

설문과 비침습적 검사를 통하여 심혈관계 건강 정도를 알려주는 심혈관지수의 개발

Development of a Cardiovascular Index That Estimates Cardiovascular Health Degree by Survey and Noninvasive Examination

이종선^{1,✉}, 정인욱²
Chong Sun Lee^{1,✉} and In Wook Chung²

¹ 한동대학교 기계제어공학부 (College of Mechanical & Control Engineering, Handong Global University)

² 한동대학교 선린병원 가정의학과 (Department of Family Medicine, Sunlin Hospital)

✉ Corresponding author: cslee@handong.edu, Tel: +82-54-260-1393

Manuscript received: 2013.8.6 / Revised: 2014.1.20 / Accepted: 2014.4.9

An index was developed that estimates cardiovascular health degree with easily available physiological information such as survey and noninvasive measurement. The survey score was calculated by utilizing questions related to personal disease history, self-feeling, and management state. The measurement score was calculated using physiological parameters such as blood pressure, accelerated plethysmograph(APG), and heart rate variability(HRV), and augmentation index(AI). In order to evaluate effectiveness of the cardiovascular index and modify weighting factors used in each item, a clinical trial was done in a general hospital. The cardiovascular index showed a clear correlation of 0.685 with the doctor's score on the cardiovascular health degree. The correlation between the self-estimated score and doctor's score was as low as 0.217. The large gap between these two scores demonstrated necessity of more objective tools like the cardiovascular index. The cardiovascular score showed a significant difference between normal persons and patients suffering hypertension or diabetes. (p=0.000).

Key Words: Cardiovascular Health Index (심혈관지수), Physiological Measurement (생리학적측정), Survey Questions (설문), Clinical Study (임상실험)

1. 서론

현대사회에서는 인간의 수명이 길어지고 식습관과 생활습관으로 인한 성인병의 위험요소들이 증가함에 따라 건강에 대한 관심이 크게 높아지고 있다. 만일, 개인의 건강상태를 일상생활 중에서 측정할 수 있는 적절한 도구가 출시된다면 질병 예방 차원과 치료 비용 측면에서 큰 도움이 될 것이다. 본 연구에는 개인이 스스로 특정 설문에 대한 응답과 비침습적인 검사기기를 사용한 측정을

실시하고, 그 결과를 통해 심혈관계 건강 정도를 판단해 주는 도구의 개발을 목적으로 수행되었다.

심혈관 관련 생체정보를 바탕으로 특정 질병을 예측하고 진단하는 연구의 대표적인 예는 미국의 보스턴 대학에서 진행된 프래밍(Framingham) 연구이다. 프래밍 연구 가운데 심장병과 관련된 위험요소들을 이용한 심장병 예측 방법도 있었는데 이는 관상동맥질환을 예측하기 위해 혈압, 총 콜레스테롤, LDL콜레스테롤, HDL콜레스테롤 등의 위험인자 등과 나이, 당뇨, 흡연 정도 등을 고려하여

심장병 예측 지표를 개발한 것이며 의사가 이로부터 관상동맥질환을 예측할 수 있도록 한 것이었다.¹

이와 관련된 프레밍 지수는 혈액검사를 필요로 하기 때문에 병원을 방문해야 하고 의사의 문진을 받아야 하므로 자가 진단기구는 아니다. 본 연구에서는 심혈관계 건강 정도를 나타낼 수 있는 지표로서 심혈관지수를 정의하였다. 심혈관지수를 산출하기 위하여 비침습적으로 측정할 수 있는 생리학적인 변수들과 심혈관계 건강과 관련된 설문세트를 구성하고, 이 자료로부터 심혈관지수값을 산출할 수 있는 기준을 만들었다. 본 연구가 지향하는 최종적인 목적은 비침습적인 측정과 간단한 설문 수행할 수 있는 포터블 바이오체크유닛(bio-check unit)²을 개발하여, 일반인들이 병원에 가지 않고 일상생활 중에서 심혈관 건강 정도를 체크하고 건강관리에 도움을 받을 수 있는 시스템을 구현하는 것이다. 그 최종적인 목적을 위하여 본 논문에서는 심혈관지수를 개발하였고, 심혈관지수값의 유효성을 판단하기 위하여 임상실험을 실시하고 그 결과를 분석하였다.

본 연구의 선행 연구로서, 2008년 안산 청록한방병원에서 40여명의 중풍환자, 간병인 및 보호자를 대상으로 심혈관지수 연구를 실시 하였다.³ 이 연구에서는 생리학적 측정 정보로서 혈압, 혈관노화도, 심박수변이도, 맥진과의 강도를 조합하여 사용하였고, 심혈관 건강 관련 설문지를 개발하여 사용하였다. 이 연구는 피검자의 숫자가 적고 환자를 대상으로 하였으므로 다수의 일반인을 대상으로 하는 심혈관지수 연구의 필요성이 대두되었다.

본 연구에서는 위 선행연구에서 활용된 건강지수치의 설문 및 측정 정보의 내용과 가중치를 전문가의 면밀한 검토와 의견을 바탕으로 수정하였고, 피검인원을 크게 늘려서 364명의 일반인을 대상으로 임상실험을 실시하였다.⁴ 또한, 2008년의 연구에서는 심혈관지수와 절대기준과의 상관관계를 분석하지 않았으나, 이번 연구에서는 가정의학과 전문의가 판단한 심혈관 건강 점수를 절대기준으로 설정하여 심혈관지수와 의사판단점수 사이의 상관관계를 분석하여 개발하고자 하는 심혈관지수(Cardiovascular Health Index)의 유효성을 평가하였다.

2. 방법

2.1 심혈관지수의 계산 방법

심혈관지수는 측정항목들과 설문항목들에 대하

여 점수를 매기고 각 항목의 중요도에 따라 가중치를 부여하여 총 100점 만점으로 산출된다. 측정에는 혈압, 가속도맥파(APG; Accelerated Photoplethysmograph), 심박수변이도(HRV; Heart Rate Variability), 맥진과강도(AI; Augmentation Index) 등의 4가지 심혈관 관련 측정치가 사용 된다. 먼저, 혈압은, NIH/WHO 기준에 의한 고혈압 분류와 프레밍스코어에서 활용하는 고혈압 분류를 반영하여 점수를 산출하였다. 혈압의 범위를 다섯 단계로 나누고 정상 값(수축기 혈압 129이하, 이완기 혈압 84 이하)에서 벗어날수록 점수를 낮추는 방법으로 점수화하였다(정상 혈압 100점, 경계 혈압 75점, 약한 고혈압 50점, 중간 고혈압 25점, 고도 고혈압 0점).

가속도맥파는 왼손 검지손가락에 PPG센서를 감아 혈관용적맥파(PPG; Photoplethysmograph)를 측정하고 이를 두 번 미분하여 계산 된다. 가속도맥파 파형 내에 존재하는 5개 피크 점이 정상 파형(A 파형)에서 벗어난 정도가 혈관노화도를 의미한다는 Takazawa et al.의 논문을 근거로 6종류의 파형으로 분류하여 점수를 산출 하였다.^{5,6} (A형 100점, B형 80점, C형 60점, D형 40점, E형 20점, F형 0점)

심박수변이도는 심장박동수의 주파수 영역 해석 값이 정상 범위(저주파 영역 스펙트럼 적분 값 6.00~8.06, 고주파 영역 스펙트럼 적분 값 4.00~7.23)^{7,8}에서 벗어난 정도에 비례하여 점수를 낮추는 방식으로 점수화 하였다. 심박수변이도의 저주파 영역 적분 값이 정상 범위에서 벗어나면 긴장으로 인한 자율신경계의 항진 또는 피로로 인한 자율신경계의 위축을 나타낸다고 알려져 있다. 또한 고주파 영역 적분 값은 부정맥 빈도와 면역 저하와 관계 있는 것으로 알려져 있다.^{9,10}

손목에 착용하는 맥진센서로부터 측정되는 맥진과 강도는 혈관 긴장도를 나타내는 값으로 알려져 있다.¹¹ 본 연구에서는 정상 범위인 65~85 보다 높은 정도를 5등급으로 나누어 정상 범위에서 벗어날수록 점수를 낮추는 방법으로 점수화 하였다.

본 연구에서는 심혈관계 건강 정도를 체크할 수 있는 적절한 설문항목을 선정하기 위하여 가정의학과, 심장내과 전문의 및 의료기기 개발자 그룹의 면밀한 검토 과정을 가졌다. 그 결과, Table 1에 도시된 것과 같이 심혈관계 병력 4개(고혈압, 당뇨, 심장병, 가족력), 관리상태 6개(비만, 술, 담배, 운동, 식습관), 자각증상 8개(심혈관, 호흡, 머리, 스트레스 등) 등의 총18가지 질문을 선정하였다. 측정항목과 설문항목을 선택하는 작업뿐 아니

Table 1 Questions employed in cardiovascular survey

Survey questionnaire	Category	Number of answers
Do you have heart disease such as angina pectoris or cardiac infarction?	Disease history	2
Do you have diabetes?	Disease history	2
Do you have hyperlipemia?	Disease history	2
Heart disease such as angina pectoris or cardiac infarction among your family?	Family disease history	2
Obesity (waist size: male above 35.5 inch, female above 31.5 inch)	Management	2
Exercise regularly	Management	3
Do you smoke?	Management	3
Do you drink alcohol in moderation or do not drink alcohol?	Management	3
Do you often have snacks and late night meals?	Management	3
Do you like food salty and greasy?	Management	3
Heart throb occasionally and pulse is uneven.	Symptoms-arrhythmia	3
Sometimes feel heavy heart and heart pain comes	Symptoms-heart	3
Is short of breath after moving a little or climbing just one story	Symptoms-heart	3
Often wake up in the middle of a sleep due to shortness of breath	Symptoms-heart	3
Feel dizzy and have sore neck and shoulder without any reason	Symptoms-cerebrovascular	3
Often feel numbness of arm and leg	Symptoms-cerebrovascular	3
Feel flushed	Symptoms-stress	2
Have headache	Symptoms-stress	2

Table 2 Reference for doctor's score

Item	A(100point)	B(75point)	C(50point)	D(25point)	E(0point)
Blood pressure	~119/79	120/80 ~ 139/89	140/90 ~ 159/99	160/100~ or under treatment	
Total cholesterol	~199	200~240	240~		
HDL	40~		~39		
Blood glucose	~99		101~125	126~179	180~ or under treatment
BMI	~24.9	25.0~29.9	30.0~		
Others	within normal limit	waist size: men: 36"~ women: 34"~		atrial fibrillation or flutter	angina, myocardiac infarction, heart failure, stroke

라 4개 측정항목과 18개 설문항목의 중요도를 나타내는 각 항목 점수의 가중치 값이 심혈관지수의 유효성에 핵심적인 역할을 하게 되므로 연구 초기에는 전문가 그룹(가정의학과 및 심장내과 전문)의 의견을 반영하여 가중치를 결정 하였다(Table 5의 1안). 그 후, 다음절에서 설명되는 임상실험 결과에 대한 상관관계 및 다중회귀분석을 활용하여 가중치의 수정안을 제안하였다(Table 5의 2안과 3안).

2.2 임상실험의 실시

개발된 심혈관지수의 유효성을 평가하고 설문과 측정항목의 가중치를 조정하기 위해 포항 소재

1개 종합병원 건강증진센터에서 5주 동안 임상실험을 실시하였다.⁴ 신체검사를 받으러 오는 사람 중에서 자원자 364명을 선발하여 본 연구에서 추구하는 설문지에 답하도록 하였다.

혈압은 병원에 비치된 자동혈압기를 사용하여 측정하였고, 심박수변이도와 가속도맥파의 측정을 위해 IEMBIO(주)의 Canopy7을 활용하였으며, 맥파의 혈관긴장도 분석을 위해 대요메디(주)의 DMP-3000을 사용하였다.

검사는 점심 식사 이전인 10시부터 13시 사이에 시행하였고, 오전에 공복 상태가 아니거나 전날 술을 마신 경우는 검사 대상에서 제외하였다.

Table 3 Correlation coefficients between cardiovascular score items (N=362)

	Survey score	Measurement score	Total score	Framingham score	Doctor's score	Self score	Blood pressure score	AI score	APG score
Measurement score	0.326								
Total score	0.780	0.846							
Framingham score	-0.498	-0.557	-0.650						
Doctor's score	0.610	0.515	0.685	-0.613					
Self score	0.314	0.106	0.247	-0.144	0.217				
Blood pressure score	0.222	0.910	0.727	-0.456	0.422	0.088			
AI score	0.067	0.427	0.310	-0.201	0.093	0.041	0.210		
APG score	0.299	0.575	0.550	-0.367	0.369	0.091	0.222	0.348	
HRV score	0.369	0.373	0.455	-0.470	0.394	0.059	0.167	0.144	0.318

Table 4 Correlation coefficients between cardiovascular survey items and doctor's score, Framingham score, and self score (N=362)

Item	Heart disease	Diabetes	Hyperlipemia	Family disease history	Obesity	Exercise	Smoke	Alcohol	Snack
Doctor's score	0.250	0.529	0.299	-0.015	0.311	-0.181	0.106	0.137	0.016
Framingham	-0.125	-0.462	-0.186	0.072	-0.250	0.154	-0.316	-0.147	-0.072
Self score	0.172	0.170	0.168	0.073	0.073	-0.024	0.109	0.133	0.057
Item	Salty and greasy food	Heart throb	Heart pain	Short of breath during climbing	Short of breath during sleeping	Sore neck and shoulder	Numbness of arm and leg	Feel flushed	Headache
Doctor's score	-0.066	0.072	0.030	0.103	0.075	-0.003	0.102	0.010	-0.099
Framingham	0.048	0.021	0.009	-0.106	-0.071	0.089	-0.026	0.013	0.092
Self score	0.126	0.297	0.253	0.257	0.155	0.242	0.212	0.155	0.104

개발된 심혈관지수의 유효성을 판단하기 위해 산출된 지수의 값과 가정의학과 전문의의 판단점수를 비교하였다. 이를 위하여, 심혈관지수 산출에는 필요 없지만, 심전도 및 혈액검사를 실시하여 가정의학과 전문의의 판단을 돕도록 하였다. 전문의의 판단점수(이하 의사 판단점수)는 피검자의 측정 결과와 면담 내용을 근거로 심혈관계 건강을 5 등급화 하여 산출하였다. Table 2에 가정의학과 전문의의 판단 점수의 대략적인 기준을 도시하였다. 정상인 경우, A등급에 해당되는 100점을 부여하였고, 혈압과 콜레스테롤이 경계치에 있는 경우에는 B등급, 위험수준에 있거나 당이 경계치에 있는 경우에는 C등급을 주었다. 혈압 또는 당이 상당히 높은 경우와 심혈관 질병이 진단된 경우에는 정도에 따라 D, E등급을 부여하였다. 본 연구에서는 나이에 따른 심혈관지수의 변화를 관찰하고자 하는 목적을 갖고 있으므로 남녀 연령대별(20대, 30대, 40대, 50대, 60대 이상) 유효 피험자 수를 각각 30

명 이상으로 하여 총 364명이 임상실험에 참여하였다. 이 중에서 질문에 불성실하게 응답한 2명을 제외한 362명에 대해 SPSS프로그램을 활용하여 통계분석을 실시하였다.

3. 결과

3.1 상관관계분석을 통한 가중치 결정

Table 3에는 심혈관지수의 각 항목 사이의 상관관계를 도시하였다. 의사판단점수와 심혈관 설문점수, 측정점수, 총점 사이의 상관계수는 0.610, 0.515, 0.685로서 뚜렷한 상관관계를 보였다. 의사판단점수와 혈압점수, APG점수, HRV점수와의 상관계수는 약 0.4를 나타내었으나 AI와의 상관계수는 0.1 정도에 불과한 것으로 나타났다. 프레밍스코어와 심혈관 설문점수, 측정점수, 총점(심혈관지수) 사이의 상관계수는 -0.498, -0.557, -0.650으로서 의사판단점수와 유사하게 뚜렷한 상관성을 보였다.

Table 5 Comparison of weighting factors on cardiovascular index based on doctor's opinion, correlation analysis, and multi-regression analysis (N=362)

	Item	Based on doctor's opinion (Plan1)	Modified based on correlation analysis (Plan2)	Based on multi-regression analysis (Plan3)
Measurement Item	Blood pressure	30	30	23.4
	APG	7.5	7.5	6.77
	HRV	7.5	7.5	14.9
	AI	5	5	0
Survey Item	Diabetes	10	12.5	22.5
	Obesity	3.75	7.5	3.65
	Heart disease	10	7.5	13.9
	Hyperlipemia	5	7.5	5.63
	Alcohol	2.5	2.5	0
	Heart throb	1.25	2.5	2.83
	Short of breath during climbing	1.25	2.5	0
	Short of breath during sleeping	1.25	2.5	0
	Smoke	2.5	2.5	5
	Numbness of arm and leg	1.25	2.5	1.33
	Family disease history	3.75	0	0
	Exercise	2.5	0	0
	Snack	1.25	0	0
	Salty and greasy food	1.25	0	0
	Heart pain	1.25	0	0
	Sore neck and shoulder	1.25	0	0
	Total	100	100	100
Correlation	Coefficient, R	0.655	0.685	0.733

상관계수가 음의 값을 갖는 이유는 프레밍스코어 값이 높을 수록 관상동맥질환 발생확률이 높아지기 때문이다. 피검자가 스스로 판단한 자신의 심혈관 점수와 의사의 판단점수 및 프레밍스코어와의 상관계수는 0.217, -0.144로서 의외로 낮은 상관성을 보였다. 한편, 심혈관 설문점수와 측정점수의 상관관계는 0.326으로서, 크게 뚜렷하지는 않지만 어느 정도 상관성이 있는 것으로 나타났다.

Table 4에는 18개 설문항목에 대하여 의사판단 점수와 상관계수를 도출하였다. 참고로, 프레밍스코어 및 본인의 자가판단점수와 상관계수도 함께 도출하였다. 상관계수 분석을 통하여 의사판단점수와 가장 높은 상관계수를 보인 당뇨병, 비만, 고지혈증, 심혈관계 질환 설문항목의 가중치를 각각 12.5, 7.5, 7.5, 7.5점으로 부여하였다. 상관계수 0.1 부근을 보이는 담배, 술, 가슴울렁, 계단숨참, 자다숨참, 팔다리저림의 가중치는 2.5점을 주었다. 결과적으로 처음에 설정했던 18개 설문항목 중에서 10개를 추려내어 의사의 판단점수와 상관계수

이 높아지도록 설문항목의 가중치를 결정하였다.

Table 5에서 가중치 1안은 2.1절에서 설명한 바와 같이 전문의의 의견을 반영한 초기 가중치이며, 2안은 심혈관지수 각 항목에 대한 의사판단점수와 상관계수분석을 통한 수정된 가중치이다.

3.2 다중회귀분석을 통한 가중치 결정

심혈관 측정항목과 설문항목에 대하여 다중회귀분석을 실시하여 가중치를 결정할 수 있었다 (Table 5의 3안). 초기 가중치(1안)는 의사판단점수와 0.655의 상관계수를 나타내었고, 상관계수분석을 통하여 수정한 가중치(2안)는 의사판단점수와 0.685의 상관계수를 나타내었다. 마지막으로, 의사판단점수와 상관계수를 높이는 것을 목적으로 다중회귀분석을 실시한 결과, 상관계수를 0.733으로 높일 수 있었다. 다중회귀분석의 결과, 측정항목에서는 혈압의 가중치가 23.4점, HRV의 가중치가 약 15점, APG의 가중치가 약 7점을 차지하였으며, AI의 가중치는 너무 작아서 삭제하였다. 설문항목에

서는 당뇨의 가중치가 22.5점, 심장병이 13.9점, 고지혈이 5.6점, 담배가 5점, 비만이 3.7점, 계단숨참이 2.8점, 팔다리저림이 1.3점을 차지하였다. 술, 계단숨참, 자다숨참의 가중치는 너무 작아서 삭제하였다. 1안과 2안에서는 의도적으로 설문과 측정치를 50점씩 반영하였고, 다중회귀분석의 결과인 3안에서는 측정점수는 45.1점, 설문점수는 54.9점으로 반영되었다. 또한, 측정항목은 총 3개로, 설문항목은 총 7개로 축소 되었다.

3.3 심혈관지수의 질병 구분 능력

심혈관지수값이 고혈압과 당뇨병의 유무를 구분할 수 있을지를 독립 t 검정으로 테스트하였다. 유효피검자 362명 중에서 고혈압 환자는 71명, 당뇨병 환자는 30명이었다. 고혈압환자의 경우에 심혈관지수가 17.8점 만큼 낮았고, 당뇨병 환자의 경우에는 심혈관지수가 19.9점 만큼 낮은 것을 관찰할 수 있다. 심혈관 설문점수, 측정점수, 총점은 모두 $p=0.000$ 을 보임으로서 심혈관지수를 사용하여 고혈압 환자와 당뇨병 환자를 구분할 수 있었다.

3.4 심혈관지수의 등급화

Fig. 1은 임상실험에 참여한 362명의 남자와 여자의 심혈관지수값의 분포를 다섯 등급으로 분류한 것을 나타낸다.¹² 남자와 여자의 평균점수 차이는 거의 없었으나, 여자의 경우 나이에 따라 점수가 더 급격히 감소하고 나이상관계수도 더 높은 값을 보였다. 즉, 여자의 심혈관 건강이 20~30대에서는 매우 좋다가 40대 중반 이후 급격히 나빠지는 것으로 나타났다. 심혈관지수의 나이회귀식을 사용하면, 나이 평균선인 회귀식을 중심으로 다섯 영역으로 심혈관 건강등급을 나눌 수 있다. Fig. 1의 회귀식을 기준으로 그 윗부분은 A, B등급으로, 아랫부분은 C, D, E등급으로 한다. A와 B를 나누는 경계선은 회귀식과 100점을 양분하는 선이 된다. C와 D를 나누는 경계선은 회귀식과 최저점수선을 양분하는 선이 된다. 최저점수선은 하위 5% 정도의 분포를 보이는 점수대로 정하여 그 아래영역은 E등급으로 한다. 이를 프로그램화 하면 사용자는 자신의 등급을 체크함으로써 심혈관 건강을 확인하고 건강관리의 도움을 받을 수 있다. 예를 들어, 50세 남성의 심혈관지수값이 83.5로 산출되었다면, Fig. 2에 나타난 50세 남성의 평균값인 81.6보다 높고 B등급에 해당되므로 심혈관 건강상태가 양호하다고 평가할 수 있다.

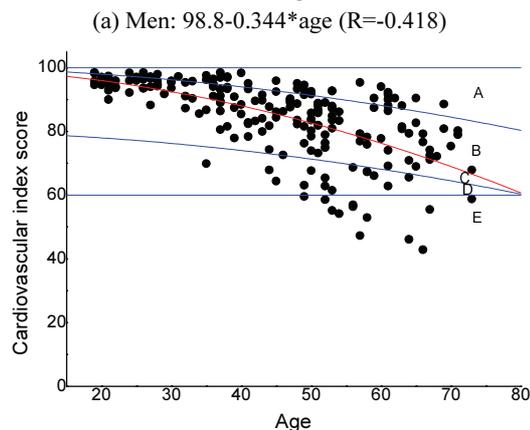
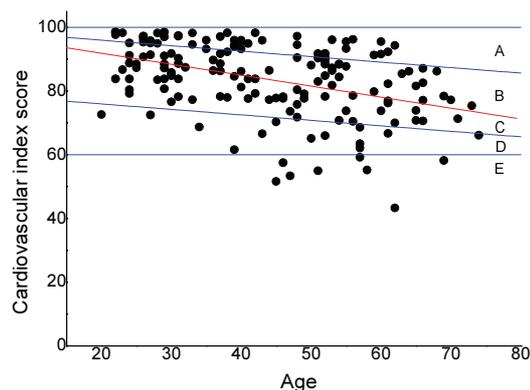


Fig. 1 Regression equation and classification of five regions for cardiovascular index

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 설문에 대한 응답과 비침습적이며 실시간으로 결과를 알 수 있는 검사들을 통해 측정된 생리학적 정보를 조합하여 개인의 심혈관 건강 정도를 나타낼 수 있는 심혈관지수를 개발하였다.

심혈관 설문은 가정의학과 및 심장내과 전문의의 의견을 토대로 심혈관계 병력, 자각증상, 관리상태 등의 질문으로 구성하였다. 임상실험에 대한 통계분석 결과를 활용하여 초기에 부여했던 각 설문항목(총 50점)의 가중치를 의사판단점수와 상관계수를 높이는 방향으로 수정하였다(Table 5의 2안). 의사판단점수와 가장 높은 상관계수 0.529를 보인 당뇨병에 12.5점의 가중치를 주었다. 비만, 고지혈, 심혈관계 질병 설문은 0.3 부근의 상관계수를 보였으므로 각각 7.5점의 가중치를 부여하였

다. 상관계수 0.1 부근을 보이는 담배, 술, 가슴울렁, 계단숨참, 자다숨참, 팔다리저림의 가중치는 2.5점씩 주었다. 그리고 0.1 미만의 상관계수를 보인 가족 중의 심장병력, 운동, 간식/야식, 짜거나 기름진 음식, 가슴 답답 및 통증, 뒷목과 어깨 빠근, 화끈거림, 편두통 등의 설문항목은 제외시켰다.

심혈관 측정점수의 산출을 위하여 혈압, 가속도맥파(APG), 심박수변이도(HRV), 맥진과강도(AI) 등의 측정치가 정상 값에 벗어난 정도에 따라 점수화 하는 방법을 고안하였다. 측정항목(총 50점)의 가중치로서 혈압에 30점을 주었고 나머지 3개의 측정변수(APG, HRV, AI)에게 도합 20점을 주었다. 의사의 판단점수와 AI와의 상관계수는 0.1 정도에 불과한 것으로 나타났으므로 심혈관 측정항목에서 제거하여도 될 것으로 판단된다.

의사판단점수와 상관성을 높이는 것을 목적으로 다중회귀분석을 실시하여 심혈관 측정항목과 설문항목의 가중치를 조정한 결과(Table 5의 3안), 심혈관지수의 상관계수를 0.685에서 0.733으로 높일 수 있었다. 측정항목의 경우, 혈압의 가중치가 23.4점, HRV가 14.9점, APG가 6.8점이며 AI의 가중치는 너무 작아서 제외하였다. HRV의 가중치가 초기 안인 7.5점에 비해 두 배로 상승한 것은 Woo가 발표한 논문에서 HRV 분석에 의한 스트레스가 심혈관 질환의 위험인자와 유의하게 관련된다는 사실을 반영한다고 볼 수 있다.¹⁰ 설문항목의 경우, 당뇨의 가중치가 22.5점, 심장병 13.9점, 고지혈 5.6점, 담배 5점, 비만 3.7점을 차지하였고, 그 다음은 가슴울렁, 팔다리저림의 순이었다. 다중회귀분석의 결과, 측정항목은 3개, 설문항목은 7개로 줄게 되며 측정점수는 45.1점, 설문점수는 54.9점을 차지하게 된다. 그러므로 초기 안에서 설정한 설문 50점, 측정 50점의 가중치는 적절한 것으로 판단된다.

심혈관 설문점수와 측정점수의 상관계수는 0.326으로 나타났다. Moon et al.³이 40여명의 중풍병자를 대상으로 실시한 임상실험에서도 설문점수와 측정점수의 상관계수가 0.385로 나타난 바 있다. 설문과 측정이 다소 낮은 상관계수를 보이는 원인은 설문이 본인의 병력, 자각능력 및 관리상태로부터 현재의 건강 정도를 추론하는 반면에, 측정은 절대적인 기준에 의거하여 평가하기 때문인 것으로 판단된다. 통계적으로 상관계수 0.3 이상을 뚜렷한 상관관계로 간주하므로 설문과 측정은 뚜렷한 상관관계를 갖고 있으며 심혈관 건강 정도를

판단하는데 있어서 상호보완적인 역할을 하고 있다고 평가할 수 있다.

프레밍스코어와 심혈관지수 사이의 상관계수는 0.650으로서 상당히 뚜렷한 상관성을 보였다. 그러므로 심혈관지수는 프레밍스코어가 의미하는 관상동맥질환 발생률과 뚜렷한 관계를 가진다. 또한 심혈관지수는 약 20점 정도의 차이로 고혈압과 당뇨병 환자를 확실히 구분하였다. 그러므로 심혈관지수를 등급화 함으로서 심혈관 관련 질병에 대한 위험성을 경고할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 분석 결과, 피검자가 스스로 판단한 심혈관 건강점수와 의사판단점수와 상관계수가 0.217이라는 낮은 값을 보임으로서, 개인이 스스로 판단하는 심혈관계 건강과 실제적인 심혈관 건강 상태는 큰 차이가 있음을 시사하고 있다. 반면에 개발된 심혈관지수는 의사판단점수와 0.7정도의 상관계수를 보임으로서 개인의 판단 보다는 심혈관지수 값이 심혈관계 건강의 판단에 있어서 훨씬 유효하다는 것을 알 수 있다. 그러므로 본 연구의 결과는 병원에 직접 가서 정밀 진찰을 받기 이전의 단계, 즉 일상생활에서 심혈관 건강 상태를 체크함으로써 개인의 심혈관계 건강 정도와 질병의 가능성을 알려주는 기기가 질병 예방과 건강관리 차원에서 필요하다는 것을 시사하고 있다. 이러한 기기는 휴대용으로 또는 헬스장과 같은 장소에 비치하는 장비의 형태로서 개발할 수 있을 것이다. 본 연구의 통계분석은 362명에 대한 것으로 지속적으로 데이터를 확보한다면 개인의 심혈관 건강 상태를 등급화하고 적절한 조언을 통해 건강관리에 도움이 되는 콘텐츠를 제공하는 프로그램으로 발전할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부에서 시행하는 차세대 성장동력사업의 연구 결과로써, 한국생산기술연구원이 주관하는 ‘헬스보조 로봇 공통 인터페이스 응용 기술 개발’ 과제(10029014-2009-22)의 지원을 받아 수행되었음.

REFERENCES

1. Wilson, P. W., D'Agostino, R. B., Levy, D., Belanger, A. M., Silbershatz, H., and et al., "Prediction of Coronary Heart Disease using Risk Factor Categor-

- ies,” *Circulation*, Vol. 97, No. 18, pp. 1837-1847, 1998.
2. Lee, C. S., Yi, S. I., So, B. R., Park, B. K., Chung, I. W., and et al., “Development of Bio-check Unit and Health Index for Measuring Health Degree through Noninvasive Examination,” *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, Vol. 28, No. 7, pp. 856-865, 2011.
 3. Moon, D. J., Yi, S. I., Lee, C. S., Kim, G. C., Kang, H. J., and et al., “A Suggestion on Evaluating Personal Health State: Health Index,” *J. Biomedical Eng. Research*, Vol. 29, No. 5, pp. 397-404, 2008.
 4. Chung, I. W. and Lee, C. S., “Clinical Study of Personal Health Index for Use in Health-assistant Robot,” *KITECH*, pp. 1-49, 2010.
 5. Takazawa, K., Tanaka, N., Fujita, M., Matsuoka, O., Saiki, T., and et al., “Assessment of Vasoactive Agents and Vascular aging by the Second Derivative of Photoplethysmogram Waveform,” *Hypertension*, Vol. 32, No. 2, pp. 365-370, 1998.
 6. Bortolotto, L. A., Blacher, J., Kondo, T., Takazawa, K., and Safar, M. E., “Assessment of Vascular Aging and Atherosclerosis in Hypertensive Subjects: Second Derivative of Photoplethysmogram Versus Pulse Wave Velocity,” *Am J Hypertens*, Vol. 13, No. 2, pp. 165-171, 2000.
 7. Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., and et al., “Heart Rate Variability Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use,” *European Heart Journal*, Vol. 17, No. 3, pp. 354-381, 1996.
 8. McCraty, R., “Autonomic Assessment Report: A Comprehensive Heart Rate Variability Analysis–interpretation Guide and Instructions,” *Institute of HeartMath*, pp. 1-42, [http://www.heartmathstore.com/item/eaar/heart-math-autonomic-assessment-\(e-book\)?siteID=n-AXMStjTrxQ-2NIEnmYqA6ZZXWSqdA6W3-A](http://www.heartmathstore.com/item/eaar/heart-math-autonomic-assessment-(e-book)?siteID=n-AXMStjTrxQ-2NIEnmYqA6ZZXWSqdA6W3-A) (Accessed date 14 April 2014)
 9. Jeong, K., “Summary of HRV,” *J. Korean Academy Family Medicine*, Vol. 25, No. 11, pp. 528-532, 2004.
 10. Woo, J. M., “Heart rate variability,” *J. of Korean Academy Family Medicine*, Vol. 25, No. 11, Suppl., pp. S533-S541, 2004.
 11. Kim, K. C. and Kang, H. J., “Research Method for Pulse Biomedical Engineering,” *Pulse Biomedical Engineering Society*, pp. 1-91, 2008.
 12. Yi, S. I., So, B. R., Lee, C. S., Lee, S. J., Park, S. K., and et al., “Classification of Health Grade using Bio-check Unit and Health Index,” *J. Biomechanical Science and Engineering*, Vol. 6, No. 3, pp. 148-159, 2011.