

청력계의 골도진동기를 이용한 진동감각역치 측정

경북대학교 의과대학 예방의학교실

이 종 영

계명대학교 의과대학 예방의학교실

신동훈 · 이승훈 · 이무식 · 서석권

영남대학교 의과대학 예방의학교실

김 창 윤

—Abstract—

Vibration Perception Threshold Measured by a Bone Vibrator of Audiometer

Jong Young Lee

*Department of Preventive Medicine and Public Health
School of Medicine Kyungpook National university*

Dong Hoon Shin, M.D., Seung Hoon Lee, M.D.,
Moo Sik Lee, M.D., Suk Kwan Suh, M.D.

Department of Preventive Medicine, School of Medicine Keimyung University

Chang Yoon Kim, M.D.

*Department of Preventive Medicine and Public Health,
College of Medicine, Yeoungnam University*

To evaluate vibration perception threshold (VPT) by the bone vibrator of audiometer, VPT of forty healthy young adults were tested and retested after one week on their various anatomical sites at 250Hz.

Mean VPTs were distributed from 16.88 to 37.20dB and were tended to be lower in upper than lower extremities. Coefficients of variation (C.Vs) of them were ranged 14.60 to 32.37%. Correlation coefficients of VPT between test and retest after 1 week were

very high as 0.86 to 0.99 ($p < 0.01$).

This result suggests that a bone vibrator of audiometer may be useful in measuring VPT.

Key words : Vibration perception threshold (VPT), Bone vibrator, Audiometer

I. 서 론

산업장에서 신경독성 화학물질이나 물리적 요인에 만성적으로 폭로되어 발생되는 질환중의 하나가 말초신경장애이다.

말초신경장애는 사지원위부의 감각손실, 운동실조등의 증상을 나타내며 점차 근위부로 진행하여 증상이 악화되는 질환으로서(Spencer등, 1980 ; Schaumburg등, 1983), 임상증상이 나타나기 전에 진동감각의 장애가 나타나므로(Williamson, 1922 ; Nielsen, 1972 ; Bergston등, 1975) 불현성 말초신경장애의 조기진단에는 진동감각역치의 측정이 매우 유용한 검사방법으로 알려져 있다(Dyck등, 1985 ; Moody등, 1986 ; Sosenko등, 1987 ; Tchen등, 1990).

진동자극을 감지하는 정도를 정량적으로 측정하는 도구로 개발된 Optacon(Arezzo와 Schaumburg, 1980), Biothesiometer(Goldberg와 Lindblom, 1979 ; Bloom등, 1984) 등은 산업장에서 신경독성물질에 노출된 작업자들이나 당뇨병 환자의 진동감각역치를 측정하여 무증후의 말초신경장애의 조기진단을 위한 집단검진의 도구로서 이용되고 있다.

본 연구에서는 청력계의 골도청력검사에 이용되는 골도진동기가 진동감각측정기의 원리와 같이 주파수별로 일정한 진동을 일으킨다는 점에 근거하여, 이를 이용하여 진동감각역치의 측정이 가능한지를 알아보기 위하여 신체 부위별 진동감각역치를 측정하고 재검사를 통하여 그 신뢰성을 조사하였다.

II. 대상 및 방법

설문 및 면접조사를 통해 현재와 과거력상 진동감각에 영향을 미칠 수 있는 인자가 없는 20-

24세(평균 22.8) 연령의 건강한 남자 40명을 대상으로 1992년 8월에 그들의 진동감각역치를 조사하였다. 진동감각역치측정은 청력계의 골도진동기(Danac-35s, Dana Co., Japan)를 이용하여 주파수 250Hz에서 신체 각부위 견봉, 주두, 요골경상돌기, 제 1중수골두, 장골극전상부, 슬개골, 경골과, 제 1중족골두의 좌우측 16개 부위에서 각각 2회씩 측정후 그 평균값을 측정치로 하였고, 1주후 동일한 방식으로 재검사를 시행하였다.

측정방법은 대상자가 편안하게 앉은 자세로 상의와 양말을 벗어 한 후 청력제의 골도진동기를 측정부위의 측정 점의 피부에 최소한의 압력으로 가볍게 수직으로 대고, 검사하기 전에 강도를 최대한으로 한 자극을 주어 대상자가 자극에 익숙하도록 하였으며, 시각적인 영향을 제거하기 위하여 강도의 조작과정을 보이지 않게 하고, 강도를 OdB에서부터 서서히 증가시키면서 대상자가 진동을 느끼기 시작하는 순간의 값을 진동감각역치로 하였다. 측정시의 환경은 특별한 제한은 없었으며 조용한 방에서 낮시간에 실시했다.

자료분석은 검사와 재검사 간의 상관성을 Pearson 상관계수로 구했으며 SPSS/PC+프로그램으로 통계처리 하였다.

III. 결 과

신체 각 부위별 평균 진동감각역치는 Table 1에서와 같이 측정부위에 따라 차이를 나타내고 있으며, 좌측 견봉부위에서 16.88dB로 가장 낮았으며 우측 제 1중족골두 부위에서 36.95dB로 가장 높게 나타났고, 하지가 상지보다 높은 경향이 있고, 견봉, 요골경상돌기, 제 1중수골두, 제 1중족골두에서는 우측이 좌측보다 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.05$). 변이계수는 신체부위에 따라 다양하게 나타나고 있으며, 우측주두 14.

Table 1. The vibration perception thresholds at 250Hz measured by bone vibrator of audiometer

(Unit=dB)

	Mean±S.D.		Mean Difference
	Test	Retest	
Acromion			
Left	16.88±4.15* (24.56)	17.18±3.92 (22.82)	0.30
Right	18.35±2.27 (15.20)	18.08±2.80 (15.49)	0.28
Olecranon			
Left	20.63±3.78 (18.32)	20.88±3.65 (17.48)	0.25
Right	21.58±3.15 (14.60)	21.68±3.18 (14.67)	0.10
Radius styloid process			
Left	24.23±4.57* (18.86)	24.15±5.01* (20.75)	0.08
Right	27.00±5.21 (19.30)	27.40±5.74 (20.95)	0.40
1st metacarpal head			
Left	21.35±4.68* (21.92)	21.83±4.80* (21.99)	0.48
Right	22.98±3.88 (16.88)	23.45±3.86 (16.46)	0.48
Anterior superior iliac spine			
Left	31.10±6.30 (20.26)	31.18±6.44 (20.65)	0.08
Right	32.58±6.44 (19.77)	32.58±6.40 (19.64)	0.00
Patella			
Left	35.35±9.06 (25.63)	35.20±9.21 (26.16)	0.15
Right	35.33±8.13 (23.01)	35.28±8.01 (22.70)	0.05
Medial malleolus			
Left	33.78±9.88 (29.25)	34.58±9.98 (28.86)	0.80
Right	34.45±11.15 (32.37)	35.08±11.37 (32.41)	0.62
1st metatarsal head			
Left	34.83±6.97* (20.01)	35.23±7.21* (20.47)	0.40
Right	36.95±6.49 (17.56)	37.20±6.83 (18.36)	0.25

*: p<0.05, comparison between left and right

(): Coefficient of variation

Difference : difference of the vibration perception threshold between test and retest after 1 week.

6%, 우측 견봉 15.26%, 우측 제 1중수골두 16.88%, 우측 제 1중족골두 17.56%로 비교적 변이 정도가 낮았으나, 우측 경골과는 32.37%로 높게 나타났고, 하지의 변이계수가 상지보다 높은 경향이었다. 첫 검사와 재검사간의 진동감각역치의 차이의 평균은 측정부위별로 0에서 0.8dB의 범위로 1dB 미만이었다.

신체 각 부위별 검사-재검사간의 상관계수는 Table 2에 나타난 바와 같이 좌우측 모두에서 0.86에서 0.99로 높은 상관성을 보였고, 이를 모두 통계적으로 유의하였다(p<0.01).

Table 2. The correlations of the vibration perception threshold between test and retest at left and right extremities

Site	Extremity	
	Left	Right
Acromion	0.95**	0.92**
Olecranon	0.95**	0.91**
Radial styloid process	0.96**	0.94**
1st metacarpal head	0.98**	0.86**
Anterior superior iliac spine	0.95**	0.97**
Patella	0.96**	0.98**
Medial malleolus	0.98**	0.99**
1st metatarsal head	0.96**	0.97**

**: p<0.01

IV. 고 칠

본 조사는 청력계의 골도진동기를 이용한 진동감각역치 측정이 말초신경장애 정도를 정량적으로 측정할 수 있음을 보여주고 있다.

말초신경장애를 평가하기 위해서 진동자극의 인지 정도를 측정하는 것이 임상적으로 유용하고 그 신뢰성이 높으며, 진동자극의 주파수는 신경기능의 감소를 나타내는 최초의 감각검사로서 256Hz 진동자극의 인지변화가 신뢰성이 높은 것으로 알려져 있으며(Dellon, 1980; Phillips 등; 1987), Bergstrom 등(1975), Arezzo와 Schaumburg(1980)가 230Hz 진동 주파수를 가진 Optacon을 이용하여 신경독성 물질에 노출된 작업자의 감각손실의 조사에 유용성을 보고하고 있어, 본 조사에서는 진동자극 주파수를 250Hz로 하여 진동감각의 역치를 측정하였다. 그러나 60에서 100Hz의 범위를 가진 Biothesiometer를 이용한 보고가 있으므로(Goldberg와 Lindblom, 1979; Bloom 등, 1984; Williams 등, 1988; Armstrong 등, 1991) 진동 주파수별 진동감각역치 변화에 대한 연구가 추후에 있어야 하겠다.

진동감각역치는 표준화된 제한법에서는 진동감각인지역치와 진동감각소실역치를 측정하여 두 측정치의 평균값으로 정하고 있으나, 진동감각인지역치의 분산정도가 진동감각소실역치보다 적고 진동감각소실역치는 피검자가 진동감각의 소실되는 순간을 결정하기 어렵고 불명확하기 때문에 진동감각인지역치만으로 진동감각역치를 정하는 것이 대부분의 경우에서 충분하다고 설명하고 있어(Goldberg와 Lindblom, 1979), 본 조사에서는 진동감각인지역치를 측정하여 이를 진동감각역치로 정했다.

조사 대상자 선정시 진동감각역치에 영향을 미친다고 보고되고 있는 요인 중 사회인구학적인 요인으로 연령이 관련성이 있고, 교육수준이 높을수록 협조가 잘 되어 진동감각역치가 높게 나타난다고 보고하고 있어(Arezzo와 Schaumburg, 1980; Bloom 등, 1984; Wiles 등, 1990; Armstrong 등, 1991; Michele 등, 1991), 연령과 교육수준의

영향을 제거하기 위하여 대상자를 남자 연령 20세에서 24세의 평균연령 22.8세, 교육기간 12년에서 16년으로 평균 13.68년의 교육수준이 높은 집단을 선정했다.

Goldberg와 Lindblom(1979), Williams 등(1988)은 Biothesiometer를 이용해 측정한 진동감각역치가 해부학적인 위치에 따라 많은 차이가 있었으며, 이러한 차이는 측정부위별 신체적 특성에 따른 조직의 왜곡효과에 의해 나타난다고 설명하고 있다. 본 조사에서의 결과 또한 측정부위에 따라 차이를 나타내고 있어 위에서 설명한 신체조직의 특성이 잘 반영된 것이라 생각되며, 측정부위중 상지보다는 하지에서 높은 진동감각역치를 나타내는 경향은 Bloom 등(1984)과 윤재영 등(1991)이 Biothesiometer를 이용해 측정한 보고와 일치하고 있다.

좌, 우측의 진동감각역치 비교는 견봉, 요골경상돌기, 제 1중수골두, 제 1중족골두에서는 우측이 좌측보다 유의하게 높았으며, 이외 다른 측정부위 또한 통계적으로 유의하지는 않지만 우측이 높았다. 이러한 결과는 Barach(1947), Daniel 등(1977)이 신체의 좌측이 우측보다 더 민감하기 때문에 우측이 높게 나타난다고 설명하는 것으로 해석되어질 수 있으며, 남자에서 좌, 우측의 차이는 아마 직업적인 영향이 있을 수 있다는 보고도 있다(Wiles 등, 1990). 좌, 우측의 진동감각역치 차이에 대해서는 아직도 완전히 규명되지 못한 상황이므로 계속적인 연구가 있어야 할 것이다.

본 검사법의 변이계수는 최소 14.6에서 최대 32.37%까지 측정부위에 따라 다양하게 분포하고 있으나 Armstrong 등(1991)이 Biothesiometer를 이용하여 측정한 진동감각역치의 변이계수도 측정부위에 따라 21에서 30% 사이에 분포하고 있었고, 경골 29.7%과 엄지 발가락 20.8%를 비교해 보면, 본 조사의 경골에서 좌, 우측 각각 29.25%, 32.37%, 제 1중수골두에서 좌, 우측 각각 20.01%, 17.56%로 거의 비슷한 변이계수를 나타내고 있다. Optacon을 이용한 Bleeker(1986)의 조사 그리고 30Hz의 소리굽쇠에 의한 측정치(Cherniack 등, 1990)와의 비교시에서도 변이가

신체부위에 따라 적거나 비슷한 것으로 나타났다.

진동역치를 측정함에 있어 많은 오차가 발생할 수 있다. 측정부위의 온도, 피부의 두께, 진동기를 측정부위에 적용시킬 때의 압력 그리고 심리적, 신체적 상태, 개인간 및 측정시간적인 차이 등이 있다(Fagius와 Wahren, 1981). 이러한 많은 제한점에도 불구하고 본 조사에서는 첫 검사와 일주일 후에 실시한 재검시간에 상관계수 0.86에서 0.99로 높은 반복성을 얻었다. 이는 앞으로 청력계의 골도진동기를 이용한 진동감각역치의 측정이 가능할 수 있는 것임을 보여주는 것으로 생각되며, 말초신경계 질환을 일으키기 쉬운 산업장의 유해물질 폭로 작업자에게 적용하면 고가의 진동감각역치 측정계의 대용으로 이용되어질 가능성이 있을 것으로 생각된다.

청력계의 골도진동기를 이용한 진동감각역치 측정법은 비침입적이며, 유해성이 없어 피검자가 혐오성 없고 검사요원이 쉽게 빨리 숙달할 수 있다. 또한 간편하여 휴대가 가능하기 때문에 산업장과 같은 현장에서 즉각적으로 측정이 가능하다는 장점외에 고가의 진동감각역치 측정계의 대용으로 기존의 청력계의 골도진동기를 활용할 수 있어 경제적이라 할 수 있을 것이다.

V. 요 약

청력계의 골도진동기를 이용하여 말초신경장애 증상이 없는 건강한 20대 남자를 대상으로 신체 각 부위의 진동감각역치를 측정하여 그 신뢰성과 이용 가능성에 대해 조사하였다.

각 신체 부위별 진동감각역치 측정치는 평균 16.88에서 36.59dB로 다양하게 분포하였고, 좌, 우의 차이는 우측에서 유의하게 높거나($p<0.05$) 높은 경향이었다. 그들의 변이계수는 14.6에서 32.37%였다. 검사와 재검사간의 상관성은 상관계수 0.86에서 0.99 사이로 높은 상관성을 보였다($p<0.01$).

청력계의 골도진동기를 이용한 진동감각역치 측정은 진동감각의 장애를 정량적으로 평가하는데 유용할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 윤재영, 정동진, 최종상, 안재수, 장현주, 정민영, 이태희 : 당뇨병성 말초신경장애에서의 vibratory perception threshold threshold. 대한내과학회지 1991 ; 41 (4) : 496-504.
- Arezzo JC, Schaumburg HH : The use of the Optacon as a screening device. A new technique for detecting sensory loss in individuals exposed to neurotoxins. J Occup Med 1980 ; 22 (7) : 461-464.
- Armstrong FM, Bradbury JE, Ellis SH, Owens DR, Rosen I, Sonksen P, Sundkvist G : A study of peripheral diabetic neuropathy. The application of age-related reference values. Diabetic Medicine 1991 ; 8 : S94-S99.
- Barach JH : Test for quantitative vibration in diabetes, pernicious anaemia and tabes dorsalis : diagnostic and prognostic value. Arch Intern Med 1947 ; 79 : 602-613.
- Bergstrom J, Lindblom U, Norre LO : Preservation of peripheral nerve function in severe uremia during treatment with low protein high calorie diet and surplus of essential aminoacids. Acta Neurol Scand 1975 ; 51 : 99-109.
- Bleecker ML : Vibration perception thresholds in entrapment and toxic neuropathies. J Occup Med 1986 ; 28 (10) : 991-994.
- Bloom S, Till S, Sonksen P, Smith S : Use of a biothesiometer to measure individual vibration thresholds and their variation in 519 non diabetic subjects. Br Med J 1984 ; 288 : 1793-1795.
- Cherniack MG, Letz R, Gerr F, Brammer A, Pace P : Detailed clinical assessment of neurological function in shipyard workers. Br J Ind Med 1990 ; 47 : 566-572.
- Daniel CR, Bower JA, Pearson JE, Holbert RD : Vibrometry and uraemic neuropathy. Southern Med J 1977 ; 70 : 1311-1313.
- Dillon AL : Clinical use of vibratory stimuli to evaluate peripheral nerve injury and compression neuropathy. Plast Reconstr Surg 1980 ; 65 (4) : 466-476.
- Dyck PJ, Karnes JL, Daube J, Obrien P, Service FJ : Clinical and neuropathological criteria for the diagnosis and staging of diabetic polyneuropathy. Brain 1985 ; 108 : 861-880.
- Fagius J, Wahren LK : Variability of sensory threshold determination in clinical use. J Neurol Sci 1981 ; 51 : 11-27.
- Goldberg JM, Lindblom U : Standardised method of de-

- termining vibratory perception thresholds for diagnosis and screening in neurological investigation.* *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1979; 42 : 793-803.
- Michele GD, Fillia A, Coppola N, Bisogno A, Trombetta L, Santorelli F, Campanella G: *Influence of age, gender, height and education on vibration sense. A study by tuning fork in 192 normed subjects.* *J Neurol Sci* 1991; 105 : 155-158.
- Moody L, Arrezo J, Otto D: *Screening occupational population for asymptomatic or early peripheral neuropathy.* *J Occup Med* 1986; 28 (10) : 975-986.
- Nielson VK: *The peripheral nerve function in chronic renal failure IV. Analysis of vibration perception threshold.* *Acta Med Scand* 1972; 191 : 287-296.
- Phillips JH, Mackinnon SE, Beatty SE, Dellon AL, Obrien JP: *Vibratory sensory testing in acute compartment syndromes: A clinical and experimental study.* *Plast Reconstr Surg* 1987; 79 (5) : 796-801.
- Schaumburg HH, Spencer PS, Thomas PK: *Disorders of peripheral nerve, Philadelphia, FA Davis and Co., 1983.*
- Sosenko JM, Gadia MJ, Natori N, Ayyar DR, Ramos LB, Skyler JS: *Neurofunctional testing for the detection of diabetic peripheral neuropathy.* *Arch Intern Med* 1987; 147 : 1741-1744.
- Spencer PS, Couri D, Schaumburg HH: *N-hexane and methyl n-butyl ketone: experimental and clinical neurotoxicology, Baltimore, Williams & Wilkins, 1980,* 456-475.
- Tchen PH, Chiu HC, Fu CC: *Vibratory perception threshold in diabetic neuropathy.* *Taiwan I Hsueh Hui Tsa Chih* 1990; 89 : 23.
- Wiles PG, Pearce SM, Rice PJS, Mitchell JMO: *Reduced vibration perception in right hands of normal individuals-an acquired abnormality?* *Br J Ind Med* 1990; 47 : 715-716.
- Williams G, Gill JS, Aber V, Mather HM: *Variability in vibration perception threshold among sites: a potential source of error in biothesiometry.* *Br Med J* 1988 : 296-233-235.
- Williamson RT: *The vibrating sensation in disease of the nervous system.* *Am J Med Sci* 1922; 164 : 715-727.