

일반인에서 자율신경계 기능 평가

심영주, 정호중

고신대학교 의과대학 재활의학교실

Evaluation of Autonomic Nervous System Functions in General Populations

Young-Joo Sim, Ho-Joong Jeong

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

Abstract

Background : To evaluate the autonomic nervous system functions, sympathetic skin response (SSR) and R-R interval variation (RRIV) were tested in general persons.

Methods : The SSR and the RRIV were evaluated in 24 subjects with a mean age of 39.56 year (24 ~ 56 year). Bilateral SSRs were recorded on the palm and sole with stimulation of median and tibial nerves. The RRIVs were estimated at rest, during deep breathing and valsalva maneuver.

Results : The SSR and the RRIV were obtained from all subjects. The mean latencies of SSR recorded from both palms and soles were 1.41 ± 0.05 sec (right palm), 1.28 ± 0.03 sec (left palm), 1.80 ± 0.09 sec (right sole) and 1.75 ± 0.11 sec (left sole). The mean amplitudes of SSR were 5.98 ± 0.67 mV (right palm), 5.70 ± 0.06 mV (left palm), 3.17 ± 0.45 mV (right sole) and 2.23 ± 0.15 mV (left sole). The mean values of RRIV at rest, during deep breathing and valsalva maneuver were 1.14 ± 0.05 , 1.18 ± 0.09 and 1.27 ± 0.22 .

Conclusion : Functional status of autonomic nervous system is obtained easily with SSR and RRIV. Our results can be a useful basis of control values.

Key words : Autonomic nervous function, Sympathetic skin response, R-R interval variation

서 론

자율신경계 조절 장애는 재활치료에 장애가 되며 부정맥이나 기립성 저혈압, 척수손상 환자에서 자주 발생하는 자율신경 반사항진은 환자를 위험한 상태에 빠뜨릴 수 있다. 자율신경계 중 교감신경의 기능을 평가하는 방법에는 자세에 따른 혈압 변화, 발한검사, 교감신경 피부반응검사 등이 있으며, 부교감신경의 평가에는 자세변화와 심호흡 및 Valsalva 수기 동안의 심박간 변화를 측정하는 방법 등이 알려져 있다.¹⁾

이번 연구는 정상인에서 교감신경 피부반응검사(sympathetic skin response, SSR)와 상태 변화에 따른 심박간 변화(R-R interval variation, RRIV)를 측정하여, 교

감신경과 부교감신경의 기능을 측정함으로써 정상인의 자율신경계에 대한 평가와 기준 설정에 기여하고자 하였다.

연구대상과 방법

1. 연구대상

이번 연구는 자율신경계 및 기타 신경계의 이상소견과 당뇨병이나 신부전 등의 기왕력이 없으며 여타의 약물을 복용하지 않는 24세에서 56세의 남녀 24명(남자 8명, 여자 16명)을 연구 대상으로 하였으며, 평균 연령은 39.56 세였다(Table 1).

2. 방법

Cadwell Exel Plus (Cadwell Laboratories, Washington, USA) 를 이용하여 SSR과 RRIV을 측정하였으며 전기진단 기기는 Table 2와 같이 설정하였다. 조용하고 어두운

교신저자 : 정 호 중

주소 : 602-702, 부산광역시 서구 암남동 34번지
고신대학교 의과대학 재활의학교실
TEL : 051-990-6156, FAX : 051-241-2019
E-mail : jhjpnr@yahoo.co.kr

Table 1. Number of Subjects according to Age

Age (years)	Male	Female	Total
20~29	3	5	8
30~39	3	4	7
40~49	2	3	5
50~59	0	4	4
Total	8	16	24

Table 2. Sympathetic Skin Response and R-R Interval Variation Parameters

	SSR	RRIV
Low filtration	1 Hz	10 Hz
High filtration	500 Hz	200 Hz
Sweep speed	500 msec/div	200 msec/div
Sensitivity	1 mV/div	200 μ V/div

SSR: sympathetic skin response, RRIV: R-R interval variation

Table 3. Latency and Amplitude Values of Sympathetic Skin Response

	Right hand response	Left hand response	p	Right foot response	Left foot response	p
Latency*(sec)	1.41 $\pm$ 0.05	1.28 $\pm$ 0.03	0.23	1.80 $\pm$ 0.09	1.75 $\pm$ 0.11	0.56
Amplitude*(mV)	5.98 $\pm$ 0.67	5.70 $\pm$ 0.06	0.89	3.17 $\pm$ 0.45	2.23 $\pm$ 0.15	0.39

Values are given as mean and standard deviation.

p-value was derived from t-test.

*p<0.05: Comparison between hand and foot responses

Table 4. Values of R-R Interval Variation

Age(number)	Rest	Deep breathing	Valsalva maneuver
20 ~ 29(8)	1.13 $\pm$ 0.06	1.12 $\pm$ 0.10	1.23 $\pm$ 0.16
30 ~ 39(7)	1.19 $\pm$ 0.02	1.23 $\pm$ 0.11	1.27 $\pm$ 0.11
40 ~ 49(5)	1.11 $\pm$ 0.03	1.16 $\pm$ 0.07	1.33 $\pm$ 0.45
50 ~ 59(4)	1.13 $\pm$ 0.02	1.23 $\pm$ 0.05	1.24 $\pm$ 0.10
Total(24)	1.14 $\pm$ 0.05*	1.18 $\pm$ 0.09*	1.27 $\pm$ 0.22*

Values are given as mean and standard deviation.

*p<0.05

조명의 검사실에서 실내 온도는 24~26℃를 유지하였으며 연구대상자는 누운 자세에서 10분 이상 충분히 긴장을 풀 상태를 유지하도록 하였다.

교감신경 피부반응 검사는 양쪽 정중신경과 경골신경에 전기자극을 주는 방식으로 하여 자극 강도는 15~20 mA로, 자극 시간은 0.1 msec로 하였다. 2 channel을 이용하여 양쪽 상지와 하지에서 각각 측정하였으며 활성전극은 양쪽 손바닥과 발바닥에, 기준전극은 양쪽 손등과 발등에, 접지전극은 양쪽 전완부와 종아리 부위에 각각 부착하여 측정하였다. 교감신경 피부반응의 습성화를 피하기 위하여 1분 이상의 간격을 두고 세 번 자극 후 진폭이

가장 큰 파형을 선택하여 처음 음극상이 시작되는 지점을 기시잠시로, 음극의 정점에서 양극의 정점까지를 진폭으로 측정하였다.

심박간 변화는 세 개의 표면 전극을 이용하여 두 개는 각각 쇄골의 가운데, 한 개는 흉골부위에 부착하여 안정 시, 뒤로 반쯤 기대어 앉은 상태에서 3분간 안정한 후 최대 심호흡 시 그리고 Valsalva 수기 시에 각각 1분 이상을 기록하였으며, 25개 이상의 자취를 중첩하여 최대 심박간(a)과 최소 심박간(b)의 비(a/b)로 RRIV를 측정하였다.

이상의 측정 결과는 t 검정을 이용하여 분석하였으며 SPSS for windows(version 12.0)를 사용하였고 통계학적 유의성은 p 값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

교감신경 피부 반응은 연구대상자 모두에서 측정 가능하였다. 기시잠시는 오른쪽 손바닥에서 1.41 $\pm$ 0.05 sec, 왼쪽 손바닥에서 1.28 $\pm$ 0.03 sec로 측정되었으며, 오른쪽 발바닥에서 1.80 $\pm$ 0.09 sec, 왼쪽 발바닥에서 1.75 $\pm$ 0.11 sec로 측정되었다. 진폭은 오른쪽 손바닥에서 5.98 $\pm$ 0.67 mV, 왼쪽 손바닥에서 5.70 $\pm$ 0.60 mV로 측정되었으며, 오른쪽 발바닥에서 3.17 $\pm$ 0.45 mV, 왼쪽 발바닥에서 2.23 $\pm$ 0.15 mV로 측정되었다. 기시잠시와 진폭은 오른쪽과 왼쪽에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 기시잠시는 상지에서 측정한 값이 하지에서 측정한 값보다 유의하게 빠른 것으로 나타났고, 진폭은 상지에서 측정한 값이 하지에서 측정한 값보다 유의하게 큰 것으로 분석되었다(Table 3).

심박간 변화는 안정 시, 최대 심호흡 시, Valsalva 수기 시의 평균값이 각각 1.14 $\pm$ 0.05, 1.18 $\pm$ 0.09, 1.27 $\pm$ 0.22으로 측정되었으며 안정 시 보다는 심호흡이나 Valsalva 수기 시에 변화가 큰 것으로 측정되었으며 통계적으로 유의하였다. 그리고 연령대에 따른 측정치의 차이를 분석하여 보았으나 통계적인 유의성은 없었다(Table 4).

고 찰

심혈관 반사, 발한, 동공 반응, 장운동 및 배뇨 기능을 조절하는데 관여하는 자율신경계는 척수손상이나 뇌졸중과 같은 중추신경계 질환 및 말초 신경계 질환들에서 빈번히 기능 이상을 보인다. 이러한 자율신경계의 기능의

평가에는 지금까지 환자 증상 및 이학적 소견에 주로 의존하였고, 객관적으로 평가하는 검사로 혈압과 맥박의 변화, 호흡수 측정, 발한, 동공반응, 장운동의 변화등을 측정하는 방법들이 있다.^{2,3)} 이러한 방법으로는 정보를 구하는 데에 제한적일 수밖에 없으며,⁴⁾ 따라서 자율신경계의 기능을 정확하게 평가하기 위하여 자율 신경계의 상태를 보다 객관적으로 표시할 정량적인 검사가 필요하게 되었고, 최근 들어서는 근전도 기기를 이용한 교감신경 피부반응, 심박간 변화에 대한 평가가 이루어지고 있다. 교감신경계 기능을 객관적으로 평가하는 검사로 말초 자율신경 표면 전위(peripheral autonomic surface potential) 혹은 교감신경 피부 반응(sympathetic skin response)으로 명명된 전위의 측정이 있으며, 이 전위는 신체 내에서 발생한 다양한 자극이나 외부의 각성자극으로 교감신경계의 조절 하에 손바닥 혹은 발바닥의 땀샘이 동시에 활성화되면서 일시적으로 피부의 전위에 변화가 발생되는 것으로 생각되고 있다.⁵⁾ 교감신경 피부반응을 유발하는 자극으로는 기침, 심호흡, 놀람, 통각 혹은 말초신경에 대한 전기 자극 등이 있으며, 이중 말초신경을 전기자극하여 반응을 얻는 방법이 안정적인 반응을 유발시킬 수 있다.⁶⁾ 교감신경 피부반응에 대한 기시잠시의 측정에 Shahani등⁶⁾은 단속적인 자극을 여러 차례 나타나는 기시잠시를 측정하여 평균치를 사용하는 것이 좋다고 하였고, Baba등⁷⁾은 10여차례의 자극을 주어 나타나는 반응 5개의 평균값을 사용하는 것이 좋다고 하였고 김등⁸⁾은 3회의 자극을 주어 가장 빠른 기시잠시를 나타내는 반응을 이용하였다. 본 연구에서도 세 번 자극 후 가장 빠른 기시잠시를 선택하였다.

손바닥에서 측정된 교감신경 피부반응의 기시잠시는 오른쪽은 1.41 ± 0.05 sec, 왼쪽에서 1.28 ± 0.03 sec로 측정되어 다른 연구들의 결과와 유사한 결과를 나타내었다.⁶⁻¹⁰⁾ 발바닥에서 측정된 기시잠시는 오른쪽은 1.80 ± 0.09 sec, 왼쪽에서 1.75 ± 0.11 sec로 측정되어 김등⁸⁾의 연구 값인 오른쪽에서 1.48 ± 0.26 sec, 좌측에서 1.62 ± 0.26 sec에 비하여 길었다. 이것은 검사군의 연령 및 신장의 차이에 의한 영향이 상지보다 하지쪽이 더 크기 때문으로 생각되고, 하지 교감신경에 빠른 전도속도를 가진 유수 섬유 분포가 더 적기 때문으로도 생각된다.^{8,11)} 진폭의 크기는 내외적 환경의 변화에 민감하며 특히 개인 상태와 정서등과 밀접한 관계가 있다.^{7,12)} 본 연구에서 진폭은 오른쪽과 왼쪽 손바닥에서 5.98 ± 0.67 mV, 5.70 ± 0.60 mV, 오른쪽과 왼쪽 발바닥에서 3.17 ± 0.45

mV, 2.23 ± 0.15 mV로 측정되어 Baba등⁷⁾의 결과인 $2281 \pm 1033 \mu V$ 와, 김등⁸⁾의 결과인 오른쪽 손바닥에서 $1495 \pm 740 \mu V$, 왼쪽 손바닥에서 $2263 \pm 812 \mu V$, 오른쪽 발바닥에서 $1080 \pm 595 \mu V$, 왼쪽 발바닥에서 $1005 \pm 723 \mu V$ 에 비하여 많은 차이를 보였으며, 이것은 검사에 사용된 근전도 검사기와 개인의 피부저항, 정서 및 기술적인 문제의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

심박간의 변화는 주로 부교감신경 기능의 평가에 이용되고 있으며 이는 아트로핀을 주입하거나 동물실험에서 미주 신경을 절단한 후에 심박간 변화가 소실되는 것으로 확인되었다.^{1,13)} 심박간의 변화를 객관적으로 측정하기 위해 여러 지수가 고안되었으나, 좀더 간편하고 정확한 측정을 위하여 수작업으로 인하여 장기간의 시간이 필요하며, 지수로 나타내기 위해 복잡한 계산이 필요하여, 최근에는 근전도와 컴퓨터를 이용한 자동분석을 시도하고 있다. 여러 지수들 중에서 30:15비, Valsalva비와, 심호흡동안 가장 긴 R-R과 가장 짧은 R-R 간의 차이와 비 등이 임상에서 주로 이용되고 있다. 심호흡하는 동안의 R-R 간격이 비교적 믿을 만한 지표라는 보고가 있고,¹⁴⁾ Valsalva 호흡의 비가 척수 손상환자의 치료효과 및 질병 경과의 판정, 심부전의 screening test, 자율신경 기능이상 환자의 평가에 도움을 줄 수 있다 하였다.¹⁵⁾ 본 연구에서는 안정 시, 심호흡 시, Valsalva 수기 시에 각각 1분 이상을 기록하였으며, 25개 이상의 자취를 중첩하여 최대 심박간(a)과 최소 심박간(b)의 비(a/b)로 RRIV를 측정하였다.

Stalberg와 Nogus는¹⁶⁾ R-R의 변화가 자율신경 기능의 이상, 자율신경 수용기관에서의 민감도 감소, 노인에서 자율신경계의 몇몇 부분의 기능감소가 합쳐져 연령과 역 상관관계가 있다고 하였다. 또한 대부분의 보고들에 의하면 연령이 증가함에 따라 심박간의 변화는 감소한다고 하였다.¹⁷⁻¹⁹⁾ 그러나 본 연구에서는 연령대에 따른 심박간의 변화가 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 연구 대상의 연령분포가 고르지 않고 젊은 연령층에 주로 분포되어 있어 이러한 결과를 나타내는 것으로 보인다. 또한 본 연구에서는 안정시보다 심호흡이나 Valsalva 수기 시에 심박간의 변화가 유의하게 큰 것으로 측정되었으며 이러한 심박간 변화의 차이는 정상적인 부교감신경계의 반응에 의한 것으로 볼 수 있겠다.

결 론

정상 성인 24명을 대상으로 교감신경 피부반응 전위와 심박간 변화를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 교감신경 피부반응의 기시잠시와 진폭은 오른쪽과 왼쪽에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 하지보다 상지에서 기시잠시는 빨랐고 진폭은 컸다. 심박간 변화는 안정 시, 심호흡 시, Valsalva 수기 시의 변화가 유의한 차이를 보였으나, 연령대에 따른 차이는 없었다. 자율신경계 기능은 교감신경 피부반응과 심박간 변화를 측정하여 평가할 수 있으며, 본 연구의 결과를 정상 대조군의 측정치로 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) 손민균, 홍주형, 김봉옥, 윤승호: 척수손상 환자에서 교감신경 피부반응과 심박간 변화. 대한재활의학회지 22:1271-1278, 1998
- 2) 정희, 전세일, 박창일: 척수손상환자에서 교감신경 피부반응에 대한 연구. 대한 재활의학회지 17:5-15-524, 1993
- 3) Ravitis JM. AAEM minimonograph #48: Autonomic nervous system testing. Muscle Nerve 20:919-937, 1997
- 4) Elie B, Guiheneuc P: Sympathetic skin response: normal results in different experimental conditions. Electroenceph Clin Neurophysiol 76:258-267, 1990
- 5) Day TJ, Offerman D, Bajada S: Peripheral sympathetic conduction velocity calculated from surface potentials. Clin Exp Neurol 33:41-46, 1986
- 6) Shahani BT, Halperin JJ, Boulu P, Cohen J: Sympathetic skin response- a method of assessing unmyelinated axon dysfunction in peripheral neuropathies. J Neurol Neurosurg Psychiatry 47:536-542, 1984
- 7) Baba M, Watahiki Y, Matsunaga M, Takeba K: Sympathetic skin response in healthy man. Electromyogr Clin Neuro-physiol 28:277-283, 1988
- 8) 김종태, 조민제, 전세일: 교감신경 피부반응에 대한 전기진단적 연구. 대한재활의학회지 13:221-226, 1989
- 9) Martin CN, Reid W: sympathetic skin response. J Neurol Neurosurg Psychiatry 48:490, 1985
- 10) Soliven B, Maselli R, Jaspan J, Green A, Graziano H, Pererson M, Spire J-P: Sympathetic skin response a method of assessing unmyelinated axon dysfunction in peripheral neuropathies. J Neurol Neurosurg Psychiatry 47:536-542, 1984
- 11) Carmichael EA, Honeyman WM, Kolb LC, Stewart WK: Peripheral conduction rate in the sympathetic nervous system of man. J Physiol 99:338-343, 1941
- 12) Niakan E, Harati Y: Sympathetic skin response in diabetic peripheral neuropathy. Muscle Nerve 11:261-264, 1988.
- 13) Kunesch E, Reiners K: A simple method for the routine assessment of heart-rate variation in autonomic neuropathy. Electromyogr Clin Neurophysiol 29:293-297, 1989
- 14) 한혜연, 안경희, 나영설: 당뇨병성 신경증에서의 신경전도검사와 자율신경계 기능검사의 비교 연구. 대한재활의학회지 12:175-182, 1988
- 15) Levin AB: A simple test of cardiac function based upon the heart rate changes induced by the Valsalva maneuver. Am J Cardiol 1966:90-99, 1966
- 16) Stalberg EV, Nogues MA: Autonomic analysis of heart rate variation: method and reference values in healthy controls. Muscle Nerve 12: 993-1000, 1989
- 17) Ewing DJ, Martyn CN, Young RJ, Clarke BF: The value of the cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience in diabetes. Diabetes Care 8:491-498, 1985
- 18) Persson A, Solders G: R-R variations, a test of autonomic dysfunction. Acta Neurol Scand 67:285-293, 1983
- 19) Stalberg EV, Nogues MA: Autonomic analysis of heart rates variation: I. Method and reference values in healthy controls. Muscle Nerve 12:993-1000, 1989
- 20) 신정빈, 전중선, 하경희, 전세일: 교감신경 피부반응의 습성화에 대한 연구. 대한재활의학회지 15:10-46, 1991