

# 노인의 식후 저혈압과 심박동변이

장애리<sup>1</sup> · 황선경<sup>2</sup>

부산대학교 간호대학 박사과정생<sup>1</sup>, 부산대학교 간호대학 부교수<sup>2</sup>

## Postprandial Hypotension and Heart Rate Variability in Older Adults

Jang, Ae Lee<sup>1</sup> · Hwang, Sunkyung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Doctoral Student, College of Nursing, Pusan National University, Yangsan

<sup>2</sup>Associate Professor, College of Nursing, Pusan National University, Yangsan, Korea

**Purpose:** A study was designed to compare heart rate variability (HVR) of older adults with postprandial hypotension (PPH) with older adults with no PPH. **Methods:** The samples were community-dwelling older adults ( $\geq 60$  years old) with PPH ( $n=35$ ) and without PPH ( $n=35$ ). HRV was measured by 10 minutes of electrocardiography using Physiolab 400 and analyzed in time domain (SDNN) and with power spectral analysis in frequency domain (TP, LF, HF, LF/HF). Blood pressure was measured every 15 minutes before and until 120 minutes after the meal. **Results:** All HRV parameters were lower in the PPH group compared to those with no PPH. Specifically the measures of SDNN, TP, LF, and LF/HF of the PPH group were significantly lower ( $U=385.0, p=.008$ ;  $U=361.0, p=.003$ ;  $U=375.0, p=.005$ ;  $U=368.0, p=.004$ , respectively). Further, the LF and LF/HF of SBP ( $\geq 140$  mmHg) group and the LF/HF of DBP ( $\geq 90$  mmHg) group were significantly lower ( $\chi^2=6.33, p=.042$ ;  $\chi^2=33.10, p<.001$ ;  $\chi^2=11.03, p=.004$ , respectively). **Conclusion:** These findings indicate that the autonomic nervous functions in persons with PPH are less activated than those persons with no PPH. The findings contribute to an understanding of HRV and the association of autonomic nervous function with the mechanism of PPH.

**Key Words:** Postprandial period, Hypotension, Blood pressure, Heart rate, Elderly

## 서론

### 1. 연구의 필요성

식후 저혈압(Postprandial Hypotension, PPH)은 일반적으로 식사 후 2시간 이내에 수축기혈압이 20 mmHg 이상 떨어지는 경우(Jansen & Lipsitz, 1995; Jones et al., 2001)로 낙상, 실신, 의식저하, 뇌졸중, 협심증, 심근경색 등의 위험 요인이 되므로(Vloet, Pel-Little, Jansen, & Jansen, 2005;

Vloet, Smits, & Jansen, 2003) 치명적인 건강 문제를 유발할 수 있다(Jansen & Lipsitz, 1995). 그러나 식후 저혈압의 임상적 중요성과 그 심각성에 대해 아직 잘 알려져 있지 않다.

식사 후에는 소장 펩타이드와 인슐린의 분비에 의해 내장혈관이 확장되어 위장관에 혈액이 정체되면 상대적 순환혈량이 감소하게 되는데 이때 정상 성인에서는 교감신경이 반응하여 혈장 노르에피네프린(norepinephrine)이 상승하며 혈관이 수축하고 심박동수가 상승하면서 순환혈량 감소를 보상하게 된다(Luciano, Brennan, & Rothberg, 2010; O'Mara &

**주요어:** 식후, 저혈압, 혈압, 심박동변이, 노인

**Corresponding author:** Hwang, Sunkyung

College of Nursing, Pusan National University, Beomeo-ri, Mulgeum-eup, Yangsan 626-870, Korea.  
Tel: +82-51-510-8340, Fax: +82-51-510-8308, E-mail: skhwang@pusan.ac.kr

- 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비 (2년)에 의해 연구되었음.

- This work was supported by a 2-Year Research Grant of Pusan National University.

투고일: 2012년 1월 9일 / 수정일: 2012년 4월 9일 / 게재확정일: 2012년 4월 18일

Lyons, 2002). 반면 일부 노인에서는 교감신경의 반응이 부적절하여 상대적으로 혈관수축 및 심박동수의 상승이 낮게 나타나 식후 저혈압이 발생하는 것으로 알려져 있다(Luciano et al., 2010; O'Mara & Lyons, 2002). 노인에서 흔히 발생하는 식후 저혈압의 유병률은 29.0~67.6%로 높게 나타나고 있다(Grodzicki et al., 1998; Jansen & Lipsitz, 1995; Son & Lee, 2009).

식후 저혈압 반응의 기전에 대해서는 다양하게 보고되고 있으나 그 중 가장 설득력 있게 받아들여지고 있는 것이 자율신경부전(Kawaguchi et al., 2002; Masuda & Kawamura, 2003; Ryan, Goldberger, Ruthazer, Mietus, & Lipsitz, 1992)에 대한 설명이다. 하지만 식후 저혈압 대상자의 심박동변이를 조사하여 자율신경의 기능을 분석한 연구는 매우 부족하였다. 심박동변이는 체내 혹은 외부환경의 변화에 따라 자율신경계가 반응하여 심박동수가 시간에 따라 주기적으로 변화하는 것을 의미한다(Jeong, 2004; Pumplra, Howorka, Groves, Chester, & Nolan, 2002). 심박동변이의 측정은 자율신경계에 대한 평가를 가능하게 하며, 특히 파워 스펙트럼 분석(power spectral analysis)은 교감신경과 부교감신경의 활동을 측정함으로써 자율신경 기능을 양적으로 평가하는데 유용하다(Kawaguchi et al., 2002). 비침습적 방법으로 심전도를 측정하여 심박동의 R-R 간격의 변이를 파워 스펙트럼 분석을 이용하여 자율신경계의 활성도를 정량적으로 평가할 수 있고 신뢰성과 재현성이 뛰어나기 때문에, 급성 심근경색증의 예후 및 부정맥 발생, 심장신경성 실신, 기립성 저혈압, 수면 무호흡, 절박 요실금과 같은 배뇨장애 등에서 자율신경계와의 관계를 연구하기 위하여 널리 사용되고 있다(Carney et al., 2001; Cha, Kim, & Choi, 2004; Faulkner, Hathaway, & Tolley, 2003; Jeong, 2004; Ye, 1998).

식후 저혈압 대상자에서 심박동변이를 측정하여 분석한 연구는 소수에 불과하였는데, Ryan 등(1992)은 건강한 성인과 만성질환 노인의 식후 혈압과 심박동변이 지표에 차이가 있고, Kawaguchi 등(2002)과 Oberman, Gagnon, Kiely, Nelson과 Lipsitz (2000)은 성인과 노인에서 식후 저혈압 발생에는 차이가 없고 일부 심박동변이 지표는 노인에서 낮게 나타났으며, 고혈압 노인에서 식후 저혈압 유무에 따른 심박동 변이 지표는 차이가 있었다(Masuda & Kawamura, 2003). 이와 같이 식후 저혈압과 심박동변이에 대한 연구의 대상자 비교가 서로 다르고 결과의 일관성도 부족하였으며, 국내에서의 연구는 거의 없었다.

그러므로 노인의 식후 저혈압의 기전을 이해하기 위해 자율

신경계의 활동을 반영하는 지표인 심박동변이와의 상관성을 파악하는 것은 중요한 의미를 가진다. 이에 노인들의 식후 저혈압과 심박동변이를 측정하여 식후 저혈압 발생 여부의 판별뿐만 아니라 식후 저혈압 발생의 관련 요인을 파악하고 심박동변이의 지표를 분석하여 식후 저혈압 발생군과 비발생군 간의 자율신경계 활성화에 차이가 있는지를 확인하고자 하였다.

식후 저혈압 대상자에서 심박동변이를 측정하여 분석한 연구(Kawaguchi et al., 2002; Masuda & Kawamura, 2003; Oberman et al., 2000; Ryan et al., 1992)는 소수에 불과하고, 국내에서는 거의 없었다. 또한, 식사 전후의 심박동변이를 측정한 선행연구에서 심박동변이 지표는 식사로 인해 크게 변화되지 않았으나 식후 저혈압 발생 여부에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다(Kawaguchi et al., 2002; Oberman et al., 2000; Ryan et al., 1992). 그러므로 노인의 식후 저혈압의 기전을 이해하기 위해 자율신경계의 활동을 반영하는 지표인 심박동변이와의 상관성을 파악하는 것은 중요한 의미를 가진다. 이에 노인들의 식후 저혈압과 심박동변이를 측정하여 식후 저혈압 발생 여부의 판별뿐만 아니라 식후 저혈압 발생의 관련 요인을 파악하고 심박동변이의 지표를 분석하여 식후 저혈압 발생군과 비발생군 간의 자율신경계 활성화에 차이가 있는지를 확인하고자 하였다.

## 2. 연구목적

본 연구의 목적은 노인의 식후 저혈압 발생기전을 이해하기 위하여 식후 저혈압 발생 여부에 따른 심박동변이의 차이를 분석하여 자율신경계 활성화와 식후 저혈압 발생과의 관계를 밝히는 임상적 기초자료를 마련하고자 한다.

- 대상자의 일반적 특성 및 건강 관련 특성에 따른 식후 저혈압 발생 여부를 비교한다.
- 식후 저혈압 발생 여부와 심박동변이의 지표를 비교한다.
- 식후 저혈압 발생 관련 요인에 따른 심박동변이를 비교한다.

## 3. 용어정의

### 1) 식후 저혈압(Postprandial hypotension, PPH)

식사 후 2시간 이내에 식사 전과 비교하여 수축기혈압이 20 mmHg 이상 하강하는 것이다(Jansen & Lipsitz, 1995; Jones et al., 2001). 본 연구에서는 식사 후 앉은 자세에서 15분 간격으로 2시간 동안 혈압을 측정하여 식사 전 혈압과 비교하여 1회 이상 수축기혈압이 20 mmHg 이상 하강한 경우를 말한다.

## 2) 심박동변이(Heart rate variability, HRV)

심박동변이란 시간에 따른 심박동의 주기적인 변화를 뜻하는데, 순간적인 심박동 및 R-R 간격의 변동을 나타냄으로써 하나의 심장 주기로부터 다음 심장 주기 사이의 미세한 변화를 반영한다(Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). 본 연구에서는 심박동변이를 생체 신호계측기 Physiolab 400 (Physio Instrument Co., Korea)을 사용하여 약 10분간 심전도를 기록한 후 시간 영역(time domain)을 통해 SDNN (Standard deviation of all normal R-R intervals), 파워 스펙트럼 분석으로 주파수 영역(frequency domain)을 통해 TP (Total Power band), HF (High Frequency band), LF (Low Frequency band), Low LF /HF로 자율신경계 활성화 정도를 나타낸 수치를 말한다.

## 연구 방법

### 1. 연구설계

본 연구는 노인을 대상으로 식후 저혈압 발생 여부와 심박동변이의 관계를 조사하는 서술적 조사연구이다.

### 2. 연구대상

본 연구의 대상자는 B시에 소재하는 노인대학과 노인회관을 인터넷 검색을 통해서 확인하여 연구를 허락한 기관 3곳을 방문하여 60세 이상의 노인을 모집하였다.

구체적인 선정기준은 인지기능의 장애 없이 대화가 가능하고 연구목적 이해하며 서면 동의한 자로, 신체활동의 장애 없이 혼자서 식사가 가능하고 식사 후 2시간 동안 앉은 자세를 유지할 수 있는 자로 하였다. 제외기준은 소화기능에 영향을 미치는 약물(위장운동촉진제 계통)을 복용 또는 최근 1개월 이내에 급성질환으로 입원하거나 수축기혈압 160 mmHg 이상 또는 이완기혈압 100 mmHg 이상의 중등도 고혈압, 뇌졸중, 심장질환, 당뇨병병증, 갑상선 기능항진증이나 기능저하증, 자율신경계 문제 등의 병력이 있는 자로 하였다.

연구참여에 동의하고 심박동변이 측정과 식후 저혈압 판별을 받은 대상자 중 심방세동이 우연히 발견된 2명을 제외하고 식후 저혈압 발생군 35명과 비발생군 35명 총 70명을 임의 선정하였다.

연구대상자의 표본수 산정의 적절성은 사후 검정(post hoc)

을 통해 확인하였다. G\*Power 3.1.3 프로그램으로 두 집단의 평균비교를 비모수 검정으로 할 때, 본 연구결과의 식후 저혈압 발생 여부에 따른 심박동변이(SDNN, LF/HF)의 평균과 편차를 이용하여 계산한 결과 효과크기는 0.810, 0.868로, 유의도( $\alpha$ ) 0.05, 표본수 각 35명으로 입력하여 검정력(1- $\beta$ )은 0.903, 0.938로 산출되어 적절한 표본수임을 알 수 있었다.

### 3. 윤리적 고려

본 연구는 B시에 있는 P대학교병원의 연구윤리심의위원회(IRB)에 연구계획서를 제출하여 승인(F2010001)을 받았다. 연구대상자의 모집에 있어 연구의 목적 및 방법, 연구참여에 대한 익명성 보장, 자발적인 연구참여 동의와 거부, 중도포기 가능, 발생 가능한 이익과 불이익 등을 포함하는 내용을 설명하고 서면동의서를 받았다.

연구를 위해 심박동변이 측정과 식후 저혈압 판별에 약 2시간 이상 소요되며, 화장실에 가는 것 이외에는 가능한 의자에 앉은 자세를 유지해야 함을 미리 설명하였고, 이에 동의하는 자를 대상으로 서면동의서를 받았다. 본 연구에 참여한 대상자들은 노인대학과 노인회관을 혼자 거동하여 다닐 수 있는 대체로 건강한 노인들로서 장시간 앉아 있음으로 인한 건강상의 문제나 불편감을 호소하는 자는 없었다. 중간에 화장실 이용을 위해 움직이는 경우는 허용하였다.

### 4. 연구도구

#### 1) 설문지

대상자의 인구학적 특성과 음주, 흡연, 현병력 등 건강 관련 특성을 조사하였다.

#### 2) 혈압

혈압은 자동전자 혈압계(A&D Company, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 혈압계의 측정범위는 30~280 mmHg, 측정단위는 1 mmHg이고 표시치 정확도는  $\pm 3$  mmHg였다. 커프 크기는 성인의 상박에 적용하기 위해 성인용(팔둘레 22~32 cm)을 이용하였다. 전자혈압계(A&D Company, Japan)는 동일인에게 수은주혈압계(Baumanometer, USA)로 측정된 혈압과 비교하여 측정치가 오차범위 내에 있음을 확인한 후 사용하였다. 혈압의 측정방법은 유럽고혈압학회(Mancia & Grassi, 2008)의 지침에 따라, 식전 10분정도 앉아서 안정을 취한 후 앉은 자세에서 왼쪽 팔의 손바닥을 위로 한 후 상완

동맥의 박동이 가장 잘 측정되는 곳에서 2~3 cm 위에 커프 하단이 놓이게 하여 상박에 감고 시작 버튼을 누른 후 모니터 화면에 표시되는 숫자를 수축기와 이완기혈압(mmHg)으로 하였다.

### 3) 심박동변이(HRV)

심박동변이는 심전도 신호를 획득하기 위해 생체신호측정기 Physioblab 400 (Physio Instrument Co., Korea)을 사용하여 측정하는 파동형태의 신호 측정방식을 이용하였다. 왼팔에 음 전극과 접지 전극, 오른팔에 양 전극을 부착하여 Lead I 신호를 256 Hz의 샘플링 비로 획득하였다. 대상자로부터 획득된 심전도 신호에서 HRV 신호를 구성하기 위해서 심전도 신호의 R 정점들을 검출하였다. 사전에 10분정도 앉아서 안정을 취한 후 앉은 자세에서 약 10분간 심전도를 기록하여 심박동변이를 측정하였으며 시간 영역으로 SDNN, 파워 스펙트럼 분석을 이용하여 주파수 영역으로 TP, HF, LF, LF/HF를 분석하였다.

- SDNN (Standard deviation of all normal R-R intervals): 전체 R-R간격의 표준편차.
- TP (Total Power): 0.0033~0.4 Hz의 주파수 대역으로 자율신경계의 활동성 정도, 조절능력을 반영함.
- HF (High Frequency band): 0.15~0.4 Hz, 부교감신경의 활동성을 반영함.
- LF (Low Frequency band): 0.04~0.15 Hz, 부교감신경과 교감신경의 활동성을 모두 반영함.
- LF/HF: 심박동수의 변화에 대한 부교감신경의 작용을 상쇄한 교감신경의 반응을 반영함.

## 5. 연구진행

본 연구의 자료수집은 2010년 6월 5일부터 7월 3일까지 진행되었다.

### 1) 조사자 훈련

조사자는 혈압 측정을 위해 현직 간호사, 심박동변이 측정을 위해 P대학교 의공학과 대학원생으로 모집하였다. 조사자는 설문지 조사, 혈압 측정과 기록, 심전도 측정, 식사의 배분과 정리 등 원활한 실험진행으로 본 연구에 참여하였다. 설문지 조사 2일전 서로 상대방에게 훈련을 통해 조사자들끼리 설문지 조사를 하여, 설문지 기입에 누락이 발생하지 않으며, 정확히 기입하는지 확인하였다. 혈압 측정방법은 연구자가 유럽

고혈압학회의 지침(Mancia & Grassi, 2008)과 사용설명서에 따라 교육하고 정확하게 측정하고 기록하는지 3회 테스트하였다. 심박동변이 측정방법은 1996년 유럽심장학회와 북미심조율전기생리학회의 지침(Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996)과 해당 기기의 사용설명서에 따라 조사자끼리 상대방에게 측정하여 연습하고 심박동변이 측정에 이상이 없음을 확인하였다.

### 2) 설문 조사

설문지를 이용해 일반적 특성(인구학적 특성 및 건강 관련 특성)에 대해 자가보고 양식으로 조사하였고, 자신이 설문지 기입을 하지 못하거나 원치 않을 때는 조사자가 답을 듣고 기입하는 타기식 조사방법을 사용하였다. 설문지 작성 후 키와 몸무게를 신장측정계(G-Tech International GL-150, Korea)로 측정하였다.

### 3) 식후 저혈압 판별 및 심박동변이 검사

설문지 조사 때 1주일 후 혈압 측정과 심박동변이 측정 시 유의 사항으로 아침식사 후 4시간 동안 소량의 물 이외의 간식, 커피, 흡연을 하지 않도록 하고 의사에게 처방받은 평소 복용하던 약은 그대로 복용하도록 협조를 부탁하였다. 검사 하루 전날 대상자들에게 전화로 참석 여부를 다시 확인하고 유의 사항을 재차 설명하였다. 혈압 측정과 심박동변이 검사, 식사를 하기 위하여 앉은 자세를 유지할 수 있도록 식탁과 의자가 구비되어 있는 노인대학과 노인회관에서 시행하였다. 각 조사자가 점심 식전 2회의 혈압 측정과 약 10분간 심전도를 기록하여 심박동변이를 측정한 뒤 식후 15분 간격으로 2시간 동안 혈압 측정을 하였다. 식사 전 5분 간격으로 2회 측정 한 값 중 낮은 혈압을 식전 기본혈압으로 정하였으며, 혈압차이가 5 mmHg 이상일 경우는 재 측정하였다. 낮은 혈압을 선택한 이유는 식후 저혈압을 판별 기준을 보다 엄격하게 적용하여 오류를 줄이고자 함이었다. 혈압을 15분 간격으로 측정 한 이유는 선행연구에서 15분 간격으로 측정한 연구(Aronow & Ahn, 1994; Jian & Zhou, 2008; Son & Lee, 2009)가 가장 많았으며, 환자의 불편감, 조사자의 수를 고려하여 정하였다.

사전에 대상 노인들의 식성과 활동정도 및 간식을 고려하여 노인의 1일 권장 열량을 기준으로 영양사와 열량 및 식단조리법 등에 대해 상의하였고, 제공한 점심식사는 밥 210 g (300 kcal), 국 100 g (90 kcal), 반찬 70 g (110 kcal)으로 약 500

kcal의 도시락으로 동일하게 마련하였다. 이는 식후 저혈압이 음식성분과 양 및 음식섭취 시기에 따라 차이가 있기 때문이며, 점심을 선택한 이유는 식후 저혈압이 점심에 가장 많이 나타난다는 보고(Kuipers, Jansen, Peeters, & Hoefnagels, 1991; O'Donovan, Feinle, Tonkin, Horowitz, & Jones, 2002; Vloet et al., 2003)에 근거한 것이다.

대상자는 식전부터 식후 120분 동안 가능한 앉아 있도록 하였고, 조용한 분위기를 유지하기 위하여 음악 및 영화를 감상하였으며 이후 답례로 대사증후군과 암 예방에 대한 건강교육을 제공하였다.

## 6. 자료분석

수집된 자료는 PASW (Predictive Analysis Soft Ware) 18.0 프로그램으로 분석하였다.

대상자의 인구학적 특성, 건강 관련 특성은 평균, 표준편차, 백분율 등 서술통계를 이용하였다. 대상자의 일반적 특성에 따른 식후 저혈압은 범주형 변수를  $\chi^2$ -test, Fisher's exact, 연속성 변수를 t-test로 분석하였다. 대상자의 심박동변이는 정규성 가정을 충족하지 못하여 비모수 검정을 사용하였다. 대상자의 식후 저혈압 발생 여부에 따른 심박동변이와 대상자의 일반적 특성에 따른 심박동변이는 Mann-Whitney U test, Kruskal-Wallis test를 사용하여 분석하였다.

## 연구결과

### 1. 대상자의 특성

본 연구에 참여한 전체 대상자는 여성이 56명(80.0%)으로 남성보다 많았으며, 연령의 범위는 61~81세, 평균(표준편차)은 72.3±4.8세였고, BMI (kg/m<sup>2</sup>)의 평균(표준편차)은 24.3±2.8이었으며 음주는 13명(18.6%), 흡연은 5명(7.1%)으로 식후 저혈압 발생군과 비발생군 간에 차이는 없었다.

식전 수축기혈압(mmHg)의 평균(표준편차)은 식후 저혈압 발생군에서 138.4±18.0, 비발생군에서 117.9±18.9로 유의한 차이가 있었다( $t=-20.46, p<.001$ ). 식전 수축기혈압 분류군 중 식후 저혈압 발생군에서 140 mmHg 이상이 18명(51.6%), 비발생군에서 120 mmHg 미만이 20명(57.1%)으로 가장 많았으며 식후 저혈압 발생군과 비발생군 간에도 유의한 차이가 있었다( $\chi^2=18.30, p<.001$ ). 식전 이완기혈압(mmHg)의 평균(표준편차)은 식후 저혈압 발생군에서 79.5

±7.6, 비발생군에서 72.7±12.6으로 유의한 차이가 있었다( $t=-6.80, p=.008$ ). 식전 이완기혈압 분류군 중 식후 저혈압 발생군에서 80 mmHg 미만이 19명(54.3%), 비발생군에서 80 mmHg 미만이 28명(80.0%)으로 가장 많았으며 식후 저혈압 발생군과 비발생군 간에는 유의한 차이가 없었다( $\chi^2=5.52, p=.063$ ) (Table 1).

### 2. 대상자의 식후 저혈압 발생 여부에 따른 심박동변이의 비교

대상자의 식후 저혈압 발생 여부에 따른 심박동변이의 지표인 SDNN, TP, LF, HF, LF/HF는 Table 2와 같다. 시간 영역 분석에서 SDNN (ms)의 평균(표준편차)은 식후 저혈압 발생군이 비발생군보다 낮았고, 평균 순위(Mean rank)가 두 군 간에 유의한 차이가 있었다( $U=385.0, Z=-2.672, p=.008$ ). 주파수 영역 분석에서 모든 지표의 평균(표준편차)은 식후 저혈압 발생군이 비발생군보다 낮았고, TP ( $U=361.0, Z=-2.954, p=.003$ ), LF ( $U=375.0, Z=-2.790, p=.005$ ), LF/HF ( $U=368.0, Z=-2.872, p=.004$ )는 평균 순위가 두 군 간에 유의한 차이가 있었으나, HF ( $U=566.0, Z=-0.546, p=.585$ )는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

### 3. 식전 혈압과 심박동변이 비교

식후 저혈압 발생과 관련된 요인으로 나타난 식전 수축기혈압과 이완기혈압에 따른 심박동변이의 지표를 Kruskal-Wallis 검정을 사용하여 분석한 결과는 Table 3, 4와 같다. 식전 수축기혈압(mmHg)에서는 140 이상인 군이 120 미만인 군보다 SDNN, TP, LF, LF/HF가 대체로 낮았으나, 세 군 간의 평균 순위는 LF ( $\chi^2=6.33, p=.042$ )와 LF/HF ( $\chi^2=33.10, p<.001$ )만 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

식전 이완기혈압(mmHg)에서도 90 이상인 군이 80 미만인 군보다 SDNN, TP, LF, LF/HF가 상대적으로 낮았으나, 세 군 간의 평균 순위는 LF/HF ( $\chi^2=11.03, p=.004$ )만 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

## 논 의

본 연구에서 노인을 대상으로 식후 저혈압이 발생한 군과 발생하지 않은 군 간에 심박동변이를 비교한 결과 심박동변이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 대상자의 식전 수축기혈압과 이완기혈압의 정도에 따라서 심박동변이 지표에

**Table 1.** General Characteristics of the Participants

(N=70)

Characteristics	Categories	All	PPH (n=35)	Non-PPH (n=35)	$\chi^2$ or t	p
		n (%) or M±SD	n (%) or M±SD	n (%) or M±SD		
Gender	Male	14 (20.0)	7 (20.0)	7 (20.0)	0.00	1.000
	Female	56 (80.0)	28 (80.0)	28 (80.0)		
Age (year)	60~69	17 (24.3)	6 (17.1)	11 (31.3)	1.96	.375
	70~79	51 (72.9)	28 (80.0)	23 (65.8)		
	≥80	2 (2.8)	1 (2.9)	1 (2.9)	-0.74	.521
		72.3±4.8	72.6±3.8	71.9±5.6		
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	18.5~22.9	25 (35.7)	11 (31.3)	14 (40.0)	0.56	.454
	≥23.0	45 (64.3)	24 (68.7)	21 (60.0)		
		24.3±2.8	24.4±3.1	24.2±2.5	-0.29	.776
Alcohol	Yes	13 (18.6)	5 (14.3)	8 (22.9)	0.85	.356
	No	57 (81.4)	30 (85.7)	27 (77.1)		
Smoking	Yes	5 (7.1)	3 (8.6)	2 (5.7)		1.000 <sup>†</sup>
	No	65 (92.9)	32 (91.4)	33 (94.3)		
Systolic blood pressure (mmHg)	< 120	26 (37.1)	6 (17.1)	20 (57.1)	18.30	< .001
	120~139	23 (32.9)	11 (31.3)	12 (34.3)		
	≥ 140	21 (30.0)	18 (51.6)	3 (8.6)	-20.46	< .001
		128.2±21.0	138.4±18.0	117.9±18.9		
Diastolic blood pressure (mmHg)	< 80	47 (67.2)	19 (54.3)	28 (80.0)	5.52	.063
	80~89	18 (25.7)	12 (34.3)	6 (17.1)		
	≥90	5 (7.1)	4 (11.4)	1 (2.9)	-6.80	.008
	76.1±10.9	79.5±7.6	72.7±12.6			

PPH=postprandial hypotension; BMI=body mass index.

<sup>†</sup>Fisher exact test.

**Table 2.** Comparison of the HRV Parameters according to PPH Occurrence

(N=70)

Variables	PPH (n=35)		Non-PPH (n=35)		U <sup>†</sup>	Z	p
	M±SD	Mean rank	M±SD	Mean rank			
Time domain							
SDNN (ms)	21.7±6.4	29.0	29.8±12.6	42.0	385.0	-2.672	.008
Frequency domain							
TP (ms <sup>2</sup> )	465.6±269.6	28.3	920.2±689.6	42.7	361.0	-2.954	.003
LF (ms <sup>2</sup> )	73.1±46.3	28.7	216.3±241.3	42.3	375.0	-2.790	.005
HF (ms <sup>2</sup> )	72.8±49.6	34.2	180.6±286.2	36.8	566.0	-0.546	.585
LF/HF	1.3±0.9	28.5	2.6±2.0	42.5	368.0	-2.872	.004

HRV=heart rate variability; PPH=postprandial hypotension; SDNN=standard deviation of all normal R-R intervals; TP=total power; LF=low frequency; HF=high frequency.

<sup>†</sup>Mann-Whitney U test.

일부 차이가 있었다.

식후 저혈압 발생군이 비발생군보다 심박동변이 지표인 SDNN, TP, LF, LF/HF의 값이 유의하게 낮았다. 일반적으로 건강할수록 심박동변이가 크다고 알려져 있으며, 심박동변이가 크다는 것은 건강한 사람에서 자율신경계가 원활히 조절되어 외부 자극에 대한 적응성이 좋다는 것을 의미하기 때문에

감소된 심박동변이는 자율신경계의 비정상적이고 불충분한 적응성을 반영하는 지표로 사용되고 있다(Jeong, 2004; Joo, Kim, Yook, & Lee, 2005; Pumpila et al., 2002; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). 따라서 식후 저혈압 발생군에서 심박동변이 지표의 감

**Table 3.** Comparison of the HRV Parameters according to Baseline Systolic Blood Pressure

(N=70)

Variables	Systolic blood pressure (mmHg)						$\chi^2$ <sup>†</sup>	p
	< 120 (n=26)		120~139 (n=23)		≥ 140 (n=21)			
	M±SD	Mean rank	M±SD	Mean rank	M±SD	Mean rank		
<b>Time domain</b>								
SDNN (ms)	28.2±10.0	40.9	25.2±13.6	32.1	23.4±7.2	32.5	2.94	.230
<b>Frequency domain</b>								
TP (ms <sup>2</sup> )	838.5±556.1	42.1	690.2±722.1	32.7	515.6±303.2	30.3	4.52	.104
LF (ms <sup>2</sup> )	210.8±229.5	43.3	129.1±191.9	32.5	80.1±62.5	29.1	6.33	.042
HF (ms <sup>2</sup> )	126.1±253.8	30.7	124.7±219.9	33.0	129.7±141.1	44.2	5.63	.060
LF/HF	3.3±2.0	51.6	1.5±0.8	33.9	0.8±0.4	17.3	33.10	<.001

HRV=heart rate variability; SDNN=standard deviation of all normal R-R intervals; TP=total power; LF=low frequency; HF=high frequency.

<sup>†</sup>Kruskal-Wallis test.

**Table 4.** Comparison of the HRV Parameters according to Baseline Diastolic Blood Pressure

(N=70)

Variables	Diastolic blood pressure (mmHg)						$\chi^2$ <sup>†</sup>	p
	< 80 (n=47)		80~89 (n=18)		≥ 90 (n=5)			
	M±SD	Mean rank	M±SD	Mean rank	M±SD	Mean rank		
<b>Time domain</b>								
SDNN (ms)	25.8±11.3	34.9	26.3±9.8	37.9	23.8±9.3	32.6	0.41	.816
<b>Frequency domain</b>								
TP (ms <sup>2</sup> )	709.4±616.4	35.3	692.5±480.8	37.8	538.7±423.1	29.2	0.72	.697
LF (ms <sup>2</sup> )	154.2±189.2	36.6	138.1±203.5	35.7	79.8±94.9	24.2	1.69	.430
HF (ms <sup>2</sup> )	118.7±228.2	32.5	131.9±140.6	42.6	183.0±283.3	38.4	3.29	.193
LF/HF	2.4±1.9	40.6	1.2±0.7	28.5	0.6±0.2	13.2	11.03	.004

HRV=heart rate variability; SDNN=standard deviation of all normal R-R intervals; TP=total power; LF=low frequency; HF=high frequency.

<sup>†</sup>Kruskal-Wallis test.

소는 자율신경계의 불균형으로 교감신경계의 활성도가 낮은 것을 의미한다.

Masuda와 Kawamura (2003)의 연구에서 고혈압 노인(n=16)을 대상으로 식후 저혈압 발생군과 비발생군의 심박동변이를 비교한 결과 식후 저혈압 발생군의 LF, LF/HF의 수치가 좀 더 낮았으나 HF는 차이가 없는 것으로 나타나 본 연구의 결과와 유사한 맥락으로 볼 수 있다. 그러나 이 연구에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았는데, 그 이유로 대상자는 모두 고혈압 환자이며 평균 연령이 79세로 본 연구의 대상자에 비해 평균 연령이 높았기 때문에 식후 저혈압 발생군과 비발생군 간에 심박동변이의 차이가 크게 나타나지 않았을 것으로 추측해 볼 수 있다.

이외의 선행연구에서 식후 저혈압과 심박동변이의 관계를 노인만을 대상으로 탐색한 연구는 찾아보기 어려웠고 노인과의 성인을 비교한 연구는 몇 편 있었다. Ryan 등(1992)은 다양한

만성질환을 가지고 재활센터에 입원중인 노인(n=13)과 건강한 성인(n=7)에서 식후 혈압과 심박동변이를 비교하였을 때, 노인에서 식후 혈압이 평균 27±8 mmHg, 성인에서는 9±8 mmHg이 감소하여 노인에서 식후 저혈압 발생이 더 많았고, 심박동변이도 건강한 성인에 비해 노인에서 TP, LF, HF가 유의하게 낮아 연령과 질병의 관련성을 알 수 있었다. 하지만 Kawaguchi 등(2002)이 건강한 노인(평균 78.3세, n=20)과 성인(평균 25.6세, n=20)의 식후 혈압을 비교하였을 때 노인과 성인 모두에서 식후 저혈압은 발생하지 않았으며, 노인에서 식전 심박동변이 지표가 성인에 비해 기본적으로 낮은 수치로 나타났지만 식전과 식후의 심박동변이 지표의 유의한 감소는 없었다. 또한 Oberman 등(2000)이 질병이 없는 건강한 사람을 대상(n=89)으로 20~39세, 40~59세, 60세 이상으로 3군을 나누어 비교하였을 때 식후 저혈압 발생에는 차이가 없었고, 심박동변이 지표 중 HF만을 비교한 결과에서도 연령이

높은 군에서 심박동변이가 상대적으로 낮은 경향은 있었지만, 식전과 식후의 변화에는 세 군 간에 차이가 없었다. 이상의 연구들은 일반적으로 건강하고 연령이 낮을수록 자율신경계의 조절이 잘되므로 심박동변이가 크다(Joo et al., 2005; Thayer, Yamamoto, & Brosschot, 2010)는 사실과 같으나, 건강하고 식후 저혈압이 발생하지 않는 대상자에서는 심박동변이가 연령에 따라 큰 차이는 없었고 식후 저혈압이 발생한 노인에서는 심박동변이가 저하되어 있음을 알 수 있었다. 추후에는 식후 저혈압이 발생한 성인과 노인에서 심박동변이에 차이가 있는지에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 이러한 결과(Kawaguchi et al., 2002; Oberman et al., 2000; Ryan et al., 1992)에서 식사 전과 후의 심박동변이 지표는 유의한 차이가 없음으로 나타나 본 연구에서 식전 심박동변이의 측정이 식후 저혈압 발생 여부에 따른 자율신경계의 기능을 평가하는데 적절함을 뒷받침 해준다.

본 연구에서 식후 저혈압 발생에 영향을 미치는 요인은 식전 혈압이었다. 식전 수축기와 이완기혈압이 높은 경우 식후 저혈압 발생빈도가 더 높았는데, 특히 수축기혈압이 140 mmHg 이상인 대상자 21명 중 18명이 식후 저혈압이 발생하여 매우 높은 발생빈도를 보였다. 이는 Son과 Lee (2009)의 연구에서 식후 저혈압 발생에 식전 수축기혈압이 위험요인으로 보고된 결과와 일치하며, Grodzicki 등(1998)과 Jansen과 Lipsitz (1995)의 연구에서 혈압이 높을수록 식후 저혈압의 발생빈도가 높아진다고 보고한 것과 일치하는 결과이다. 따라서 평소에 혈압이 높은 노인은 식후 저혈압의 발생위험이 높다는 것을 시사한다.

혈압은 미국 고혈압 합동위원회 보고서(JNC-7차) 분류 기준(Mancia & Grassi, 2008)에 따라 식전 수축기혈압과 이완기혈압을 각각 정상군, 전고혈압군, 고혈압군으로 분류하여 비교하였다. 수축기혈압과 이완기혈압의 분류군에서 심박동변이 지표 중 SDNN, TP, LF, LF/HF의 수치가 고혈압군이 가장 낮았으며, 수축기혈압은 LF, LF/HF에서 유의한 차이가 있었고 이완기혈압은 LF/HF가 유의한 차이가 있었다. 이는 Huikuri 등(1996)의 연구에서 대상자의 연령을 짝 맞추어(평균 연령 50세) 고혈압군(n=168)과 정상군(n=188)의 심박동변이를 비교한 결과 고혈압군에서 SDNN, LF, LF/HF이 유의하게 낮은 결과와 일치한다. 또한 Prakash, Madanmohan, Sethuraman과 Narayan 등(2005)에서 정상혈압군(n=25), 전고혈압군(n=25), 고혈압군(n=25)의 심혈관의 자율신경 조절을 알아보기 위한 연구에서 심호흡시 고혈압군의 심박동변이가 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 선행연구의 결과와

비교해 볼 때, 심박동변이의 지표 중 HF의 결과에 일관성이 부족함이 나타났다. 본 연구결과에서 혈압이 상승함에 따라 HF의 수치가 높게 나타난 것은 혈압이 상승하면 부교감신경계가 활성화되는 상반된 작용을 통하여 심혈관계의 항상성을 유지한다는 기전(Hellstrom, 2007; Jeong, 2004)으로 설명할 수도 있으나, 이러한 결과를 뒷받침하기 위해서는 혈압조절과 자율신경계의 정확한 기전을 확인하기 위한 더 많은 연구가 필요하다.

이상과 같이 심박동변이는 식후 저혈압 발생 여부 및 혈압 상태와의 관련성이 확인되어 식후 저혈압 발생과 평소의 고혈압은 자율신경계의 조절과 연관지어 설명할 수 있을 것이다. 따라서 비침습적인 방법으로 심박동변이를 측정하여 식후 저혈압의 발생 여부를 예측할 수 있을 뿐만 아니라 자율신경부전에 의한 다양한 건강문제의 예측에도 활용할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 식후 저혈압 발생 여부와 심박동변이의 측정으로 자율신경계의 활성화와의 관련성을 확인한 연구로 국내외에서도 보고가 많지 않아 그 의의가 크다고 할 수 있다. 추후에는 심박동변이가 식후 저혈압 발생 여부와 평소 혈압의 상태 중 어느 것과 더 상관성이 높은 지에 대해 심층적인 연구를 통해 더 밝혀져야 할 것이다.

본 연구에서 사용된 심박동변이의 지표 중 시간 영역 분석으로 사용된 SDNN은 심혈관계의 안정도와 더불어 자율신경계의 신체에 대한 제어능력에 관한 정보를 제공하는 강력한 지표이지만 교감 및 부교감신경의 균형 상태에 대한 정보는 제한적이다(Jeong, 2004; Pumprla et al., 2002). 주파수 영역 분석에서 TP는 자율신경계의 전체적인 활동성을 반영하여 심혈관계의 자율신경계 활동성의 저하 또는 항진을 전반적으로 평가할 때 사용되고, HF는 호흡활동과 관련 있는 상대적인 고주파수 성분으로 심장에 대한 부교감신경계의 활동성에 대한 신뢰성 있는 지표로 활용되며 LF는 주로 심장에 대한 교감신경의 활동성에 의해 나타난다(Pumprla et al., 2002). 또한 LF/HF는 교감과 부교감신경의 상대적 균형 상태를 나타내는 지표로, 상승하면 교감신경 활성화도가 증가하고 부교감신경 활성화도가 저하되며, 하강하면 교감신경의 활성화도의 저하와 부교감신경 활성화도의 증가를 나타낸다(Pumprla et al., 2002). 본 연구에서 심박동변이 지표를 확인해본 결과, 식후 저혈압 발생군이 비발생군보다 SDNN, TP, LF, LF/HF가 유의하게 낮았고, 수축기혈압 분류군 및 이완기혈압 분류군에서 혈압이 높을수록 LF, LF/HF 및 LF/HF가 유의하게 낮았다. 이는 식후 저혈압 발생군이거나, 혈압이 높을수록 심박동변이 지표가 감소되어 자율신경계의 불균형으로 교감신경계의 활성화도가 낮



다는 것을 의미한다.

심박동변이의 측정을 위해 심전도를 기록할 때 어느 정도의 시간이 적절한 지에 대한 논의가 많았는데, 24시간 심전도 기록에서 얻어진 심박동변이와 2~15분간의 분절에서 계산된 심박동변이를 비교하였을 때 짧은 시간으로도 전체적인 결과를 강하게 예측한다는 여러 보고(Cha et al., 2004; Pumpila et al., 2002; Sucharita, Bantwal, Idiculla, Ayya, & Vaz, 2011; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996)에 따라 측정환경을 일정하게 유지하고 대상자가 생리적으로 안정되어 있다면 5~10분 정도의 심전도 기록으로도 심박동변이를 측정할 수 있다.

심박동변이는 면역장애, 염증, 심혈관질환, 당뇨병, 골다공증, 관절염, 알츠하이머, 치주질환과 암의 특정 유형뿐만 아니라 근력 감소, 허약 및 장애의 예후, 진단, 치료의 목적으로 폭넓게 임상에서 적용되고 있으며, 자율신경계 불균형, 질병 및 사망률을 평가하는데 유용하게 사용할 수 있다(Pumpila et al., 2002; Thayer et al., 2010).

본 연구의 제한점으로 대상자 선정에서 여자 노인의 수가 훨씬 많았는데, 이는 노인대학과 노인회관을 방문하는 노인 중 여자 노인의 비율이 절대적으로 많아 노인의 성비 불균형이 본 연구의 대상자에서도 나타났다. 추후에는 남녀의 비율을 동일하게 하여 남자와 여자 노인 간에 차이가 있는지를 비교할 필요가 있을 것이다. 본 연구에서는 선행연구에서 심박동변이가 식전과 식후에 유의한 차이가 없었다는 결과와 예비연구에서도 거의 차이가 없게 나타나 심박동변이를 식전에만 측정하였는데, 식후 저혈압이 가장 심하게 나타나는 시기를 전후로 심박동변이를 조사하여 이에 대한 확인이 필요할 것이다. 그리고 노인뿐만 아니라 다양한 연령층에서 식후 저혈압과 심박동변이와의 관련성에 대한 연구가 시도되어야 할 것이다.

## 결론

본 연구는 노인의 식후 저혈압의 기전을 이해하기 위해 60세 이상의 노인 중 식후 120분 동안의 15분 간격의 혈압 측정을 통해 식후 저혈압을 판별하고, 이들의 심박동변이를 측정하여, 식후 저혈압 발생 여부에 따라 심박동변이를 비교한 서술적 조사연구이다.

연구결과, 식후 저혈압 발생군이 비발생군보다 심박동변이의 지표(SDNN, TP, LF, LF/HF)가 낮게 나타나 자율신경계의 활성화 정도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 또한 식

후 저혈압 발생과 상관성이 높은 식전 혈압 상태에 따라 심박동변이를 비교한 결과 수축기와 이완기혈압 모두에서 혈압이 높을수록 심박동변이(LF/HF)가 낮게 나타나 자율신경계 활성화 정도가 낮았다.

본 연구를 통하여 식후 저혈압에 대한 임상적 관심과 교육이 요구되고, 임상에서 심박동변이를 측정하여 자율신경계의 변화를 조기에 확인함으로써 식후 저혈압의 예방과 치료에 도움을 주며, 식후 저혈압 발생에 영향을 미치는 요인을 탐색하여 보다 세분화된 연구대상으로 자율신경계의 작용에 대한 심층적인 연구를 제언한다.

## REFERENCES

- Aronow, W. S., & Ahn, C. (1994). Postprandial hypotension in 499 elderly persons in a long-term health care facility. *Journal of American Geriatrics Society, 42*, 930-932.
- Carney, R. M., Blumenthal, J. A., Stein, P. K., Watkins, L., Catellier, D., Berkman, L. F., et al. (2001). Depression, heart rate variability, and acute myocardial infarction. *Circulation, 104*(17), 2024-2028.
- Cha, M. H., Kim, Y. S., & Choi, J. B. (2004). Analysis of heart rate variability in patients with urgency. *Korean Continence Society, 8*, 119-123.
- Faulkner, M. S., Hathaway, D., & Tolley, B. (2003). Cardiovascular autonomic function in healthy adolescents. *Heart & Lung, 32*(1), 10-22.
- Grodzicki, T., Rajzer, M., Fagard, R., O'Brien, E. T., Thijs, L., Clement, D., et al. (1998). Ambulatory blood pressure monitoring and postprandial hypotension in elderly patients with isolated systolic hypertension. *Journal of Human Hypertension, 12*(3), 161-165.
- Hellstrom, H. R. (2007). The altered homeostatic theory: A hypothesis proposed to be useful in understanding and preventing ischemic heart disease, hypertension, and diabetes-including reducing the risk of age and atherosclerosis. *Medical Hypotheses, 68*(2), 415-433. doi:10.1016/j.mehy.2006.05.031
- Huikuri, H. V., Ylitalo, A., Pikkujämsä, S. M., Ikäheimo, M. J., Airaksinen, K. E., Rantala, A. O., et al. (1996). Heart rate variability in systemic hypertension. *The American Journal of Cardiology, 77*(12), 1073-1077.
- Jansen, R. W., & Lipsitz, L. A. (1995). Postprandial hypotension: epidemiology, pathophysiology, and clinical management. *Annals of Internal Medicine, 122*(4), 286-295.
- Jeong, K. S. (2004). Overview of HRV. *Korean Journal of Family Medicine, 25*(11), 528-532.
- Jian, Z. J., & Zhou, B. Y. (2008). Efficacy and safety of acarbose

- in the treatment of elderly patients with postprandial hypotension. *Chinese Medical Journal*, 121, 2054-2059.
- Jones, K. L., Macintosh, C., Su, Y. C., Wells, F., Chapman, I. M., Tonkin, A., et al. (2001). Guar gum reduces postprandial hypotension in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49, 162-167.
- Joo, S., Kim, K. S., Yook, D. S., & Lee, J. W. (2005). Correlation of the left ventricular diastolic function and the heart rate variability in patients with acute myocardial infarction. *The Korean Association of Internal Medicine*, 69(2), 167-176.
- Kawaguchi, R., Nomura, M., Miyajima, H., Nakaya, Y., Mouri, S., & Ito, S. (2002). Postprandial hypotension in elderly subjects: spectral analysis of heart rate variability and electrogastrograms. *Journal of Gastroenterology*, 37(2), 87-93.
- Kuiper, H. M., Jansen, R. W., Peeters, T L., & Hoefnagels, W. H. (1991). The influence of food temperature on postprandial blood pressure reduction and its relation to substance P in healthy elderly subjects. *Journal of the American Geriatrics Society*, 39, 181-184.
- Luciano, G. L., Brennan, M. J., & Rothberg, M. B. (2010). Postprandial hypotension. *The American Journal of Medicine*, 123(3), 281.e1-281.e6.
- Mancia, G., & Grassi, G. (2008). The new European society of hypertension/European society of cardiology guidelines. *Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease*, 2(1), 5-12.
- Masuda, Y., & Kawamura, A. (2003). Role of the autonomic nervous system in postprandial hypotension in elderly persons. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 42, S23-26.
- O'Donovan, D., Feinle, C., Tonkin, A., Horowitz, M., & Jones, K. L. (2002). Postprandial hypotension in response to duodenal glucose delivery in healthy older subjects. *The Journal of Physiology*, 540(2), 673-679.
- O'Mara, G., & Lyons, D. (2002). Postprandial hypotension. *Clinics in Geriatric Medicine*, 18(2), 307-321.
- Oberman, A. S., Gagnon, M. M., Kiely, D. K., Nelson, J. C., & Lipsitz, L. A. (2000). Autonomic and neurohumoral control of postprandial blood pressure in healthy aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Science and Medical Science*, 55(8), M477-M483.
- Prakash, E. S., Madanmohan, Sethuraman, K. R., & Narayan, S. K. (2005). Cardiovascular autonomic regulation in subjects with normal blood pressure, high-normal blood pressure and recent-onset hypertension. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 32, 488-494.
- Pumprla, J., Howorka, K., Groves, D., Chester, M., & Nolan, J. (2002). Functional assessment of heart rate variability: Physiological basis and practical applications. *International Journal of Cardiology*, 84, 1-14.
- Ryan, S. M., Goldberger, A. L., Ruthazer, R., Mietus, J., & Lipsitz, L. A. (1992). Spectral analysis of heart rate dynamics in elderly persons with postprandial hypotension. *The American Journal of Cardiology*, 15(3), 201-205.
- Son, J. T., & Lee, E. (2009). Prevalence and risk factors of postprandial hypotension in Korean elderly people. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 39, 198-206. doi:10.4040/jkan.2009.39.2.198
- Sucharita, S., Bantwal, G., Idiculla, J., Ayyar, V., & Vaz, M. (2011). Autonomic nervous system function in type 2 diabetes using conventional clinical autonomic tests, heart rate and blood pressure variability measures. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 15(3), 198-203.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability; standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354-381.
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., & Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *International Journal of Cardiology*, 141, 122-131.
- Vloet, L. C., Pel-Little, R. E., Jansen, P. A., & Jansen, R. W. (2005). High prevalence of postprandial and orthostatic hypotension among geriatric patients admitted to Dutch hospitals. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Science and Medical Science*, 60(10), 1271-1277.
- Vloet, L. C., Smits, R., & Jansen, R. W. (2003). The effect of meals at different mealtimes on blood pressure and symptoms in geriatric patients with postprandial hypotension. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Science and Medical Science*, 58(11), 1031-1035.
- Ye, S. (1998). *A study on the HRV of patients with obstructive sleep apnea*. Unpublished master's thesis, Pusan National University, Busan.