



수면장애와 당뇨병

이정안¹, 이정구^{1,2,3}

¹인제대학교 의과대학 해운대백병원 정신건강의학과, ²인제대학교 백인제기념임상의학연구소, ³인제대학교 의과대학 생의학융합교실

Sleep Disorders and Diabetes

Jung An Lee¹, Jung Goo Lee^{1,2,3}

¹Department of Psychiatry, Haeundae Paik Hospital, Inje University College of Medicine,

²Paik Institute for Clinical Research, Inje University,

³Department of Convergence Biomedical Science, Inje University College of Medicine, Busan, Korea

Abstract

Sleep problems and diabetes mellitus are increasing in prevalence. Although it is unclear if they are related, a number of related studies implicate such a relationship. A number of related studies implicate such a relationship. In this review, the significance of sleep in diabetes mellitus will be reviewed by summarizing the relationships between sleep, circadian rhythm, sleep disorders, and diabetes mellitus. Also, the mechanisms of influence will be reviewed. In addition, although the relationship between sleep and diabetes mellitus mainly has focused on type 2 diabetes mellitus, this review also summarizes the relationship between type 1 diabetes mellitus and sleep. In clinical practice, sleep problems have not been emphasized in management or prevention of diabetes mellitus. Considering their close relationship and impact on prognosis, mental health and physical health study will need to be integrated for treatment and prevention of diabetes mellitus.

Keywords: Diabetes mellitus; Sleep; Sleep disorders

Corresponding author: Jung Goo Lee

Department of Psychiatry, Haeundae Paik Hospital, Inje University College of Medicine, 875 Haeun-daero, Haeundae-gu, Busan 48108, Korea, E-mail: iybihwcd@naver.com

Received: Jul. 26, 2022; Accepted: Aug. 1, 2022

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2022 Korean Diabetes Association

서론

수면은 기본적인 인간 생리 활동이자 인간의 건강과 밀접한 연관성을 가진 행동상태이다[1]. 사회가 현대화되며 과거에 비해 사람들의 수면 패턴에 많은 변화가 생겼다. 수면의 교란은 일반 건강상태에도 많은 영향을 미치는 것으로 알려졌었는데, 특히 비만이나 대사질환과의 연관성에 대해 많은 연구가 시행되었다. 특히, 2형당뇨병과 수면의 관계에 대한 증거들이 늘어나고 있으며, 점점 더 만연해지고 있는 수면 문제와 증가하는 2형당뇨병의 유병률이 서로 관련이 있을 것이라는 설명이 설득력을 얻고 있다[2].

일반적으로 현대인들의 수면 시간은 과거에 비해 줄어들고 있는 것으로 보이며, 인공 조명의 등장과 그로 인해 가능해진 교대근무, 원활해진 지역 간 이동 등으로 하루주기리듬의 문제를 겪는 사람들도 많아졌다. 이러한 수면 패턴들은 모두 대사장애를 일으킬 위험이 높고, 결과적으로 당뇨병의 발병 위험이나 당뇨병의 불량한 예후와 직접적인 관련을 갖는 것으로 연구되었다[3,4].

따라서 당뇨병과 관련된 수면 문제는 점점 더 많은 관심을 받게 되었고, 2019년 American Diabetes Association에서는 임상 의에게 수면을 중요한 관심 사항으로 명시하며 수면의 시간과 질, 패턴의 평가를 포괄적 의학 평가 중 하나로 권고하였다[5].

이 글에서는 수면과 관련되어 주로 연구되었던 2형당뇨병뿐만 아니라 1형당뇨병을 포함하여 당뇨병과 수면, 그리고 당뇨병과 수면장애와의 연관성을 검토해보고자 한다. 또한, 당뇨병환자에서의 수면과 수면장애에 대해서도 정리하여, 당뇨병에서 수면이 갖는 의의와 기전에 대해 종합적으로 고찰해보고자 한다.

본론

1. 수면과 당뇨병

수면 시간과 당뇨병 발병의 연관성에 대한 연구는 비교적

많이 이루어져왔다. 이와 관련된 한 메타분석에 따르면, 짧은 수면 시간뿐만 아니라 긴 수면 시간 또한 2형당뇨병 발병의 위험인자로 제시되었다[6]. 이러한 결과는 반복되어 관찰되었고, 이에 따라 수면과 2형당뇨병의 관계를 U자형 관계로 보고 있으며 7~8시간의 수면이 가장 이상적이라고 보았다[4,7]. 수면 시간과 별개로, 수면의 질 또한 당뇨병 발병과 연관이 있는 것으로 알려졌는데, 수면의 개시와 유지의 문제 모두 2형당뇨병 발병과 관련이 있었다[6]. 또한, 수면 시간의 변화 없이, 깊은 수면으로 알려진 서파수면을 선택적으로 억제하여 수면의 질을 낮춘 연구에서도 인슐린민감성과 포도당내성을 떨어뜨려 당뇨병의 위험성을 높인다는 연구 결과도 있었다[8].

수면뿐만 아니라, 하루주기리듬의 교란도 당뇨병과 많은 연관성을 보였다. 야간 교대근무와 같이 일반적이지 않은 수면 시간은 당뇨병의 위험성을 높였고[9,10], 심지어 휴일과 주중의 기상 시간 차이와 같은 사회적 시차 또한 당뇨병 발병률과 연관이 있는 것으로 나타나기도 했다[10,11].

2. 수면장애와 당뇨병

1) 폐쇄수면무호흡(obstructive sleep apnea)과 당뇨병

수면장애 중 당뇨병과의 연관성이 가장 많이 연구된 분야는 폐쇄수면무호흡이다. 폐쇄수면무호흡은 2형당뇨병 환자에서 자주 동반될 뿐만 아니라, 2형당뇨병의 발병과도 관련이 있는 것으로 보고되고 있다[12]. 폐쇄수면무호흡과 당뇨병의 관계에서 비만이 중심적인 교각역할을 할 것이라 여겨졌지만, 비만 등 잠재적 교란요인과 무관하게 폐쇄수면무호흡과 2형당뇨병은 일관되게 연관성을 보였다[13]. 이러한 연관성은, 폐쇄수면무호흡의 치료가 혈당조절 개선으로 이어진다는 연구에 의해 뒷받침된다. 이러한 결과는 논란이 있긴 했지만, 메타분석을 통해서도 같은 결과를 보였다[12]. 또한 중추수면무호흡(central sleep apnea)도 당뇨병과 연관이 있는 것으로 밝혀지기도 하였다[13]. 더욱이 데이터가 쌓이면서, 폐쇄수면무호흡은 2형당뇨병뿐만 아니라 1형당뇨병과의 연관성도 있는 것으로 보여지고 있다[14].

2) 일주기리듬 수면-각성장애(circadian rhythm sleep-wake disorders)와 당뇨병

교대근무자에 대한 대사질환 연구도 많이 이루어져왔다. 이러한 연구들은 교대근무와 비만 및 2형당뇨병의 연관성을 일관되게 보여주었다. 교대근무는 신체활동, 알코올 소비, 불면 등 잠재적 변수들을 통제한 연구에서도 독립적인 2형당뇨병의 위험인자로 제시되기도 했다[15-17]. 또한 짧은 기간 동안의 하루주기리듬 교란에서도 유사한 결과를 보인 연구결과도 있었는데, 10일 동안 하루를 28시간으로 통제한 연구에서도 대상자들에서 혈당 상승과 렙틴 농도 감소를 보였다[18].

3) 하지불안증후군(restless leg syndrome), 주기성 사지 운동장애(periodic limb movement disorder)와 당뇨병

하지불안증후군이 인슐린저항성, 포도당불내성, 그리고 2형당뇨병과 대사증후군의 잠재적 위험인자로 제시되었지만[19], 당뇨병이 없는 일반 인구에서 주기성 사지 운동장애와 대사조절 이상의 관계에 대해 탐색한 연구는 많지 않았다[13].

3. 당뇨병환자에서의 수면과 수면장애

당뇨병환자에서 수면의 질은 일반적으로 좋지 않은 것으로 알려져 있다. 당뇨병환자들은 당뇨병의 흔한 증상인 구갈과 빈뇨, 말초 신경병증으로 인한 통증, 야간뇨, 그리고 밤중 급격한 혈당의 변화 등으로 인해 흔히 수면에 어려움을 겪는다[20-22]. 또한 장기간의 고혈당이나 당뇨병은 신체의 신경행동 기능, 신경전달 물질과 자율신경계의 기능에 영향을 미쳐 결국 수면을 어렵게 하기도 한다[23]. 더욱이, 일반적인 수면의 어려움 이외에도, 당뇨병환자에서는 수면장애가 흔히 동반되기도 한다.

1) 1형당뇨병에서의 수면과 수면장애

당뇨병과 수면 사이의 관계는 대부분 2형당뇨병에 초점이 맞추어져 있었다. 그러나 최근 1형당뇨병에서도 수면의 중요성이 주목 받기 시작해 몇몇의 연구들이 이루어졌다. 1형당뇨병 환자들에게서 입면과 수면 유지, 주간 졸음 등을 포함한

수면 문제가 일반 인구에 비해 많이 보고되었고, 이러한 수면 문제는 아동과 성인 모두에서 혈당조절과 관련이 있었다[24].

짧은 수면 시간은 1형당뇨병에서 불량한 대사조절과 관련이 있었고, 혈당조절이 잘 이루어지지 않는 1형당뇨병 환자에서 악몽으로 인한 불면의 호소가 두 배 많았는데, 이는 REM (rapid eye movement) 수면과 관련이 있을 수 있음을 시사하였다. 이러한 관계들은 원인과 결과의 방향성에 대해 밝혀진 것이 아직 없지만, 양방향일 가능성이 높은 것으로 생각된다[25].

1형당뇨병에도 사회적 시차가 중요한 영향을 미친다는 것이 알려졌다. 한 연구에서는 손목 활동기록기(wrist actigraphy)로 수면 환경을 조사하였는데, 주중과 주말 사이의 사회적 시차와 수면 패턴의 변동성이 인슐린민감성을 낮추고, 높은 HbA1c 수치와 독립적인 연관성을 보인다는 결과를 보였다[26]. 평소의 부족한 수면, 주말의 보상성 수면 등 빈번한 수면 패턴의 변화를 보이는 성인에서 특히 인슐린 요구량이 높았으며 이러한 결과는 청소년에서도 일관되게 관찰되었다. 이러한 관점에서, 1형당뇨병 환자도 충분한 수면을 취하는 것 뿐만 아니라 일관된 수면 패턴을 유지하는 것 또한 혈당관리에 중요한 요소일 수 있음이 시사된다[27].

소아 1형당뇨병 환자에서 당뇨병 치료 순응도를 포함한 당뇨와 관련된 행동들 또한 수면과 연관성을 보였는데, 수면의 질이 좋지 못한 경우에는 당뇨관리에 실패할 가능성이 더 높았다. 이는 정서, 행동, 그리고 인지와 학습 문제 등의 요소가 관련된 것으로 생각되어[24], 소아 청소년 비율이 높은 1형당뇨병에서 수면의 중요성을 다시 한번 부각시켜 주었다.

수면장애의 경우, 1형당뇨병 환자에서도 폐쇄수면무호흡의 유병률이 높은 것으로 알려져 있는데[28,29], 정상 체중인 경우에도 1형당뇨병이 없는 인구에 비해 그 위험률이 더 높았다[30].

2) 2형당뇨병에서의 수면과 수면장애

한 메타분석에 따르면 2형당뇨병 환자에서 불면증의 유병률은 39%로 일반 인구에 비해 4배가량 높게 보고되었다[31]. 한 연구에서는 60% 이상의 2형당뇨병 환자가 수면의 질

이 불량하다고 보고하였다. 2형당뇨병 환자에서 불량한 수면의 질은 HbA1C 수치 상승의 위험인자였으며, 반대로 높은 HbA1C 또한 수면 문제의 위험인자로 관찰되어, 이러한 관계가 양방향임을 시사하였다[32]. 수면의 시간과 질은 2형당뇨병에서 HbA1c의 중요한 예측변수로도 제시되는 등 그 중요성에 대한 연구가 많이 이루어져왔다[2].

폐쇄수면무호흡은 2형당뇨병에서도 흔히 동반되는데, 연구에 따라 36~69% 정도로 나타나 일반 인구에 비해 그 유병률이 월등히 높았다[32-35]. 2형당뇨병 환자에서 일주기리듬 수면-각성장애의 유병률은 조사된 바가 없지만, 교대근무를 하는 경우 주간근무에 비해 혈당조절이 잘 되지 않을 가능성이 더 높게 나타났다[36]. 하지불안증후군 또한 2형당뇨병에서 흔히 동반되고, 그 유병률은 8~45%로 보고되었다[31]. 하지불안증후군과 관련이 있는 주기성 사지 운동장애 또한 2형당뇨병 환자에서 유병률이 85%로 건강한 대조군에 비해 높게 보고되었다[31].

4. 수면의 포도당대사에 대한 기전

수면이 내분비계와 깊은 관련을 가지고 있다는 것은 잘 알려져 있다. 수면의 시간과 질 문제는 포도당대사에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있고, 성장호르몬, 글루코코티코이드, 카테콜아민을 포함한 이화호르몬과 동화호르몬의 분비에 영향을 미치며, 음식 섭취 조절에 영향을 미치기도 하는 등 여러 기전을 통해 당뇨병의 위험에 기여하는 것으로 보인다[37].

수면 부족은 포도당내성을 감소시키고, 인슐린저항성을 증가시키며 세포의 인슐린민감성을 떨어뜨려 포도당대사를 교란시킨다. 또한 수면 부족은 시상하부-뇌하수체-부신 축을 활성화하고 코티솔 레벨을 높여 교감신경을 활성화한다. 뿐만 아니라 수면의 부족은 시상하부의 오렉신 뉴런을 통해 교감신경을 활성화시키기도 한다. 이러한 교감신경의 활성화는 인슐린분비를 억제하고 인슐린저항성을 높여 대사장애의 위험을 높인다[4,13,37].

또한 수면의 부족은 일반적으로 렙틴을 감소시키고 그렐린을 증가시켜 공복감과 식욕을 증가시키고, 결국 음식과 칼

로리 섭취를 증가시켜 비만과 당뇨병의 위험을 높인다[7]. 뿐만 아니라 이러한 렙틴의 불균형은 인슐린분비나 인슐린민감성을 떨어뜨리고, 인슐린저항성이나 염증을 일으키는 기전에도 관여하는 것으로 연구되었다. 그러나 어떤 연구는 수면 부족 그 자체가 렙틴의 감소를 일으킨다기보다는, 수면 감소와 스트레스의 상호작용으로 인한 결과라고 설명하기도 하였다[38].

대규모 전장유전체연관연구에서, CLOCK, BMAL1, CRY와 같은 많은 생체 시계와 관련된 유전자의 다형성이 2형당뇨병의 위험을 높인다는 연구 결과[39]는 하루주기리듬과 포도당대사와의 관련성을 시사한다. 실제로, 수면 박탈과 별개로 하루주기리듬의 교란 그 자체가 인슐린저항성을 야기한다는 연구도 있었다[18]. 특히 하루주기리듬에 핵심적인 역할을 하는 시신경교차상핵은 직접적으로 자율신경계에 신호를 보내기도 하며 코티솔, 성장호르몬, 멜라토닌 방출 유도에도 영향을 미치는데, 이는 모두 인슐린민감성에 영향을 미치는 것으로 알려져 그 중요성이 더욱 강조된다[40]. 이 외에도 하루주기리듬에 영향을 미칠 수 있는 요소로는 음식 섭취가 있는데, 현대인의 식습관은 과거와 다르게 거의 하루 종일 음식을 섭취한다는 특징이 있다. 이러한 음식에의 지속적인 노출, 특히 하루 중 포도당내성이 낮은 늦은 시간의 음식 노출은 효율적인 대사작용에 방해가 될 수 있다. 특히 이 문제는 교대근무자에게 흔히 일어나는 문제다. 이것은 결국 혈장포도당 및 중성지방 수치 상승으로 이어져 2형당뇨병 발병으로 이어질 가능성을 높인다[41,42].

당뇨병의 위험성을 높이는 긴 수면 시간의 기전을 설명하는 연구는 잘 이루어지지 않았는데, 보통 적은 신체활동, 불량한 수면의 질을 보상하기 위한 긴 수면 시간, 염증유발사이토카인과 관련된 포도당항상성의 부정적 영향 등과 연관되는 것으로 추정하고 있다[7].

결론

2형당뇨병 환자에서 수면의 개선은 혈당조절과 삶의 질을 향상시키는 것으로 보인다[31]. 또한 당뇨병 유무와 별개로,

수면에 어려움이 있는 인구에 대한 메타분석 연구에서도 수면 중재가 포도당대사에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보았다[43]. 또한 수면뿐만 아니라, 단순히 식사나 활동을 하는 시간의 조절만으로도 2형당뇨병의 경과를 개선시킬 수 있다는 연구도 있었다[44].

이와 같이 수면, 하루주기리듬과 당뇨병의 연관성에 관한 많은 발견이 이어졌지만 실제 임상에서 이에 대한 고려를 하는 경우는 드물며, 관련된 지침 또한 거의 없는 실정이다. 실제로, American Diabetes Association에서도 2017년에야 처음으로 수면에 대한 강조를 하기 시작하였다.

수면과 포도당대사와의 밀접한 관계, 당뇨병환자에서 수면 문제의 높은 유병률과 부정적 영향을 고려한다면 당뇨병관리와 예방에 있어서 수면 문제에 대한 적극적인 개입이 필요하다고 볼 수 있다. 또한 수면은 정신건강과 서로 밀접한 연관성을 가지므로, 당뇨병환자의 정신건강과 신체건강에 대한 통합적 접근과 계획을 수립하는 것이 무엇보다 중요할 것이다.

REFERENCES

1. Buysse DJ. Sleep health: can we define it? Does it matter? *Sleep* 2014;37:9-17.
2. Knutson KL, Ryden AM, Mander BA, Van Cauter E. Role of sleep duration and quality in the risk and severity of type 2 diabetes mellitus. *Arch Intern Med* 2006;166:1768-74.
3. Larcher S, Benhamou PY, Pépin JL, Borel AL. Sleep habits and diabetes. *Diabetes Metab* 2015;41:263-71.
4. Parameswaran G, Ray DW. Sleep, circadian rhythms, and type 2 diabetes mellitus. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2022;96:12-20.
5. American Diabetes Association. 4. Comprehensive medical evaluation and assessment of comorbidities: Standards of Medical Care in Diabetes-2019. *Diabetes Care* 2019;42(Suppl 1):S34-45.
6. Cappuccio FP, D'Elia L, Strazzullo P, Miller MA. Quantity and quality of sleep and incidence of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Care* 2010;33:414-20.
7. Chao CY, Wu JS, Yang YC, Shih CC, Wang RH, Lu FH, et al. Sleep duration is a potential risk factor for newly diagnosed type 2 diabetes mellitus. *Metabolism* 2011;60:799-804.
8. Tasali E, Leproult R, Ehrmann DA, Van Cauter E. Slow-wave sleep and the risk of type 2 diabetes in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2008;105:1044-9.
9. Gan Y, Yang C, Tong X, Sun H, Cong Y, Yin X, et al. Shift work and diabetes mellitus: a meta-analysis of observational studies. *Occup Environ Med* 2015;72:72-8.
10. Vetter C, Devore EE, Ramin CA, Speizer FE, Willett WC, Schernhammer ES. Mismatch of sleep and work timing and risk of type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2015;38:1707-13.
11. Koopman ADM, Rauh SP, van 't Riet E, Groeneveld L, van der Heijden AA, Elders PJ, et al. The association between social jetlag, the metabolic syndrome, and type 2 diabetes mellitus in the general population: the New Hoorn Study. *J Biol Rhythms* 2017;32:359-68.
12. Ogilvie RP, Patel SR. The epidemiology of sleep and diabetes. *Curr Diab Rep* 2018;18:82.
13. Depner CM, Stothard ER, Wright KP Jr. Metabolic consequences of sleep and circadian disorders. *Curr Diab Rep* 2014;14:507.
14. Reutrakul S, Mokhlesi B. Obstructive sleep apnea and diabetes: a state of the art review. *Chest* 2017;152:1070-86.
15. Guo Y, Liu Y, Huang X, Rong Y, He M, Wang Y, et al. The effects of shift work on sleeping quality, hypertension and diabetes in retired workers. *PLoS One* 2013;8:e71107.
16. Puttonen S, Viitasalo K, Härmä M. The relationship between current and former shift work and the metabolic syndrome. *Scand J Work Environ Health* 2012;38:343-8.

17. Suwazono Y, Sakata K, Okubo Y, Harada H, Oishi M, Kobayashi E, et al. Long-term longitudinal study on the relationship between alternating shift work and the onset of diabetes mellitus in male Japanese workers. *J Occup Environ Med* 2006;48:455-61.
18. Scheer FA, Hilton MF, Mantzoros CS, Shea SA. Adverse metabolic and cardiovascular consequences of circadian misalignment. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2009;106:4453-8.
19. Punjabi NM. Do sleep disorders and associated treatments impact glucose metabolism? *Drugs* 2009;69 Suppl 2:13-27.
20. Gore M, Brandenburg NA, Dukes E, Hoffman DL, Tai KS, Stacey B. Pain severity in diabetic peripheral neuropathy is associated with patient functioning, symptom levels of anxiety and depression, and sleep. *J Pain Symptom Manage* 2005;30:374-85.
21. Veves A, Backonja M, Malik RA. Painful diabetic neuropathy: epidemiology, natural history, early diagnosis, and treatment options. *Pain Med* 2008;9:660-74.
22. Chiu AF, Huang MH, Wang CC, Kuo HC. Higher glycosylated hemoglobin levels increase the risk of overactive bladder syndrome in patients with type 2 diabetes mellitus. *Int J Urol* 2012;19:995-1001.
23. Wang X, Bi Y, Zhang Q, Pan F. Obstructive sleep apnoea and the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Respirology* 2013;18:140-6.
24. Perez KM, Hamburger ER, Lyttle M, Williams R, Bergner E, Kahanda S, et al. Sleep in type 1 diabetes: implications for glycemic control and diabetes management. *Curr Diab Rep* 2018;18:5.
25. Barone MT, Menna-Barreto L. Diabetes and sleep: a complex cause-and-effect relationship. *Diabetes Res Clin Pract* 2011;91:129-37.
26. Larcher S, Gauchez AS, Lablanche S, Pépin JL, Benhamou PY, Borel AL. Impact of sleep behavior on glycemic control in type 1 diabetes: the role of social jetlag. *Eur J Endocrinol* 2016;175:411-9.
27. Chontong S, Saetung S, Reutrakul S. Higher sleep variability is associated with poorer glycaemic control in patients with type 1 diabetes. *J Sleep Res* 2016;25:438-44.
28. Manin G, Pons A, Baltzinger P, Moreau F, Iamandi C, Wilhelm JM, et al. Obstructive sleep apnoea in people with Type 1 diabetes: prevalence and association with micro- and macrovascular complications. *Diabet Med* 2015;32:90-6.
29. Borel AL, Benhamou PY, Baguet JP, Halimi S, Levy P, Mallion JM, et al. High prevalence of obstructive sleep apnoea syndrome in a Type 1 diabetic adult population: a pilot study. *Diabet Med* 2010;27:1328-9.
30. Denic-Roberts H, Costacou T, Orchard TJ. Subjective sleep disturbances and glycemic control in adults with long-standing type 1 diabetes: the Pittsburgh's Epidemiology of Diabetes Complications study. *Diabetes Res Clin Pract* 2016;119:1-12.
31. Schipper SBJ, Van Veen MM, Elders PJM, van Straten A, Van Der Werf YD, Knutson KL, et al. Sleep disorders in people with type 2 diabetes and associated health outcomes: a review of the literature. *Diabetologia* 2021;64:2367-77.
32. Keskin A, Ünalacak M, Bilge U, Yildiz P, Güler S, Selçuk EB, et al. Effects of sleep disorders on hemoglobin A1c levels in type 2 diabetic patients. *Chin Med J (Engl)* 2015;128:3292-7.
33. Einhorn D, Stewart DA, Erman MK, Gordon N, Philis-Tsimikas A, Casal E. Prevalence of sleep apnea in a population of adults with type 2 diabetes mellitus. *Endocr Pract* 2007;13:355-62.
34. Aronsohn RS, Whitmore H, Van Cauter E, Tasali E. Impact of untreated obstructive sleep apnea on glucose con-

- trol in type 2 diabetes. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 181:507-13.
35. Khalil M, Power N, Graham E, Deschênes SS, Schmitz N. The association between sleep and diabetes outcomes—a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract* 2020;161: 108035.
36. Chalernvanichakorn T, Sithisarankul P, Hiransuthikul N. Shift work and type 2 diabetic patients' health. *J Med Assoc Thai* 2008;91:1093-6.
37. Nedeltcheva AV, Scheer FA. Metabolic effects of sleep disruption, links to obesity and diabetes. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2014;21:293-8.
38. Mosavat M, Mirsanjari M, Arabiat D, Smyth A, Whitehead L. The role of sleep curtailment on leptin levels in obesity and diabetes mellitus. *Obes Facts* 2021;14:214-21.
39. Stenvers DJ, Scheer FAJL, Schrauwen P, la Fleur SE, Kalsbeek A. Circadian clocks and insulin resistance. *Nat Rev Endocrinol* 2019;15:75-89.
40. Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. Impact of sleep debt on metabolic and endocrine function. *Lancet* 1999;354: 1435-9.
41. Roestamadji RI, Nastiti NI, Surboyo MDC, Irmawati A. The risk of night shift workers to the glucose blood levels, saliva, and dental caries. *Eur J Dent* 2019;13:323-9.
42. Ghiasvand M, Heshmat R, Golpira R, Haghpanah V, Soleimani A, Shoushtarizadeh P, et al. Shift working and risk of lipid disorders: a cross-sectional study. *Lipids Health Dis* 2006;5:9.
43. Kothari V, Cardona Z, Chirakalwasan N, Anothaisintawee T, Reutrakul S. Sleep interventions and glucose metabolism: systematic review and meta-analysis. *Sleep Med* 2021;78:24-35.
44. Sutton EF, Beyl R, Early KS, Cefalu WT, Ravussin E, Peterson CM. Early time-restricted feeding improves insulin sensitivity, blood pressure, and oxidative stress even without weight loss in men with prediabetes. *Cell Metab* 2018; 27:1212-21.e3.