

# 입원 환자의 인슐린 치료

문선준, 조영민  
서울대학교 의과대학 내과학교실

## Insulin Treatment in Hospitalized Patients

Sun Joon Moon, Young Min Cho  
Department of Internal Medicine, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

### Abstract

In hospitalized patients, hyperglycemia is frequently observed in patients with and without diabetes. Inpatient hyperglycemia worsens outcomes, potentially leading to infection, post-operative complications, and even death. Therefore, it is important to control blood glucose level in an inpatient setting. However, in these patients, it can be difficult to achieve adequate glycemic control due to the disease itself (e.g., infection), treatment drugs (e.g., corticosteroids), procedures requiring fasting, or enteral/parenteral nutrition therapy. In most cases, insulin therapy is required. We reviewed the insulin treatment regimens in hospitalized patients.

**Keywords:** Diabetes mellitus, Hospitalized patients, Hyperglycemia, Insulin

### 서론

고혈당을 보이는 입원 환자는 ① 기준에 당뇨병으로 진단 받고 치료 중이었거나 ② 당뇨병이 있으나 모르고 있는 상태였거나 ③ 다른 질환 혹은 치료제에 의해 혈당이 상승한 경우이다[1]. 이 중 세 번째 상황의 경우, 병원에 입원하게

된 원인질환(예: 감염, 수술, 심근경색 등)으로 인한 스트레스 때문에 고혈당이 발생할 수 있으며 질환을 치료하기 위해 투여하는 약제(예: 스테로이드)에 의해서도 고혈당이 발생할 수 있다. 아울러 입원 환자의 경우 각종 수액, 음식을 필요로 하는 검사, 경관 영양 등 혈당에 영향을 미치는 많은 요인으로 인해 혈당 조절에 어려움이 있다.

Corresponding author: Young Min Cho  
Department of Internal Medicine, Seoul National University College of Medicine, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea, E-mail: ymchomd@snu.ac.kr  
Received: Oct. 23, 2018; Accepted: Nov. 7, 2018  
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 © 2018 Korean Diabetes Association

입원 환자에서 고혈당이 사망률과 감염위험을 높이는 것은 여러 관찰연구에서 밝혀져 있다. 특히 심근경색 발생 당시의 혈당 수치가 입원 중 사망률과 연관이 있음이 알려져 있다[2-4]. 또한 심장 및 비심장 수술(cardiac or non-cardiac surgery)에서도 수술 전 혈당 조절이 불량할 경우 수술 후 주요 합병증(감염, 상처 치유 지연, 신경 손상)과 사망률 및 입원기간 연장이 관련되어 있음이 밝혀져 있다[5-8]. 아울러 수술 전 장기간의 혈당 정도를 반영하는 당화혈색소 수치보다 수술 전후의 혈당 수치가 수술 후 합병증을 예측하는 데 더 좋은 지표라고 보고된 바 있다[9]. 따라서 입원 환자에서의 혈당 조절은 이러한 합병증 및 입원 시의 임상 결과를 호전시키는 데에 매우 중요하다.

## 본론

### 1. 입원 환자의 혈당 조절 목표치

입원 시 적절한 혈당 조절 목표에 대해서는 임상 시험을 통해 얻은 근거가 많지 않은 상황이다. American Diabetes Association/American Association of Clinical Endocrinologists (ADA/AACE)와 Endocrine Society에서는 일반 병실 입원 환자의 혈당 조절 목표치를 식전 혈당 < 140 mg/dL, 그 이외의 혈당 < 180 mg/dL를 기준으로 하였으며, 많은 진료현장에서 이 기준을 사용하고 있다 [2,10]. American College of Cardiology/American Heart Association에서는 급성심근경색 환자에서 입원 중 혈당 조절 목표치로 < 180 mg/dL를 제시하고 있다[11]. 또한 ADA에서는 지속적으로 입원 환자의 혈당이 180 mg/dL 이상일 경우는 인슐린 치료 시작을 권장하며, 치료를 시작하면 140~180 mg/dL 범위로 조절할 것을 권장하고 있다[12]. 환자에 따라 좀 더 낮은 범위의 혈당(예를 들어 110~140 mg/dL) 목표를 설정할 수도 있으며, 이 경우는 저혈당 발생 없이 혈당 목표에 도달 가능해야 한다. 또한 임종이 가까운 환자 등에서는 목표를 느슨하게 잡을 수도 있다.

### 2. 일반 병실 입원 환자의 혈당 조절 프로토콜

#### 1) 치료 전략

혈당 조절 목적 이외의 기타 질환으로 입원한 당뇨병 환자에서 혈당 조절이 되지 않는 경우나 스테로이드 등의 혈당 상승작용이 있는 약제를 사용하는 경우, 신속한 혈당 조절을 위해서 기저 인슐린과 식전 인슐린을 바탕으로 하는 혈당 조절 프로토콜을 이용하여 조절할 것을 권장한다 [13,14]. 소위 sliding-scale 인슐린 주사는 이미 고혈당이 발생한 연후에야 인슐린을 투여하는 까닭에 혈당강하 효과가 낮아서 특수한 경우 외에는 사용하지 않음을 원칙으로 한다[14-17].

#### 2) 혈당 측정

혈당 측정은 일반적으로 식사가 가능한 경우에는 매 식전과 취침 전에 혈당을 측정하도록 하고, 금식 중인 경우에는 6시간마다(예: 자정, 오전 6시, 정오, 오후 6시) 혈당을 측정하는 것을 권장한다. 저혈당 위험성이 높은 경우, 혹은 아침 공복 혈당이 높지만 Somogyi 현상 등을 감별해야 할 경우에는 새벽 3시 혈당도 측정을 하며, 때에 따라 식후 2시간 혈당도 추가적으로 측정해 볼 수 있다[18,19].

#### 3) 인슐린 선택

기저 인슐린(basal insulin)으로는 glargine (100 U/mL 및 300 U/mL), degludec, detemir를 사용할 수 있으며, 식전 인슐린(prandial or bolus insulin)으로는 초속효성 인슐린에 속하는 insulin lispro, glulisine, aspart를 사용할 수 있다[20]. Detemir의 경우 glargine 100 U/mL와 비교하여 혈당 강하 효과는 큰 차이가 없으나 기저 인슐린 요구량을 충족시키기 위해서 하루 2회 투약이 필요한 경우가 있고, degludec과 glargine 300 U/mL의 경우는 glargine 100 U/mL와 비슷한 혈당 강하 효과를 보이면서도 저혈당이 적은 것으로 나타나지만 입원 환자에서 경험이 제한적인 단점이 있다[21-23]. Regular insulin은 제1형 당뇨병 환자에서와는 달리 제2형 당뇨병 환자에서는 초속효성 인슐린과 비

교하여 혈당 강하 효과에 차이가 없다고 밝혀졌지만, 식전 30~45분 전에 맞아야 하는 번거로움 때문에 식사 직전에 맞을 수 있는 초속효성 인슐린을 주로 사용한다(24,25).

4) 인슐린 요법의 시작

이하 프로토콜은 Umpierrez 등(14)의 논문을 참고로 일부 변경한 것이다.

① 입원 후 경구혈당강하제를 중단한다. 대개는 금기에 해당하거나 혈당 강하 효과 예측이 어렵고 효과가 일정치 않기 때문이다. 예외적으로 혈당 조절 자체를 목적으로 입원한 환자의 경우 일부 경구약은 병용할 수 있다.

② 1일 인슐린 용량을 결정한다.

- a. 입원 당시 혈당이 140~200 mg/dL일 경우는 하루 총 인슐린 용량을 0.4 U/kg으로 결정한다.
- b. 입원 당시 혈당이 201~400 mg/dL일 경우는 하루 총 인슐린 용량을 0.5 U/kg으로 결정한다.
- c. 연령이 70세 이상이거나 추정 사구체 여과율이 60 mL/min/1.73 m<sup>2</sup> 미만일 경우는 저혈당 위험성을 고려하여 하루 총 인슐린 용량을 0.2~0.3 U/kg으로 결정한다.

예) 40세 60 kg의 남자가 입원 시 혈당이 250 mg/dL 인 경우 하루 총 인슐린 투여량은 30 U이다.

③ 하루 총 인슐린 용량의 절반을 일정한 시각에 기저 인슐린으로 주사한다(glargine이나 degludec은 하루 1회 주사하며, detemir나 NPH의 경우는 하루 2회로 나누어서 주사할 수도 있다).

예) 40세 60 kg의 남자가 입원 시 혈당이 250 mg/dL 이면 기저 인슐린 15 U을 매일 일정한 시각에 주사한다.

④ 하루 총 인슐린 용량의 절반을 1/3씩 나누어서 매 식전에 기본 bolus insulin으로 식전에 주사한다. 환자가 식사를 하지 못한다면 주사를 하지 않는다.

예) 40세 60 kg의 남자가 입원 시 혈당이 250 mg/dL 이면 초속효성 인슐린을 5 U씩 매 식전에 주사한다.

5) 인슐린 교정 용량 결정법

이하 프로토콜은 Umpierrez 등(14)의 논문을 참고로 일부 변경한 것이다.

① 매 식전 및 취침전 측정된 혈당이 140 mg/dL를 초과할 경우는 Table 1의 인슐린 교정 용량 조절 프로토콜에 따라 기본 bolus insulin 용량에 보조 용량을 추가해서 투여한다(원저에서는 서양인을 대상으로 하여 'usual' 열을 기본으로 사용하였으나, 우리나라 환자에서는 인슐린 용량이 과하여 저혈당이 발생할 위험이 있으므로 'sensitive' 열을 기본으로 시작하는 것이 좋다).

Table 1. Supplemental bolus insulin scale

Blood glucose (mg/dL)	Very sensitive	Sensitive	Usual	Resistant
140~180	+ 1 U	+ 2 U	+ 4 U	+ 6 U
181~220	+ 2 U	+ 4 U	+ 6 U	+ 8 U
221~260	+ 4 U	+ 6 U	+ 8 U	+ 10 U
261~300	+ 6 U	+ 8 U	+ 10 U	+ 12 U
301~350	+ 8 U	+ 10 U	+ 12 U	+ 14 U
351~400	+ 10 U	+ 12 U	+ 14 U	+ 16 U
> 400	+ 12 U	+ 14 U	+ 16 U	+ 18 U

Adapted from the article of Umpierrez et al. (Diabetes Care 2007;30:2181-6) [14] with original copyright holder's permission. The very sensitive column is added to the original table.

② 환자가 배식된 식사를 전량 혹은 전량에 가깝게 섭취할 수 있는 경우에는 기본 bolus insulin에 교정 용량을 더해서 주사한다. 전량을 섭취하지 못하는 경우에는 섭취하는 양에 비례하게 기본 bolus insulin 용량을 조정하고, 여기에 교정 용량을 더해서 주사한다.

예) 40세 60 kg의 남자가 아침 식전 혈당이 160 mg/dL인 경우에는 예정된 초속효성 인슐린 5 U에 추가 용량 2 U을 더해 7 U을 주사한다.

③ 환자가 식사를 하지 못하는 경우는 기본 bolus insulin 용량은 투약하지 않고, 측정된 혈당에 따라 'sensitive' 열에 근거하여 교정 용량의 bolus insulin만 투약한다. 만약 저혈당이 생길 정도로 반응이 예민할 경우는 'very sensitive' 열에 준해서 조절한다(단, 식사를 하지 못하는 경우라도 basal insulin은 투여해야 한다).

예) 40세 60 kg의 남자가 현재 금식 중이며 기저 인슐린을 주사함에도 6시간마다 측정된 혈당이 160 mg/dL인 경우는 교정 용량인 2 U을 bolus insulin으로 주사한다.

6) 기저 인슐린 용량 조절

- ① 아침 공복 혈당이나 하루 평균 혈당이 140 mg/dL를 초과하고 저혈당이 없는 경우는 basal insulin의 용량을 전일 대비 하루에 20%씩 증량한다.
- ② 환자가 저혈당(< 70 mg/dL)을 일으킬 경우, 하루 basal insulin 용량을 전일 대비 20% 감량한다.

7) 인슐린 교정 용량 조절 프로토콜 변경

- ① 공복 혹은 식전 혈당이 지속적으로 140 mg/dL를 초과 하면서 저혈당이 없을 경우, 교정 용량 투여 방법을 한 단계 높인다('sensitive'에서 'usual'로, 혹은 'usual'에서 'resistant'로).
- ② 환자가 저혈당(< 70 mg/dL)을 일으킬 경우, 교정 용량 투여 방법을 한 단계 낮춘다('resistant'에서 'usual'로, 'usual'에서 'sensitive'로).

3. 수술 전후 혈당 조절

수술 및 전신마취는 에피네프린, 글루카곤, 코티솔 및 여러 사이토카인 등의 분비를 일으키며, 이로 인해 인슐린 저항성, 인슐린 분비 장애, 지방분해, 단백질 분해 등이 증가하여 고혈당과 심지어 케톤산증을 유발할 수도 있으므로 수술 전후 혈당 조절은 중요하다[26-28]. 수술 전후의 혈당 조절 목표는 많은 경우 80~180 mg/dL로 한다[12,29,30]. 큰 수술의 경우 수술 전후로 정맥 인슐린 치료법이 필요한데, 이는 피하 인슐린 주사에 비해서 정맥 인슐린 주사 요법이 혈당 변동을 적게 가져올 수 있기 때문이다[31,32]. 여러 가지 방법이 제시되어 왔으나, 본 글에서는 대표적으로 많이 사용되는 glucose-insulin-potassium (GIK) infusion 방법과 piggyback 방법을 다루고자 한다 [31,33-37].

1) GIK infusion 프로토콜[36]

- ① 수액 준비
  - a. 5% dextrose solution 1 L + human regular insulin 15 U + 2 M KCl 5 mL
  - b. 10% 500 mL를 대신 이용할 수도 있다.
  - c. 첨가하는 인슐린 양은 대개 0.3 U/g of glucose로 시작한다.
  - d. 만성 신부전이 있거나 고칼륨혈증이 있는 경우에는 potassium을 첨가하지 않고 시작하는 것이 안전하다.
- ② 대개 수술 전날 밤 금식을 시작함과 동시에 시작하며 80~125 mL/h 속도로 주입을 한다(환자의 상태 및 수술 시작 시간에 따라서 시작 시점 및 주입 속도를 선택한다).
- ③ 수술 중 혈당 조절의 목표는 학자들마다 의견이 다르지만 일반적으로 120~180 mg/dL 정도로 유지한다.
- ④ 혈당 측정은 수술 직전까지 2시간 간격, 수술 중 1시간 간격, 수술 후 3시간까지 1시간마다, 이후 안정화 되면 점차 간격을 늘릴 수 있으며 환자의 상태에 따라 변경이 가능하다.
- ⑤ 인슐린 및 potassium 용량 조절은 Appendix Table 1

을 참고하여 조절한다.

2) Piggyback 방법(separate intravenous insulin infusion) [37]

- ① GIK 방법에서는 인슐린 용량 조절 시 새로이 수액을 준비해야 하는 불편 및 낭비 요인이 있으나 이 방법은 인슐린 주입 속도 조절로 해결할 수 있다.
- ② 인슐린 주사 라인이 막힐 경우 고혈당의 위험이 있고, 반대로 인슐린은 들어가나 포도당 포함 수액 주사 라인이 막힐 경우는 심각한 저혈당의 위험이 있으므로 항상 주의해야 한다.
- ③ 인슐린 수액 준비는 0.9% NaCl 250 mL + regular insulin 25 U (0.1 U/mL)으로 한다.
- ④ 인슐린 주입 속도는 1 U/h로 시작한다(10 mL/h).
- ⑤ 5% dextrose 주입 속도는 100 mL/h로 한다.
- ⑥ 혈당 측정은 1시간마다 시행한다.
- ⑦ 용량 조절은 Appendix Table 2를 참고하여 조절한다.
- ⑧ Volume overload 우려가 있을 경우는 50% 포도당 수액을 이용하여 수액 주입량을 줄일 수 있다.

4. 특수 상황에서의 조절

1) 경관/정맥 영양(enteral/parenteral feedings) (Appendix Table 3) [12]

입원 시, 경관 영양(enteral feedings)을 하는 경우에도 기저 인슐린과 식전 인슐린 및 교정 용량 인슐린이 필요하다. 입원 전 기저 인슐린을 사용했다면 동일 용량의 기저 인슐린을 사용할 수 있으며, 하루 총 인슐린 용량 중 30~50%를 기저 인슐린으로 투약할 수 있다. 이전에 기저 인슐린을 사용하지 않았다면, NPH나 detemir 5 U을 12시간마다 투약하거나 glargine 10 U을 24시간마다 투여하는 방법이 있다 [38]. 경관 영양을 지속 주입(continuous enteral feeding) 하는 경우는 탄수화물 10~15 g당 1 U의 인슐린으로 계산하여 투약할 수 있으며, 기존 사용하던 하루 총 인슐린 요구량의 50~70% 정도로 투약할 수도 있다. 이때에도 4~6시

간 간격으로 혈당에 따라 인슐린 교정 용량 투여가 필요하다(Table 1). 간헐적인 경관 영양(enteral bolus feedings)을 하는 경우에는 10~15 g당 1 U의 속효성 혹은 초속효성 인슐린을 교정 용량과 함께 식전 피하주사할 수 있다.

총 정맥영양(total parenteral nutrition, TPN)을 시행 중 고혈당이 문제되는 경우(특히, 하루 총 인슐린 교정 용량이 20 U을 초과하는 경우)에는 continuous intravenous insulin infusion을 시행하거나 정맥영양 수액에 regular insulin을 추가해서 조절할 수 있다. 처음 수액에 인슐린을 추가할 때에는 dextrose 10 g당 1 U의 regular insulin을 추가해 볼 수 있고, 이후 혈당에 따라 용량을 조절해야 한다 [39]. 이때에도 4~6시간 간격으로 인슐린 교정 용량 피하 투여를 해 볼 수 있다(Table 1). TPN 시행 중 혈당 조절을 위해서 piggyback 방법을 이용하는 것도 좋은 방법 중 하나이다.

2) 식전 혈당에 비해서 식후 혈당이 훨씬 높은 상황

입원 환자의 인슐린 사용 시 기본적으로 식전 혈당을 기준으로 bolus insulin 용량을 결정하지만 식전 혈당에 비해서 식후 혈당이 훨씬 높은 상황, 예를 들어 ① 스테로이드 사용 환자, ② 간경변증 환자, ③ 위절제 환자 등에서는 식후 혈당을 모니터하면서 식전 bolus insulin 용량 결정을 할 필요가 있다. 스테로이드 사용 환자의 경우, prednisolone (peak 4~8 h)과 같은 속효성 제제를 하루 한번 사용하는 경우는 NPH insulin이 적절할 수 있다. 반면, 스테로이드를 지속 정주하거나 반감기가 긴 dexamethasone을 사용하는 경우는 지속성 인슐린 사용이 필요하기도 하며[12,40], 고용량 스테로이드를 사용할 경우에는 기저 인슐린과 함께 식후 고혈당 조절을 위해서는 속효성/초속효성 인슐린이 대체로 요구된다. 스테로이드 용량 조절에 따라서 인슐린도 용량 조절을 해야 한다.

**결론**

이상 입원 환자의 혈당 조절을 위한 인슐린 치료법에 대

해 알아 보았다. 병원마다 정해진 인슐린치료 프로토콜을 갖추고 의사, 간호사를 포함한 의료진이 이에 대해 잘 이해하고 해당 의료기관이 가지는 특성 및 여러 가지 상황에 따라 조정하는 것이 중요하다. 인슐린 치료 프로토콜을 적용하는 과정에서 감염증이 좋아지거나, 염증이 좋아지거나, 수술의 스트레스에서 벗어나거나, 스테로이드 용량을 줄이거나 등등의 상황에서 인슐린 요구량이 줄어들 수 있으므로 저혈당에 특히 주의해야 한다. 환자가 회복되었거나 퇴원을 준비할 경우 상황에 따라 적절히 혈당 조절 계획을 수립해야 한다. 경구약제만으로 조절이 가능할 수도 있고, 경구약제에 인슐린을 추가할 수 있으며, 인슐린 주사법을 보다 간단한 것으로 변경하는 것을 고려할 수도 있다. 단, 제1형 당뇨병의 경우 대부분 퇴원 시에도 basal bolus insulin therapy나 insulin pump를 이용한 혈당 조절을 해야 한다. 퇴원 전 환자의 상태가 허락한다면 당뇨 교육을 시행하고, 합병증검사가 누락된 경우 이를 시행해야 하며, 인슐린을 처음 시작한 경우에는 인슐린 주사법 및 용량 조절법에 대한 교육, 저혈당을 예방하고 대처하는 교육 등을 반드시 시행해야 한다.

## REFERENCES

- Moss SE, Klein R, Klein BE. Risk factors for hospitalization in people with diabetes. *Arch Intern Med* 1999;159:2053-7.
- Umpierrez GE, Hellman R, Korytkowski MT, Kosiborod M, Maynard GA, Montori VM, Seley JJ, Van den Berghe G; Endocrine Society. Management of hyperglycemia in hospitalized patients in non-critical care setting: an endocrine society clinical practice guideline. *J Clin Endocrinol Metab* 2012;97:16-38.
- Pomposelli JJ, Baxter JK 3rd, Babineau TJ, Pomfret EA, Driscoll DF, Forse RA, Bistrrian BR. Early postoperative glucose control predicts nosocomial infection rate in diabetic patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1998;22:77-81.
- Capes SE, Hunt D, Malmberg K, Gerstein HC. Stress hyperglycaemia and increased risk of death after myocardial infarction in patients with and without diabetes: a systematic overview. *Lancet* 2000;355:773-8.
- Umpierrez GE, Isaacs SD, Bazargan N, You X, Thaler LM, Kitabchi AE. Hyperglycemia: an independent marker of in-hospital mortality in patients with undiagnosed diabetes. *J Clin Endocrinol Metab* 2002;87:978-82.
- Carson JL, Scholz PM, Chen AY, Peterson ED, Gold J, Schneider SH. Diabetes mellitus increases short-term mortality and morbidity in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *J Am Coll Cardiol* 2002;40:418-23.
- Yong PH, Weinberg L, Torkamani N, Churilov L, Robbins RJ, Ma R, Bellomo R, Lam QT, Burns JD, Hart GK, Lew JF, Mårtensson J, Story D, Motley AN, Johnson D, Zajac JD, Ekinici EI. The presence of diabetes and higher HbA<sub>1c</sub> are independently associated with adverse outcomes after surgery. *Diabetes Care* 2018;41:1172-9.
- Kwon S, Thompson R, Dellinger P, Yanez D, Farrohki E, Flum D. Importance of perioperative glycemic control in general surgery: a report from the surgical care and outcomes assessment program. *Ann Surg* 2013;257:8-14.
- van den Boom W, Schroeder RA, Manning MW, Setji TL, Fiestan GO, Dunson DB. Effect of A1C and glucose on postoperative mortality in noncardiac and cardiac surgeries. *Diabetes Care* 2018;41:782-8.
- Moghissi ES, Korytkowski MT, DiNardo M, Einhorn D, Hellman R, Hirsch IB, Inzucchi SE, Ismail-Beigi F, Kirkman MS, Umpierrez GE; American Association of Clinical Endocrinologists; American Diabetes Association. American Association of Clinical Endocrinologists and American Diabetes Association consensus statement on inpatient glycemic control.

- 2009;32:1119-31.
11. Amsterdam EA, Wenger NK, Brindis RG, Casey DE Jr, Ganiats TG, Holmes DR Jr, Jaffe AS, Jneid H, Kelly RF, Kontos MC, Levine GN, Liebson PR, Mukherjee D, Peterson ED, Sabatine MS, Smalling RW, Zieman SJ; ACC/AHA Task Force Members; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions and the Society of Thoracic Surgeons. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2014;130:2354-94.
  12. 14. Diabetes care in the hospital: Standards of Medical Care in Diabetes-2018. *Diabetes Care* 2018;41(Suppl 1):S144-51.
  13. Inzucchi SE. Clinical practice. Management of hyperglycemia in the hospital setting. *N Engl J Med* 2006;355:1903-11.
  14. Umpierrez GE, Smiley D, Zisman A, Prieto LM, Palacio A, Ceron M, Puig A, Mejia R. Randomized study of basal-bolus insulin therapy in the inpatient management of patients with type 2 diabetes (RABBIT 2 trial). *Diabetes Care* 2007;30:2181-6.
  15. Queale WS, Seidler AJ, Brancati FL. Glycemic control and sliding scale insulin use in medical inpatients with diabetes mellitus. *Arch Intern Med* 1997;157:545-52.
  16. Umpierrez GE, Smiley D, Jacobs S, Peng L, Temponi A, Mulligan P, Umpierrez D, Newton C, Olson D, Rizzo M. Randomized study of basal-bolus insulin therapy in the inpatient management of patients with type 2 diabetes undergoing general surgery (RABBIT 2 surgery). *Diabetes Care* 2011;34:256-61.
  17. Umpierrez GE, Smiley D, Hermayer K, Khan A, Olson DE, Newton C, Jacobs S, Rizzo M, Peng L, Reyes D, Pinzon I, Fereira ME, Hunt V, Gore A, Toyoshima MT, Fonseca VA. Randomized study comparing a Basal-bolus with a basal plus correction insulin regimen for the hospital management of medical and surgical patients with type 2 diabetes: basal plus trial. *Diabetes Care* 2013;36:2169-74.
  18. Tordjman KM, Havlin CE, Levandoski LA, White NH, Santiago JV, Cryer PE. Failure of nocturnal hypoglycemia to cause fasting hyperglycemia in patients with insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med* 1987;317:1552-9.
  19. Hirsch IB, Smith LJ, Havlin CE, Shah SD, Clutter WE, Cryer PE. Failure of nocturnal hypoglycemia to cause daytime hyperglycemia in patients with IDDM. *Diabetes Care* 1990;13:133-42.
  20. Hirsch IB. Insulin analogues. *N Engl J Med* 2005;352:174-83.
  21. Sanches AC, Correr CJ, Venson R, Pontarolo R. Revisiting the efficacy of long-acting insulin analogues on adults with type 1 diabetes using mixed-treatment comparisons. *Diabetes Res Clin Pract* 2011;94:333-9.
  22. Marso SP, McGuire DK, Zinman B, Poulter NR, Emerson SS, Pieber TR, Pratley RE, Haahr PM, Lange M, Brown-Frandsen K, Moses A, Skibsted S, Kvist K, Buse JB; DEVOTE Study Group. Efficacy and safety of degludec versus glargine in type 2 diabetes. *N Engl J Med* 2017;377:723-32.
  23. Ritzel R, Roussel R, Bolli GB, Vinet L, Brulle-Wohlhueter C, Glezer S, Yki-Järvinen H. Patient-level meta-analysis of the EDITION 1, 2 and 3 studies: glycaemic control and hypoglycaemia with new insulin glargine 300 U/ml versus glargine 100 U/ml in people with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab* 2015;17:859-67.
  24. Siebenhofer A, Plank J, Berghold A, Jeitler K, Horvath K, Narath M, Gfrerer R, Pieber TR. Short acting insulin

- analogues versus regular human insulin in patients with diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* 2006;(2):CD003287.
25. Mannucci E, Monami M, Marchionni N. Short-acting insulin analogues vs. regular human insulin in type 2 diabetes: a meta-analysis. *Diabetes Obes Metab* 2009;11:53-9.
26. Kennedy DJ, Butterworth JF 4th. Clinical review 57: endocrine function during and after cardiopulmonary bypass: recent observations. *J Clin Endocrinol Metab* 1994;78:997-1002.
27. Schricker T, Gougeon R, Eberhart L, Wykes L, Mazza L, Carvalho G, Carli F. Type 2 diabetes mellitus and the catabolic response to surgery. *Anesthesiology* 2005;102:320-6.
28. Aärimala M, Slätis P, Haapaniemi L, Jeglinsky B. Glucose tolerance and insulin response during and after elective skeletal surgery. *Ann Surg* 1974;179:926-9.
29. Buchleitner AM, Martínez-Alonso M, Hernández M, Solà I, Mauricio D. Perioperative glycaemic control for diabetic patients undergoing surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;(9):CD007315.
30. Smiley DD, Umpierrez GE. Perioperative glucose control in the diabetic or nondiabetic patient. *South Med J* 2006;99:580-9; quiz 590-1.
31. Watts NB, Gebhart SS, Clark RV, Phillips LS. Postoperative management of diabetes mellitus: steady-state glucose control with bedside algorithm for insulin adjustment. *Diabetes Care* 1987;10:722-8.
32. Pezzarossa A, Taddei F, Cimicchi MC, Rossini E, Contini S, Bonora E, Gnudi A, Uggeri E. Perioperative management of diabetic subjects. Subcutaneous versus intravenous insulin administration during glucose-potassium infusion. *Diabetes Care* 1988;11:52-8.
33. Peters A, Kerner W. Perioperative management of the diabetic patient. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 1995;103:213-8.
34. Marks JB. Perioperative management of diabetes. *Am Fam Physician* 2003;67:93-100.
35. Goldberg NJ, Wingert TD, Levin SR, Wilson SE, Viljoen JF. Insulin therapy in the diabetic surgical patient: metabolic and hormone response to low dose insulin infusion. *Diabetes Care* 1981;4:279-84.
36. Thomas DJ, Platt HS, Alberti KG. Insulin-dependent diabetes during the peri-operative period. An assessment of continuous glucose-insulin-potassium infusion, and traditional treatment. *Anaesthesia* 1984;39:629-37.
37. Dagogo-Jack S, Alberti KGMM. Management of diabetes mellitus in surgical patients. *Diabetes Spectrum* 2002;15:44-8.
38. Umpierrez GE. Basal versus sliding-scale regular insulin in hospitalized patients with hyperglycemia during enteral nutrition therapy. *Diabetes Care* 2009;32:751-3.
39. Pichardo-Lowden AR, Fan CY, Gabbay RA. Management of hyperglycemia in the non-intensive care patient: featuring subcutaneous insulin protocols. *Endocr Pract* 2011;17:249-60.
40. Kwon S, Hermayer KL, Hermayer K. Glucocorticoid-induced hyperglycemia. *Am J Med Sci* 2013;345:274-7.



Appendix Table 1.  
Glucose-insulin-potassium (GIK) infusion을 위한 인슐린 배합량 조절표

혈당(mg/dL)	인슐린 배합량 조절
< 80	5 U 낮춤
< 120	3 U 낮춤
120~180	그대로
181~270	3 U 추가
> 270	5 U 추가

5% dextrose 1 L에 20 mEq KCl과 15 U regular insulin을 혼합. 혈중 칼륨 농도를 하루 2회 측정. 혈중 칼륨이 5 mEq/L 이상일 경우는 칼륨 포함되지 않은 용액을 사용하고 4 mEq/L 미만일 경우는 KCl 20 mEq를 추가함.

Appendix Table 2.  
인슐린 주입 속도 조절 방법(piggyback method)

혈당(mg/dL)	인슐린 주입 속도
< 80	인슐린 주입을 중단하고 15분 뒤 혈당 측정
80~140	0.4 U/h (4 mL/h) 감량
141~180	기존 속도로 주입
181~220	0.4 U/h (4 mL/h) 증량
221~250	0.6 U/h (6 mL/h) 증량
251~300	0.8 U/h (8 mL/h) 증량
> 300	1.0 U/h (10 mL/h) 증량

Appendix Table 3.  
경관/정맥 영양중 인슐린 용량 결정

영양 공급 방법	기저 인슐린	영양 공급에 따른 인슐린	교정 용량
지속 경관 주입법	기존에 기저 인슐린을 사용하던 경우는 동일 용량의 기저 인슐린을 사용. 기존에 기저 인슐린을 사용하지 않은 경우는 하루 총 인슐린 요구량에서 기저 인슐린 용량을 계산하거나 NPH/detemir 5 U을 하루 2회 투약 혹은 glargine/degludec 10 U을 하루 1회 투약.	Regular insulin을 6시간마다 혹은 rapid acting insulin을 4시간마다 피하 주사. 탄수화물 10~15 g당 1 U으로 계산하여 투약하고 매일 용량을 조정.	Table 1의 교정 용량 결정 방법을 참고하여 regular insulin을 6시간마다 혹은 rapid acting insulin을 4시간마다 피하주사.
간헐적 경관 투여	기존에 기저 인슐린을 사용하던 경우는 동일 용량의 기저 인슐린을 사용. 기존에 기저 인슐린을 사용하지 않은 경우는 하루 총 인슐린 요구량에서 기저 인슐린 용량을 계산하거나 NPH/detemir 5 U을 하루 2회 투약 혹은 glargine/degludec 10 U을 하루 1회 투약.	Ragular insulin 혹은 rapid acting insulin을 매 식전 피하주사. 탄수화물 10~15 g당 1 U으로 계산하여 투약하고 매일 용량을 조정.	Table 1의 교정 용량 결정 방법을 참고하여 regular insulin을 6시간마다 혹은 rapid acting insulin을 4시간마다 피하주사.
정맥영양	탄수화물 10 g당 1 U의 regular insulin을 총 정맥영양 수액에 혼합하여 정맥 주입하고 매일 인슐린 용량을 조정.	Table 1의 교정 용량 결정 방법을 참고하여 regular insulin을 6시간마다 혹은 rapid acting insulin을 4시간마다 피하주사.	