



ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)  
 한국지역사회생활과학회지 33(2): 237~250, 2022  
 Korean J Community Living Sci 33(2): 237~250, 2022  
<http://doi.org/10.7856/kjcls.2022.33.2.237>

## 건강검진자의 당뇨 여부에 따른 혈청삼투압과 크레아티닌과의 관련성

박 미 경 · 이 금 선<sup>1)</sup> · 김 선 희<sup>2)</sup> · 윤 미 은<sup>†3)</sup>

삼육대학교 일반대학원 중독과학과 석사과정 · 삼육대학교 일반대학원 중독과학과 SW융합교육원 조교수<sup>1)</sup> ·  
삼육대학교 일반대학원 중독과학과 강사<sup>2)</sup> · 삼육대학교 일반대학원 중독과학과 식품영양학과 부교수<sup>3)</sup>

### Correlation between Serum Osmolarity and Creatinine in Health Check-Up Subjects (Examinees) with Diabetes

Mi-Kyung Park · Geum-Seon Lee<sup>1)</sup> · Sun-Hee Kim<sup>2)</sup> · Mi-Eun Yun<sup>†3)</sup>

Master's Student, Dept. Addiction Science, Sahmyook University Graduate School, Seoul, Korea  
 Assistant Professor, Dept. Addiction Science, National Program for Excellence in SW, Sahmyook University, Seoul, Korea<sup>1)</sup>  
 Instructor, Dept. Addiction Science, Sahmyook University Graduate School, Seoul, Korea<sup>2)</sup>  
 Associate Professor, Dept. Addiction Science, Dept. Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul, Korea<sup>3)</sup>

#### ABSTRACT

This study evaluated the changes in dehydration-related blood parameters in diabetes patients. A total of 588 subjects, who were national health screening examinees of S hospital in Seoul, were chosen for the study. Diabetes was determined by a glycated hemoglobin level of 6.5 or higher, and out of the 588 subjects, 62 had diabetes. Except for the low-density lipoprotein (LDL) and total cholesterol, most health indicators (age, body mass index [BMI], systolic blood pressure, creatinine, blood urea nitrogen [BUN], triglycerides, total cholesterol, serum calcium, serum chlorine, and serum osmolarity) were higher in the diabetes group than in the normal group. Using a decision tree analysis, the proportion of diabetes patients was observed to be higher in the dehydration group (11.7%) than in the normal group (5.0%), and there was a significant variation between the normal creatinine (10.0% of the group had diabetes) and abnormal (39.3% had diabetes) creatinine in the dehydration group ( $p < 0.001$ ). Furthermore, among those aged over 50 years, the subjects in the dehydration group with diabetes were observed to be further sub-divided based on the following parameters: LDL cholesterol (normal 23.4%, abnormal 4.8%), erythrocyte sedimentation rate (normal 17.3%, abnormal 39.6%), and systolic blood pressure (normal 0.0%, abnormal 8.1%). This study may explain how dehydration is associated with the health indicators of diabetes.

**Key words:** diabetes, dehydration, serum osmolarity, creatinine

Received: 8 April, 2022 Revised: 27 April, 2022 Accepted: 10 May, 2022

<sup>†</sup>**Corresponding Author:** Mi-Eun Yun Tel: +82-2-3399-1658 E-mail: meyun@syu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서론

당뇨병은 다양한 병인으로 발생하는 질환으로 전 세계 당뇨병 환자의 수가 2040년에는 약 6억 4천명으로 증가하리라 예측하였으며(Konstantinos et al. 2017), 대한당뇨병학회에 의하면 우리나라 당뇨병 유병률은 지속적으로 증가 추세에 있고 이에 따른 각종 만성질환 및 합병증의 증가로 국민건강이 상당히 위협받고 있으며 2030년에는 당뇨병 환자가 500만 명이 넘을 것으로 예측하고 있다(Korea Diabetes Association 2018). 국내 당뇨병 환자 증가의 원인 중 가장 큰 원인은 경제력 상승과 서구화된 생활습관에 의한 비만 인구의 증가 때문으로 보고 있다(Park & Baik 2009). 제2형 당뇨병의 특징은 인슐린 저항성에 의한 고혈당과 인슐린분비의 부적절한 것으로 초기에는 인슐린분비가 증가하지만, 이후에는 베타세포의 부전으로 고혈당을 비롯하여 장기적인 합병증이 초래된다(Lee 2011). 당뇨병 환자의 합병증은 혈당조절과 밀접한 관련이 있어 혈당조절 상태가 좋지 않을수록 미세알부민뇨, 망막병증, 신경병증 등의 양상을 나타내었으며 유병기간이 길수록 증가한다고 알려져 있다(Krishnamurti & Steffes 2001; Park & Baik 2009). 따라서 당뇨병으로 인한 합병증 예방을 위해 혈당조절을 잘하는 것이 가장 중요하다.

당화혈색소(HbA1c) 중 당화된 부분은 측정된 시간보다 수주 전 기간의 평균 혈당을 반영하게 되는데 이는 적혈구가 포도당에 노출된 기간과 혈액 내 포도당의 농도에 의해 결정되기 때문에 측정된 시간보다 이전의 대사 조절 상태를 반영해주는 것이다(Krishnamurti et al. 2001). 당뇨병 진단 방법으로 공복혈당을 진단기준으로 사용하는 것보다 당화혈색소를 사용하는 방법은 검사 전 금식이 필요 없고, 검사 전의 안정성, 스트레스나 질병에

의한 일중, 일간의 변동도 심하지 않은 것 등이 장점으로 알려져 있다(Kim 2015). 이 방법은 2007년까지는 표준화되지 않았기 때문에 당뇨병에 대한 진단기준으로 권장되지 않았으나, 2011년에 임상실습 지침이 갱신되면서 진단기준으로 포함되었다(Ko et al. 2011). 당화혈색소는 공복혈당과 식후혈당치보다 심혈관질환으로 인한 사망률 예측에 있어 더 유의하다는 연구가 있으며(Park et al. 1996) 당화혈색소 6.5%는 진단되지 않은 당뇨병 검출에 특이적이라는 연구가 있다(Selvin et al. 2009).

고혈당은 수분부족에 의한 혈청삼투압의 증가와 비슷하나 인슐린 호르몬과 관계된 복합적인 특성을 나타내는데, 이는 혈청삼투압을 상승시키는 결정적인 요인이다. 혈청삼투압은 혈액 속의 용질 농도를 나타내는 것으로 세포내액과 세포외액 구획의 수분 상태를 반영하여 탈수지표로 많이 사용된다(Savoldelli et al. 2010).

탈수는 과도한 수분 손실과 부족한 수분섭취로 인하여 발생하며(Baron et al. 2015) 그 원인에는 설사, 과도한 땀, 출혈, 체액 축적, 부적절한 체액 섭취, 열이 포함된다. 또한 당뇨병과 고칼슘혈증 등 과도한 배뇨를 수반하는 질병도 탈수를 유발할 수 있다(Mentes 2006; Lee et al. 2021). 수분 손실이 전해질 손실을 초과할 때 혈중 전해질 농도가 높아져 세포 내외의 삼투압을 평형화하기 위해 세포 내에서 세포 외로의 물의 이동을 유도하는 삼투압의 증가가 발생하게 된다. 일일 총 수분섭취량이 적을수록 고혈당 진단이 증가하는 것에 대하여 제2형 당뇨병이 있는 사람들은 경구 포도당내성검사 3일 동안 총 수분섭취량이 적으면 혈당 조절을 손상시킨다는 결론을 내린 연구가 있다(Evan et al. 2017).

탈수와 혈중지질 농도와의 관련성에 관한 연구에 따르면 공복혈당, 단백질, 알부민, 빌리루빈은

탈수와 유의적 상관성이 있으며, 성별에 따라 다르지만 헤모글로빈, 칼슘,  $\text{Na}^+$ , 콜레스테롤 등이 탈수와 연관성이 높았다(Kim et al. 2017; Lee et al. 2021). 또 다른 연구에서도 영양소의 전달 기능과 관련된 적혈구, 헤모글로빈, 헤마토크릿 등과 단백질 분해 과정에 생성되는 물질인 혈중요소질소, 크레아티닌(Cr:Creatinine) 등도 탈수로 인한 체내 수분 감소에 영향을 미치며(Reljic et al. 2013; Lee et al. 2021), 신장 기능에도 영향을 미칠 수 있다고 알려져 있다(Baron et al. 2015).

혈청 크레아티닌 농도는 당뇨나 고혈압 등과 같은 만성 기저질환에 의한 숙주의 최종 변화 지표로, 신기능이 저하된 경우 여러 기저질환에 의해 환자의 종양에 대한 면역체계의 기능저하 가능성도 있다고 하였다(Joo et al. 2007). 또한 혈청 크레아티닌은 혈액요소질소와 함께 신장기능 평가에 이용되고 있다(Shrestha et al. 2008).

이전 연구에서는 당화혈색소와 HDL 콜레스테롤 간의 연관 관계를 제안한 연구가 있고(Bakker et al. 1998), 심장질환과 당화혈색소의 관련성을 살펴본 연구(Laakso 1996)가 있다. 또한 급성신우신염 치료 경과의 예측 인자로서의 당화혈색소(Bae et al. 2015), 비당뇨군에서 대사증후군 예측 인자로서의 당화혈색소(Sung & Rhee 2007) 등의 연구는 진행되었지만, 당화혈색소에 탈수와 관련하여 크레아티닌의 연관성을 살펴본 연구는 미비한 상황이다.

이에 본 연구는 서울 S병원 종합검진센터를 찾은 수검자를 HbA1c 농도가 6.5 이상인 당뇨군과 6.5 미만인 정상군으로 구분하여 당뇨에 따른 일반적 특성 및 혈액학적 특성의 차이를 파악하고 혈청삼투압을 주요 변수로 탈수와 관련성을 파악하기 위하여 혈액검사 결과 분석을 시행하여 이와 관련된 생리적 변화를 살펴보고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 2017년 11월 1일부터 12월 18일까지 서울 S병원 종합검진센터를 방문하여 종합검진을 받은 수검자 중 자유의사를 묻고 이에 동의한 588명의 종합검진 설문지와 혈액검진 자료를 분석하였다. 본 연구를 위해 건강검진 수검자를 대상으로 설문면접과 연구자가 의무기록 열람에 대한 허가를 위해 윤리심의위원회(IRB) 심의과정을 거쳐 승인번호 SYU 2022-04-019를 받았다.

### 2. 조사내용

#### 1) 일반적 특성

연구대상자의 일반적인 특성을 조사하였다. 연령(Age)은 20~49세, 50~59세, 60~69세, 70세 이상으로 구분하였다. 체질량지수(BMI)는 체중(kg)/신장( $\text{m}^2$ )으로 계산하였고, 구분은 대한비만학회에서 제시하는 아시아인 기준으로 18.5~22.9는 정상, 그 외는 비정상으로 분류하였다(Korean Society for the Study of Obesity 2018). 혈청삼투압(Osmolarity)은 체내의 전해질-물의 균형을 측정하는 것으로 세포내액과 외액의 수분 상태를 반영하고, 탈수지표로 사용된다. 혈청삼투압은  $2(\text{Na}^+) + 2(\text{K}^+) + \text{Glucose} + \text{Urea}$  (all in mmol/L)으로 계산하였고, 구분은 295 mOsm/kg 미만을 정상, 295 mOsm/kg 이상을 탈수로 분류하였다. 수축기혈압(Systolic blood pressure)의 구분은 120 mmHg 이하를 정상, 120 mmHg 초과를 비정상으로 분류하였다. 이완기혈압(Diastolic blood pressure)은 80 mmHg 이하를 정상, 80 mmHg 초과를 비정상으로 분류하였다.

## 2) 혈액학적 특성

수검자들은 전날 9시 이후부터 금식한 상태로 당일 채혈실로 방문하여 약 10 mL의 혈액을 채혈하였다. 채혈된 혈액 분석은 삼육서울병원 진단검사의학과에서 수행되었다. 제공된 검진 자료에서 대상자의 당화혈색소(HbA1c), 백혈구(WBC), 헤모글로빈(Hb), 헤마토크릿(Hct), 유산탈수효소(LDH), 적혈구 침강속도(ESR), 중성지방(Triglycerides), HDL-콜레스테롤(HDL-cholesterol), LDL-콜레스테롤(LDL-cholesterol), 총콜레스테롤(Total-cholesterol), GGT, AST, ALT, 크레아티닌(Creatinine), 혈중요소질소(BUN), 신사구체여과율(C-G), 요산도(U.pH), 칼슘(Ca), 염소(Cl)를 분석하였다.

종속변수로 사용된 당화혈색소는 미국을 비롯한 국내에서도 당뇨병 진단기준에 당화혈색소가 포함되어 있으며, 그 기준은 6.5% 이상이다(International Expert Committee 2009; American Diabetes Association 2010; Ko et al. 2011)라는 논문을 기반으로 본 연구에서도 대상자를 당화혈색소 6.5%를 기준으로 당뇨병군과 정상군으로 나누어 분석하였다.

## 3. 통계방법

본 연구는 연구가설을 증명하기 위하여 SPSS program(version 22)을 이용하여 일반적 특성과 혈액학적 특성을 알아보기 위해 빈도와 백분율을 산출하였고, 당뇨에 따른 차이를 알아보기 위해 평균 분석을 통해 t 검정을 하였으며, 당뇨와 탈수의 관련성을 의사결정나무를 통해 분석하였다.

의사결정나무는 분석대상인 집단을 몇 개의 소집단으로 분류, 예측하여 나무구조로 나타내는 분석방법이다. 측정 자료의 유형을 세분화하거나 결과 변인을 등급별로 분류하거나 영향력이 높은 변인을 선별하기 위해 사용하기에 적합하다. 의사결

정나무 모형은 나무가 처음 시작되는 뿌리 마디로부터 잎 마디의 경로를 따르는 규칙을 가지고 있다(Choi & Seo 1999). 본 연구에서는 탈수의 주요 지표인 혈청삼투압을 주요변수, 일반적 특성과 혈액학적 특성을 하위변수로 설정하고 부모 마디(상위노드)와 자식 마디(하위노드)는 각각 50과 25로 설정하여 분석하였다. 통계적 유의성은  $p < 0.05$  수준에서 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적인 특성과 혈액학적 특성 결과에서 당뇨병군의 비율은 Table 1과 같다. 전체 대상자에서 60대가 20.8%(25명)로 가장 많고 70대 이상 19.6%(10명), 50대 12.1%(21명), 20대~40대 2.5%(6명)로 군 간에 유의한 차이가 나타났다( $p=0.000$ ). 2018년 대한당뇨병학회에 따르면 당뇨병 환자의 75% 정도가 체질량지수  $23 \text{ kg/m}^2$  이상인 과체중이며, 절반 정도가 체질량지수  $25 \text{ kg/m}^2$  이상인 비만으로 본 연구에서는 정상인 경우 7.1% (13명), 비정상인 경우 12.1%(49명)으로 당뇨병군의 비율이 비정상인 경우 더 높았지만 유의하지 않았다( $p=0.072$ ). 혈청삼투압은 정상인 경우 5.0%(5명)지만 탈수인 경우 11.7%(57명)로 탈수인 경우 당뇨병군의 비율이 더 높았다( $p=0.048$ ). 수축기 혈압이 120 mmHg 이하로 정상인 경우 당뇨병군의 비율은 3.8%(9명)인데 비해 120 mmHg를 초과하여 비정상인 경우는 15.2%(53명)로 수축기혈압이 높을 때 당뇨병군의 비율이 유의하게 높았다( $p=0.000$ ).

적혈구침강속도는 정상인 경우 8.1%(33명)지만 비정상인 경우 16.1%(29명)로 당뇨병군의 비율은 비정상인 경우 더 높았다( $p=0.004$ ). 인슐린 저항성은 제2형 당뇨병의 발병에 있어 중요한 원인이다. 당

**Table 1.** General characteristics and blood test results in the subjects

Variables	Total		x <sup>2</sup> 14)	p		
	Diabetes mellitus(N=588)					
	No (HbA1c≤6.5)	Yes (HbA1c>6.5)				
G e n e r a l	Age (years)	20~49 years	97.5 (237)	2.5 ( 6)	38.319	0.000
		50~59 years	87.9 (153)	12.1 (21)		
		60~69 years	79.2 ( 95)	20.8 (25)		
		70+ years	80.4 ( 41)	19.6 (10)		
B M I	(kg/m <sup>2</sup> ) <sup>1)</sup>	Normal(18.5~22.9)	92.9 (169)	7.1 (13)	3.233	0.072
		Abnormal(else)	87.9 (357)	12.1 (49)		
O s m o l i t y	(mOsm/kg)	Normal(less than 295)	95.0 ( 95)	5.0 ( 5)	3.927	0.048
		Dehydration(295 or more)	88.3 (431)	11.7 (57)		
S B P	(mmHg) <sup>2)</sup>	Normal(120≥SBP)	96.2 (230)	3.8 ( 9)	19.615	0.000
		Abnormal(120<SBP)	84.8 (296)	15.2 (53)		
D B P	(mmHg) <sup>3)</sup>	Normal(80≥DBP)	91.9 (249)	8.1 (22)	3.137	0.077
		Abnormal(80<DBP)	87.4 (277)	12.6 (40)		
W B C	(K/μL) <sup>4)</sup>	Normal(4.6~10.2)	89.0 (430)	11.0 (53)	0.527	0.468
		Abnormal(else)	91.4 ( 96)	8.6 ( 9)		
H b	(g/dL) <sup>5)</sup>	Normal(13.0~18.1)	89.3 (443)	10.7 (53)	0.067	0.796
		Abnormal(else)	90.2 ( 83)	9.8 ( 9)		
H c t	(%) <sup>6)</sup>	Normal(38~53.7)	89.3 (477)	10.7 (57)	0.104	0.747
		Abnormal(else)	90.7 ( 49)	9.3 ( 5)		
L D H	(IU/L) <sup>7)</sup>	Normal(240~480)	90.2 (471)	9.8 (51)	2.954	0.086
		Abnormal(else)	83.3 ( 55)	16.7 (11)		
E S R	(mm/hr) <sup>8)</sup>	Normal(0~10)	91.9 (375)	8.1 (33)	8.523	0.004
		Abnormal(else)	83.9 (151)	16.1 (29)		
T r i g l y c e r i d e s	(mg/dL)	Normal(10~180)	90.9 (457)	9.1 (46)	7.221	0.007
		Abnormal(else)	81.2 ( 69)	18.8 (16)		
H D L	-cholesterol (mg/dL)	Normal(35~70)	88.9 (457)	11.1 (57)	1.287	0.257
		Abnormal(else)	93.2 ( 69)	6.8 ( 5)		
L D L	-cholesterol (mg/dL)	Normal(0~129)	84.4 (287)	15.6 (53)	21.744	0.000
		Abnormal(else)	96.4 (239)	3.6 ( 9)		
T o t a l	-cholesterol (mg/dL)	Normal(0~199)	84.5 (278)	15.5 (51)	19.460	0.000
		Abnormal(else)	95.8 (248)	4.2 (11)		
G G T	(IU/L) <sup>9)</sup>	Normal(10~59)	90.7 (447)	9.3 (46)	4.765	0.029
		Abnormal(else)	83.2 ( 79)	16.8 (16)		
A S T	(IU/L) <sup>10)</sup>	Normal(9~38)	91.0 (433)	9.0 (43)	6.046	0.014
		Abnormal(else)	83.0 ( 93)	17.0 (19)		
A L T	(IU/L) <sup>11)</sup>	Normal(9~41)	90.9 (428)	9.1 (43)	5.023	0.025
		Abnormal(else)	83.8 ( 98)	16.2 (19)		
C r e a t i n i n e	(mg/dL)	Normal(0.1~1.2)	90.9 (508)	9.1 (51)	24.256	0.000
		Abnormal(else)	62.1 ( 18)	37.9 (11)		
B U N	(mg/dL) <sup>12)</sup>	Normal(4~23)	89.8 (518)	10.2 (59)	3.326	0.168
		Abnormal(else)	72.7 ( 8)	27.3 ( 3)		
C - G	(ml) <sup>13)</sup>	Normal(60 or more)	90.6 (491)	9.4 (51)	9.456	0.002
		Abnormal(less than 60)	76.1 ( 35)	23.9 (11)		
U . p H	(pH)	Normal(5~7)	88.9 (497)	11.1 (62)	3.596	0.058
		Abnormal(else)	100.0 ( 29)	0.0 ( 0)		
C a	(mg/dL)	Normal(8.6~10.2)	90.4 (508)	9.6 (54)	11.797	0.001
		Abnormal(else)	69.2 ( 18)	30.8 ( 8)		

<sup>1)</sup> BMI: Body Mass Index, <sup>2)</sup> SBP: Systolic Blood Pressure, <sup>3)</sup> DBP: Diastolic Blood Pressure, <sup>4)</sup> WBC: White Blood Cells, <sup>5)</sup> Hb: Hemoglobin, <sup>6)</sup> Hct: Hematocrit, <sup>7)</sup> LDH: Lactate Dehydrogenase, <sup>8)</sup> ESR: Erythrocyte Sedimentation Rate, <sup>9)</sup> GGT:  $\gamma$ -glutamyl transferase, <sup>10)</sup> AST: Aspartate Aminotransferase, <sup>11)</sup> ALT: Alanine Aminotransferase, <sup>12)</sup> BUN: Blood Urea Nitrogen, <sup>13)</sup> C-G: Cockcroft-Gault Glomerular Filtration Rate, <sup>14)</sup> Fisher's exact test

노병이 유발되는 기전으로 염증을 제시한 연구도 있었으며(Shoelson et al. 2006; Oh et al. 2016) 다른 연구에서도 전염증성 사이토카인 및 C-반응 단백질의 농도가 높고 백혈구수 및 적혈구침강속도가 인슐린 감수성과 역의 상관성을 나타냄을 밝혀내었다(Pitsavos et al. 2007). 또한 전혈전성 상태를 유도하는 만성적인 염증은 당뇨병의 혈관 합병증 발생에도 작용하는 것으로 나타났다(Fujita et al. 2013).

중성지방이 정상인 경우 9.1%(46명)지만 비정상인 경우 18.8%(16명)로 당뇨병의 비율이 비정상인 경우 높게 나타났다( $p=0.007$ ). 그러나 LDL-콜레스테롤이 정상인 경우 15.6%(53명)지만 비정상인 경우 3.6%(9명)이며( $p=0.000$ ), 총콜레스테롤이 정상인 경우 15.5%(51명)지만 비정상인 경우 4.2%(11명)로 정상인 경우에 당뇨병의 비율이 더 높았다( $p=0.000$ ). 고혈압과 이상지질혈증은 당뇨병 환자에서 흔히 동반되는 증상인데 그중에서도 이상지질혈증의 발생은 인슐린 저항성으로 인한 지방세포로부터의 지방산 방출 증가와 간의 초저밀도 지단백과 중성지방 생성 및 분비 증가에 기인한다(Krauss 2004; Boo 2012).

GGT가 정상인 경우 9.3%(46명)지만 비정상인 경우 16.8%(16명)이며( $p=0.029$ ), AST가 정상인 경우 9.0%(43명)지만 비정상인 경우 17.0%(19명)이고( $p=0.014$ ), ALT가 정상인 경우 9.1%(43명)지만 비정상인 경우 16.2%(19명)로( $p=0.025$ ) 간 기능 지표가 비정상인 경우 당뇨병의 비율이 더 높았다.

크레아티닌이 정상인 경우 9.1%(51명)지만 비정상인 경우 37.9%(11명)로 군 간에 유의한 차이가 나타났으며( $p=0.000$ ), 신사구체여과율이 정상인 경우 9.4%(51명)지만 비정상인 경우 23.9%(11명)로( $p=0.002$ ) 신장기능지표가 비정상인 경우도 당뇨병의 비율이 유의하게 높았다. 당뇨병으로 인한 고혈

당이 중요한 인자로 작용하여 다양한 경로를 거쳐 각종 사이토카인이나 혈관 조절 인자들의 변화를 유발시켜 당뇨병성 신장 질환을 유발한다고 알려져 있다(Park et al. 2009).

칼슘은 정상인 경우 9.6%(54명)지만 비정상인 경우 30.8%(8명)로 비정상인 경우 당뇨병의 비율이 더 높았다( $p=0.001$ ). 한 연구에 의하면 낮은 혈중 비타민 D 농도가 통증을 동반한 당뇨병성 신경병증 발생의 위험요인으로 제시되고 있는데 이는 신경에서의 칼슘 조절에 영향을 미쳐, 신경 분화 및 신경 성장과 기능에 영향을 줄 수 있다(Hong 2021). 또한 췌장에서의 인슐린 분비는 칼슘에 의존적인 과정이며, 비타민 D가 칼슘의 항상성에 영향을 주면서 인슐린 분비에 간접적으로 영향을 줄 수 있다는 연구(Park & Kim 2013)와 맥락을 같이 하고 있다.

## 2. 신체계측과 혈액지표

연구대상자는 총 588명 중 정상군은 526명, 당뇨병군은 62명이었으며 당뇨 여부에 따른 신체계측과 혈액지표를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 당뇨병군은 정상군보다 연령( $p=0.000$ ), 체질량지수( $p=0.001$ ), 혈청삼투압( $p=0.000$ ), 수축기혈압( $p=0.000$ ), 이완기혈압( $p=0.011$ )이 유의하게 높았다. 또한 백혈구 수( $p=0.000$ ), 헤모글로빈( $p=0.016$ ), 헤마토크릿( $p=0.031$ ), 중성지방( $p=0.003$ ) GGT( $p=0.019$ ), ALT( $p=0.007$ ), 크레아티닌( $p=0.040$ ), 혈중요소질소( $p=0.001$ ), 칼슘( $p=0.022$ )에서도 당뇨병군이 정상군보다 유의하게 높았다. 그러나 LDL-콜레스테롤( $p=0.000$ ), 총콜레스테롤( $p=0.000$ ), 신사구체여과율( $p=0.001$ ), 염소( $p=0.000$ )는 당뇨병군이 정상군보다 유의하게 낮았다.

평균연령은 당뇨병군이  $59.8 \pm 9.2$ 세로 정상군( $51.0 \pm 12.8$ 세)보다 높았으며( $p=0.000$ ), 체질량

지수는 정상군이  $24.2 \pm 3.4 \text{ kg/m}^2$  당뇨군이  $25.8 \pm 3.3 \text{ kg/m}^2$ 로 당뇨군이 높았고( $p=0.001$ ), 혈청삼투압에서 정상군이  $298.9 \pm 4.0 \text{ mOsm/kg}$  당뇨군이  $300.9 \pm 4.5 \text{ mOsm/kg}$ 로 당뇨군이 높았다( $p=0.000$ ). 일부 여자 노인에서 혈청삼투압은 알부민( $p<0.01$ ), 혈청 트랜스페린( $p<0.001$ ), 헤마토크릿( $p<0.05$ )과 유의적인 상관성이 나타났으며, 노인에서 증가된 삼투압은 사망률 증가와 관련이 있다고 하였다(O'Neill et al. 1990). 평균 수축기혈압( $p=0.000$ )과 평균 이완기 혈압( $p=0.011$ )은 정상군이 각각  $121.8 \pm 14.1 \text{ mmHg}$ ,  $79.8 \pm 10.7 \text{ mmHg}$ 로 당뇨군이  $130.7 \pm 11.6 \text{ mmHg}$ ,  $83.4 \pm 9.1 \text{ mmHg}$ 보다 유의하게 높았다. 백혈구 수( $p=0.000$ )와 Hb( $p=0.016$ ), Hct( $p=0.031$ )도 각각 정상군이  $6.0 \pm 1.6 \text{ K}/\mu\text{L}$ ,  $14.4 \pm 1.5 \text{ g/dL}$ ,  $42.9 \pm 3.9\%$ 로 당뇨군이  $7.1 \pm 2.1 \text{ K}/\mu\text{L}$ ,  $14.9 \pm 1.7 \text{ g/dL}$ ,  $44.1 \pm 4.6\%$ 로 유의하게 높았다. 한 선행연구에서도 혈액학적 지표 중 백혈구 수( $p=0.021$ )가 본 연구결과와 같이 당뇨병 조절군에 비해 당뇨병 비조절군에서 유의하게 높았다, 또한 호중구 수( $p=0.005$ ), 단구 수( $p=0.040$ ), 호중구 백분율( $p=0.042$ ), NLR ( $p=0.032$ )도 당뇨병 조절군에 비해 당뇨병 비조절군에서 유의하게 높았으나 림프구 수는 당뇨병 비조절군에서 낮은 경향을 보였으나 그 차이가 유의하지 않았다(Oh et al. 2016).

중성지방은 정상군이  $116.8 \pm 79.9 \text{ mg/dL}$ 로 당뇨군( $156.8 \pm 100.0 \text{ mg/dL}$ )보다 높았고( $p=0.003$ ), HDL-콜레스테롤은 정상군이  $55.2 \pm 11.6 \text{ mg/dL}$  당뇨군이  $51.6 \pm 10.9 \text{ mg/dL}$ ( $p=0.020$ ), LDL-콜레스테롤은 정상군이  $126.4 \pm 35.1 \text{ mg/dL}$  당뇨군이  $99.7 \pm 31.0 \text{ mg/dL}$ ( $p=0.000$ ), 총콜레스테롤은 정상군이  $196.8 \pm 36.6 \text{ mg/dL}$  당뇨군이  $172.1 \pm 40.1 \text{ mg/dL}$ 로

당뇨군에서 더 낮았다( $p=0.000$ ). 지질대사의 이상을 나타내는 이상지질혈증은 당뇨병과 대사증후군에서 가장 많이 볼 수 있다. 이는 당뇨병 환자에게 심혈관질환 사망위험도가 높은 것에 기여하는 바가 크다(Cho 2006). 당화혈색소가 당뇨병과는 독립적으로 동맥 경화 발생 및 심혈관질환의 독립적인 위험요소임을 주장한 연구들(Nakamura et al. 1993; Kanauchi et al. 2001)이 있다. 또한 40세 이상의 한국인 22,465명을 대상으로 한 연구(Sung & Rhee 2007)에서도 당화혈색소가 높은 군에서 심혈관질환 위험인자의 유의한 증가가 관찰되었고 대사증후군의 유병률 증가가 확인되었다. 이는 본 연구에서 당뇨군에서 정상군에 비해 대사증후군 지표인 중성지방이 높고 HDL-콜레스테롤이 낮은 것과 유사한 결과이다. 또한 당뇨병 환자에서 심혈관질환으로 인한 사망 위험률이 혈당증가 및 당화혈색소의 상승에 따라 증가한다는 보고가 있다(Laako 1996; Wei et al. 1998). EPIC(European Investigation of Cancer and Nutrition)-Norfolk 연구(Khaw et al. 2001)에서는 당뇨병이 없는 사람들에서 변수를 보정한 후에도 당화혈색소 1% 증가가 심혈관질환 위험률 21% 증가와 연관된다고 보고하였다.

GGT는 정상군이  $35.3 \pm 44.7 \text{ IU/L}$  당뇨군이  $50.3 \pm 47.0 \text{ IU/L}$ ( $p=0.019$ ), AST는 정상군이  $29.7 \pm 14.8 \text{ IU/L}$  당뇨군이  $38.8 \pm 29.4 \text{ IU/L}$ ( $p=0.019$ ), ALT는 정상군이  $27.7 \pm 21.4 \text{ IU/L}$  당뇨군이  $36.8 \pm 24.6 \text{ IU/L}$ ( $p=0.007$ )로 당뇨군에서 모두 더 높았다.

크레아티닌은 정상군이  $0.9 \pm 0.2 \text{ mg/dL}$  당뇨군이  $1.0 \pm 0.4 \text{ mg/dL}$ 로 미세한 차이를 보였고( $p=0.040$ ), 혈중요소질소는 정상군이  $13.2 \pm 4.0 \text{ mg/dL}$  당뇨군이  $16.1 \pm 6.5 \text{ mg/dL}$ 로 당뇨군이 높고( $p=0.001$ ), 신사구체여과율은 정상군이  $90.2$

**Table 2.** Physical parameters and blood test results in subjects by HbA1c  $\geq$  6.5

		Variables	N	Mean	SD	t	p
Gender	Age (years)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	51.0	12.8	-6.759	0.000
		Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	59.8	9.2		
	BMI (kg/m <sup>2</sup> ) <sup>1)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	24.2	3.4	-3.492	0.001
		Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	25.8	3.3		
	Osmolarity (mOsm/kg)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	298.9	4.0	-3.647	0.000
		Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	300.9	4.5		
	SBP(mmHg) <sup>2)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	121.8	14.1	-5.540	0.000
		Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	130.7	11.6		
	DBP (mmHg) <sup>3)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	79.8	10.7	-2.544	0.011
		Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	83.4	9.1		
	WBC (K/ $\mu$ L) <sup>4)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	6.0	1.6	-4.261	0.000
		Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	7.1	2.1		
Hb (g/dL) <sup>5)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	14.4	1.5	-2.411	0.016	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	14.9	1.7			
Hct (%) <sup>6)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	42.9	3.9	-2.166	0.031	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	44.1	4.6			
LDH(IU/L) <sup>7)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	384.6	81.6	-2.816	0.005	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	416.0	94.4			
ESR (mm/hr) <sup>8)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	9.0	8.4	-1.886	0.063	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	11.8	11.0			
Triglycerides (mg/dL)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	116.8	79.9	-3.037	0.003	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	156.8	100.0			
HDL-cholesterol (mg/dL)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	55.2	11.6	2.331	0.020	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	51.6	10.9			
LDL-cholesterol (mg/dL)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	126.4	35.1	5.723	0.000	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	99.7	31.0			
Total-cholesterol (mg/dL)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	196.8	36.6	4.985	0.000	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	172.1	40.1			
GGT(IU/L) <sup>9)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	35.3	44.7	-2.498	0.019	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	50.3	47.0			
AST(IU/L) <sup>10)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	29.7	14.8	-2.400	0.019	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	38.8	29.4			
ALT(IU/L) <sup>11)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	27.7	21.4	-2.793	0.007	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	36.8	24.6			
Creatinine (mg/dL)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	0.9	0.2	-2.092	0.040	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	1.0	0.4			
BUN (mg/dL) <sup>12)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	13.2	4.0	-3.442	0.001	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	16.1	6.5			
C-G (ml) <sup>13)</sup>	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	505	90.2	18.2	3.266	0.001	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	61	82.0	20.2			
U.pH (pH)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	516	5.6	0.7	2.954	0.004	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	5.4	0.5			
Ca (mg/dL)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	9.6	0.3	-2.346	0.022	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	9.8	0.5			
Cl (mg/dL)	No(HbA1c $\leq$ 6.5)	526	102.4	2.2	3.651	0.000	
	Yes(HbA1c $>$ 6.5)	62	101.2	2.6			

<sup>1)</sup> BMI: Body Mass Index, <sup>2)</sup> SBP: Systolic Blood Pressure, <sup>3)</sup> DBP: Diastolic Blood Pressure, <sup>4)</sup> WBC: White Blood Cell, <sup>5)</sup> Hb: Hemoglobin, <sup>6)</sup> Hct: Hematocrit, <sup>7)</sup> LDH: Lactate Dehydrogenase, <sup>8)</sup> ESR: Erythrocyte Sedimentation Rate, <sup>9)</sup> GGT:  $\gamma$ -Glutamyl Transferase, <sup>10)</sup> AST: Aspartate Aminotransferase, <sup>11)</sup> ALT: Alanine Aminotransferase, <sup>12)</sup> BUN: Blood Urea Nitrogen, <sup>13)</sup> C-G: Cockcroft-Gault Glomerular Filtration Rate



$\pm 18.2$  ml 당뇨군이  $82.0 \pm 20.2$  ml로 당뇨군이 유의하게 낮았다( $p=0.001$ ). 당뇨병은 신장과 관련되어 투석 치료의 주된 원인이 되는 질병만이 아니라 만성 신장 질환과 말기 신부전을 유발할 수 있는 질병이다. 또한 당뇨 환자에게 있어 만성 신장 질환은 탄수화물과 인슐린의 대사의 다양한 변화들과 밀접한 관계가 있다. 따라서 초기 당뇨 신증 환자에서 엄격한 혈당 조절은 혈액학적반응을 감소시키고 신장 크기를 유지하며 현성 신증으로 진행되는 것을 예방한다고 알려져 있다(Nam 2008).

칼슘은 정상군이  $9.6 \pm 0.3$  mg/dL 당뇨군이  $9.8 \pm 0.5$  mg/dL( $p=0.022$ )로 정상군에서 더 낮고, 염소는 정상군이  $102.4 \pm 2.2$  mg/dL 당뇨군이  $101.2 \pm 2.6$  mg/dL( $p=0.000$ )로 정상군에서 더 높은 차이를 보였다.

### 3. 당뇨에 따른 탈수와 크레아티닌과의 관련성

Fig. 1은 '당뇨에 따른 탈수와 크레아티닌과의 관련성' 예측모형에 대한 의사결정나무 알고리즘을 이용한 분석결과이다. 뿌리마디는 588명으로 정상군은 89.5%, 당뇨군은 10.5%로 나타났다. 탈수의 주요 지표인 혈청삼투압을 주요변수로 설정하여 분석한 결과 중요한 변수는 크레아티닌과 LDL-콜레스테롤로 구분된다. 즉 탈수인 경우에는 당뇨군이 11.7%로 증가하는 반면 정상인 경우는 당뇨군의 비율이 5.0%로 감소하였다( $p=0.048$ ). 탈수인 경우 크레아티닌과 LDL-콜레스테롤 순으로 영향을 주는 것으로 나타났다. 즉 탈수 중 크레아티닌이 정상인 경우는 당뇨군의 비율이 10.0%인 반면에 크레아티닌이 비정상인 경우는 당뇨군의 비율이 39.3%로 증가하였다( $p=0.000$ ). 크레아티닌이 정상인면서 LDL-콜레스테롤이 정상인 경우는 당뇨군의 비율이 14.3%인 반면에 LDL-콜레스테롤이 비정상인 경우는 당뇨군의 비율이 4.1% 감소하였다( $p=$

0.000).

또한 Fig. 2는 '50대 이상의 당뇨에 따른 탈수와 크레아티닌과의 관련성' 예측모형에 대한 의사결정나무 알고리즘을 이용한 분석결과이다. 뿌리마디는 345명으로 정상군은 83.8%, 당뇨군은 16.2%로 나타났다. 탈수의 주요 지표인 혈청삼투압을 주요변수로 설정하여 분석한 결과 중요한 변수는 LDL-콜레스테롤, 적혈구침강속도, 수축기혈압으로 구분된다. 만성적인 탈수 현상은 노인들에서 흔히 볼 수 있는 요인으로 노인에서 증가된 삼투압은 사망률 증가와 관련이 있다고 하였으며(O'Neill et al. 1990), 탈수는 노인들이 병원에 입원하는 이유와 사망의 주요 요인으로 (Askew & Luetkemeier 1999) 지목되지만 본 연구에서는 탈수여부에 따른 50대 이상 당뇨군의 비율에 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $p=0.878$ ). 탈수인 경우 LDL-콜레스테롤, 적혈구침강속도 및 수축기혈압 순으로 영향을 주는 것으로 나타났다. 즉 탈수 중 LDL-콜레스테롤이 정상인 경우는 당뇨군의 비율이 23.4%인 반면에 비정상인 경우는 4.8%로 감소하고( $p=0.000$ ), LDL-콜레스테롤이 정상인면서 적혈구침강속도가 정상인 경우는 당뇨군의 비율이 17.3%인 반면에 적혈구침강속도가 비정상인 경우 39.6%로 증가하였다( $p=0.001$ ). LDL-콜레스테롤이 비정상인면서 수축기혈압이 정상인 경우는 0.0%인 반면 수축기혈압이 비정상인 경우 8.1% 증가하였다( $p=0.039$ ).

선행연구에서도 만성적인 탈수나 수분섭취 부족은 다양한 질병 및 증상과 관련이 있는데 특히 당뇨병에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 당뇨병 발병위험의 한 연구에서 고혈당증이나 당뇨병에 대한 음료의 유의미한 영향은 82,902명의 여성을 대상으로 조사한 결과 물 섭취는 제2형 당뇨병 위험과 유의한 관계가 없다고 하였으나 가당음료 1회 분량

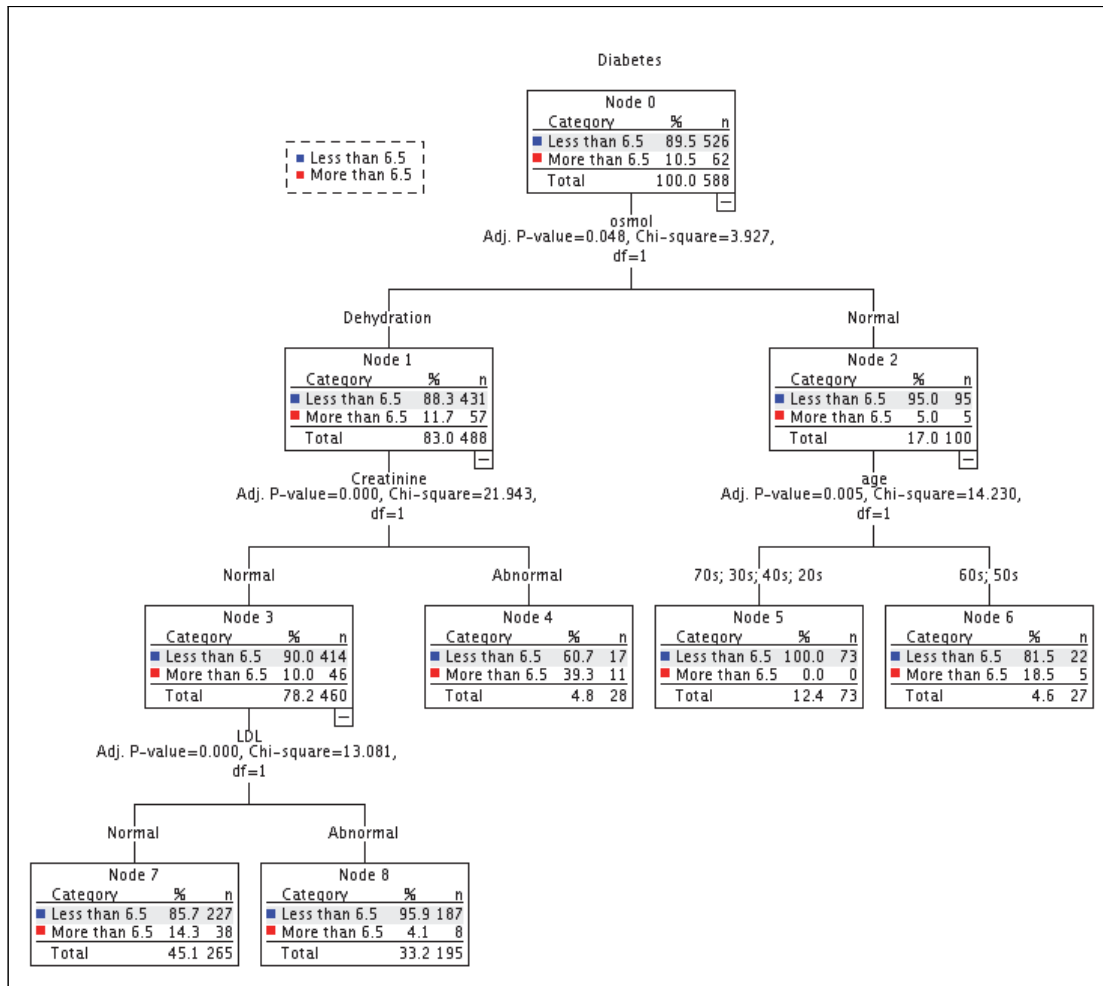


Fig. 1. Correlation between diabetes, dehydration, and creatinine.

을 1컵의 물로 대체하는 것은 제2형 당뇨병 발병 위험을 7~8%, 커피나 우유로 대체하는 것은 12~17% 정도 감소시킬 수 있다고 하였다(Pan et al. 2012; Lee et al. 2017). 또 다른 연구는 물 섭취가 고혈당증 발병위험과의 관계를 조사하였는데 중년 남녀 3,615명을 대상으로 하루에 500 mL 미만의 물을 섭취하는 것과 비교해 500~1,000 mL의 물 섭취는 발병위험이 0.68배로 낮고, 1,000 mL 이상의 물 섭취는 0.79배로 낮다는 연구 결과를 나타내었다(Roussel et al. 2011; Lee & Kim 2017).

또한 고혈압을 동반하고 있는 당뇨병성 신증을

예방하기 위해서는 신장 기능의 지표가 되는 크레아티닌과 미세 단백뇨의 감시와 지속적인 관리가 필요하고(Kim et al. 2002), 당뇨병 환자들에게 있어 합병증 발생에 지질대사 이상이 밀접하게 관련된다(O'Brien et al. 1998).

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 서울 S병원 종합검진센터를 찾은 수검자 중 성인 588명(정상군은 526명, 당뇨병군은 62명)을 대상으로 일반적인 특성과 혈액학적 특성의 결과를 분석하였으며 결과는 다음과 같다.

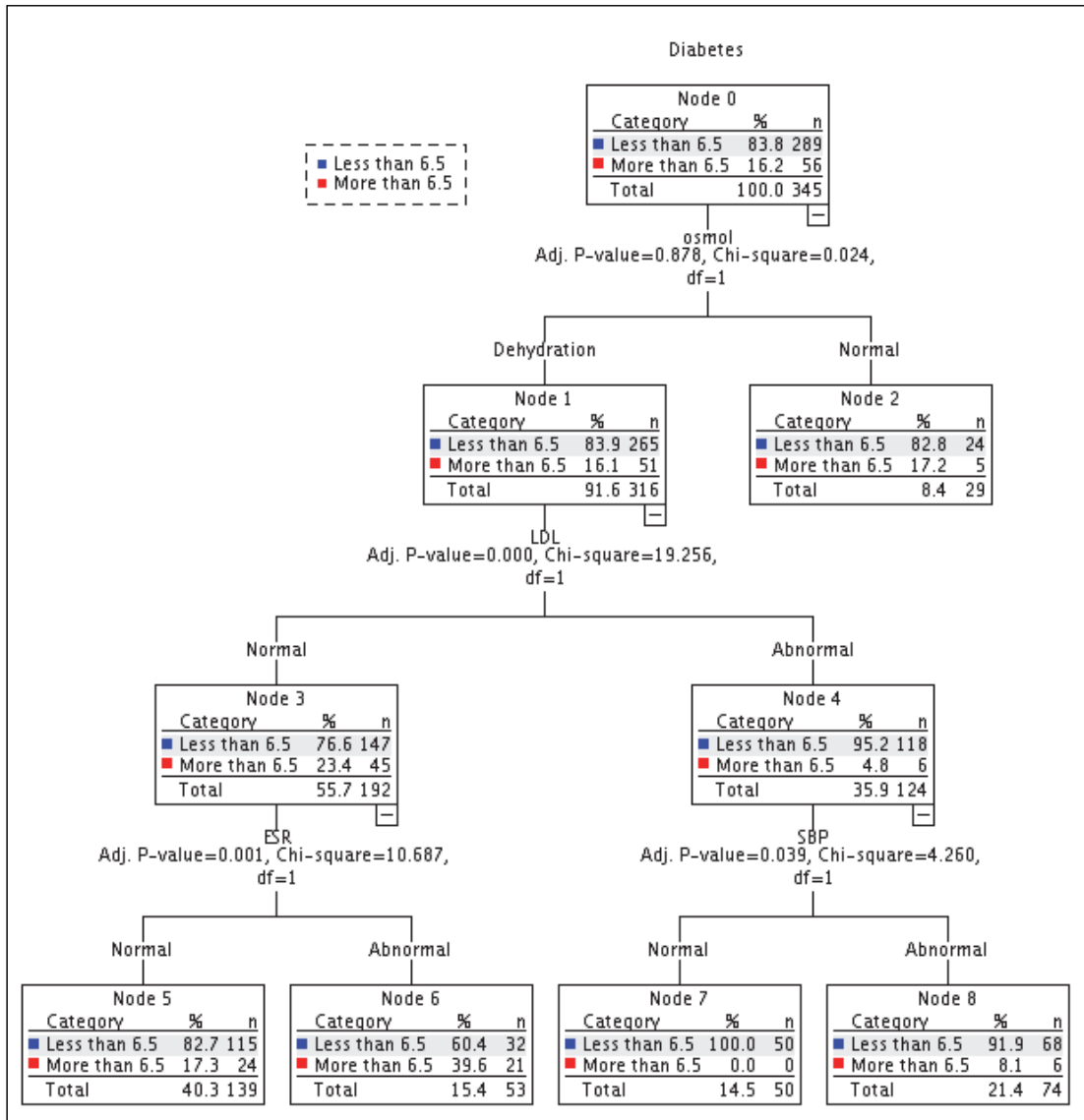


Fig. 2. Correlation between creatinine and diabetes, dehydration in people over 50 years of age.

당뇨군의 비율은 수축기혈압(p=0.000), 적혈구 침강속도(p=0.004), 중성지방(p=0.007), GGT(p=0.029), AST(p=0.014), ALT(p=0.025), 신사구체여과율(p=0.002), 칼슘(p=0.001)에서 정상인 경우보다 비정상인 경우 더 높게 나타났다. 또한 혈청삼투압은 정상인 경우보다 탈수인 경우 당뇨병 환자의 비율이 높게 나타났으며(p=0.048), 크레아티닌이 정상인 경우는 당뇨군의 비율이 9.1%였으나 비정상인

경우는 37.9%로 군 간에 유의한 차이가 나타났다(p=0.000). 반면에 LDL-콜레스테롤과 총콜레스테롤은 정상인 경우 당뇨군의 비율이 더 높게 나타났다(p=0.000).

당뇨군은 정상군보다 연령(p=0.000), 혈청삼투압(p=0.000), 수축기혈압(p=0.000), 이완기혈압(p=0.011)이 유의하게 높았다. 그뿐만 아니라 백혈구 수(p=0.000), 헤모글로빈(p=0.016), 헤마토크릿

( $p=0.031$ ), 중성지방( $p=0.003$ ), GGT ( $p=0.019$ ), ALT( $p=0.007$ ), 크레아티닌( $p=0.040$ ), 혈중요소질소( $p=0.001$ ), 칼슘( $p=0.022$ )에서도 당뇨병군이 정상군보다 유의하게 높았다. 반면에 LDL-콜레스테롤( $p=0.000$ ), 총콜레스테롤( $p=0.000$ ), 신사구체여과율( $p=0.001$ ), 염소( $p=0.000$ )가 유의하게 낮았다.

혈청삼투압을 주요변수로 설정하여 의사결정나무를 이용한 분석결과 뿌리마디는 588명으로 당뇨병군의 비율은 10.5%로 나타났으며 탈수인 경우 당뇨병군의 비율이 11.7%로 증가하였다. 탈수인 경우 크레아티닌과 LDL-콜레스테롤 순으로 영향을 주는 것으로 나타났는데 크레아티닌이 정상인 경우보다 비정상인 경우는 당뇨병군의 비율이 거의 4배 정도로 증가하였다. 크레아티닌과 LDL-콜레스테롤이 정상인 경우 당뇨병군의 비율은 14.3%인 반면에 LDL-콜레스테롤이 비정상인 경우는 4.1%로 감소하였다( $p=0.000$ ).

또한 만성적인 탈수 현상은 노인들에서 흔히 볼 수 있는 요인으로 노인에서 증가된 삼투압은 사망률 증가와 관련이 있다고 하였으며(O'Neill et al. 1990), 탈수는 노인들이 병원에 입원하는 이유와 사망의 주요 요인으로(Askew & Luetkemeier 1999) 지목된 연구결과가 있어 50대 이상을 대상으로 혈청삼투압과 관련이 있는 주요변수로 설정하여 의사결정나무를 이용한 분석하였다. 이에 뿌리마디는 345명으로 당뇨병군의 비율은 16.2%로 나타났으며 탈수 여부에 따른 50대 이상 당뇨병군의 비율에 유의적인 차이가 나타나지 않았지만( $p=0.878$ ) LDL-콜레스테롤, 적혈구침강속도 및 수축기혈압 순으로 영향을 주는 것으로 나타났다.

본 연구는 건강검진 수검자의 당뇨 상태를 살펴본 자료로 성별에 따른 차이점을 알 수 없다는 제한점이 있다. 그러나 당뇨병군의 탈수와 관련되는 지표

들 중 크레아티닌과의 관련성을 도출한 것은 의미가 있다고 생각한다. 따라서 성별을 고려한 다양한 후속 연구들이 필요하다고 본다.

## References

- American Diabetes Association(2010) Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 33(Suppl 1), 62-69. doi:10.2337/dc14-S081
- Askew EW, Luetkemeier MJ(1999) Dehydration. In: Sadler MJ, Strain JJ, Caballero B. eds. *Encyclopedia of human nutrition*. Massachusetts: Academic Press, p501
- Bae MH, Park CH, Cho YS, Joo KJ, Kwon CH, Park HJ(2015) Effects of diabetes mellitus and HbA1c on treatment prognosis in uncomplicated acute pyelonephritis. *Urogenit Tract Infect* 10(1), 41-48. doi:10.14777/kjutii.2015.10.1.41
- Bakker SJ, Hoogeveen EK, Nijpels G, Kostense PJ, Dekker JM, Gans RO, Heine RJ(1998) Association between HbA1c and HDL-cholesterol independent of fasting triglycerides in a Caucasian population: evidence for enhanced cholesterol ester transfer induced by in vivo glycation. *Diabetol* 41(10), 1249-1250. doi:10.1007/s001250051047
- Baron S, Courbebaisse M, Lepicard EM, Friedlander G(2015) Assessment of hydration status in a large population. *Br J Nutr* 113(1), 147-158. doi:10.1017/S0007114514003213
- Boo SJ(2012) Glucose, blood pressure, and lipid control in Korean adults with diagnosed diabetes. *Korean J Adult Nurs* 24(4), 406-416. doi:10.7475/kjan.2012.24.4.406
- Cho HK(2006) Diabetes mellitus and disorder of lipid metabolism. *J Korean Soc Endocrinol* 21(2), 101-105
- Choi JH, Seo DS(1999) Decision trees and its applications. *J Korean Official Stat* 4(1), 61-83
- Johnson EC, Bardis CN, Jansen LT, Adams JD, Kirkland TW, Kavouras SA(2017) Reduced water intake deteriorates glucose regulation in patients with type 2 diabetes. *Nutr Res* 43, 25-32. doi:10.1016/j.nutres.2017.05.004
- Fujita T, Hemmi S, Kajiwara M, Yabuki M, Fuke Y, Satomura A, Soma M(2013) Complement-

- mediated chronic inflammation is associated with diabetic microvascular complication. *Diabetes Metab Res Rev* 29(3), 220-226. doi:10.1002/dmrr.2380
- Hong JH(2021) Diabetes and Vitamin D. *J Korean Diabetes* 22(1), 6-11. doi:10.4093/jkd.2021.22.1.6
- International Expert Committee(2009) International expert committee report on the role of the A1c assay in the diagnosis of diabetes. *Diabetes Care* 32(7), 1327-1334
- Joo JS, Kim JS, Jung SI, Kang TW, Kwon DD, Choi C, Ryu SB(2007) The prognostic significance of elevated serum creatinine for the recurrence and progression in superficial bladder tumors. *Korean J Urol* 48(9), 927-932
- Kanauchi M, Hashimoto T, Tsujimoto N(2001) Advanced glycation end products in nondiabetic patients with coronary artery disease. *Diabetes Care* 24, 1620-1623. doi:10.2337/diacare.24.9.1620
- Khaw KT, Wareham N, Luben R, Bingham S, Oakes S, Welch A, Day N(2001) Glycated haemoglobin, diabetes, and mortality in men in Norfolk cohort of European prospective investigation of cancer and nutrition (EPIC-Norfolk). *Br Med J* 322, 15-18. doi:10.1136/bmj.322.7277.15
- Kim HS, Song MS, Yoo YS(2002) Creatinine and microalbuminuria levels are increased in type 2 diabetic patients with hypertension. *J Korean Biological Nurs Sci* 4(2), 51-58
- Kim JH(2015) Diagnosis and glycemic control of type 1 Diabetes. *J Korean Diabetes* 16, 101-107. doi:10.4093/jkd.2015.16.2.101
- Kim SH, Yun ME, Yoo JH, Chun SS(2017) Correlation of dehydration with body mass index and blood lipid levels. *J Korean Diet Assoc* 23(1), 27-38. doi:10.14373/JKDA.2017.23.1.27
- Ko SH, Kim SR, Kim DJ, Oh SJ, Lee HJ, Shim KH(2011) Committee of clinical practice guidelines, Korean Diabetes Association. 2011 clinical practice guidelines for type 2 diabetes in Korea. *Diabetes Metab J* 35(5), 431-436. doi:10.4093/dmj.2011.35.5.431
- Konstantinos P, Maciej B, Eleni B, Manfredi R, Michael(2017) Complications of Diabetes 2017. *J Diab Res* 2018, 3086167. doi:10.1155/2018/3086167
- Korean Diabetes Association(2018). Diabetes fact sheet in Korea 2018.
- Korean Society for the Study of Obesity(2018) Diagnosis and evaluation of obesity. Available from <http://www.kosso.or.kr/general/general/sub02.html>[cited 2022 April 1]
- Krauss RM(2004) Lipids and lipoproteins in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 27(6), 1496-1504. doi:10.2337/diacare.27.6.1496
- Krishnamurti U, Steffes MW(2001) A primary predictor of the development or reversal of complications of diabetes mellitus. *Clin Chem* 47(7), 1157-1165. doi:10.1093/clinchem/47.7.1157
- Laakso M(1996) Glycemic control and the risk for coronary heart disease in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus: the finnish studies. *Annals Int Med* 124(1-Part-2), 127-130. doi:10.7326/0003-4819-124-1\_Part\_2-199601011-00009
- Lee GS, Kim SH, Chae SJ, Yun ME(2021) Relationship between nutrient intake ratio and sedentary time of female adults by dehydration estimated with blood urea nitrogen to creatinine ratio: based on the 2016~2018 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *J Korean Diet Assoc* 27(4), 276-292. doi:10.14373/JKDA.2021.27.4.276
- Lee JH, Kim SH(2017) Establishment of reference intake of water for Korean adults in 2015. *J Nutr Health* 50(2), 121-132. doi:10.4163/jnh.2017.50.2.121
- Lee KY(2011) Use of oral hypoglycemic agents in type 2 diabetic patients with hepatic dysfunction. *J Korean Diabetes* 12(4), 190-193. doi:10.4093/jkd.2011.12.4.190
- Mentes J(2006) Oral hydration in older adults: greater awareness is needed in preventing, recognizing, and treating dehydration. *AJN Am J Nurs* 106(6), 40-49
- Nakamura Y, Horii Y, Nishino T, Shiiki H, Sakaguchi Y, Kagoshima T, Dohi K, Makita Z, Vlassara H, Bucala R(1993) Immunohistochemical localization of advanced glycosylation endproducts in coronary atheroma and cardiac tissue in diabetes mellitus. *Am J Pathol* 143, 1649-1656
- Nam MS(2008) Blood glucose management in

- patient with chronic renal disease. *Korean J Med* 75(2), 668-671
- O'Brien T, Nguyen TT, Zimmerman BR(1998) Hyperlipidemia and diabetes mellitus. *Mayo Clin Proc* 73(10), 969-976. doi:10.4065/73.10.969
- Oh YJ, Kwon GC, Sun Hoe Koo SH, Kim JM(2016) Association between glycemic control and hematologic indices in type 2 diabetic patients. *Lab Med Online* 6(3), 134-139. doi:10.4065/73.10.969
- O'Neil PA, Faragher EB, Davies I, Wears R, McLean KA & Fairweather DS(1990). Reduced survival with increasing plasma osmolality in elderly continuing-care patients. *Age and ageing*, 19(1), 68-71. doi:10.1093/ageing/19.1.68
- Pan A, Malik VS, Schulze MB, Manson JE, Willett WC, Hu FB(2012) Plain-water intake and risk of type 2 diabetes in young and middle-aged women. *Am J Clin Nutr* 95(6), 1454-1460. doi:10.3945/ajcn.111.032698
- Park IB, Baik SH(2009) Epidemiologic characteristics of diabetes mellitus in Korea: current status of diabetic patients using Korean health insurance database. *Diabetes Metab J* 33(5), 357-362. doi:10.4093/kdj.2009.33.5.357
- Park JH, Kim MK(2013) Diabetes and Vitamin D. *J Korean Diabetes* 14(4), 190-193. doi:10.4093/jkd.2013.14.4.190
- Park S, Barrett-Connor E, Wingard DL, Shan J, Edelstein S(1996) GHb is a better predictor of cardiovascular disease than fasting or postchallenge plasma glucose in women without diabetes: the Rancho Bernardo Study. *Diabetes Care* 19(5), 450-456. doi:10.2337/diacare.19.5.450
- Park SK, Park NY, Lim YS(2009) Effects of short term antioxidant cocktail supplementation on the oxidative stress and inflammatory response of renal inflammation in diabetic mice. *Korean J Nutr* 42(8), 673-681
- Pitsavos C, Tampourlou M, Panagiotakos DB, Skoumas Y, Chrysohoou C, Nomikos T, Stefanadis C(2007) Association between low-grade systemic inflammation and type 2 diabetes mellitus among men and women from the ATTICA Study. *Rev Diabet Stud* 4(2), 98-104. doi: 10.1900RDS.2007.4.98
- Reljic D, Hässler E, Jost J, Friedmann-Bette B(2013) Rapid weight loss and the body fluid balance and hemoglobin mass of elite amateur boxers. *J Athl Train* 48(1), 109-117. doi:10.4085/1062-6050-48.1.05
- Roussel R, Fezeu L, Bouby N, Balkau B, Lantieri O, Alhenc-Gelas F, Marre M, Bankir L(2011) Low water intake and risk for new-onset hyperglycemia. *Diabetes Care* 34(12), 2551-2554. doi:10.2337/dc11-0652
- Savoldelli RD, Farhat SC, Manna TD(2010) Alternative management of diabetic ketoacidosis in a Brazilian pediatric emergency department. *Diabetol Metab Syndro* 2(1), 1-9
- Selvin E, Zhu H, Brancati FL(2009) Elevated A1C in adults without a history of diabetes in the US. *Diabetes Care* 32(5), 828-833. doi:10.2337/dc08-1699
- Shoelson SE, Lee J, Goldfine AB(2006) Inflammation and insulin resistance. *J Clin Invest* 116(7), 1793-1801
- Shrestha S, Gyawali P, Shrestha R, Poudel B, Sigdel M(2008) Serum urea and creatinine in diabetic and non-diabetic subjects. *J Nepal Assoc Med Lab Sci* 9(1), 11-12
- Sung KC, Rhee EJ(2007) Glycated haemoglobin as a predictor for metabolic syndrome in non-diabetic Korean adults. *Diabetic Med* 24(8), 848-854. doi:10.1111/j.1464-5491.2007.02146.x
- Wei M, Gaskill SP, Haffner SM, Stern MP(1998) Effects of diabetes and level of glycemia on all-cause and cardiovascular mortality. *Diabetes Care* 21, 1167-1173. doi:10.2337/diacare.21.7.1167