

어지럼에서 자율신경기능부전의 검사방법

순천향대학교 의과대학 부천병원 신경과, 어지럼센터

이태경, 박지윤, 성기범

Tests for Dysautonomia in Dizziness

Tae-Kyeong Lee, MD, PhD, Ji-Yun Park, MD, Ki-Bum Sung, MD, PhD

Dizziness Center, Department of Neurology, Soonchunhyang University Bucheon Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, Bucheon, Korea

• Corresponding Author:
Tae-Kyeong Lee, MD, PhD
Department of Neurology, Soonchunhyang
University Bucheon Hospital, Soonchunhyang
University College of Medicine, 1174
Jung-dong, Wonmi-gu, Bucheon 420-763,
Korea
Tel: +82-32-621-5220
Fax: +82-32-621-5018
E-mail: xorudoc@schmc.ac.kr

• Copyright© 2010 by
The Korean Balance Society.
All rights reserved.

The influence of the vestibular system on autonomic responses is well known, as seeing that the autonomic symptoms such as pallor, nausea, and sweating are commonly observed during acute vestibular vertigo attacks. Thinking about the convergence of autonomic and vestibular afferents to the solitary nucleus and being integrated in reticular formation, it is taken to be granted that autonomic and vestibular systems are interacted each other. In this respect, several studies using the tests for the demonstration of the abnormalities in the autonomic nervous system have demonstrated the autonomic dysfunction in the wide range of vestibular disorders. The fluctuation of the blood pressure and the heart rate by head-up tilt test (HUTT) to show the cardiovascular challenges have been widely studied and showed significant results. At the same time, it has also been proposed that autonomic dysfunction can be the etiological background in some portion of the dizziness and vertigo. It is uncertain whether the autonomic dysfunction can directly cause the vertigo or the autonomic symptoms are simply caused by vestibular vertigo. However, by using the well-known, non-invasive, and simple autonomic tests, causative relationship of these two systems can be more validated. In this paper, methods for the autonomic function tests and the reported evidence demonstrating the relationship between autonomic derangement and vestibular disorders are reviewed.

Research in Vestibular Science 2010;9(suppl 2):S103-S110

Key Words: Dizziness; Dysautonomia; Head-up tilt test; Autonomic function tests

서론

급성 전정질환으로 인한 어지럼에서는 오심, 구토, 침의 분비, 전신적 불쾌감, 무기력, 하품, 창백, 식은땀, 등 소화, 호흡, 심혈관계의 반응이 동반될 수 있으며 이러한 자율신경 증상의 유발은 과도한 자극에 대한 신체 방어기전의 하나로 생각된다.¹ 전정핵으로 들어오는 구심성(afferent) 신호와 내장구심성(visceral afferent) 신호가 고립핵(solitary nucleus)을 통하여 뇌줄기의 그물체(reticular formation)에서 통합되

는 전정-자율신경계의 해부학적 연결을 고려할 때 전정-자율신경계의 상호작용은 당연한 것으로 보인다.

전정계의 자극이 심혈관계, 호흡계에 작용하여 신체의 항상성(homeostasis)에 관여한다는 것은 동물 실험과 전정계 병변을 가진 환자를 대상으로 한 여러 연구에서 자율신경기능 검사법을 이용한 기능이상을 보고함으로써 증명되었다.^{2,3} 기립경검사(head-up tilt test, HUTT)는 기립에 의해서 심혈관계에 대한 부담을 줌으로써 혈압, 맥박수의 변화를 기록하는 방법으로 전정-자율신경계 상호작용에 대해 의미

있는 연구가 가장 널리 보고되었다.⁴⁻⁶

한편, 상당수의 환자에서 자율신경기능부전이 원인이 되어 직접적으로 어지럼을 초래할 수 있다는 보고가 있었으나 직접적인 원인인지에 대해서는 아직 확실치 않다.

본 고에서는 자율신경계와 전정질환의 연관성에 대한 그동안의 연구와 자율신경기능검사 방법에 대해 정리하였다.

심혈관 기능에 대한 전정계의 영향 (Vestibular effects on cardiovascular function)

기립에 의해 체위가 변동되면 일시적으로 심장으로 들어오는 정맥혈류가 감소되어 심장 충혈(cardiac filling)과 심박출량(cardiac output)이 감소될 수 있다. 이 때 자율신경계는 대동맥에 있는 대동맥체(aortic body: 미주신경의 구심성분)와 경동맥동(carotid sinus)에 있는 경동맥체(carotid body: 설인신경의 구심성분)에서 혈압의 변화를 감지하여 뇌줄기의 고립핵으로 신호를 보낸다. 고립핵은 심혈관계, 호흡계, 그리고 다른 내장성분으로부터 오는 구심성 신호를 받으며, 전정핵으로부터 체위변동에 의한 신호를 받는다.⁷ 압력수용체에서 감지한 압력이 낮을 경우 뇌줄기에서는 부교감 신경에 의하여 억제되고 있던 심장의 정맥동(sinus node)을 풀어 심박동을 증가시켜 심박출량을 늘리고, 교감신경을 활성화시켜 말초혈관의 저항성을 증가시킴으로써 혈압을 올리는데, 이러한 과정을 압력반사(baroreflex)라고 한다. 체위의 변동에 대한 신호는 시각계(visual), 체감각계(somatosensory), 전정계를 통해서 전달되는데, 전정계에서 오는 신호는 내전정핵으로 전달되어 고립핵과 등쪽 미주신경 운동핵(dorsal motor nucleus of vagus), 문측 복외측연수(rostromedial medulla)로 전달되어 전정-교감반사(vestibulosympathetic reflex)를 일으킨다.⁸ 이때 문측 복외측연수로 전달되는 신호는 세반고리관 보다는 이석수용체(otolith receptors)에서 감지된 신호가 작용하며, 이는 내전정핵의 하부와 하전정핵으로 전달된 후 고립핵으로 간다.⁹

정상인에서 기립 시에 혈압을 안정적으로 유지하는 기전은 압력반사 외에도 전정-교감신경반사(vestibulosympathetic reflex)가 작용하는데, 전정계는 우리 몸에서 체위의 변동에 대해 가장 빠른 신호를 보내며, 체위변동의 초기에 양성 피드백(positive feedback)의 기전을 통해 말초혈관을 수축시킴으로써 심장으로의 혈류량을 정상화시켜 심혈관계의 불안정성을 교정해 주는 역할을 한다.¹⁰

전정-자율신경계 연관성의 임상적 의의 (Clinical implications of vestibular-autonomic relationship)

어지럼과 자율신경계의 연관성에 관한 연구는 크게 두 가지로 요약될 수 있으며, 아직 쟁점이 되고 있는 부분이 있다. 첫째, 원인 불명의 어지럼을 호소하는 환자들 중 상당수에서 자율신경계의 기능부전이 직접적인 원인이 될 수 있는지에 대한 연구와 둘째, 전정자극이나 질환에 의해 자율신경계의 기능이상이 초래될 수 있는지에 대한 것이다. 첫째의 경우, 어지럼의 유형 중 제2형인 type II dizziness, 즉, 실신하거나 실신할 것 같은 증상이 자율신경기능 이상인 기립저혈압(orthostatic hypotension) 또는 기립불내성(orthostatic intolerance)에 의해 발생할 수 있다는 것은 당연한 것으로 보이지만, 기립저혈압에 의한 뇌간의 혈류 부전이 내이(inner ear)의 혈류부전으로 이어져 이명, 또는 현훈을 초래할 수 있는지에 대한 것은 아직 좀더 연구가 필요하다. 기립검사는 기립에 의한 심혈관계 변동성을 증명할 수 있는 간편하고, 비침습적이며, 재현성이 있는 검사로 널리 이용되고 있다. 몇몇 보고에서 원인이 밝혀지지 않은 상당수의 어지럼 환자에서 기립에 의한 의미 있는 혈압의 변동과 어지럼의 발생에 유의한 연관성을 보였고, 내이의 혈류부전을 추정할 수 있었으나 직접적인 연관성을 완전히 증명하지는 못하였다.^{4,5,11-13} 또한, 만성 어지럼 환자에 대한 연구에서 불안증과 공황발작이 있는 환자들이 자율신경기능검사에서도 이상 소견을 보이는 경우가 많다는 것이 보고되었다.¹⁴ 이 경우에도 자율신경기능의 이상이 불안증을 초래한 것인지, 불안증에 의해 자율신경의 기능이상이 발생한 것인지 아직 확실치는 않다.

메니에르병 환자를 대상으로 기립검사에 의한 혈압과 맥박수의 변화를 검사한 연구에서 현훈이 없는 시기에는 기립시에 부교감 신경계의 기능저하와 교감신경계의 억제제를 보였으나, 현훈발작이 있는 시기에 검사를 하였을 때는 교감신경계의 기능저하, 즉, 혈압이 떨어지는 양상을 보였다. 이는 자율신경 기능부전이 메니에르병에서 현훈의 발생에 연관이 있다는 것을 의미하지만 직접적인 유발요인지, 현훈에 의한 자율신경계 자극 증상인지에 대해서는 증명할 수 없었다.¹⁵ 그러나 메니에르병 환자의 일부에서 그 주된 치료인 염분식이 제한과 탈수에 의해 증상이 악화되는 경우는 메니에르병 보다는 자율신경기능부전에 의한 어지럼일 가능성이 높으며, 이 때에도 현훈과 이명이 발생할 수 있어 메니에르

병으로 오인되었을 가능성이 있다.

두 번째 쟁점인 전정질환에 의한 자율신경의 기능부전이 초래될 수 있는냐의 문제는 동물실험에서는 전정자극에 의한 교감신경성 반사가 이미 증명되었으며, 인간에서는 전정자극에 의한 심혈관계의 변화를 관찰함으로써 추정할 수 있었는데, 인간에서 전정자극으로 심혈관계의 변화를 측정하는 데는 몇 가지 어려운 점이 있다. 인간에서는 호흡에 의해 심박동 및 혈압이 변동된다는 점이 전정자극에 의한 직접적인 혈압 및 맥박의 변동을 추정하는 데 제한점으로 작용한다. 정상인에서는 전정자극에 의해 호흡수가 변화하는 것이 관찰되는데 미로가 망가진 환자에서는 이러한 현상이 관찰되지 않는다.^{16,17} 이는 전정신호가 신체의 움직임을 감지하여 호흡과 심장의 적절한 반응을 유도한다는 증거인데, 전정병변을 가진 환자에서 과호흡을 동반한 공황발작을 일으킬 수 있다는 생리적 증거가 될 수 있고, 이러한 환자에서 두부의 움직임에 의해 심박수와 호흡수가 현저히 증가하는 양상을 보인다.¹⁸ 전정자극에 의한 호흡의 변화를 배제하고 맥박의 변화가 있는 지를 연구하기 위해 메트로놈을 이용하여 호흡수를 일정하게 유지하고, Caloric 자극에 대한 심박동수의 변화를 측정하였다. 유의한 심박동수의 변화가 감지되지 않았다는 결과는 전정자극에 대한 부교감신경계의 변화가 없다는 결과이다.¹⁹ 그러나 호흡의 변화에 따른 심혈관계의 반응을 배제한 전정-심혈관 반응만을 측정하기 위한 또 다른 연구에서는 특별한 장치를 고안하여 심박동의 변화를 측정하였다. 심박동수의 증가가 관찰되었다.^{20,21} 환자를 양와위로 눕힌 상태에서 다양한 시간간격을 두고 머리를 약 10 cm 정도 아래로 수동적으로 떨어뜨려서 심전도에서 R-R 간격의 변화를 측정하여 심박수의 변화 및 잠복기를 측정하여 전정-심장 반사의 잠복기를 추정하였는데,²⁰ 정상인에는 약 500 ms 정도의 잠복기를 가지며 반응하는 심박동의 변화가 관찰되었으나 미로이상을 가진 환자에서는 이러한 반응이 관찰되지 않았다. 혈압과 말초혈류의 변화는 정상인 및 미로이상 환자에서 2~3 박동 후에 모두 관찰되었다.²¹ 이는 맥박이 전정신호를 이용하여 빠른 반응을 보이지만 혈압과 말초혈류의 변화에는 전정신호가 아닌 다른 신호를 이용한다는 것을 의미한다.

Jauregui-Renaud 등²²은 전정신경염 환자에서 자율신경 기능을 검사하여 유의한 결과를 얻었다. 전정신경염의 증상을 보인 지 48시간 안에 검사를 시행하였고 모두 반고리관의 기능 이상이 증명된 7명의 환자와 정상 대조군을 대상으로 찬물에 손을 담그는 자극과 기립자극에 의한 말초혈관의 교

감신경반응을 조사하였는데, 환자군에서 유의한 혈압의 변화를 관찰하였다.²² 이러한 변화는 2주일 후에 사라졌는데, 이는 전정신경염 후 안진의 감소와 균형이상의 감소가 사라지는 시기와 일치하므로 자율신경기능이상의 회복도 동일한 기전으로 중추신경계에 의해 보상된다는 것을 의미한다. 따라서 급성전정병이 자율신경기능부전을 초래할 수는 있으나 영구적인 이상을 초래하는 지에 대해서는 불분명하지만, 만성어지럼 환자에서 기립불내성(orthostatic intolerance)을 보일 수 있다는 점과 급성 전정병을 앓고 난 후에²³ 공황장애(panic disorder)나 불안증이 발생할 수 있다는 점 등은 전정계의 병변에 의해 자율신경기능의 만성적 이상이 초래될 수도 있다는 점을 시사한다. 이를 뒷받침하는 연구로 전정병변 후 부완핵(parabrachial nucleus)과 변연계(limbic system) 사이의 이상 연결이 발생되어 병변의 회복과정에서 불안증의 정도에 영향을 주고, 전정계, 자율신경계, 그리고 신경행동학적 반응에 기여한다는 보고가 있었다.²³

급성전정병이 일시적인 자율신경기능이상을 초래할 수 있다는 또 다른 연구로 급성체위변동성현훈(BPPV) 환자를 대상으로 하여 자율신경기능검사의 이상을 보고한 것이 있다.²⁴ 체위의 변동에 대한 구심성신호는 주로 이석기관에서 내전정핵의 하부와 하전정핵을 통하여 들어와 고립핵으로 연결되는데, BPPV에서 이석기관의 퇴행성변화에 의해 이석이 발생한다고 한다면, 이석정복술 후에도 한동안 지속되는 비회전성 어지럼과 자세불안, 체위변동에 의한 평형장애 등이 자율신경계로 가는 구심성 신호의 감소 때문일 수 있다는 것이다.²⁴

자율신경 기능검사의 종류와 의의

자율신경기능검사는 교감신경계와 부교감신경계를 따로 나누어 검사할 수 있는 방법들이 개발되었고, 임상에서 이용되고 있다(Table 1). 이러한 검사법은 자율신경계의 심혈관계, 온도조절계(thermoregulatory system), 비뇨생식계(urogenital system), 외분비계(exocrine system), 동공계(pupillary system) 등을 각각 평가할 수 있으며, 이를 통하여 각각의 기능계의 이상여부를 파악할 수 있고, 그 손상 정도와 위치를 평가할 수 있으며, 치료에 대한 반응을 평가할 수 있다.^{25,26} 대부분의 검사가 비침습적으로 손쉽고, 안전하게 시행할 수 있으며, 임상적인 연관성도 높다. 이러한 검사들 중 전정-자율신경계에 대한 연구에는 주로 심혈관계의 검사법이 이용되며, 전정-교감신경반사에 대해서는 혈압의 변동을 주로 측정하

Table 1. Tests of autonomic function

1. Sympathetic function test
1) Adrenergic function test
Beat-to-beat BP (blood pressure) recordings of the Valsava maneuver
BP and HR (heart rate) response to standing or tilt
BP to sustained handgrip
BP to mental stress
Cold pressor test
Plasma catecholamines
2) Sudomotor function test
Quantitative sudomotor axon reflex test (QSART)
Sympathetic skin response (SSR)
Thermoregulatory sweat test
Sweat imprint
2. Parasympathetic function test
1) Cardiovagal function test
Heart rate response to standing or 30:15 ratio
Heart rate response to deep breathing
Valsava ratio

고, 전정-부교감신경계 변동의 연구에는 맥박의 변화를 측정하게 되는데, 맥박의 변화는 심전도를 이용한 R-R 간격의 변화를 이용한다. 기립경 검사를 통하여 혈압과 맥박의 변화를 동시에 측정함으로써 심혈관계의 변화를 통합적으로 평가할 수 있으며, 전정질환과의 연관성을 연구할 때 가장 널리 사용된다. 이 때 수은혈압계와 심전도를 이용하여 수동적으로 측정할 수도 있으나 연속적이고, 순간적인 혈압과 맥박의 변동성을 측정하기 위해서는 비침습적으로 손가락의 혈류로써 혈압과 맥박을 측정하는 Finapres[®]를 이용한 검사가 필요하다.²⁷

자율신경 검사는 쉽고, 안전하게 시행할 수 있지만 결과를 판독하는데 있어서 정량화가 어렵고, 주위의 여러 가지 인자들에 의해서 영향을 받기 때문에 추적 검사 시 평가가 쉽지 않다. 본 고에서는 여러 검사방법 중 전정-자율신경계를 연구하는데 많이 이용되는 자율신경기능검사방법과 그 의미에 대해 정리하였다.

1. 자율신경계 검사를 위한 환자의 사전준비

자율신경계는 환경의 변화나 심리적 상태, 약물 등에 의해 영향을 받을 수 있으므로 검사하기 전 다음과 같은 점에

유의하여 시행하여야 한다.²⁷

- 1) 밤사이 금식을 하거나 적어도 3시간 전에는 금식을 한다.
- 2) 커피나 담배는 3~4시간 전부터 금지한다.
- 3) 항콜린성 약물과 반감기가 긴 교감신경계와 부교감신경계 흥분제들은 48시간 정도 전에 끊는다.
- 4) 반감기가 짧은 교감신경 흥분제들은 24시간 정도 전에 멈추게 한다.
- 5) 마약류를 포함한 소염진통제들은 검사 당일 오전에만 끊는다.
- 6) 검사 당일에는 스타킹과 코르셋을 포함한 압박성 의류는 착용하지 않는다.
- 7) 검사 전 24시간 동안은 과격한 운동을 삼가한다.
- 8) 추적검사는 이전검사와 비슷한 시간대에 시행한다.

2. 심호흡시의 심박동변이(Heart rate variability with deep breathing, HRdb)

심장에서 심박동 수의 변화는 미주신경을 통하여 이루어 지는 데, 흡기 시에는 심박동이 증가하고, 호기 시에는 심박동이 감소한다. 호흡에 의한 심박동의 변화에 대한 검사는 가장 널리 사용되는 심장의 부교감신경 기능을 평가하는 방법이다.

1) HRdb의 검사방법^{26,27}

누운 자세에서 심전도 전극을 부착하고 메트로놈 등을 이용하여 1분에 호흡을 5~6회가 되도록 호기 5초, 흡기 5초 정도로 일정하게 호흡을 시키면서 심전도의 변동을 측정한다. 현재 사용중인 대부분의 근전도 기계에서는 심전도의 R-R간격과 맥박수의 변화를 측정할 수 있는 프로그램이 포함되어 있으므로 이를 이용하거나, 심전도를 출력하여 직접 계산할 수 있다(Figure 1).

2) 판독^{26,27}

검사 결과는 분당심박동수, 호기시심박동/흡기시심박동 비율(Expiration: Inspiration, E:I ratio), 최대 심박동-최소 심박동 차이, 최대 심박동/최소 심박동 비율, 평균의 %로 표시되는 최대 심박동/최소 심박동의 변이, 평균과 표준편차, 평균적인 연속적 차이(mean consecutive differences) 등으로 나타낼 수 있다. E:I ratio는 분당 6회의 호흡주기에서 흡기시에 빨라지는 맥박과 호기시에 느려지는 맥박의 평균비를 이용하거나 한번의 호흡에서 심박동수 또는 R-R간격을 이용하여 표시할

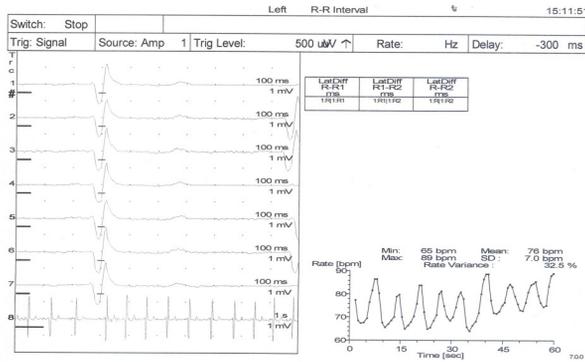


Figure 1. R-R interval variation recording by commercial EMG machine. Normal R-R interval variation with deep breathing is calculated and displayed automatically.

수 있다.

$$E:I \text{ ratio} = \frac{\text{mean of several cycles or the value of a single deep respiration}}{(\text{흡기시 심박동 평균} / \text{호기시 심박동 평균}[6 \text{회 시행 시}])} \\ = \frac{\text{흡기시 심박동}}{\text{호기시 심박동}[1 \text{회 시행 시}]}$$

정상치는 나이에 따라 다르며, 각각의 실험실에서 평균치를 구하여 이용하여야 한다.

3. 발살바 수기(Valsava maneuver)²⁶⁻²⁹

발살바수기는 40 mm Hg의 압력으로 15초 동안 압력계를 불다가 이완시키면서 심박동의 변화와 혈압을 측정하는 검사이다. 이 때 흡기와 호기, 그리고 심장혈류의 변화에 따른 혈압과 맥박의 변화를 동시에 측정함으로써 교감신경과 부교감신경계의 기능을 동시에 측정할 수 있는 방법이다. 검사는 세부적으로 4 phase로 나눌 수 있는데, 1, 2 phase는 입으로 압력계를 불면서 긴장(strain)이 유지되는 단계이고, 3, 4 phase는 긴장에서 벗어나는 단계이다.

1) 1 phase (4초): 입으로 압력계를 불기 시작하면 흉곽 내 압력이 증가되고 큰 혈관들의 압박으로 인하여 일시적으로 혈압이 증가된다. 혈압이 증가되기 시작하면 부교감신경에 의해 일시적인 서맥이 관찰된다.

2) 2 phase: 흉곽 내 긴장이 지속되면 심장으로 정맥혈의 유입이 감소하면서 심박출량과 혈압이 감소한다. 혈압이 감소되면 미주신경의 긴장이 감소하면서 심박동 수가 증가하기 시작한다. 2 phase의 시작 후 4-5초 이내에 혈압이 감소되면 압력반사에 의해 교감신경이 활성화되어 말초 혈관을

수축시키고, 혈관의 저항성을 증가시켜서 혈압이 초기 상태로 회복된다. 이 phase에서는 교감신경성 아드레날린 기능을 평가하는 단계이며, 이 후 교감신경 활동의 증가 때문에 심박동수가 더 증가한다.

3) 3 phase: 압력을 풀어놓는 것이 끝나게 되면 순간적으로 일시적으로 수 초 동안 혈압의 감소가 발생하고 심박동수는 변화하지 않는 단계이다.

4) 4 phase: 긴장을 멈추고 나서 15~20초 정도가 되면 심장으로 정맥혈의 유입이 증가하고 말초혈관이 수축되어 있는 상태에서 심박출량이 증가하여 과도하게 혈압 증가(overshoot)하는 현상을 보이는 시기로서, 이 때 혈압의 과도한 증가는 압력반사에 의해 서맥을 발생시킨다. 혈압과 맥박수는 대개 90초 정도가 지나면 초기상태로 돌아온다.

Valsava ratio (VR)는 압력반사의 민감도(baroreflex sensitivity)를 측정할 수 있는 방법 중의 하나이다. 주로 가장 빠른 심박동수를 가장 느린 심박동수로 나누어서 계산하거나 R-R 간격을 나누어서 계산한다.

$$VR = \frac{\text{maximum HR (phase II)}}{\text{lowest HR occurring within 30s of peak HR (phaseIV)}}$$

혹은 $\frac{\text{longest R-R interval in phase IV}}{\text{shortest R-R interval in phase II}}$

교감신경계에 이상이 있는 경우 2단계의 후기에 혈압이 회복되지 않거나 일정한 상태가 되지 않고, 보상성 맥박 증가를 보이지 않는다. 4 phase에서 혈압의 과도한 증가가 없이 완만하게 상승되고, 반사성 서맥이 감소되거나 소실되는 경우도 교감신경계의 이상을 의미한다.

부교감신경계에 장애가 있는 경우 4 phase에서 반사성 서맥이 감소되거나 소실된다.

혈압을 측정하지 않고 VR만으로 판독하면 2단계에 발생하는 최대심박수에 의한 영향이 크기 때문에 부교감 신경장애가 존재해도 교감신경 기능이 유지되고 있는 경우 VR이 정상일 수도 있으므로 주의를 요한다.

4. 기립경사 검사(Head-up Tilt test)²⁶⁻³⁰

기립경사 테이블을 세우면 횡경막 아래의 내장혈류(splanchnic bed), 골반, 엉덩이, 다리에 있는 정맥혈관계에 혈액의 정체가 발생한다. 이로 인하여 심방의 혈액충전이 감소하면 심장의 박출량이 감소하고, 혈압이 떨어지게 된다.

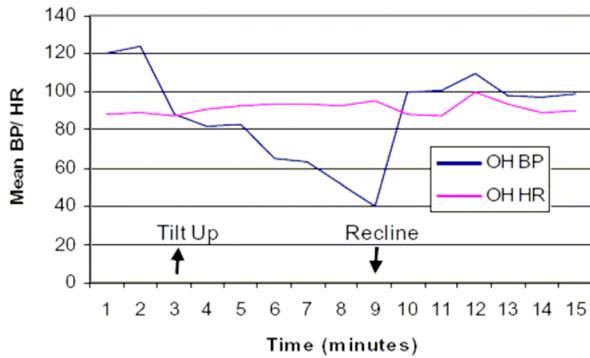


Figure 2. Head-up tilt test recording by Finapres® in the patient with orthostatic hypotension. Beat-to-beat recordings of blood pressure and heart rate are calculated and displayed automatically. Acute decline of the blood pressure without increase of heart rate are noted after tilt up from 3 to 5 minute. BP and HR are recovered promptly by reclination. OH: orthostatic hypotension, BP: blood pressure, HR: heart rate.

그러나 정상인에서는 압력반사와 미주신경 긴장의 감소를 통해 빈맥이 형성되면서 극심한 혈압저하는 발생하지 않는다.

1) 기립경사 테이블 검사방법

약간 어두운 방에 누워 안정된 상태로 20분 동안 기저 혈압과 심전도로 맥박을 측정후 테이블을 80° 정도 경사지게 기울인다. 고식적인 수은 혈압계를 이용하는 경우에는 1분마다 연속적으로 혈압을 측정한다. 비침습적 혈압 측정기인 Finapres®를 이용하는 경우에는 심박동 시마다 연속적인 혈압측정이 가능하다. 기립성 저혈압은 대개 3분 이내에 반응이 나타나기 때문에 테이블을 60~80° 기울인 후 3~5분 정도 혈압을 측정한다(Figure 2).

2) 경사테이블 검사의 임상적 응용

기립성 저혈압은 기립 후 3분 이내에 수축기 혈압이 적어도 20 mm Hg, 이완기 혈압이 적어도 10 mm Hg 이상이 감소될 경우에 진단이 가능하다.

따라서 기립성 저혈압을 검사하기 위해서는 기립 후 5분 정도까지만 검사를 하면 된다. 이와는 달리 신경심인성 실신(neurocardiogenic syncope)의 경우에는 대개 10분 정도 후부터 혈압의 저하와 함께 서맥이 관찰되기 때문에 20~60분 정도의 검사 시간이 필요하다.

음식섭취, 검사시간, 탈수의 정도, 검사실 온도, 오랫동안 누워지낸 경우(postural deconditioning), 고혈압, 약물, 성별, 나이 등이 검사 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 판독에 주의하여야 한다.

5. 지속적 근수축과 한랭에 의한 혈압의 변화

(BP response to sustained handgrip and cold immersion test)^{28,30}

지속적으로 근육을 수축시키면 혈압과 심박동이 증가하는데, 이는 운동반사(exercise reflex)에 의하여 발생한다. 검사방법은 최대근력의 30% 정도로 악력계를 쥐고 3~5분 정도 유지하고 혈압을 측정하는 데, 이 때, 이완기 혈압이 15 mm Hg 이상 상승하는 것이 정상이다. 이 밖에 찬물에 손을 담가 교감신경반응에 의해 혈압과 맥박이 상승하는 것을 이용한 검사도 이용될 수 있다.

6. 교감피부반응 검사(Sympathetic Skin Response, SSR)²⁶⁻³⁰

SSR은 전기적 자극이나 여러 가지 순간적인 자극을 통해 피부저항의 변화를 유도하고, 이로 인하여 발생하는 전류피부부반응(skin conduction response)을 측정하여 교감신경계의 콜린성땀분비기능(sudomotor function)을 평가하는 것이다. SSR의 발생 경로는 정확히 규명되어 있지 않지만 말초성 교감신경 장애뿐만 아니라, 중추의 퇴행성 질환에 의한 교감신경성 땀분비 기능을 평가하는 데도 유용하다.

대부분의 근전도 기계는 SSR을 검사하는 프로그램이 내장되어 있다. 먼저 전류 저항을 최소화하기 위하여 피부표면을 깨끗하게 닦고, 전극용 겔을 바른 뒤에 기록전극을 손바닥 혹은 발바닥에 부착하고, 기준전극을 손등과 발등에 부착한다. 이때, 방안의 온도는 22~24°C 이상을 유지하고, 불필요한 교감신경의 교란을 피하기 위해 조용하고 약간 어두운 방에서 시행하여야 한다. 피부온도는 32~36°C를 넘게 유지하고, 기침(cough), 큰 소리(loud noise), 전기적 충격(electrical shock), 피부 때리기(stroke of the skin), 기타 육체적 혹은 정신적 스트레스를 유발하는 여러 가지 자극방법을 이용하여 피부저항의 변화를 기록한다.

SSR의 모양은 양극의 위상과 음극의 위상으로 구성되는데, 음극성분의 원천은 땀샘 자체이지만, 양극성분의 원천은 아직까지 알려져 있지 않다. 파형의 모양은 대개 손에서는 삼상(triphasic)이고, 발에서는 이중상(biphasic)이지만 드물게 단상(monophasic)인 경우도 관찰된다. SSR의 진폭은 나이와 연관이 있는데, 60세 이상인 경우 발에서는 50%정도, 손에서는 73%정도가 관찰된다. SSR은 단순하고, 빠르고, 쉽게 검사할 수 있지만, 지속적이고 반복적인 검사결과를 얻기가 어렵

다. 그래서 대개는 결과를 반응의 유무로 이상을 판단한다.

결 론

동물실험 및 사람을 대상으로 한 연구에서 전정계의 자극 또는 병소는 자율신경계의 이상을 초래한다는 것은 이미 밝혀져 있다. 전정계는 자율신경계에 영향을 주어 공간에서 신체의 움직임에 대하여 적절한 생리적 반응을 유도함으로써 항상성을 유지할 수 있도록 한다. 전정-자율신경계의 상호작용에 대한 이해는 급성 전정병변에서 동반될 수 있는 심혈관계의 변화를 인지하고 대처할 수 있도록 하여주며, 전정병 후 자율신경계에 변화를 초래하여 발생하는 만성 어지럼을 감별하는 데에도 도움을 준다. 여러 전정 질환 및 비특이적 어지럼 환자의 일부 군에서 자율신경기능검사의 이상을 구명함으로써 자율신경기능부전이 어지럼을 발생시킬 수 있다는 것이 보고되었다.

현재 임상에서 사용되고 있는 자율신경기능검사는 비침습적으로 손쉽고, 안전하게 시행할 수 있으며, 임상적인 연관성도 높다. 그러나 자율신경계는 주위환경의 변화에 대해 끊임없이 대응하여 변화하기 때문에 결과를 판독하는데 있어서 정량화가 어렵고, 주위의 여러 가지 인자들에 의해서 영향을 받기 때문에 추적 검사시 평가가 쉽지 않다는 단점이 있으므로 임상적 적용에는 주의를 요한다.

자율신경기능검사 중 전정-교감신경반사에 대해서는 혈압의 변동을 주로 측정하고, 전정-부교감신경계 변동의 연구에는 맥박의 변화를 측정하게 되는데, 맥박의 변화는 심전도를 이용한 R-R 간격의 변화를 이용한다. 현재 임상에서 사용되고 있는 근전도 기계에는 대부분 자율신경기능검사를 할 수 있는 프로그램이 구비되어 있어 자동으로 맥박의 변화를 계산하여 준다. 기립경 검사는 혈압과 맥박의 변화를 동시에 측정함으로써 심혈관계의 변화를 통합적으로 평가할 수 있으며, 전정질환과의 연관성을 연구할 때 가장 널리 사용되고 있다. 연속적이고, 순간적인 혈압과 맥박의 변동을 측정하기 위해서는 비침습적으로 손가락의 혈류로써 혈압과 맥박을 동시에 측정하는 Finapres®를 이용한 검사가 이용된다. 그 밖에 발살바수기와 교감신경피부반사 등이 전정-자율신경계의 상호작용을 이해하는데 이용될 수 있다.

현재까지 어지럼 환자에서 여러 자율신경기능검사를 이용한 연구가 있어 왔으나 정확한 인과관계를 규명하는 데는 미흡하였다. 향후 어지럼 환자의 진료에 자율신경기능검사를 적용하기 위하여 더 많은 연구가 필요하다.

REFERENCES

1. Lee TK, Sung Kb. Vestibular autonomic regulation. In Dizziness. 3rd. eds. Seoul; Dankook University Press; 2007: p.75-94.
2. Furman JM, Jacob RG, Redfern MS. Clinical evidence that the vestibular system participates in autonomic control. J Vestib Res 1998;8:27-34.
3. Yates BJ, Sklare DA, Frey MA. Vestibular autonomic regulation: overview and conclusions of a recent workshop at the University of Pittsburgh. J Vestib Res 1998;8:1-5.
4. Grubb BP, Rubin AM, Wolfe D, Temesy-Armos P, Hahn H, Elliott L. Head-upright tilt-table testing: a useful tool in the evaluation and management of recurrent vertigo of unknown origin associated with near-syncope or syncope. Otolaryngol Head Neck Surg 1992;107:570-6.
5. Nozawa I, Imamura S, Hisamatsu K, Murakami Y. The relationship between orthostatic dysregulation and the orthostatic test in dizzy patients. Eur Arch Otorhinolaryngol 1996;253: 268-72.
6. Smith JJ, Porth CM, Erickson M. Hemodynamic response to the upright posture. J Clin Pharmacol 1994;34:375-86.
7. Kerman IA, Yates BJ, McAllen RM. Anatomic patterning in the expression of vestibulosympathetic reflexes. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 2000;279:R109-17.
8. Yates BJ, Miller AD. Properties of sympathetic reflexes elicited by natural vestibular stimulation: implications for cardiovascular control. J Neurophysiol 1994;71:2087-92.
9. Mori RL, Cotter LA, Arendt HE, Olsheski CJ, Yates BJ. Effects of bilateral vestibular nucleus lesions on cardiovascular regulation in conscious cats. J Appl Physiol 2005;98:526-33.
10. Wilson TD, Cotter LA, Draper JA, Misra SP, Rice CD, Cass SP, et al. Effects of postural changes and removal of vestibular inputs on blood flow to the head of conscious felines. J Appl Physiol 2006;100:1475-82.
11. Nakagawa H, Ohashi N, Kanda K, Watanabe Y. Autonomic nervous system disturbance as etiological background of vertigo and dizziness. Acta Otolaryngol Suppl 1993;504:130-3.
12. Pirodda A, Brandolini C, Carlo Modugno G. Hypotension associated with autonomic dysfunction: a possible cause of vertigo? Med Hypotheses 2004;63:1086.
13. Yang CS, Young YH. Clinical investigation on hypotensive patients with vertigo. Eur Arch Otorhinolaryngol 2006;263:804-8.
14. Staab JP, Ruckenstein MJ. Autonomic nervous system function in chronic dizziness. Otol Neurotol 2007;28:854-9.
15. Yamada M, Mizuta K, Ito Y, Furuta M, Sawai S, Miyata H. Autonomic nervous function in patients with Meniere's disease evaluated by power spectral analysis of heart rate variability. Auris Nasus Larynx 1999;26:419-26.
16. Jauregui-Renaud K, Gresty MA, Reynolds R, Bronstein AM. Respiratory responses of normal and vestibular defective human subjects to rotation in the yaw and pitch planes. Neurosci Lett 2001;298:17-20.
17. Thurrell A, Jauregui-Renaud K, Gresty MA, Bronstein AM. Vestibular influence on the cardiorespiratory responses to

- whole-body oscillation after standing. *Exp Brain Res* 2003;150:325-31.
18. **Yardley L, Gresty M, Bronstein A, Beyts J.** Changes in heart rate and respiration rate in patients with vestibular dysfunction following head movements which provoke dizziness. *Biol Psychol* 1998;49:95-108.
 19. **Jauregui-Renaud K, Yarrow K, Oliver R, Gresty MA, Bronstein AM.** Effects of caloric stimulation on respiratory frequency and heart rate and blood pressure variability. *Brain Res Bull* 2000;53:17-23.
 20. **Radtke A, Popov K, Bronstein AM, Gresty MA.** Evidence for a vestibulo-cardiac reflex in man. *Lancet* 2000;356:736-7.
 21. **Radtke A, Popov K, Bronstein AM, Gresty MA.** Vestibulo-autonomic control in man: Short- and long-latency vestibular effects on cardiovascular function. *J Vestib Res* 2003;13:25-37.
 22. **Jauregui-Renaud K, Hermosillo AG, Gomez A, Marquez MF, Cardenas M, Bronstein AM.** Vestibular function interferes in cardiovascular reflexes [corrected]. *Arch Med Res* 2003;34:200-4.
 23. **Balaban CD.** Projections from the parabrachial nucleus to the vestibular nuclei: potential substrates for autonomic and limbic influences on vestibular responses. *Brain Res* 2004;996:126-37.
 24. **Pezzoli M, Garzaro M, Pecorari G, Cena M, Giordano C, Albera R.** Benign paroxysmal positional vertigo and orthostatic hypotension. *Clin Auton Res* 2010;20:27-31.
 25. Consensus statement on the definition of orthostatic hypotension, pure autonomic failure, and multiple system atrophy. The Consensus Committee of the American Autonomic Society and the American Academy of Neurology. *Neurology* 1996;46:1470.
 26. Assessment: Clinical autonomic testing report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 1996;46:873-80.
 27. **Shields RW.** Autonomic nervous system testing. In: Levin K, Luders HO. *Comprehensive clinical neurophysiology*. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2000. p.307-24.
 28. **Low PA.** Testing the autonomic nervous system. *Semin Neurol* 2003;23:407-21.
 29. **Ravits JM.** AAEM minimonograph #48: autonomic nervous system testing. *Muscle Nerve* 1997;20:919-37.
 30. **Freeman R.** Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clin Neurophysiol* 2006;117:716-30.