders, Ludwig Maximilians University, Munich, Germany*
[e]*Department of Otorhinolaryngology, CHU de Saint Étienne, France*
[f]*Monash Department of Neuroscience, Alfred Hospital, Melbourne, Australia*
[g]*Department of Neurology, Brain Research Institute, Keimyung University School of Medicine, Daegu, Korea*
[h]*Department of Neurology, Centre Hospitalier Emile Mayrisch, Esch-sur-Alzette, Luxembourg*
[i]*Department of Neurology and German Center for Vertigo and Balance Disorders, Ludwig Maximilians University, Munich, Germany*

초 록

본 논문은 바라니학회 전정질환분류위원회에서 제안한 혈관현훈 및 어지럼의 진단기준을 제시한다. 이 분류에는 뇌졸중이나 일과성허혈발작으로 인한 현훈/어지럼뿐 아니라, 고립미로경색/출혈, 그리고 척추동맥압박증후군이 포함된다. 현훈과 어지럼은 후순환뇌졸중의 가장 흔한 증상이다. 혈관현훈/어지럼은 급성으로 발생하여 24시간 이상 지속될 수도 있고, 수 분에서 24시간 미만의 일과성으로 나타날 수도 있다. 급성전정증상을 보이는 환자에서 중추 두부충동검사·안진·스큐편위(Head-Impulse – Nystagmus – Test-of-Skew, 이하 HINTS) 징후(정상 두부충동검사[normal head-impulse test], 방향전환 주시유발안진[direction-changing gaze-evoked nystagmus], 뚜렷한 스큐편위[pronounced skew deviation])를 포함한 중추 신경계증상 및 징후가 동반되는 경우, 특히 혈관위험인자가 있는 경우에는 혈관현훈/어지럼을 고려해야 한다. 고립미로경색을 확진할 수 있는 검사는 없으나, 뇌졸중 위험이 높은 환자에서는 이를 고려해야 한다. 급성편측전정기능소실이 나타나면서 전하소뇌동맥 영역의 뇌경색이 동반되거나, 발생 후 30일 이내에 해당 영역의 뇌경색이 발생한다면 고립미로경색으로 추정할 수 있다. 척추동맥압박증후군을 진단하려면 전형적인 증상 및 징후와 함께 영상 또는 초음파검사로 혈관압박이 입증되어야 한다.
핵심단어: 현훈, 어지럼, 불균형, 뇌경색, 뇌졸중, 뇌간, 소뇌

1. 서론

전정연구에 전념하는 기초 과학자, 이비인후과 의사, 신경과 의사들로 구성된 국제 조직인 바라니학회는 국제전정질환분류(International Classification of Vestibular Disorders, 이하 ICVD)를 위한 분류위원회를 구성하였다[12].

현훈/어지럼은 후순환뇌졸중의 가장 흔한 증상이다[29, 53, 106]. 발병은 전형적으로 급성이며, 24시간 이상 오래 지속될 수도 있고(급성지속현훈/어지럼), 24시간 미만의 일과성일 수도 있다(일과성현훈/어지럼)[109, 131]. 일과성현훈/어지럼은 반복적으로 재발할 수 있으며, 이러한 형태를 (재

발성 자발현훈/어지럼)이라고 한다. 혈관현훈/어지럼에 의한 고립체위전정증후군(또는 재발체위현훈/어지럼)은 드물다. 뇌혈관질환에서 현훈/어지럼은 대개 다른 신경계증상 및 징후를 동반한다[49, 74, 95, 157]. 임상 신경이과/신경안과 및 신경영상학의 최근 발전은 뇌간이나 소뇌를 침범하는 뇌졸중 또한 고립현훈/어지럼이나 불균형으로 나타날 수 있다는 합의를 이끌어냈다[106]. 마지막으로, 일과성현훈/어지럼은 척추뇌기저허혈의 가장 흔한 증상이며 때때로 단독 증상으로 나타나기도 한다[22, 54, 55, 83].

미로나 전정신경을 침범하는 급성편측전정병/전정신경염과 같은 비혈관성 질환으로부터 혈관원인에 의한 고립현훈/어지럼을 감별하는 것은 두 질환의 치료 전략과 예후가 다르기 때문에 중요하다[109]. 급성뇌졸중 진단을 놓치게 되면 효과적인 치료 기회를 놓치게 되어 이환율과 사망률이 높아질 수 있는 반면, 혈관현훈/어지럼을 과잉 진단하게 되면 불필요한 검사비용과 약물치료로 이어질 수 있다[30, 152-154]. 근본적인 원인에 따라, 혈관현훈/어지럼에서 뇌졸중을 치료하고 재발을 방지하기 위해 이중 항혈소판요법이나 항응고요법뿐만 아니라 혈전용해술 또는 혈관내중재 개입 같은 더 적극적인 치료가 필요할 수 있다[39, 40, 122]. 마지막으로, 과학적인 관점에서 특정 전정기관에 국한된 경색 환자들에 대한 세밀한 평가는 각 전정구조의 기능을 더 잘 이해하고 다양한 허혈전정증후군을 정의할 수 있게 해준다[92, 93].

혈관현훈/어지럼의 진단기준을 개발하기 위해, 2012년 웁살라(Uppsala)에서 바라니학회 ICVD위원회 위원들에 의해 소위원회가 결성되었다. 이들은 세 개의 서로 다른 대륙에서 다양한 세부전문분야를 대표하는 소위원회 위원들을 선발할 의장(김지수 교수)을 선정하였다. 진단기준은 소위원회 위원들 간의 논의를 통해 개발되었다. 초안은 2020년 11월 바라니학회 ICVD위원회에 제출되었으며, 이후 검토의견을 반영하여 수정되었다. 수정된 초안은 2021년 7월 바라니학회 회원들의 의견 수렴을 거쳤다.

2. 진단

혈관현훈/어지럼은 전형적으로 *급성전정증후군(acute vestibular syndrome*, **이하 AVS**) 양상을 보인다. 이는 구역과 구토, 두부동작불내성(head-motion intolerance), 그리고 자세불안(unsteadiness)을 동반한 현훈이나 어지럼이 급격히 발생한 상태를 의미한다[11, 154]. 혈관현훈/어지럼은 임상양상에 따라 '급성지속성'과 '일과성'으로 분류할 수 있다. 증상이 24시간 이상 이어지는 경우를 *급성지속혈관현훈/어지럼*으로 정의하며, 이전에 24시간 미만으로 지속된 현훈 및 어지럼 삽화를 경험했다면, *일과성혈관현훈/어지럼*이라는 용어를 사용할 수 있다[155]. 또한, 급성현훈/어지럼이 시작되고 24시간 이내에 진료를 받고 있는 상황이라면 진행중인 *급성혈관현훈/어지럼*이라는 용어를 적용할 수 있다.

2.1. 급성지속혈관현훈/어지럼의 진단기준

2.1.1 급성지속혈관현훈/어지럼(Acute prolonged vascular vertigo/dizziness)

A-C를 모두 충족해야 한다

A) 24시간 이상 지속되는 급성현훈, 어지럼, 자세불안[1)]

B) 증상 또는 징후에 부합하는 뇌 또는 내이의 허혈 또는 출혈의 영상 증거[2)]

C) 다른 질병이나 장애로 더 잘 설명되지 않음

2.1.2. 개연급성지속혈관현훈/어지럼(Probable acute prolonged vascular vertigo/dizziness)

A-C를 모두 충족해야 한다.

A) 24시간 이상 지속되는 급성현훈, 어지럼, 자세불안[1)]

B) 다음 중 최소 1가지 이상을 충족함:

1. 국소중추신경계증상 및 징후, 예) 반신마비, 감각저하, 구음장애, 삼킴곤란, 또는 심한 체간실조/체위불안정[3)]
2. 중추 두부충동검사·안진·스큐편위(Head-Impulse-Nystagmus-Test-of-Skew, 이하 HINTS) 징후 [정상 두부충동검사, 방향전환주시유발안진 또는 뚜렷한 스큐편위][4)] 중 최소 1개 이상
3. 기타 중추안구운동이상, 예) 중추안진, 신속보기

이상, 원활추종이상[5]

4. 혈관질환의 위험 증가, 예) ABCD2 점수 4 이상 또는 심방세동[6]

C) 다른 질병이나 장애로 더 잘 설명되지 않음

2.1.3. 주석

1) 급성지속전정증후군은 24시간 이상 지속되는 연속적인 현훈/어지럼, 불균형, 진동시(oscillopsia), 구역 및 구토와 같은 자율신경증상 또는 두부동작불내성으로 구성된다[64, 166].

2) 급성뇌졸중은 주로 신경영상을 근거로 진단하지만, 최종으로 뇌졸중으로 진단된 환자들의 확산강조영상(diffusion-weighted image, **이하 DWI**) 포함한 초기 MRI는 첫 48시간 이내에 12~50%의 위음성을 나타낸다. 이러한 높은 위음성률은 두 가지 시사점을 갖는다. 첫째, 초기 MRI가 정상이라 하더라도 급성병변을 확인하기 위해서는 반복적인 영상검사가 필요하다. 둘째, 급성기에는 영상검사보다 민감도가 더 높은 체계적 임상진찰의 중요성이 증대된다. 더 나아가, 대개 전하소뇌동맥(anterior inferior cerebellar artery, **이하 AICA**)의 분지인 내청동맥(internal auditory artery)이 내이에 혈류를 공급하므로[125], 급성현훈과 난청은 미로경색 또는 매우 드물게 제8번 뇌신경경색에 의해서도 발생할 수 있다[36, 81, 90]. AICA영역 뇌경색에서 고립미로손상이 교뇌-소뇌 침범보다 먼저 나타날 수 있으므로, 난청 및 전정손실을 인지하는 것은 주로 AICA 영역을 포함하는 후순환의 더 광범위한 뇌경색으로 진행되는 것을 예방할 수 있는 기회를 제공할 수 있다[88, 102].

매우 드문 원인으로는 미로출혈이 있다. 이는 자발적으로 발생할 수도 있지만, 두부외상이나 출혈장애와 관련해 더 자주 발생한다[97, 175]. 이는 미로경색과 마찬가지로 어지럼과 난청이 자주 동반되지만 뇌간 침범은 없다[175]. 미로출혈에서 현훈은 종종 심하고, 난청은 정도가 매우 심하고 예후가 불량하다[175]. 미로출혈은 T1 또는 fluid-attenuated inversion recovery (이하 FLAIR) MRI에서 미로의 고신호 강도로 식별될 수 있지만, 이는 염증질환에 의해서도 발생할 수 있다[175].

3) 심한 체간실조 또는 자세불안정은 환자가 도움 없이 똑바로 앉거나 서 있는 자세를 유지할 수 없는 상태로 정의된다[16, 106, 174]. 2016년의 한 연구에서, 급성편측전정병/전정신경염 환자 중 누구도 심한 체간실조나 자세불안정을 보이지 않았다[16]. 하지만, 경증 또는 중등도의 체간 실조나 자세불안정이 반드시 중추병변을 배제하는 것은 아니다[16]. 따라서 직립균형기능평가는 급성지속현훈/어지럼에서 중추병변의 진단을 향상시킨다[16, 174]. 증상이 매우 심하여 보행평가가 어려운 환자에서는, 똑바로 앉히고 양팔을 가슴 앞에서 교차하게 한 뒤, 지지 없이 그 자세를 유지할 수 있는지 확인하여 자세안정을 평가할 수 있다[16].

4) 101명의 환자(허혈뇌졸중 69명, 뇌출혈 4명, 비뇌졸중 28명)를 대상으로 한 연구에서, 임상전문가가 시행한 HINTS를 포함한 정교한 침상진찰은 24시간 이상의 급성지속현훈과 한 가지 이상의 혈관위험인자를 가진 환자에서 허혈뇌졸중을 진단하는 데 있어 지연 MRI와 비교했을 때 최대 100%[허혈뇌졸중 69/69명, 95% 신뢰구간(CI) = 95-100%)]의 민감도와 96%[급성말초전정병 24/25명, 95% CI = 80-100%]의 특이도를 보였으며, 양성우도비는 25(95% CI = 3.66-170.59), 음성우도비는 0.00(95% CI = 0.00-0.11)을 나타낸 반면, 초기 DWI은 12%(허혈뇌졸중 8/69명)에서 정상이었다[73]. 고립AVS 환자 20명(뇌졸중 10명, 전정신경염 10명)에 대한 또 다른 보고서에서도 정상 수평두부충동검사, 스큐편위, 비정상 수직원활추종, 그리고 중추안진을 포함한 징후들의 진단적 유용성을 확인했다[19]. 경미한 스큐편위는 침상진찰로는 확인되지 않을 수 있고, 소뇌뇌졸중에서는 주시유발안진이 나타나지 않을 수

있으므로[106], 침상두부충동검사는 소뇌뇌졸중으로 인한 고립현훈을 급성편측전정병/전정신경염으로부터 감별하는 좋은 도구이다. 실제로 'HINTS'의 세 가지 징후 중 수평두부충동검사는 중추원인에 대해 가장 높은 결합 민감도(0.85, 95% CI = 0.79-0.91)와 특이도(0.95, 95% CI = 0.90-1.00)를 보였다[166]. 두부충동검사 병적이상과 스큐편위는 말초 또는 중추병변 모두에서 나타날 수 있으므로, 이러한 검사들은 중추전정장애를 진단하는 데 있어 상호 보완적이다[37, 56, 73, 96, 98].

5) HINTS는 AICA 영역 뇌경색을 감지하기에 충분하지 않을 수 있는데, 이 질환에서 두부충동검사가 대부분 병적으로 나타나기 때문이다[67]. AICA 영역 뇌경색 환자는 HINTS 음성(주시유발안진과 스큐편위가 없는 두부충동검사의 병적이상)을 동반한 고립현훈을 보일 수 있으며, 이로 인해 급성편측전정병/전정신경염으로 오인될 수 있다[105]. AICA가 내이에 혈류를 공급하기 때문에, 급성편측말초전정병/전정신경염의 징후가 중추징후를 가릴 수 있으며 AICA 영역 뇌경색에서 HINTS가 음성으로 나올 수 있다[34]. 실제로 AICA영역 허혈뇌졸중 환자의 약 5%에서는 난청 없이 급성지속현훈과 반고리관마비를 보여 급성말초전정증후군으로 오인되었다[105]. 다른 연구에서도 AICA 영역 뇌경색 환자 17명 중 5명(29.4%)에서 HINTS 음성이 나타났다[67]. HINTS 음성인 경우, 수평두진후안진검사(horizontal head-shaking), 손가락 마찰음을 이용한 청력검사(HINTS plus), 그리고 자세와 보행검사를 추가하는 것이 중추병변을 감지하는 데 도움이 될 수 있다[16, 67, 139, 154].

6) $ABCD^2$ 점수(연령, 혈압, 임상적 특징, 지속 시간 및 당뇨병 유무)는 원래 일과성허혈발작에서 향후 뇌졸중 발생위험을 추정하기 위해 개발되었다[69]. 그러나 $ABCD^2$ 점수는 급성현훈/어지럼을 나타내는 환자에서 뇌졸중을 예측하는 데 사용되기도 한다[177]. 지속 또는 일과성 어지럼, 현훈 또는 불균형으로 응급실을 방문한 환자들을 대상으로 한 연구에서, $ABCD^2$ 점수가 3점 이하인 환자 중 1.0%(5/502)만이 뇌졸중이 있었던 반면, 4점 이상인 환자 중에서는 8.1%(25/369)에서 뇌졸중을 진단하였다. 특히 점수가 6점 또는 7점인 환자에서는 27%(7/26)에서 뇌졸중을 진단하였다[130]. 어지럼으로 응급실에 내원한 환자를 대상으로 단일센터에서 시행한 전향연구에 따르면, 신경계진찰 및 안구운동진찰을 보정하였을 때 연속변수로서의 $ABCD^2$ 점수는 MRI상 급성뇌경색의 독립적인 예측인자였다[교차비(OR) = 1.74, 95% CI = 1.20-2.51][75].

2.2. 일과성혈관현훈/어지럼 및 진행 중인 급성혈관현훈/어지럼의 진단기준

2.2.1. 일과성혈관현훈/어지럼 또는 진행 중인 급성혈관현훈/어지럼(Transient vascular vertigo/dizziness or acute vascular vertigo/dizziness in evolution)

A-C를 모두 충족해야 한다.

A) 24시간 미만 동안 지속되는 급성자발현훈, 어지럼, 또는 자세불안[1)]

B) 증상 또는 징후에 부합하는 뇌 또는 내이의 허혈 또는 출혈의 영상증거[2)]

C) 다른 질병이나 장애로 더 잘 설명되지 않음

2.2.2. 진행 중인 개연급성혈관현훈/어지럼(Probable acute vascular vertigo/dizziness in evolution)

A-C를 모두 충족해야 한다.

A) 3시간 이상 지속되었으나, 진료시점에서 아직 24시간이 경과하지 않은 급성자발현훈, 어지럼 또는 자세불안정

B) 다음 중 최소 1가지 이상을 충족함:

1. 국소중추신경계증상 및 징후, 또는 심한 체간실조/자세불안정
2. 중추 HINTS 징후[정상 두부충동검사, 방향전환 주시유발안진 또는 뚜렷한 스큐편위][3)] 중 최소

1개 이상

3. 기타 중추안구운동이상, 예) 중추안진, 신속보기 이상 또는 원활추종이상)
4. 새로 발생한 중등도에서 중증의 두경부통증[4)]
5. 혈관질환의 위험 증가, 예) ABCD^2 점수 4 이상, 또는 심방세동)
6. 척추뇌기저동맥계의 유의한(> 50%) 협착[5)]

C) 다른 질병이나 장애로 더 잘 설명되지 않음[6)]

2.2.3. **개연일과성혈관현훈/어지럼**(Probable transient vascular vertigo/dizziness)

A-C를 모두 충족해야 한다.

A) 24시간 미만 동안 지속되는 급성자발현훈, 어지럼 또는 자세불안정[1)]

B) 다음 중 최소 1가지 이상을 충족함:

1. 증상 중 국소중추신경계증상 또는 심한 자세불안정
2. 증상 중 새로 발생한 중등도에서 중증의 두경부통증[4)]
3. 혈관질환의 위험 증가, 예) ABCD^2 점수 4이상, 또는 심방세동
4. 척추뇌기저동맥계의 유의한(> 50%) 협착[5)]

C) 다른 질병이나 장애로 더 잘 설명되지 않음[6)]

2.2.4. 주석

1) 많은 환자들이 24시간 미만으로 지속되는 급성현훈/어지럼 또는 불균형을 경험하며, 이는 일과성전정증후군이라 한다[22]. 비록 미국 국립신경질환뇌졸중연구소(National Institute of Neurological Disorders and Stroke, NINDS) III 분류와 유럽뇌졸중기구(European Stroke Organization, 이하 ESO) 집행위원회 및 ESO 작성위원회에서 고립현훈을 척추뇌기저동맥 영역의 일과성허혈발작(vertebrobasilar artery territory-transient ischemic attack, **이하 VB-TIA**)의 증상으로 수용하지는 않는다[51]. 이전에 사용되던 "척추뇌기저혈류부전(vertebrobasilar insufficiency)"이라는 용어는 권장되지 않는다[18]. 일과성전정증후군은 VB-TIA에서 흔히 발생한다[55, 148]. 실제로 고립삽화현훈은 VB-TIA로 추정 진단된 환자의 21%(6/29)에서 유일한 증상이었으며[54], VB-TIA로 인한 현훈 환자의 62%(29/42)와 척추뇌기저동맥뇌경색(vertebrobasilar infarction) 환자의 29%(12/42)가 고립삽화현훈의 병력을 가지고 있었다[55]. 다른 연구들에서도 척추뇌기저동맥뇌졸중 환자들에게서 선행하는 일과성고립뇌간증상이 흔하다고 보고했다[148]. VB-TIA에서 삽화현훈은 전형적으로 자발적으로 발생하여 수 분 동안 지속된다[55, 64]. 정밀한 신경이과진찰과 DWI 및 관류영상을 포함한 MRI 등의 신경영상검사에도 불구하고, 일과성전정증후군의 절반 이상에서 원인이 불분명한 상태로 남아 있다[22]. 일과성전정증후군은 양성돌발두위현훈(benign paroxysmal positional vertigo, 이하 BPPV)이나 메니에르병의 첫 발작과 같이 일부 말초전정장애의 빠른 호전에 기인할 수도 있다. 관류영상이 뇌간에 국한된 작은 관류결손을 감지하는 데 한계가 있다는 점을 고려할 때, 일과성뇌간저관류가 또 다른 원인일 수 있다.

2) 한 연구에 따르면, 일과성전정증후군으로 응급실에 내원한 환자의 27%(23/86명)에서 뇌졸중이, 15%(13/86명)에서 뇌경색이, 12%(10/86명)]에서 소뇌저관류가 발견되었다[22].

3) HINTS의 적용이 급성지속혈관현훈에서 뇌졸중 진단율을 크게 높인 것과 대조적으로, 일과성전정증후군에서 HINTS/HINTS plus와 MRI의 진단적 유용성은 제한적이었다. 일과성전정증후군 환자의 약 73%(63/86명)는 평가 시점에 이미 전정증상이나 징후가 소실된 상태였기 때문에, 대다수의 환자에게 HINTS plus를 적용할 수 없었다[22].

4) 두통은 흔한 증상이지만, 말초전정장애에서 중등도 이상의 두개경부(craniocervical) 통증이 나타나는 경우는 매우 드물다. 따라서 급성전정증상과 함께 이전에 없던 중등도 이상의 두개경부 통증이 동반된다면, 특히 편두통이나 전정편두통의 가능성이 낮은

상황에서는 혈관박리나 출혈을 포함한 후순환뇌졸중을 의심해야 한다. 실제로 일과성전정증후군 환자 86명을 대상으로 한 연구에서, 동반된 두개경부 통증은 교차비 15.2(95% CI = 2.5-93.8, 다변량 로지스틱 회귀 분석)로 뇌졸중을 시사하는 단서가 되었다[22].

5) 일과성전정증후군에 관한 이전 연구에서[22], DWI에서 뇌경색은 없으나 관류영상에서 편측 소뇌저관류를 보인 환자 10명 중 8명이 해당 척추동맥의 국소 협착 또는 저형성을 나타냈다. 다변량로지스틱회귀분석 결과, 척추동맥협착 또는 저형성(OR = 7.0, 95% CI = 1.7-29.4)은 일과성현훈/어지럼 환자에게서 뇌졸중을 일으키는 위험인자로 확인되었다[22]. 죽상경화협착이나 폐색 외에도, 척추동맥저형성은 특히 혈관위험인자가 공존할 때 후순환뇌졸중의 선행요인이 될 수 있다[2, 71]. 혈관검사를 통해 한 개의 척추동맥에서 혈류역전(reversal of flow)이나 [149] 다른 형태의 전환현상(steal phenomenon)이 발견될 수도 있다[172]. 척추동맥혈류역전은 흔히 무증상이거나, 척추기저동맥 영역의 증상과 더불어 경동맥 영역의 증상과도 연관될 수 있다[7]. 이러한 이유로 쇄골하혈류전환증후군(subclavian steal syndrome)은 혈관현훈/어지럼 분류에서 별개의 독립된 질환으로 포함되지 않는다[48, 150].

6) 혈관위험인자가 있는 환자에서 일과성현훈/어지럼이 새롭게 발생한 경우 혈관원인은 중대한 고려사항이다. 그러나 수개월 또는 수년 동안 어지럼/현훈 삽화가 반복된 경우 전정편두통이나 메니에르병과 같은 다른 진단의 가능성이 더 높다[116, 131].

2.3. 척추동맥압박증후군의 진단기준

2.3.1. 척추동맥압박증후군(Vertebral artery compression syndrome)

A-D를 모두 충족해야 한다.

A) 특히 직립자세에서, 지속적으로 편위된 목자세(eccentric neck position)에 의해 유발되는, 이명이 동반되거나 동반되지 않는 현훈[1]

B) 삽화 동안 증상과 함께 나타나는 안진[2]

C) 증상이 유발된 두위변환 동안 다음 중 1가지 이상을 충족함[3]

1) 동적혈관조영술에서 확인된 척추동맥압박
2) 두개경유도플러(transcranial Doppler)로 확인된 후순환혈류 감소

D) 다른 질병이나 장애로 더 잘 설명되지 않음[4]

2.3.2. 이전에 사용된 용어

바우헌터증후군(Bow hunter's syndrome), 회전척추동맥증후군(rotational vertebral artery syndrome), 회전척추동맥압박증후군(rotational vertebral artery compression syndrome), 회전척추동맥폐쇄증후군(rotational vertebral artery occlusion syndrome).

2.3.3. 주석

1) 수평 또는 대각선 방향의 목회전, 기울임 또는 신전에 의해 유발된 척추동맥의 기계적 압박으로 인해 삽화현훈, 안진 및 실신이 드물게 발생할 수 있다[99, 171, 187]. 이명은 현훈과 안진이 시작된 후 수 초 뒤에 발생하는데, 이는 전정기관이 달팽이관보다 허혈에 더 민감하다는 것을 시사한다[28, 164].

2) 안구운동분석을 통해 척추동맥압박증후군 삽화 중 다양한 형태의 안진을 확인하였다[32, 123, 164]. 안진은 초반에는 대부분 하향안진(downbeat nystagmus)이며, 수평 및 회선성분은 미로의 일시적 흥분을 반영하여 압박된 척추동맥측을 향하거나 [164], 또는 그 반대측을 향하기도 한다[32]. 또한 안진의 자발반전(spontaneous reversal)을 보일 수 있으며, 목회전을 반복적으로 유발할 경우 안진이 현저히 감소하거나 소실될 수 있다[32].

3) 척추동맥압박증후군에서는 보통 한쪽 척추동맥이 저형성 또는 협착되어 있거나 후하소뇌동맥(posterior inferior cerebellar artery, **이하 PICA**)으로 종결되는 해부학적 구조를 가진다. 이로 인해 압박되는 혈

관의 반대측으로 머리를 돌릴 때, 주로 환추축관절(atlantoaxial junction)부위에서 반대쪽의 우세척추동맥이 압박되거나 폐쇄된다[28, 32, 137]. 척추동맥압박증후군은 두부회전이나 기울임에 의해 현훈이 유발되면서 혈관조영술에서 우세척추동맥의 압박이 확인되거나[28], 두개경유도플러를 통해 후순환혈류 감소를 증명함으로써 확진할 수 있다[156].

3. 고립혈관현훈의 원인이 되는 병변 위치

상급 종합병원 응급실에서 시행된 한 연구에 따르면, 원인불명의 급성고립전정증후군 또는 안구운동증상을 보인 환자 351명 중 47명(13.4%)이 MRI에서 급성편측뇌졸중이 확인되었다[189]. 병변부피분석결과, 내측소뇌경색은 현훈과 관련이 있고, 외측소뇌경색은 어지럼, 교뇌-중뇌경색은 복시와 관련이 있는 것으로 나타났다[189]. 반면, 대뇌피질 병변은 드물었으며 상대적으로 증상이 가볍고 지속 시간도 짧았다[119, 189].

3.1. 뇌간(Brainstem)

뇌간병변에서 현훈/어지럼은 흔히 다른 신경계증상 및 징후와 동반되지만, 고립전정증후군을 보이는 일부 환자에서 교뇌-연수접합부에 있는 전정핵이나 제8번 뇌신경의 신경근진입부(root entry zone)[50, 169], 배외측연수(dorsolateral medulla)[86, 113, 170], 교뇌 또는 중뇌피개(pontine or midbrain tegmentum)[46, 185, 189], 혹은 소뇌다리(cerebellar peduncles)[9, 23, 111, 154]에 국한된 작은 병변을 보이기도 한다.

꼬리외측연수(caudal lateral medulla)를 침범하는 경색 환자는 고립자세불균형을 보일 수 있는데, 이는 아마도 외측전정척수로(lateral vestibulospinal tract)나 등쪽척수소뇌로(dorsal spinocerebellar tract)의 손상 때문일 것이다. 한 대학 병원에서 최소 하나 이상의 뇌졸중위험인자를 가진 AVS 환자 105명을 대상으로 한 연구에서, 뇌졸중 환자의 약 15% (15/105명)가 10 mm 이하의 작은 경색으로 인한 고립AVS을 보였으며, 그중 11명(73%)은 하부소뇌다리(inferior cerebellar peduncle)를 침범한 병변을 보였고, 대부분 외측연수(9/11명, 82%)에 위치했다[154]. 단 한 명의 환자만이 소뇌에서 작은 고립뇌경색을 보였는데[154], 이 부위는 AVS을 일으키는 가장 흔한 위치로 알려져 있다[21, 106]. 하부소뇌다리는 소뇌로 들어오고 나가는 다양한 유입 및 유출섬유들을 전달하며, 이들은 주로 신체 고유수용감각입력(proprioceptive input)과 균형에 중요한 전정신호를 통합하는 역할을 한다. 신체로부터의 고유수용정보는 하부소뇌다리 내의 등쪽척수소뇌로(dorsal spinocerebellar tract)를 통해 소뇌로 전달된다. 전정소뇌(vestibulocerebellum) 또한 전정핵과 전정신경으로부터 이끼섬유(mossy fiber)의 입력을 받으며, 하부소뇌다리를 통해 전정핵으로 원심성 섬유를 보낸다. 따라서 하부소뇌다리를 침범하는 뇌경색은 현훈 및 안진과 함께 자세불균형을 초래할 수 있다[23]. 동물실험에 따르면 내측전정핵이 뇌간이나 소뇌의 다른 구조물보다 허혈에 더 취약하기 때문에[107] 전정핵이 위치한 배측외측연수의 허혈이 고립혈관현훈의 기전이 될 수 있다. 실제로 여러 연구에서 전정핵에 국한된 뇌경색으로 인한 고립현훈을 기술했다[86]. 드물게 전정피질을 침범하는 대뇌반구 뇌경색이 자발안진과 주관적시수직기울임를 동반한 고립현훈을 일으킬 수 있다[1, 13, 176].

그러나 혈관원인에 의한 고립전정증후군에 대한 이전 보고들은 대부분 일화적인 증례보고, 단일 센터의 소규모 증례군, 그리고 후순환허혈의 특정 하위 유형에 국한되어 있기 때문에, 고립전정증후군으로 나타나는 뇌졸중에서 전체적인 빈도와 관련된 구조물은 아직 명확히 밝혀지지 않았다.

3.2. 소뇌(Cerebellum)

급성고립혈관현훈의 빈도와 관련된 구조물은 한 상급 뇌졸중 센터에 내원한 후순환뇌경색 환자 132명을 대상으로 한 전향적연속모집연구에서 분석되었다[21]. 이 연구에 따르면 후순환뇌경색 환자의 약 26% (34/132)가 고립전정증후군을 나타냈으며, 소뇌경색(67.6%)이 가장 빈번했고 주로 내측PICA 영역에서 발생했다. 이러한 결과는 급성고립혈관현훈을 보이는 환자에서 내측PICA 영역 뇌경색의 빈

도가 높고, 내측PICA 영역 뇌경색에서 고립현훈이 자주 나타난다는 이전 및 최근 연구의 결과와 일치한다[106, 189]. 실제로 소뇌기능장애의 주요 징후인 겨냥이상은 내측PICA 영역을 침범하는 소뇌경색에서, 특히 뇌경색 범위가 크지 않을 때 작거나 나타나지 않을 수 있다. 소뇌 내에서는 결절(nodulus)과 배쪽목젖(ventral uvula)이 손상될 때 고립전정증후군을 유발할 수 있다[104, 127]. 단일 센터의 환자 8명을 대상으로 한 연구에서도 고립결절뇌경색은 다른 신경계결손 없이 주로 고립현훈과 자세불안정만으로 나타났으며 급성편측전정병/전정신경염으로 오인될 수 있다[127]. 타래엽(flocculus)과 부타래엽(paraflocculus) 또한 고립전정증후군을 유발하는 또 다른 신경 구조물일 수 있다[110, 145, 182]. 이들은 원활추종, 주시유지 및 전정자극에 의해 유발되는 안구운동조절에 관여한다. 동물실험에서 인위적으로 해당부위에 손상을 유발하면 주시유발안진, 하향안진, 신속운동후표류(post-saccadic drift), 원활추종이상 및 전정안반사억제이상을 일으킨다[188]. 그러나 타래엽은 배외측교뇌와 내이에도 혈액을 공급하는 AICA의 가지로부터 혈류를 공급받기 때문에, 타래엽을 침범하는 뇌경색은 대개 다른 뇌간징후나 난청을 동반한다[4]. 여러 연구에서는 고립혈관현훈을 유발하는 병변으로 하부소뇌를 제시하기도 했다. 뇌졸중으로 인한 AVS에서 병변은 주로 소뇌, 대개 PICA 영역에서 발견된다[106]. 단일 센터에서 소뇌경색 환자 240명을 대상으로 한 후향연구에 따르면, 급성편측전정병/전정신경염과 유사한 고립전정증후군이 전체 환자의 10% (25/240명)에서 확인되었다[106].

3.3. 내이(Inner ear)

내이는 높은 에너지 대사를 필요로 하는 반면 측부순환(collateral circulation)이 없기 때문에, 내이허혈은 고립혈관현훈/어지럼을 유발할 수 있다[90, 138]. 내이동맥은 이낭(otic capsule)에서 오는 측부순환이 미미한 끝동맥(end artery)이므로, 미로와 그 세부 구조들은 허혈에 매우 취약하다[125]. 따라서 내이동맥의 폐쇄는 대부분 심각한 말초전정결손과 난청이 동시에 발생하게 된다 (위 내용 참조). 반면, 전정와우신경(vestibulocochlear nerve)은 내이도의 동맥구조 덕분에 허혈에 상대적으로 덜 취약하다[125]. 병리연구 없이는 고립미로경색, 미로부분경색, 또는 전정와우신경경색을 확진하는 것이 거의 불가능하다[36, 90, 115].

4. 혈관현훈/어지럼의 역학

허혈뇌혈관질환의 20%는 후순환계(척추뇌기저동맥계)가 공급하는 신경구조물과 관련된 것으로 알려져 있으며, 현훈/어지럼은 척추뇌기저동맥질환의 가장 흔한 증상이다[148, 157]. 최근 대규모 데이터베이스를 기반으로 한 전향연구들에서도 후순환뇌졸중 환자의 47~75%가 어지럼을 주된 증상으로 보고했다[3, 159]. 미국에서 어지럼과 현훈은 응급실을 내원하는 이유의 3.3%에서 4.4%를 차지하며[132], 이 중 뇌졸중은 3~4%를 차지한다[74, 75, 132]. 또한, 고립현훈으로 입원한 환자들은 4년간의 추적 관찰기간 동안 충수절제술로 입원한 대조군보다 뇌졸중 발생위험이 3배 더 높았다(95% CI, 2.20-4.11; p <0.001; 절대 위험도, 현훈 집단 6.1% vs 대조군 1.9%)[101]. 이러한 초과 뇌졸중 위험의 거의 대부분은 혈관위험인자를 동반한 현훈 환자들에게서 발생했다. 특히 3개 이상의 위험인자를 가진 환자들은 위험인자가 없는 환자들보다 뇌졸중 위험이 5.51배 더 높았다(95% CI, 3.10-9.79; p <0.001)[101]. 전반적으로 현훈/어지럼 환자들은 교란변수와 위험인자를 보정하였을 때, 3년간의 추적 관찰 기간 동안 어지럼이 없는 대조군보다 뇌졸중이나 심혈관질환의 위험이 2배 더 높게 나타났다(95% CI, 1.35-2.96, p <0.001)[100]. 따라서 무작위표본 내의 고립현훈환자에서 입증된 뇌혈관질환이 드물고 향후 뇌졸중 발생 위험이 낮다는 점을 인정하더라도, 어지럼이 없는 환자에 비해 현훈/어지럼 환자의 향후 뇌졸중위험은 상당히 높으며[5], 특히 여러 혈관위험인자가 존재할 때 이 경향은 더욱 뚜렷하다. 또한, 후순환허혈이 다른 국소징후 없이 고립현훈으로 나타날 수 있음을 시사하는 증거들이 축적되어 왔다[21, 106].

급성일과성현훈을 보이는 환자들에서 척추뇌기저동맥허혈의 위험도 고려되어야 한다[49, 54, 55]. 현훈은 전형적

으로 갑자기 발생하여 보통 수 분에서 수 시간 동안 지속된다[22, 49]. 척추뇌기저동맥허혈로 인한 현훈 환자 84명을 대상으로 한 연구에서, 62%는 최소 한 번 이상의 고립현훈삽화를 겪었으며, 19%는 현훈이 초기증상으로 나타났다[55]. 또 다른 연구에서는 VB-TIA 환자 29명 중 21%가 최소 4주 동안 삽화현훈만을 유일한 증상으로 보고했다[54]. 후순환뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서는 22%가 뇌졸중 발생 전 90일 이내에 미세한 일과성 신경계증상을 경험했다고 보고했으며, 그중 현훈이 가장 흔했다[148]. AICA 영역 뇌경색 환자들 또한 질환 발생 1~10일 전에 초기증상으로 변동성 난청 또는 이명을 동반한 재발현훈을 경험할 수 있다[103]. 따라서 향후 발생할 뇌졸중을 예방하기 위해서는 일과성허혈발작의 증상으로 현훈삽화가 나타나는 환자를 찾아내는 것이 매우 중요하다[83, 173].

5. 혈관현훈/어지럼의 평가

급성현훈/어지럼이 다른 신경계증상 및 징후를 동반하는 경우, 신경영상을 통해 뇌졸중을 입증하지 못하더라도 중추현훈, 대부분의 경우 혈관현훈으로 진단하는 것이 명확하다. DWI의 도입으로 혈관현훈/어지럼 환자, 특히 후순환부전이나 심방세동으로 인한 뇌경색 진단력이 크게 향상되었다. 그럼에도 불구하고, 전문가에 의한 신경이과평가는 특히 발병 후 첫 48시간 동안, 24시간 이상 지속되는 자발현훈의 원인으로서 지연 MRI에서만 확인되는 작은 급성뇌경색을 진단하는 데 있어 급성기 DWI을 포함한 MRI보다 더 민감한 것으로 나타났다[21, 73, 134, 154].

따라서 뇌졸중 진단은 주로 신경이과진찰과 뇌와 뇌혈관 영상소견에 근거하지만, AVS과 혈관위험인자를 가진 환자에서는 혈관현훈을 강력히 의심해야 한다[178]. 특히 뇌졸중 위험인자가 있는 환자에서 단지 수 분간 지속되는 어지럼삽화가 있을 때, 비체위삽화전정증후군에서도 혈관원인을 의심해야 한다[55]. 뇌영상검사는 침범된 영역과 뇌졸중의 원인을 파악하는 데 도움이 된다.

5.1. 임상평가

검사기술과 신경영상의 발전에도 불구하고, 체계적인 병력청취와 침상진찰은 전정질환의 정확한 진단을 위한 기초를 제공한다[41, 66, 75, 174]. 혈관현훈/어지럼 환자들은 예외 없이 일과성이거나 지속적인 급성전정증상을 나타낸다[55]. 환자들은 흔히 혈관위험인자나 심방세동을 가지고 있으며, 대부분의 경우 다른 신경계증상 및 징후를 동반한다. 병력청취를 통해 VB-TIA를 시사하는 이전의 현훈/어지럼삽화가 확인될 수도 있다[49, 55]. 현훈/어지럼 환자는 안구기울임반응(ocular tilt reaction, OTR)의 한 요소인 스큐편위를 포함한 안구정렬이상, 자발 및 주시유발안진, 두부충동검사, 그리고 보행 및 균형기능에 대한 침상진찰을 받아야 한다[37, 43, 66]. 체위검사와 두진후안진, 신속보기 및 원활추종검사는 말초전정병변으로부터 중추전정병변을 감별하는 데 추가적인 근거를 제공할 수 있다[26, 37, 67].

5.1.1. 안구기울임반응과 주관적시수직검사

안구기울임반응은 머리기울임, 스큐편위, 그리고 안구회선의 세 가지 징후를 일컫는다[14, 60, 181]. 안구기울임반응과 주관적시수직검사기울임은 이석 기관들이나 반고리관들로부터 기원하는 경로를 침범하는 일측병변에 의해 나타날 수 있다[14, 52, 60]. 스큐편위는 외안근마비나 사시가 없는 상태에서 나타나는 안구수직정렬이상을 의미한다. 스큐편위나 다른 안구정렬이상은 교대가림검사(alternating cover test)를 통해 확인해야 한다. 안구기울임반응에서 머리기울임과 안구회선은 더 낮게 위치한 눈 쪽을 향해 일어난다. 비록 말초전정장애에서도 작은 스큐편위가 관찰되기는 하지만[56, 80, 96] (예를 들어, 53명의 급성편측전정병 환자를 대상으로 한 연구에 따르면 24%에서 관찰됨[96]), 스큐편위는 AVS에서 말초원인으로부터 중추원인을 감별하기 위한 안구운동평가의 일부로 포함되어 왔다[37, 73]. 3.3° 보다 큰 뚜렷한 스큐편위는 뇌졸중 진단에 있어 특이도(98.1%)가 높을 수 있으나[96], 급성편측뇌간경색 환자의 약 1/3(31%, n = 111)에서만 발견되므로 민감도는 그리 높지 않다[14]. 병적인 주관적시수직검사기울임(94%, n = 111)과 안구회선(83%, n = 111)은 급성 편측뇌간경색 환자의 롤 평면(roll plane)에서 전정불균형을 나타내는 가장 민감한 징후들이지만, 말초병변과 중추병변을 감별해주지는

못한다[190]. 주관적시수직검사는 응급실에서 버킷검사(bucket test)를 통해 쉽게 측정할 수 있다[190]. 안구회선을 측정하기 위해서는 확대안저검사, 안저촬영 또는 레이저검안경이 필요하다[14, 44, 60, 190].

5.1.2. 자발안진, 주시유발안진, 두진후안진 및 체위안진

자발안진: 급성편측전정병/전정신경염 환자는 병변 반대측으로 자발수평회선안진을 보인다[43]. 이 안진은 단방향성이며, 안진의 빠른성분 방향을 주시할 때 강도가 증가한다(알렉산더 법칙). 반면, 순수하향안진, 상향안진 또는 회선안진은 중추전정병변에서 흔히 관찰된다[114]. 시고정에 의한 현저한 억제는 말초안진의 전형적인 특징으로 여겨져 왔다[61]. 중추병변에서 시고정이 자발안진에 미치는 영향은 다양하다[63, 121]. 고정억제의 실패는 소뇌경색 환자의 약 50%에서 관찰되며, 특히 결절과 타래엽이 손상되었을 때 나타난다[84]. 안진을 적절히 관찰하기 위해서는 Frenzel 안경이나 M-glasses를 사용해야 한다[163]. 중추병변에서는 시고정이 오히려 안진을 유발하거나 자발안진을 증폭시키기도 한다[27, 165].

주시유발안진: 편측주시를 유발함으로써 중추신경망의 통합성을 평가할 수 있다[114]. 수평 또는 수직평면에서 방향이 변하는 주시유발안진 혹은 주시유지안진은 일반적으로 뇌간 및 소뇌병변으로 인한 신경통합기능의 손상 징후로 간주된다[43]. 그러나 말초병변에서도 급성말초전정비대칭에 의해 유발된 신경통합원의 누출로 인해, 자발안진의 느린성분과 반대 방향을 주시할 때 안진 방향의 역전이 일어날 수 있다[76, 151].

두진후안진 및 체위안진: 두진후안진과 체위안진 모두 추가적인 정보를 제공할 수 있다. 두진후안진은 중추병변의 위치와 범위에 따라 병변측 또는 병변 반대측으로 나타날 수 있다[31, 65, 67]. 그러나 50°/s 이상의 강한 두진후안진이나 교차결합(주로 수평두진후 나타나는 하향안진)을 동반한 두진후안진은 중추징후로 간주해야 한다[184]. 강한 수평두진후안진은 전형적으로 가쪽연수경색 환자에서 관찰된다[31]. 교차결합을 동반한 두진후안진은 소뇌나 뇌간을 침범한 뇌졸중에서 보고되어 왔으며[25, 65, 67, 82, 87]. 이는 소뇌기능장애로 인해 앞반고리관 경로의 반응이 강화된 것으로 설명된다[25].

체위검사는 중추 및 말초성전정장애 모두에서 안진을 유발하거나 자발안진을 변화시킬 수 있다. 중추체위현훈 및 안진은 돌발성(1분 미만 지속)이거나 지속성일 수 있다[15, 24, 26]. 돌발성 및 지속성 형태의 중추체위안진은 BPPV의 체위안진과 유사할 수 있으므로[15, 91], BPPV에 비전형적인 체위안진을 보이거나, 다발성 반고리관 BPPV와 유사한 양상을 띠는 경우, 또는 반복적인 정복술에도 반응하지 않는 체위어지럼 및 안진이 있는 환자에서는 중추병변을 의심해야 한다[91, 129]. 순수체위현훈/어지럼에서 혈관원인은 매우 드물며, 뒤반고리관 BPPV의 전형적인 안진(병변측으로 Dix-Hallpike수기나 Sémont 수기를 시행했을 때 나타나는 일시적인 점증-점감 양상의 상방/회선안진)을 유발하는 중추병변의 확실한 사례는 보고된 바 없다. 향지성(geotropic) 또는 원지성(apogeotropic) 중추체위안진 또한 체위안진의 시간적 변화, 동반된 중추증상 및 징후, 그리고 반복적인 이석정복술에 대한 무반응 등을 통해 가쪽반고리관을 침범한 BPPV와 구별될 수 있다[24, 26, 33].

5.1.3. 두부충동검사

침상두부충동검사는 중추혈관현훈과 말초전정장애를 감별하는 데 유용한 도구이지만[37, 73, 133], 전정결손을 진단하는 데 있어 민감도와 특이도가 낮다[186]. 따라서 가능한 경우 비디오두부충동검사를 사용해야 한다(아래 참고)[118, 136]. 전정안반사 이득의 감소로 인해 보정성신속보기가 나타나는 두부충동검사의 병적 소견은 일반적으로 전정신경이나 미로와 같은 말초전정병변을 시사한다[59]. 반면, 양측 두부충동검사에서 모두 정상인 경우 말초전정기능이 온전함을 의미하며, 따라서 AVS 환자에서 중추병변 가능성을 시사한다[73]. 실제로 내측후하소뇌동맥 영역을 침범한 소뇌경색으로 인해 고립현훈이 나타난 환자 24명에서 침상두부충동검사는 정상이었다[106]. 그러나 소뇌나 뇌간 환자에서도 두부충동검사가 병적으로 나타날 수 있다(3/34, 9%)[133]. 여러 연구에 따르면 전정신경근 진입부, 전정핵[86], 타래엽[145], 그리고 설하신경전핵(NPH)[94]과 같은

중추전정구조물이 손상된 환자에서 두부충동검사 이상이 기록된 바 있다. 타래엽이나 설하신경전핵을 침범한 편측병변에서는 두부충동검사가 정상측에서 병적소견이 더 두드러질 수 있다. 또한 후하소뇌동맥이나 상소뇌동맥뇌경색 환자 중 약 20% (20명 중 4명)에서 반대측 두부충동검사에서 양성으로 나타났다[20]. 따라서 두부충동검사 정상은 AVS 환자에서 중추전정기능장애를 시사하는 강력한 지표이기는 하지만, 병적인 두부충동검사가 반드시 말초병변을 의미하는 것은 아니다. 더불어 침상두부충동검사는 특히 전정결손이 부분적일 때 (예를 들면 발작기 저주파수 난청을 동반한 메니에르병) 또는 보정성신속보기가 두부충동 중에 발생하는 경우(covert saccades) 위음성이 나타날 수 있다[37, 112, 126, 179]. 급성편측전정병/전정신경염 환자의 최대 12%는 하전정신경분지만 단독으로 침범될 수 있으며, 이 경우 수평두부충동검사는 정상이다[6, 89, 108].

비디오두부충동검사는 전정안반사 이득을 객관적으로 측정할 수 있으며, 고립수직반고리관 손상도 기록할 수 있다[8, 117]. 전정기능저하에 대한 침상두부충동검사의 민감도는 검사기술과 전정손실 크기에 따라 35%에서 71%까지 다양하게 나타난다[10, 158, 186]. 비정상적인 결과를 감지하는 데 있어 검사자의 숙련도가 중요한 역할을 하므로[70], 숙련되지 않은 검사자가 응급실 내 급성어지럼환자의 뇌졸중 분류와 같은 중대한 결정을 내릴 때 임상두부충동검사를 사용하는 것이 적절한지에 대한 의문이 제기되어 왔다[38, 143]. 고속적외선카메라가 장착된 경량의 휴대용비디오고글을 사용하면 침상에서도 안구 및 머리운동을 기록할 수 있다[8, 117]. 비디오두부충동검사는 (아래 참고) 임상의가 표준화된 두부충동검사를 정확하게 수행하도록 돕고 검사결과의 해석을 용이하게 한다[128]. 휴대용 비디오안구운동기록기는 응급실에서 실시간으로 사용되어 AVS에서 뇌경색과 급성편측전정병/전정신경염을 감별하는 데 도움을 줄 수 있다[120, 135].

5.1.4. 중추안구운동징후

신속보기: 신속보기이상은 중추병변의 특징일 수 있다. 주시마비의 여부와 상관없이 나타나는 느린수직신속보기는 내측세로다발(medial longitudinal fasciculus)의 입쪽사이질핵(rostral interstitial nucleus)이 손상된 중뇌 병변을 시사하며, 느린수평신속보기는 정중곁교뇌망상체(paramedian pontine reticular formation)가 손상을 의미한다[114]. 측정과대신속보기는 소뇌(꼭지핵, fastigial nucleus)나 가쪽연수의 손상을 시사하고, 측정과소신속보기는 등쪽안구운동벌레엽(dorsal ocular motor vermis) 손상을 의미한다[114].

원활추종: 원활추종이상 또한 중추징후로 간주되며 소뇌장애의 전형적인 특징으로 여겨지지만, 소뇌기능장애에만 특이적인 것은 아니다. 원활추종은 일반적으로 급성혈관현훈을 감별하는 데 있어 중요도가 떨어지며, 기저의 자발안진, 약물 및 인지상태를 포함한 다양한 요인에 의해 영향을 받을 수 있으므로 해석에 주의가 필요하다.

5.1.5. 자세와 보행

혈관현훈 환자는 서 있는 동안의 균형과 보행 중의 균형에 대한 평가를 받아야 한다. 심한 자세불안정성은 중추병변을 예측할 수 있는 지표이다[57, 106, 174, 183].

5.2. 실험실검사

5.2.1. 전정, 안구운동 및 청각검사

비디오안구운동 기록기는 스큐편위, 자발 및 유발안진, 그리고 신속보기와 원활추종을 포함한 기타안구운동을 기록하고 특성화하는 데 도움이 될 수 있다[96, 136]. 온도안진검사는 대개 정상이며, 중추전정장애에서 수평전정안반사를 평가하는 검사로는 가치는 제한적이다. 안구 및 경부전정유발근전위(ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials, **이하 o/cVEMP**)는 말초뿐만 아니라 중추전정장애에서 이석경로의 기능을 평가하는 데 사용되어 왔다[140]. 고립전정핵뇌경색 환자의 경우, 병변측을 자극할 때 o/cVEMP가 감소되거나 소실되었다[86]. 전정핵 상부에서는 내측세로다발을 침범하는 병변에서 oVEMP의 손상이 나타난다[85, 141]. 편측소뇌경색에서도 o/cVEMP가 빈번하게 손상된다[35]. 따라서 전정유발근전위의 이상은 말초와 중추전정장애를 감별하는 데 도움이 되지 않는다[47].

안구회선은 확대안저검사, 안저촬영 또는 레이저검안경을 통해 측정할 수 있다[44, 60]. 환자들은 버킷검사나 더 전문적인 장비를 사용하여 주관적시수직검사에 대한 정량적 평가를 받을 수 있다. 주관적시수직검사에서 기울임은 편측전정병 환자의 90% (48/51) 이상에서 급성기에 발견되지만[80], 이는 말초와 중추병변을 감별해 주지는 못한다[190].

급성청각증상을 보이는 환자의 경우, 순음 및 어음청력검사는 난청을 기록하는 데 도움이 될 수 있으며, 특히 편측 AICA영역 뇌경색이나 메니에르병이 의심될 때 유용하다[105].

5.2.2. 혈액검사

일반적으로 전체혈구계산, 전해질, 갑상선기능검사를 포함한 일반혈액검사는 어지럼의 원인을 진단하는 데 있어 효용성은 매우 낮다. 한 메타분석연구에 따르면, 4,538명의 환자 중 단 26명(0.6%)만이 어지럼의 원인을 설명할 수 있는 검사상 이상소견을 보였다[62]. 허혈뇌졸중지침에서 또한 초기응급평가 동안 제한된 혈액학, 응고 및 생화학 검사를 권장하며, 정맥내재조합조직플라스미노겐활성제 투여를 시작하기 전에는 오직 혈당측정만이 선행되어야 한다[68]. 거대세포동맥염이 의심되면 염증지표를 확인해야 한다. 중추와 말초원인을 감별하는 데 있어 혈청 바이오마커의 진단적 가치는 아직 명확히 밝혀지지 않았다[77, 162].

5.2.3. 심혈관계검사

급성허혈뇌졸중 환자에게 두개외 및 경두개도플러/듀플렉스초음파검사, 심전도, 심장초음파 검사가 권고된다[68].

5.3. 영상

신경영상검사는 뇌졸중 평가에 필수적이다. CT는 급성 후순환뇌경색을 감지하는 데 한계가 있으며, 오직 출혈이나 다른 병리를 확인하는 용도로만 권고된다[17, 42]. DWI의 도입은 고립혈관현훈환자의 뇌경색 진단율을 크게 높였다. 그러나 DWI 조차도 발생 후 첫 24-48시간 이내에 시행할 경우 후두개와(posterior fossa)에서 발생하는 뇌졸중 5건 중 1건까지 놓칠 수 있는데, 이는 부분적으로 MRI의 단면 두께 및 간격과 관련이 있을 수 있다[21, 45, 73, 142]. 초기 6~48시간에, MRI의 위음성은 큰 뇌경색보다 10 mm 이하의 작은 뇌경색에서 더 흔하게 나타났다(53% 대 7.8%, $p < 0.001$)[154]. 또한, 현재의 영상기술로는 AICA영역의 뇌간 및 소뇌 부위의 침범으로 진행될 수 있는 고립미로경색을 감지할 수 없다[36, 88]. 따라서 초기 DWI이 정상이라 하더라도 혈관현훈이 의심되는 환자에서는 연속적인 재평가를 고려해야 한다[21, 73].

고립혈관현훈/어지럼에서 DWI을 포함한 MRI에서 급성뇌경색의 증거가 없을 때, 관련된 영상을 시각화하는 것은 어려운 과제이다. 관류 CT나 MRI는 뇌의 저관류 및 잠재적인 가역적 손상을 예측할 수 있으므로, 특히 DWI를 포함한 MRI가 정상인 고립혈관현훈/어지럼 환자에서 뇌졸중을 진단하는 데 도움이 될 수 있다[79, 161, 167]. 관류영상은 주로 뇌졸중 중재시술의 위험이나 이득을 평가하거나 뇌경색의 결과를 예측하는 데 사용되어 왔다[167]. 그러나 관류영상은 뇌간의 미세한 관류저하를 쉽게 감지하지 못하므로, 고립혈관현훈/어지럼에서 관류영상의 진단적 유용성은 여전히 검증이 필요한 상태이다[124].

CT/CT-혈관조영술 또는 MRI/MR-혈관조영술을 이용한 뇌혈관 영상검사는 혈관현훈/어지럼이 의심되는 환자에서 고려될 수 있다. 그러나 후순환에서의 혈관중재술에 대한 근거는 전순환에 비해 상당히 부족하다[109]. 편측소뇌저관류는 주로 병변측 척추동맥 또는 후하소뇌동맥 근위부의 협착이나 폐쇄로 인해 발생한다. 한 연구에 따르면, 관류CT나 MRI에서 소뇌저관류를 보인 환자의 80% (8/10명)가 해당 척추동맥의 혈관내강불규칙성이나 저형성증을 나타냈다[22]. 척추동맥저형성은 특히 다른 혈관위험인자가 동반될 때 후순환허혈의 위험인자가 될 수 있다[72, 146]. 관류CT를 이용한 연구에서는 척추동맥저형성이 후하소뇌동맥 영역에 상대적 국소저관류를 유발할 수 있음을 밝혔다[168]. 또 다른 연구에서는 원인불명의 현훈/어지럼 환자들이 대조군보다 척추동맥저형성 유병률이 더 높았다[144]. 드물게는 편측척추동맥저형성이 반복적인 고립현훈과 그에 따른 소

뇌경색을 유발할 수도 있다[2]. 관류CT나 MRI에서 소뇌저관류가 관찰되지만 해당 척추동맥이 정상인 환자에서는 후소뇌동맥의 국소죽상경화증이나 박리를 의심해야 하며, 이를 확인하기 위해 전통적인 디지털감산혈관조영술(digital subtraction angiography)이 필요할 수 있다[79, 147].

현재의 영상기술로 고립미로경색을 감지할 수는 없지만, 조영제 주입 전 T1강조영상이나 FLAIR MRI에서 미로내 고강도신호가 관찰된다면 드문 진단명인 미로출혈을 시사할 수 있다[78, 160, 180]. 목혈관영상은 특히 목의 통증이나 외상이 동반된 상황에서 척추동맥박리를 진단하는 데 사용될 수 있다[58].

결과적으로, 혈관현훈/어지럼에서 나타나는 영상검사의 위음성률은 체계적인 병력청취와 침상진찰, 그리고 중추징후를 찾기 위한 전정 및 안구운동기능에 대한 검사실평가가 얼마나 중요한지를 뒷받침한다. 이러한 임상평가를 통해 약 90%의 민감도와 특이도로 급성혈관현훈/어지럼을 급성편측전정병/전정신경염과 감별할 수 있다.

6. 결론

전정증상의 양상, 동반된 중추증상, 그리고 혈관위험인자를 파악하는 것이 혈관현훈/어지럼의 진단을 확립하는 첫 번째 단계가 되어야 한다. 중추전정 및 안구운동징후에 초점을 둔 체계적인 진찰, 특히 HINTS와 자세불안정 평가는 혈관현훈/어지럼 환자에서 조기(48시간 이내) 영상검사보다 더 정확한 진단 정보를 제공한다. 비디오두부충동검사와 안구운동을 기록하는 비디오안구운동검사는 진단 정확도를 높이는 데 도움이 될 수 있다. 혈관현훈/어지럼의 근본적인 원인을 규명하는 것은 급성기치료 및 뇌졸중 이차예방을 포함한 적절한 치료 방안을 선택하는 데 필수적이다.

참고문헌

[1] B.Y. Ahn, J.W. Bae, D.H. Kim, K.D. Choi, H.J. Kim and E.J. Kim, Pseudovestibular neuritis associated with iso-lated insular stroke, *J Neurol* **257** (2010), 1570 – 1572.

[2] S.H. Ahn, S.J. Oh, J.W. Yook, K.D. Choi, T.H. Lee, J.S. Kim and K.H. Park, Recurrent isolated vertigo from hypoplastic vertebral artery, *Eur J Neurol* **15** (2008), e51 – 52.

[3] N. Akhtar, S.I. Kamran, D. Deleu, A. D'Souza, F. Miyares, A. Elsotouhy, H. Al-Hail, B. Mesraoua, A. Own, K. Salem, A. Kamha and Y. Osman, Ischaemic posterior circula-tion stroke in State of Qatar, *Eur J Neurol* **16** (2009), 1004 – 1009.

[4] P. Amarenco and J.J. Hauw, Cerebellar infarction in the territory of the anterior and inferior cerebellar artery. A clinicopathological study of 20 cases, *Brain* **113**(Pt 1) (1990), 139 – 155.

[5] C.L. Atzema, K. Grewal, H. Lu, M.K. Kapral, G. Kulka-rni and P.C. Austin, Outcomes among patients discharged from the emergency department with a diagnosis of periph-eral vertigo, *Ann Neurol* **79** (2016), 32 – 41.

[6] S.T. Aw, M. Fetter, P.D. Cremer, M. Karlberg and G.M. Halmagyi, Individual semicircular canal function in supe-rior and inferior vestibular neuritis, *Neurology* **57** (2001), 768 – 774.

[7] Z. Bajko, A. Motataianu, A. Stoian, L. Barcutean, S. Andone, S. Maier, I.A. Draghici, A. Cioban and R. Balasa, Prevalence and clinical characteristics of subclavian steal phenomenon/syndrome in patients with acute ischemic stroke, *J Clin Med* **10** (2021), 5237.

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

[9] P. Bertholon, D. Michel, P. Convers, J.C. Antoine and F.G. Barral, Isolated body lateropulsion caused by a lesion of the cerebellar peduncles, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **60** (1996), 356 – 357.

[10] G.J. Beynon, P. Jani and D.M. Baguley, A clinical evalu-ation of head impulse testing, *Clin Otolaryngol Allied Sci* **23** (1998), 117 – 122.

[11] A. Bisdorff, M. Von Brevern, T. Lempert and D.E. New-man-Toker, Classification of vestibular symptoms: to-wards an international classification of vestibular disor-ders, *J Vestib Res* **19** (2009), 1 – 13.

[12] A.R. Bisdorff, J.P. Staab and D.E. Newman-Toker, Overview of the international classification of vestibular disorders, *Neurol Clin* **33** (2015), 541 – 550, vii.

[13] T. Brandt, K. Botzel, T. Yousry, M. Dieterich and S. Schulze, Rotational vertigo in embolic stroke of the vestibular and auditory cortices, *Neurology* **45** (1995), 42 – 44.

[14] T. Brandt and M. Dieterich, Vestibular syndromes in the roll plane: topographic diagnosis from brainstem to cortex, *Ann Neurol* **36** (1994), 337 – 347.

[15] U. Buttner, C. Helmchen and T. Brandt, Diagnostic criteria for central versus peripheral positioning nystagmus and vertigo: a review, *Acta Otolaryngol* **119** (1999), 1 – 5.

[16] S. Carmona, C. Martinez, G. Zalazar, M. Moro, A. Batuecas-Caletrio, L. Luis and C. Gordon, The diagnostic accuracy of truncal ataxia and HINTS as cardinal signs for acute vestibular syndrome, *Front Neurol* **7** (2016), 125.

[17] J.A. Chalela, C.S. Kidwell, L.M. Nentwich, M. Luby, J.A. Butman, A.M. Demchuk, M.D. Hill, N. Patronas, L. Latour and S. Warach, Magnetic resonance imaging and com-puted tomography in emergency assessment of patients with suspected acute stroke: a prospective comparison, *Lancet*

369 (2007), 293 – 298.
[18] A. Chandratheva, D. Werring and D. Kaski, Vertebrobasilar insufficiency: an insufficient term that should be retired, *Pract Neurol* (2020).
[19] L. Chen, W. Lee, B.R. Chambers and H.M. Dewey, Diag-nostic accuracy of acute vestibular syndrome at the bedside in a stroke unit, *J Neurol* **258** (2011), 855 – 861.
[20] L. Chen, M. Todd, G.M. Halmagyi and S. Aw, Head impulse gain and saccade analysis in pontine-cerebellar stroke and vestibular neuritis, *Neurology* **83** (2014), 1513 – 1522.
[21] J.H. Choi, H.W. Kim, K.D. Choi, M.J. Kim, Y.R. Choi, H.J. Cho, S.M. Sung, H.J. Kim, J.S. Kim and D.S. Jung, Iso-lated vestibular syndrome in posterior circulation stroke, *Neurol Clin Pract* **4** (2014), 413 – 418.
[22] J.H. Choi, M.G. Park, S.Y. Choi, K.P. Park, S.K. Baik, J.S. Kim and K.D. Choi, Acute transient vestibular syndrome: prevalence of stroke and efficacy of bedside evaluation, *Stroke* **48** (2017), 556 – 562.
[23] J.H. Choi, J.D. Seo, Y.R. Choi, M.J. Kim, H.J. Kim, J.S. Kim and K.D. Choi, Inferior cerebellar peduncular lesion causes a distinct vestibular syndrome, *Eur J Neurol* **22** (2015), 1062 – 1067.
[24] J.Y. Choi, S. Glasauer, J.H. Kim, D.S. Zee and J.S. Kim, Characteristics and mechanism of apogeotropic central positional nystagmus, *Brain* **141** (2018), 762 – 775.
[25] J.Y. Choi, I. Jung, J.M. Jung, D.Y. Kwon, M.H. Park, H.J. Kim and J.S. Kim, Characteristics and mechanism of perverted head-shaking nystagmus in central lesions: Video-oculography analysis, *Clin Neurophysiol* **127** (2016), 2973 – 2978.
[26] J.Y. Choi, J.H. Kim, H.J. Kim, S. Glasauer and J.S. Kim, Central paroxysmal positional nystagmus: Charac-teristics and possible mechanisms, *Neurology* **84** (2015), 2238 – 2246.
[27] J.Y. Choi and J.S. Kim, Modulation of central nys-tagmus by vision, proprioception, and efference copy signals: a systematic evaluation, *J Neurol* **263** (2016), 735 – 742.
[28] K.D. Choi, J.H. Choi and J.S. Kim, Rotational vertebral artery occlusion: Mechanisms and long-term outcome, *Stroke* **44** (2013), 1817 – 1824.
[29] K.D. Choi and J.S. Kim, Vascular vertigo: updates, *J Neu-rol* **266** (2019), 1835 – 1843.
[30] K.D. Choi, H. Lee and J.S. Kim, Vertigo in brainstem and cerebellar strokes, *Curr Opin Neurol* **26** (2013), 90 – 95.
[31] K.D. Choi, S.Y. Oh, S.H. Park, J.H. Kim, J.W. Koo and J.S. Kim, Head-shaking nystagmus in lateral medullary infarction: patterns and possible mechanisms, *Neurology* **68** (2007), 1337 – 1344.
[32] K.D. Choi, H.Y. Shin, J.S. Kim, S.H. Kim, O.K. Kwon, J.W. Koo, S.H. Park, B.W. Yoon and J.K. Roh, Rotational vertebral artery syndrome: oculographic analysis of nys-tagmus, *Neurology* **65** (2005), 1287 – 1290.
[33] S.Y. Choi, J.Y. Jang, E.H. Oh, J.H. Choi, J.Y. Park, S.H. Lee and K.D. Choi, Persistent geotropic positional nystag-mus in unilateral cerebellar lesions, *Neurology* **91** (2018), e1053 – e1057.
[34] S.Y. Choi, H.J. Kim and J.S. Kim, Chasing dizzy chimera: Diagnosis of combined peripheral and central vestibulopa-thy, *J Neurol Sci* **371** (2016), 69 – 78.
[35] S.Y. Choi, S.H. Lee, H.J. Kim and J.S. Kim, Impaired modulation of the otolithic function in acute unilateral cerebellar infarction, *Cerebellum* **13** (2014), 362 – 371.
[36] S.Y. Choi, J.H. Park, H.J. Kim and J.S. Kim, Vestibu-locochlear nerve infarction documented with diffusion-weighted MRI, *J Neurol* **262** (2015), 1363 – 1365.
[37] C.D. Cnyrim, D. Newman-Toker, C. Karch, T. Brandt and M. Strupp, Bedside differentiation of vestibular neuritis from central "vestibular pseudoneuritis", *J Neurol Neuro-surg Psychiatry* **79** (2008), 458 – 460.
[38] B. Cohn, Can bedside oculomotor (HINTS) testing dif-ferentiate central from peripheral causes of vertigo?, *Ann Emerg Med* **64** (2014), 265 – 268.
[39] A. Compter, H.B. van der Worp, W.J. Schonewille, J.A. Vos, J. Boiten, P.J. Nederkoorn, M. Uyttenboogaart, R.T. Lo, A. Algra, L.J. Kappelle and V. investigators, Stent-ing versus medical treatment in patients with symptomatic vertebral artery stenosis: a randomised open-label phase 2 trial, *Lancet Neurol* **14** (2015), 606 – 614.
[40] J. Dong, F. Wang and S. Sundararajan, Use of dual antiplatelet therapy following ischemic stroke, *Stroke* **51** (2020), e78 – e80.
[41] J.A. Edlow, Diagnosing patients with acute-onset persis-tent dizziness, *Ann Emerg Med* **71** (2018), 625 – 631.
[42] J.A. Edlow, D.E. Newman-Toker and S.I. Savitz, Diagno-sis and initial management of cerebellar infarction, *Lancet Neurol* **7** (2008), 951 – 964.
[43] S.D.Z. Eggers, A. Bisdorff, M. von Brevern, D.S. Zee, J.S. Kim, N. Perez-Fernandez, M.S. Welgampola, C.C. Della Santina and D.E. Newman-Toker, Classification of vestibular signs and examination techniques: Nystagmus and nystagmus-like movements, *J Vestib Res* **29** (2019), 57 – 87.
[44] V.R.P. Evangelista, S.A. Mermelstein, M.M. da Silva and D. Kaski, Bedside video-ophthalmoscopy as an aid in the diagnosis of central vestibular syndromes, *J Neurol* **269** (2022), 217 – 220.
[45] P. Felfeli, H. Wenz, M. Al-Zghloul, C. Groden and A. Forster, Combination of standard axial and thin-section coronal diffusion-weighted imaging facilitates the diagno-sis of brainstem infarction, *Brain Behav* **7** (2017), e00666.
[46] K.J. Felice, G.R. Keilson and W.J. Schwartz, 'Rubral' gait ataxia, *Neurology* **40** (1990), 1004 – 1005.
[47] T.D. Fife, J.G. Colebatch, K.A. Kerber, K. Brantberg, M. Strupp, H. Lee, M.F. Walker, E. Ashman, J. Fletcher, B. Callaghan and D.S. Gloss, 2nd, Practice guideline: Cer-vical and ocular vestibular evoked myogenic potential testing: Report of the Guideline Development, Dissemina-tion, and Implementation Subcommittee of the American Academy of Neurology, *Neurology* **89** (2017), 2288 – 2296.
[48] C.M. Fisher, A new vascular syndrome-"The subclavian steal", *New Engl J Med* **265** (1961), 912 – 913.
[49] C.M. Fisher, Vertigo in cerebrovascular disease, *Arch Oto-laryngol* **85** (1967), 529 – 534.
[50] D.A. Francis, A.M. Bronstein, P. Rudge and E.P. du Boulay, The site of brainstem lesions causing semicir-cular canal paresis: an MRI study, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **55**

(1992), 446 − 449.
[51] K.L. Furie, S.E. Kasner, R.J. Adams, G.W. Albers, R.L. Bush, S.C. Fagan, J.L. Halperin, S.C. Johnston, I. Katzan, W.N. Kernan, P.H. Mitchell, B. Ovbiagele, Y.Y. Palesch, R.L. Sacco, L.H. Schwamm, S. Wassertheil-Smoller, T.N. Turan, D. Wentworth, C.o.C.N.C.o.C.C. American Heart Association Stroke Council, C. Interdisciplinary Council on Quality of and R. Outcomes, Guidelines for the preven-tion of stroke in patients with stroke or transient ischemic attack: a guideline for healthcare professionals from the american heart association/american stroke association, *Stroke* **42** (2011), 227 − 276.
[52] S. Glasauer, M. Dieterich and T. Brandt, Neuronal network-based mathematical modeling of perceived verti-cality in acute unilateral vestibular lesions: from nerve to thalamus and cortex, *J Neurol* **265** (2018), 101 − 112.
[53] M. Goeldlin, J. Gaschen, C. Kammer, L. Comolli, C.A. Bernasconi, R. Spiegel, C.L. Bassetti, A.K. Exadaktylos, B. Lehmann, G. Mantokoudis, R. Kalla and U. Fischer, Frequency, aetiology, and impact of vestibular symptoms in the emergency department: a neglected red flag, *JNeurol* **266** (2019), 3076 − 3086.
[54] C.R. Gomez, S. Cruz-Flores, M.D. Malkoff, C.M. Sauer and C.M. Burch, Isolated vertigo as a manifestation of vertebrobasilar ischemia, *Neurology* **47** (1996), 94 − 97.
[55] A. Grad and R.W. Baloh, Vertigo of vascular origin. Clini-cal and electronystagmographic features in 84 cases, *Arch Neurol* **46** (1989), 281 − 284.
[56] K.E. Green and D.R. Gold, HINTS examination in acute vestibular neuritis: do not look too hard for the skew, *J Neuroophthalmol* **41** (2021), e672 − e678.
[57] A. Greer and M. Hewitt, BET 2: Ability of a normal gait examination to rule out cerebellar stroke in acute vertigo, *Emerg Med J* **35** (2018), 712 − 714.
[58] A. Gunther, O.W. Witte, M. Freesmeyer and R. Drescher, Clinical presentation, magnetic resonance angiography, ultrasound findings, and stroke patterns in patients with vertebral artery dissection, *Eur Neurol* **76** (2016), 284 − 294.
[59] G.M. Halmagyi and I.S. Curthoys, A clinical sign of canal paresis, *Arch Neurol* **45** (1988), 737 − 739.
[60] G.M. Halmagyi, M.A. Gresty and W.P. Gibson, Ocular tilt reaction with peripheral vestibular lesion, *Ann Neurol* **6** (1979), 80 − 83.
[61] G.M. Halmagyi, L.A. McGarvie and M. Strupp, Nystag-mus goggles: how to use them, what you find and what it means, *Pract Neurol* **20** (2020), 446 − 450.
[62] R.M. Hoffman, D. Einstadter and K. Kroenke, Evaluating dizziness, *Am J Med* **107** (1999), 468 − 478.
[63] J.D. Hood and S. Korres, Vestibular suppression in periph-eral and central vestibular disorders, *Brain* **102** (1979), 785 − 804.
[64] J.R. Hotson and R.W. Baloh, Acute vestibular syndrome, *N Engl J Med* **339** (1998), 680 − 685.
[65] Y.E. Huh and J.S. Kim, Patterns of spontaneous and head-shaking nystagmus in cerebellar infarction: imaging correlations, *Brain* **134** (2011), 3662 − 3671.
[66] Y.E. Huh and J.S. Kim, Bedside evaluation of dizzy patients, *J Clin Neurol* **9** (2013), 203 − 213.
[67] Y.E. Huh, J.W. Koo, H. Lee and J.S. Kim, Head-shaking aids in diagnosis of acute audiovestibular loss due to ante-rior inferior cerebellar artery infarction, *Audiol Neurotol* **18** (2013), 114 − 124.
[68] E.C. Jauch, J.L. Saver, H.P. Adams, Jr., A. Bruno, J.J. Con-nors, B.M. Demaerschalk, P. Khatri, P.W. McMullan, Jr., A.I. Qureshi, K. Rosenfield, P.A. Scott, D.R. Summers, D.Z. Wang, M. Wintermark and H. Yonas, Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Associa-tion, *Stroke* **44** (2013), 870 − 947.
[69] S.C. Johnston, P.M. Rothwell, M.N. Nguyen-Huynh, M.F. Giles, J.S. Elkins, A.L. Bernstein and S. Sidney, Valida-tion and refinement of scores to predict very early stroke risk after transient ischaemic attack, *Lancet* **369** (2007), 283 − 292.
[70] M. Jorns-Haderli, D. Straumann and A. Palla, Accuracy of the bedside head impulse test in detecting vestibular hypofunction, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **78** (2007), 1113 − 1118.
[71] A.H. Katsanos and S. Giannopoulos, Increased risk for posterior circulation ischaemia in patients with vertebral artery hypoplasia: A systematic review and meta-analysis, *Eur Stroke J* **2** (2017), 171 − 177.
[72] A.H. Katsanos, M. Kosmidou, A.P. Kyritsis and S. Giannopoulos, Is vertebral artery hypoplasia a predis-posing factor for posterior circulation cerebral ischemic events? A comprehensive review, *Eur Neurol* **70** (2013), 78 − 83.
[73] J.C. Kattah, A.V. Talkad, D.Z. Wang, Y.H. Hsieh and D.E. Newman-Toker, HINTS to diagnose stroke in the acute ves-tibular syndrome: three-step bedside oculomotor examina-tion more sensitive than early MRI diffusion-weighted imaging, *Stroke* **40** (2009), 3504 − 3510.
[74] K.A. Kerber, D.L. Brown, L.D. Lisabeth, M.A. Smith and L.B. Morgenstern, Stroke among patients with dizziness, vertigo, and imbalance in the emergency depart-ment: a population-based study, *Stroke* **37** (2006), 2484 − 2487.
[75] K.A. Kerber, W.J. Meurer, D.L. Brown, J.F. Burke, T.P. Hofer, A. Tsodikov, E.G. Hoeffner, A.M. Fendrick, E.E. Adelman and L.B. Morgenstern, Stroke risk stratification in acute dizziness presentations: A prospective imaging-based study, *Neurology* **85** (2015), 1869 − 1878.
[76] E. Khojasteh, C.J. Bockisch, D. Straumann and S.C. Hege-mann, A dynamic model for eye-position-depend-ence of spontaneous nystagmus in acute unilateral ves-tibular deficit (Alexander's Law), *Eur J Neurosci* **37** (2013), 141 − 149.
[77] N. Kijpaisalratana, P. Nimsamer, A. Khamwut, S. Payungporn, T. Pisitkun, A. Chutinet, N. Utoomprurk-porn, S.J. Kerr, P. Vongvasinkul and N.C. Suwanwela, Serum miRNA125a-5p, miR-125b-5p, and miR-433-5p as biomarkers to differentiate between posterior circula-tion stroke and peripheral vertigo, *BMC Neurol* **20** (2020), 372.
[78] D.S. Kim, D.W. Park, T.Y. Kim, S. Lee, Y.J. Lee, J.Y. Lee, S.H. Lee and J.H. Chung, Characteristic MR find-ings suggesting presumed labyrinthine hemorrhage, *Acta Otolaryngol* **137** (2017), 1226 − 1232.

[79] D.U. Kim, M.K. Han and J.S. Kim, Isolated recurrent ver-tigo from stenotic posterior inferior cerebellar artery, *Otol Neurotol* **32** (2011), 180 – 182.
[80] H.A. Kim, J.H. Hong, H. Lee, H.A. Yi, S.R. Lee, S.Y. Lee, B.C. Jang, B.H. Ahn and R.W. Baloh, Otolith dysfunction in vestibular neuritis: recovery pattern and a predictor of symptom recovery, *Neurology* **70** (2008), 449 – 453.
[81] H.A. Kim and H. Lee, Recent advances in understanding audiovestibular loss of a vascular cause, *J Stroke* **19** (2017), 61 – 66.
[82] H.A. Kim, H. Lee, S.I. Sohn, J.S. Kim and R.W. Baloh, Perverted head shaking nystagmus in focal pontine infarc-tion, *J Neurol Sci* **301** (2011), 93 – 95.
[83] H.A. Kim, E.H. Oh, S.Y. Choi, J.H. Choi, J.Y. Park, H. Lee and K.D. Choi, Transient vestibular symptoms preced-ing posterior circulation stroke: a prospective multicenter study, *Stroke* **52** (2021), e224 – e228.
[84] H.A. Kim, H.A. Yi and H. Lee, Failure of fixation suppres-sion of spontaneous nystagmus in cerebellar infarction: frequency, pattern, and a possible structure, *Cerebellum* **15** (2016), 182 – 189.
[85] H.J. Kim, J.H. Lee and J.S. Kim, Ocular vestibular evoked myogenic potentials to head tap and cervical vestibular evoked myogenic potentials to air-conducted sounds in isolated internuclear ophthalmoplegia, *Clin Neurophysiol* **125** (2014), 1042 – 1047.
[86] H.J. Kim, S.H. Lee, J.H. Park, J.Y. Choi and J.S. Kim, Isolated vestibular nuclear infarction: report of two cases and review of the literature, *J Neurol* **261** (2014), 121 – 129.
[87] J.S. Kim, K.W. Ahn, S.Y. Moon, K.D. Choi, S.H. Park and J.W. Koo, Isolated perverted head-shaking nystagmus in focal cerebellar infarction, *Neurology* **64** (2005), 575 – 576.
[88] J.S. Kim, K.H. Cho and H. Lee, Isolated labyrinthine infarction as a harbinger of anterior inferior cerebellar artery territory infarction with normal diffusion-weighted brain MRI, *J Neurol Sci* **278** (2009), 82 – 84.
[89] J.S. Kim and H.J. Kim, Inferior vestibular neuritis, *J Neu-rol* **259** (2012), 1553 – 1560.
[90] J.S. Kim, I. Lopez, P.L. DiPatre, F. Liu, A. Ishiyama and R.W. Baloh, Internal auditory artery infarction: clin-ico-pathologic correlation, *Neurology* **52** (1999), 40 – 44.
[91] J.S. Kim and D.S. Zee, Clinical practice. Benign pa-rox-ysmal positional vertigo, *N Engl J Med* **370** (2014), 1138 – 1147.
[92] S.H. Kim, H.J. Kim and J.S. Kim, Isolated central vestibu-lar syndrome, *Ann N Y Acad Sci* **1343** (2015), 80 – 89.
[93] S.H. Kim, H.J. Kim and J.S. Kim, Isolated vestibular syn-dromes due to brainstem and cerebellar lesions, *J Neurol* **264** (2017), 63 – 69.
[94] S.H. Kim, D.S. Zee, S. du Lac, H.J. Kim and J.S. Kim, Nucleus prepositus hypoglossi lesions produce a unique ocular motor syndrome, *Neurology* **87** (2016), 2026 – 2033.
[95] D.O. Kleindorfer, R. Miller, C.J. Moomaw, K. Alwell, J.P. Broderick, J. Khoury, D. Woo, M.L. Flaherty, T. Zakaria and B.M. Kissela, Designing a message for public educa-tion regarding stroke: does FAST capture enough stroke? *Stroke* **38** (2007), 2864 – 2868.
[96] A. Korda, E. Zamaro, F. Wagner, M. Morrison, M.D. Caversaccio, T.C. Sauter, E. Schneider and G. Mantok-oudis, Acute vestibular syndrome: is skew deviation a central sign? *J Neurol* **269** (2022), 1396 – 1403.
[97] M. Kothari, E. Knopp, S. Jonas and D. Levine, Presumed vestibular hemorrhage secondary to warfarin, *Neuroradi-ology* **37** (1995), 324 – 325.
[98] K. Krishnan, K. Bassilious, E. Eriksen, P.M. Bath, N. Sprigg, S.K. Braekken, H. Ihle-Hansen, M.A. Horn and E.C. Sandset, Posterior circulation stroke diagnosis using HINTS in patients presenting with acute vestibular syn-drome: A systematic review, *Eur Stroke J* **4** (2019), 233 – 239.
[99] T.A. Kuether, G.M. Nesbit, W.M. Clark and S.L. Barn-well, Rotational vertebral artery occlusion: a mechanism of vertebrobasilar insufficiency, *Neurosurgery* **41** (1997), 427 – 432; discussion 432 – 423.
[100] C.C. Lee, H.C. Ho, Y.C. Su, B.C. Chiu, Y.D. Lee, P. Chou, S.H. Chien and Y.S. Huang, Increased risk of vascular events in emergency room patients discharged home with diagnosis of dizziness or vertigo: a 3-year follow-up study, *PLoS One* **7** (2012), e35923.
[101] C.C. Lee, Y.C. Su, H.C. Ho, S.K. Hung, M.S. Lee, P. Chou and Y.S. Huang, Risk of stroke in patients hospitalized for isolated vertigo: a four-year follow-up study, *Stroke* **42** (2011), 48 – 52.
[102] H. Lee, Audiovestibular loss in anterior inferior cerebellar artery territory infarction: a window to early detection? *J Neurol Sci* **313** (2012), 153 – 159.
[103] H. Lee and Y.W. Cho, Auditory disturbance as a prodrome of anterior inferior cerebellar artery infarction, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **74** (2003), 1644 – 1648.
[104] H. Lee and Y.W. Cho, A case of isolated nodulus infarction presenting as a vestibular neuritis, *J Neurol Sci* **221** (2004), 117 – 119.
[105] H. Lee, J.S. Kim, E.J. Chung, H.A. Yi, I.S. Chung, S.R. Lee and J.Y. Shin, Infarction in the territory of anterior inferior cerebellar artery: spectrum of audiovestibular loss, *Stroke* **40** (2009), 3745 – 3751.
[106] H. Lee, S.I. Sohn, Y.W. Cho, S.R. Lee, B.H. Ahn, B.R. Park and R.W. Baloh, Cerebellar infarction presenting isolated vertigo: frequency and vascular topographical patterns, *Neurology* **67** (2006), 1178 – 1183.
[107] J.O. Lee, S.H. Park, H.J. Kim, M.S. Kim, B.R. Park and J.S. Kim, Vulnerability of the vestibular organs to tran-sient ischemia: implications for isolated vascular vertigo, *Neurosci Lett* **558** (2014), 180 – 185.
[108] J.Y. Lee, J.S. Park and M.B. Kim, Clinical characteristics of acute vestibular neuritis according to involvement site, *Otol Neurotol* **40** (2019), 797 – 805.
[109] S.H. Lee and J.S. Kim, Differential diagnosis of acute vascular vertigo, *Curr Opin Neurol* **33** (2020), 142 – 149.
[110] S.H. Lee, S.H. Park, J.S. Kim, H.J. Kim, F. Yunusov and D.S. Zee, Isolated unilateral infarction of the cerebel-lar tonsil: ocular motor findings, *Ann Neurol* **75** (2014), 429 – 434.
[111] S.U. Lee, H.J. Bae and J.S. Kim, Ipsilesional limb ataxia and truncal ipsipulsion in isolated infarction of the supe-rior cerebellar peduncle, *J Neurol Sci* **349** (2015), 251 – 253.

[112] S.U. Lee, H.J. Kim, J.W. Koo and J.S. Kim, Comparison of caloric and head-impulse tests during the attacks of Meniere's disease, *Laryngoscope* **127** (2017), 702 − 708.
[113] S.U. Lee, S.H. Park, J.J. Park, H.J. Kim, M.K. Han, H.J. Bae and J.S. Kim, Dorsal medullary infarction: distinct syndrome of isolated central vestibulopathy, *Stroke* **46** (2015), 3081 − 3087.
[114] R.J. Leigh and D.S. Zee, *The neurology of eye movements. 5th edition*, Oxford University Press, New York, 2015.
[115] Z. Liqun, K.H. Park, H.J. Kim, S.U. Lee, J.Y. Choi and J.S. Kim, Acute unilateral audiovestibulopathy due to embolic labyrinthine infarction, *Front Neurol* **9** (2018), 311.
[116] J.A. Lopez-Escamez, J. Carey, W.H. Chung, J.A. Goebel, M. Magnusson, M. Mandala, D.E. Newman-Toker, M. Strupp, M. Suzuki, F. Trabalzini, A. Bisdorff, S, Diagnos-tic criteria for Menière's disease, *J Vestib Res* **25** (2015), 1 − 7.
[117] H.G. MacDougall, K.P. Weber, L.A. McGarvie, G.M. Hal-magyi and I.S. Curthoys, The video head impulse test: diagnostic accuracy in peripheral vestibulopathy, *Neurol-ogy* **73** (2009), 1134 − 1141.
[118] B. Machner, K. Erber, J.H. Choi, P. Trillenberg, A. Sprenger and C. Helmchen, Usability of the head impulse test in routine clinical practice in the emergency depart-ment to differentiate vestibular neuritis from stroke, *Eur J Neurol* **28** (2021), 1737 − 1744.
[119] Y. Man Chan, Y. Wong, N. Khalid, S. Wastling, A. Flores-Martin, L.A. Frank, N. Koohi, Q. Arshad, I. Davagnanam and D. Kaski, Prevalence of acute dizziness and vertigo in cortical stroke, *Eur J Neurol* **28** (2021), 3177 − 3181.
[120] G. Mantokoudis, A.S. Tehrani, A. Wozniak, K. Eiben-berger, J.C. Kattah, C.I. Guede, D.S. Zee and D.E. Newman-Toker, VOR gain by head impulse vid-eo-oculography differentiates acute vestibular neuritis from stroke, *Otol Neurotol* **36** (2015), 457 − 465.
[121] G. Mantokoudis, T. Wyss, E. Zamaro, A. Korda, F. Wagner, T.C. Sauter, H. Kerkeni, R. Kalla, M. Morrison and M.D. Caversaccio, Stroke prediction based on the spontaneous nystagmus suppression test in dizzy patients: A diagnostic accuracy study, *Neurology* **97** (2021), e42 − e51.
[122] H.S. Markus, S.C. Larsson, W. Kuker, U.G. Schulz, I. Ford, P.M. Rothwell, A. Clifton; VIST Investigators, Stenting for symptomatic vertebral artery stenosis: The vertebral artery ischaemia stenting trial, *Neurology* **89** (2017), 1229 − 1236.
[123] S. Marti, S. Hegemann, H.C. von Budingen, R.W. Baum-gartner and D. Straumann, Rotational vertebral artery syndrome: 3D kinematics of nystagmus suggest bilateral labyrinthine dysfunction, *J Neurol* **255** (2008), 663 − 667.
[124] H.P. Mattle, M. Arnold, P.J. Lindsberg, W.J. Schonewille and G. Schroth, Basilar artery occlusion, *Lancet Neurol* **10** (2011), 1002 − 1014.
[125] A. Mazzoni, The vascular anatomy of the vestibular labyrinth in man, *Acta Otolaryngol Suppl* **472** (1990), 1 − 83.
[126] D.L. McCaslin, A. Rivas, G.P. Jacobson and M.L. Ben-nett, The dissociation of video head impulse test (vHIT) and bithermal caloric test results provide topological localization of vestibular system impairment in patients with "definite" Meniere's disease, *Am J Audiol* **24** (2015), 1 − 10.
[127] I.S. Moon, J.S. Kim, K.D. Choi, M.J. Kim, S.Y. Oh, H. Lee, H.S. Lee and S.H. Park, Isolated nodular infarction, *Stroke* **40** (2009), 487 − 491.
[128] G.S. Nam, H.J. Shin, J.J. Kang, N.R. Lee and S.Y. Oh, Clinical implication of corrective saccades in the video head impulse test for the diagnosis of posterior infe-rior cerebellar artery infarction, *Front Neurol* **12** (2021), 605040.
[129] J. Nam, S. Kim, Y. Huh and J.S. Kim, Ageotropic central positional nystagmus in nodular infarction, *Neurology* **73** (2009), 1163.
[130] B.B. Navi, H. Kamel, M.P. Shah, A.W. Grossman, C. Wong, S.N. Poisson, W.D. Whetstone, S.A. Josephson, S.C. Johnston and A.S. Kim, Application of the ABCD2 score to identify cerebrovascular causes of dizziness in the emergency department, *Stroke* **43** (2012), 1484 − 1489.
[131] D.E. Newman-Toker and J.A. Edlow, TiTrATE: A Novel, Evidence-based approach to diagnosing acute dizziness and vertigo, *Neurol Clin* **33** (2015), 577 − 599, viii.
[132] D.E. Newman-Toker, Y.H. Hsieh, C.A. Camargo, Jr., A.J. Pelletier, G.T. Butchy and J.A. Edlow, Spectrum of dizzi-ness visits to US emergency departments: cross-sectional analysis from a nationally representative sample, *Mayo Clin Proc* **83** (2008), 765 − 775.
[133] D.E. Newman-Toker, J.C. Kattah, J.E. Alvernia and D.Z. Wang, Normal head impulse test differentiates acute cerebellar strokes from vestibular neuritis, *Neurology* **70** (2008), 2378 − 2385.
[134] D.E. Newman-Toker, K.A. Kerber, Y.H. Hsieh, J.H. Pula, R. Omron, A.S. Saber Tehrani, G. Mantokoudis, D.F. Han-ley, D.S. Zee and J.C. Kattah, HINTS outperforms ABCD2 to screen for stroke in acute continuous vertigo and dizzi-ness, *Acad Emerg Med* **20** (2013), 986 − 996.
[135] D.E. Newman-Toker, A.S. Saber Tehrani, G. Mantok-oudis, J.H. Pula, C.I. Guede, K.A. Kerber, A. Blitz, S.H. Ying, Y.H. Hsieh, R.E. Rothman, D.F. Hanley, D.S. Zee and J.C. Kattah, Quantitative video-oculography to help diagnose stroke in acute vertigo and dizziness: toward an ECG for the eyes, *Stroke* **44** (2013), 1158 − 1161.
[136] B. Nham, N. Reid, K. Bein, A.P. Bradshaw, L.A. McGarvie, E.C. Argaet, A.S. Young, S.R. Watson, G.M. Halmagyi, D.A. Black and M.S. Welgampola, Capturing vertigo in the emergency room: three tools to double the rate of diagnosis, *J Neurol* **269** (2022), 294 − 306.
[137] Y. Noh, O.K. Kwon, H.J. Kim and J.S. Kim, Rotational vertebral artery syndrome due to compression of non-dominant vertebral artery terminating in posterior inferior cerebellar artery, *J Neurol* **258** (2011), 1775 − 1780.
[138] J.G. Oas and R.W. Baloh, Vertigo and the anterior infe-rior cerebellar artery syndrome, *Neurology* **42** (1992), 2274 − 2279.
[139] K. Ogawa, Y. Suzuki, K. Takahashi, T. Akimoto, S. Kamei and M. Soma, Clinical study of seven patients with infarc-tion in territories of the anterior inferior cerebellar

artery, *J Stroke Cerebrovasc Dis* **26** (2017), 574 – 581.
[140] S.Y. Oh, H.J. Kim and J.S. Kim, Vestibular-evoked myo-genic potentials in central vestibular disorders, *J Neurol* **263** (2016), 210 – 220.
[141] S.Y. Oh, J.S. Kim, J.M. Lee, B.S. Shin, S.B. Hwang, K.C. Kwak, C. Kim, S.K. Jeong and T.W. Kim, Ocular vestibu-lar evoked myogenic potentials induced by air-conducted sound in patients with acute brainstem lesions, *Clin Neu-rophysiol* **124** (2013), 770 – 778.
[142] J. Ohira, N. Ohara, T. Hinoda, T. Morimoto and N. Kohara, Patient characteristics with negative diffusion-weighted imaging findings in acute lateral medullary infarction, *Neurol Sci* **42** (2021), 689 – 696.
[143] R. Ohle, R.A. Montpellier, V. Marchadier, A. Wharton, S. McIsaac, M. Anderson and D. Savage, Can emergency physicians accurately rule out a central cause of vertigo using the HINTS examination? A systematic review and meta-analysis, *Acad Emerg Med* **27** (2020), 887 – 896.
[144] Y. Paksoy, H. Vatansev, M. Seker, M.E. Ustun, M. Buyukmumcu and Z. Akpinar, Congenital morphological abnormalities of the distal vertebral arteries (CMADVA) and their relationship with vertigo and dizziness, *Med Sci Monit* **10** (2004), CR316 – 323.
[145] H.K. Park, J.S. Kim, M. Strupp and D.S. Zee, Isolated floccular infarction: impaired vestibular responses to hor-izontal head impulse, *J Neurol* **260** (2013), 1576 – 1582.
[146] J.H. Park, J.M. Kim and J.K. Roh, Hypoplastic verte-bral artery: frequency and associations with ischaemic stroke territory, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **78** (2007), 954 – 958.
[147] M.G. Park, J.H. Choi, T.I. Yang, S.J. Oh, S.K. Baik and K.P. Park, Spontaneous isolated posterior inferior cere-bellar artery dissection: rare but underdiagnosed cause of ischemic stroke, *J Stroke Cerebrovasc Dis* **23** (2014), 1865 – 1870.
[148] N.L.M. Paul, M. Simoni, P.M. Rothwell and f.t.O.V. Study, Transient isolated brainstem symptoms preceding poste-rior circulation stroke: a population-based study, *Lancet Neurol* **12** (2013), 65 – 71.
[149] A. Policha, M. Baldwin, V. Lee, M.A. Adelman, C. Rock-man, T. Berland, N.S. Cayne and T.S. Maldonado, Clinical significance of reversal of flow in the vertebral artery iden-tified on cerebrovascular duplex ultrasound, *J Vasc Surg* **67** (2018), 568 – 572.
[150] M. Reivich, H.E. Holling, B. Roberts and J.F. Toole, Rever-sal of blood flow through the vertebral artery and its effect on cerebral circulation, *N Engl J Med* **265** (1961), 878 – 885.
[151] D.A. Robinson, D.S. Zee, T.C. Hain, A. Holmes and L.F. Rosenberg, Alexander's law: its behavior and origin in the human vestibulo-ocular reflex, *Ann Neurol* **16** (1984), 714 – 722.
[152] G. Royl, C.J. Ploner and C. Leithner, Dizziness in the emer-gency room: diagnoses and misdiagnoses, *Eur Neurol* **66** (2011), 256 – 263.
[153] A.S. Saber Tehrani, D. Coughlan, Y.H. Hsieh, G. Man-tokoudis, F.K. Korley, K.A. Kerber, K.D. Frick and D.E. Newman-Toker, Rising annual costs of dizziness presen-tations to U.S. emergency departments, *Acad Emerg Med* **20** (2013), 689 – 696.
[154] A.S. Saber Tehrani, J.C. Kattah, G. Mantokoudis, J.H. Pula, D. Nair, A. Blitz, S. Ying, D.F. Hanley, D.S. Zee and D.E. Newman-Toker, Small strokes causing severe vertigo: frequency of false-negative MRIs and nonlacunar mechanisms, *Neurology* **83** (2014), 169 – 173.
[155] R.L. Sacco, S.E. Kasner, J.P. Broderick, L.R. Caplan, J.J. Connors, A. Culebras, M.S. Elkind, M.G. George, A.D. Hamdan, R.T. Higashida, B.L. Hoh, L.S. Janis, C.S. Kase, D.O. Kleindorfer, J.M. Lee, M.E. Moseley, E.D. Peterson, T.N. Turan, A.L. Valderrama, H.V. Vinters, An updated definition of stroke for the 21st century: a statement for healthcare professionals from the American Heart Asso-ciation/American Stroke Association, *Stroke* **44** (2013), 2064 – 2089.
[156] M. Sakaguchi, K. Kitagawa, H. Hougaku, H. Hashimoto, Y. Nagai, H. Yamagami, T. Ohtsuki, N. Oku, K. Hashi-kawa, K. Matsushita, M. Matsumoto and M. Hori, Mecha-nical compression of the extracranial vertebral artery dur-ing neck rotation, *Neurology* **61** (2003), 845 – 847.
[157] S.I. Savitz and L.R. Caplan, Vertebrobasilar disease, *N Engl J Med* **352** (2005), 2618 – 2626.
[158] M.C. Schubert, R.J. Tusa, L.E. Grine and S.J. Herdman, Optimizing the sensitivity of the head thrust test for iden-tifying vestibular hypofunction, *Phys Ther* **84** (2004), 151 – 158.
[159] D.E. Searls, L. Pazdera, E. Korbel, O. Vysata and L.R. Caplan, Symptoms and signs of posterior circulation ischemia in the new England medical center posterior circulation registry, *Arch Neurol* **69** (2012), 346 – 351.
[160] S. Shinohara, E. Yamamoto, S. Saiwai, J. Tsuji, Y. Muneta, M. Tanabe, T. Sakamoto and T. Kim, Clinical features of sudden hearing loss associated with a high signal in the labyrinth on unenhanced T1-weighted magnetic res-onance imaging, *Eur Arch Otorhinolaryngol* **257** (2000), 480 – 484.
[161] C.Z. Simonsen, M.H. Madsen, M.L. Schmitz, I.K. Mikkelsen, M. Fisher and G. Andersen, Sensitivity of diffusion- and perfusion-weighted imaging for diagnosing acute ischemic stroke is 97.5%, *Stroke* **46** (2015), 98 – 101.
[162] J.H. Sohn, C.H. Kim, S.H. Lee, J.H. Kim and J.J. Lee, Diagnostic value of serum biomarkers for differentiating central and peripheral causes of acute vertigo, *Front Med* **7** (2020), 84.
[163] M. Strupp, C. Fischer, L. Hanss and O. Bayer, The take-away Frenzel goggles: a Fresnel-based device, *Neurology* **83** (2014), 1241 – 1245.
[164] M. Strupp, J.H. Planck, V. Arbusow, H.J. Steiger, H. Bruckmann and T. Brandt, Rotational vertebral artery occlusion syndrome with vertigo due to "labyrinthine exci-tation", *Neurology* **54** (2000), 1376 – 1379.
[165] S. Takemori, T. Aiba and R. Shizawa, Visual suppression of caloric nystagmus in brain-stem lesions, *Ann N Y Acad Sci* **374** (1981), 846 – 854.
[166] A.A. Tarnutzer, A.L. Berkowitz, K.A. Robinson, Y.H. Hsieh and D.E. Newman-Toker, Does my dizzy patient

have a stroke? A systematic review of bedside diagnosis in acute vestibular syndrome, *CMAJ* **183** (2011), E571 – 592.
[167] J. Tarpley, D. Franc, A.P. Tansy and D.S. Liebeskind, Use of perfusion imaging and other imaging techniques to assess risks/benefits of acute stroke interventions, *Curr Atheroscler Rep* **15** (2013), 336.
[168] K.M. Thierfelder, A.B. Baumann, W.H. Sommer, M. Arm-bruster, C. Opherk, H. Janssen, M.F. Reiser, A. Straube and L. von Baumgarten, Vertebral artery hypoplasia: fre-quency and effect on cerebellar blood flow characteristics, *Stroke* **45** (2014), 1363 – 1368.
[169] F. Thomke and H.C. Hopf, Pontine lesions mimicking acute peripheral vestibulopathy, *J Neurol Neurosurg Psy-chiatry* **66** (1999), 340 – 349.
[170] F. Thomke, J.J. Marx, G.D. Iannetti, G. Cruccu, S. Fitzek, P.P. Urban, P. Stoeter, M. Dieterich and H.C. Hopf, A topodiagnostic investigation on body lateropulsion in medullary infarcts, *Neurology* **64** (2005), 716 – 718.
[171] W.F. Tissington Tatlow and H.G. Bammer, Syndrome of vertebral artery compression, *Neurology* **7** (1957), 331 – 340.
[172] J.F. Toole and C.P. McGraw, The steal syndromes, *Annu Rev Med* **26** (1975), 321 – 329.
[173] M.A. Tuna, P.M. Rothwell and S. Oxford Vascular, Diagnosis of non-consensus transient ischaemic attacks with focal, negative, and non-progressive symptoms: population-based validation by investigation and progno-sis, *Lancet* **397** (2021), 902 – 912.
[174] S. Vanni, R. Pecci, J.A. Edlow, P. Nazerian, R. Santi-mone, G. Pepe, M. Moretti, A. Pavellini, C. Caviglioli, C. Casula, S. Bigiarini, P. Vannucchi and S. Grifoni, Differ-ential diagnosis of vertigo in the emergency department: A prospective validation study of the STANDING Algo-rithm, *Front Neurol* **8** (2017), 590.
[175] E.X. Vivas, N.J. Panella and K.L. Baugnon, Spontaneous labyrinthine hemorrhage: A case series, *Otolaryngol Head Neck Surg* **159** (2018), 908 – 913.
[176] M. von Brevern, S. Sussmilch and D. Zeise, Acute vertigo due to hemispheric stroke: a case report and comprehen-sive review of the literature, *J Neurol Sci* **339** (2014), 153 – 156.
[177] W. Wang, Y. Zhang, Q. Pan, J. Liu, Y. Zhu, G. Tan, Q. Zhan and J. Zhou, Central nystagmus plus ABCD(2) identifying stroke in acute dizziness presentations, *Acad Emerg Med* **28** (2021), 1118 – 1123.
[178] Y. Wang, J. Liu, Z. Cui, L. Yan and J. Si, Analysis of risk factors in patients with peripheral vertigo or central vertigo, *Neurologist* **23** (2018), 75 – 78.
[179] K.P. Weber, S.T. Aw, M.J. Todd, L.A. McGarvie, I.S. Curthoys and G.M. Halmagyi, Head impulse test in uni-lateral vestibular loss: vestibulo-ocular reflex and catch-up saccades, *Neurology* **70** (2008), 454 – 463.
[180] J.L. Weissman, H.D. Curtin, B.E. Hirsch and W.L. Hirsch, Jr., High signal from the otic labyrinth on unenhanced magnetic resonance imaging, *AJNR Am J Neuroradiol* **13** (1992), 1183 – 1187.
[181] G. Westheimer and S.M. Blair, The ocular tilt reaction – a brainstem oculomotor routine, *Invest Ophthalmol* **14** (1975), 833 – 839.
[182] D.A. Yacovino, M.P. Akly, L. Luis and D.S. Zee, The floc-cular syndrome: Dynamic changes in eye movements and vestibulo-ocular reflex in isolated infarction of the cere-bellar flocculus, *Cerebellum* **17** (2018), 122 – 131.
[183] S. Yamada, K. Yasui, Y. Kawakami, Y. Hasegawa and M. Katsuno, DEFENSIVE Stroke Scale: Novel diagnos-tic tool for predicting posterior circulation infarction in the emergency department, *J Stroke Cerebrovasc Dis* **28** (2019), 1561 – 1570.
[184] T.H. Yang, J.H. Lee, S.Y. Oh, J.J. Kang, J.S. Kim and M. Dieterich, Clinical implications of head-shaking nystagmus in central and peripheral vestibular disor-ders: is perverted head-shaking nystagmus specific for central vestibular pathology?, *Eur J Neurol* **27** (2020), 1296 – 1303.
[185] H.A. Yi, H.A. Kim, H. Lee and R.W. Baloh, Body lat-eropulsion as an isolated or predominant symptom of a pontine infarction, *J Neurol Neurosurg Psychiatry* **78** (2007), 372 – 374.
[186] C.W. Yip, M. Glaser, C. Frenzel, O. Bayer and M. Strupp, Comparison of the bedside head-impulse test with the video head-impulse test in a clinical practice setting: A prospective study of 500 outpatients, *Front Neurol* **7** (2016), 58.
[187] S.Y. Yun, J.Y. Lee, E.J. Kwon, C. Jung, X. Yang and J.S. Kim, Compression of both vertebral arteries during neck extension: a new type of vertebral artery compression syn-drome, *J Neurol* **267** (2020), 276 – 278.
[188] D.S. Zee, A. Yamazaki, P.H. Butler and G. Gucer, Effects of ablation of flocculus and paraflocculus of eye move-ments in primate, *J Neurophysiol* **46** (1981), 878 – 899.
[189] A. Zwergal, K. Mohwald, E. Salazar Lopez, H. Hadzhikolev, T. Brandt, K. Jahn and M. Dieterich, A prospective analysis of lesion-symptom relationships in acute vestibular and ocular motor stroke, *Front Neurol* **11** (2020), 822.
[190] A. Zwergal, N. Rettinger, C. Frenzel, M. Dieterich, T. Brandt and M. Strupp, A bucket of static vestibular func-tion, *Neurology* **72** (2009), 1689 – 1692.