



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년11월15일  
(11) 등록번호 10-2325887  
(24) 등록일자 2021년11월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61M 5/172 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)  
A61B 5/0205 (2006.01) A61B 5/11 (2006.01)  
A61B 5/145 (2006.01) A61B 5/318 (2021.01)  
A61M 5/142 (2006.01) G16H 20/17 (2018.01)
- (52) CPC특허분류  
A61M 5/1723 (2013.01)  
A61B 5/0205 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-0122465
- (22) 출원일자 2020년09월22일  
심사청구일자 2020년09월22일
- (56) 선행기술조사문헌  
KR1020110059142 A  
(뒷면에 계속)

- (73) 특허권자  
큐어스트림(주)  
대구광역시 북구 호암로 51, 메이커스페이스동 2층(침산동)  
포항공과대학교 산학협력단  
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
- (72) 발명자  
박성민  
대구광역시 북구 호암로 51, 메이커스페이스동 2층 (침산동, 대구삼성창조캠퍼스)  
김강욱  
대구광역시 북구 호암로 51, 메이커스페이스동 2층 (침산동, 대구삼성창조캠퍼스)
- (74) 대리인  
특허법인태백, 이해미

전체 청구항 수 : 총 10 항

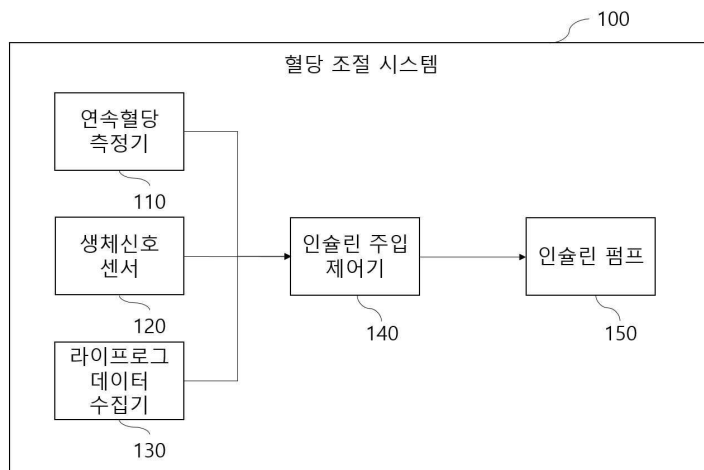
심사관 : 김민조

(54) 발명의 명칭 혈당 조절 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 혈당 조절 시스템은, 환자의 혈당을 연속적으로 측정하는 연속혈당 측정기; 환자의 생체 신호를 획득하는 생체 신호 센서; 환자의 라이프로그 데이터를 수집하는 라이프로그 데이터 수집기; 상기 연속혈당 측정기로부터 수신한 혈당 측정 정보와 환자의 혈당대사 특성 정보, 상기 생체 신호 센서에 의해 획득한 생체신호 또는 이에 의해 지수화된 환자의 스트레스 수준, 그리고 상기 라이프로그 데이터 수집기에 의해 수집된 라이프로그 데이터 중 하나 이상을 기초로 인슐린 주입량 및 주입속도를 결정하는 인슐린 주입 제어기; 및 상기 인슐린 주입 제어기에 의해 결정된 인슐린 주입량 및 주입속도에 따라 환자의 체내로 인슐린을 주입하는 인슐린 펌프를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*A61B 5/1118* (2013.01)  
*A61B 5/14532* (2013.01)  
*A61B 5/318* (2021.01)  
*A61B 5/4806* (2013.01)  
*A61M 5/14244* (2013.01)  
*G16H 20/17* (2021.08)  
*A61M 2005/14208* (2013.01)  
*A61M 2005/14264* (2013.01)  
*A61M 2005/1726* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2017538474 A\*  
KR1020080011772 A\*  
US20150217052 A1\*  
JP2010531707 A\*  
KR1020120047841 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

환자의 혈당을 연속적으로 측정하는 연속혈당 측정기;

환자의 생체 신호를 획득하는 생체 신호 센서;

환자의 라이프로그 데이터를 수집하는 라이프로그 데이터 수집기;

환자의 혈당대사 특성 정보를 기초로 상기 혈당 측정 정보, 상기 생체신호 또는 상기 생체신호를 기초로 지수화된 환자의 스트레스 수준, 상기 라이프로그 데이터 및 치료 이력 정보를 학습하고, 학습된 모델에 의해 인슐린 주입량 및 주입속도 결정하는 인슐린 주입 제어기; 및

상기 인슐린 주입 제어기에 의해 결정된 인슐린 주입량 및 주입속도에 따라 환자의 체내로 인슐린을 주입하는 인슐린 펌프를 포함하고,

상기 인슐린 주입 제어기는,

입력받은 인슐린 활성 피크 시점 정보로부터 인슐린 활성도 곡선을 획득하고, 상기 혈당 측정 정보로부터 시간별 혈당 변화량을 획득하며, 상기 인슐린 활성도 곡선과 상기 치료 이력 정보를 기초로 환자 체내에서 활성화되지 않은 잔존 인슐린 양을 산출하고, 상기 치료 이력 정보로부터 인슐린 주입량의 변동성을 파악하고, 상기 라이프로그 데이터 중 활동량을 고려하여 혈당 소모량을 예측하고, 식사량 및 수면량 중 하나 이상을 고려하여 혈당 변화량을 예측하며,

상기 인슐린 활성도 곡선을 기초로, 시간별 혈당 변화량, 잔존 인슐린 양, 인슐린 주입량 변동성 정보, 상기 라이프로그 데이터를 기초로 예측한 혈당 소모량 및 혈당 변화량 정보, 및 상기 생체신호를 기초로 지수화된 환자의 스트레스 수준 정보를 학습하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 생체 신호 센서는 심전도 센서 또는 심박 센서를 포함하며, 환자의 심혈관 계통의 상태를 모니터링하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 시스템.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 생체 신호 센서는 호흡 센서를 더 포함하며, 환자의 호흡기 계통의 상태를 모니터링하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 시스템.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 생체 신호 센서는 프로세서를 더 포함하며, 상기 프로세서를 통해 환자의 생체 신호를 분석하여 환자의 스트레스 수준을 지수화하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 시스템.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 라이프로그 데이터 수집기는 환자가 착용한 액티비티 트래커와 연동하여 상기 액티비티 트래커에 의해 측정된 환자의 신체활동 정보를 수집하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 시스템.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 라이프로그 데이터 수집기는 환자의 휴대 단말에 설치된 식사관리 애플리케이션과 연동하여 환자에 의해 입력된 식사 정보를 수집하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 시스템.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 라이프로그 데이터 수집기는 환자가 착용한 수면센서 또는 수면 중인 환자 근처에 배치된 수면센서와 연동하여 상기 수면센서에 의해 측정 및 분석된 환자의 수면 정보를 수집하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 시스템.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 환자의 혈당대사 특성 정보는 인슐린 활성화도 곡선 또는 인슐린 활성화 피크 시점 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 시스템.

#### 청구항 9

연속혈당 측정기, 생체 신호 센서, 라이프로그 데이터 수집기 및 인슐린 주입 제어기를 포함하는 혈당 조절 시스템에 의해 수행되는 혈당 조절 방법에 있어서,

상기 인슐린 주입 제어기에 의해 환자의 혈당대사 특성 정보를 획득하는 단계;

상기 연속혈당 측정기에 의해 상기 환자의 혈당 측정 정보를 획득하는 단계;

상기 생체 신호 센서 및 상기 라이프로그 데이터 수집기에 의해 상기 환자의 생체신호 및 라이프로그 데이터를 각각 획득하는 단계;

상기 인슐린 주입 제어기에 의해 상기 혈당대사 특성 정보를 기초로 상기 혈당 측정 정보, 생체신호 또는 생체신호를 기초로 지수화된 환자의 스트레스 수준, 라이프로그 데이터 및 치료 이력 정보를 학습하는 단계; 및

상기 인슐린 주입 제어기에 의해 학습된 모델에 의해 인슐린 펌프에 의한 인슐린 주입량 및 주입속도 결정하는 단계를 포함하며,

상기 학습하는 단계는,

입력받은 인슐린 활성화 피크 시점 정보로부터 인슐린 활성화도 곡선을 획득하고, 상기 혈당 측정 정보로부터 시간별 혈당 변화량을 획득하며, 상기 인슐린 활성화도 곡선과 상기 치료 이력 정보를 기초로 환자 체내에서 활성화되지 않은 잔존 인슐린 양을 산출하고, 상기 치료 이력 정보로부터 인슐린 주입량의 변동성을 파악하고, 상기 라이프로그 데이터 중 활동량을 고려하여 혈당 소모량을 예측하고, 식사량 및 수면량 중 하나 이상을 고려하여 혈당 변화량을 예측하며,

상기 인슐린 활성화도 곡선을 기초로, 시간별 혈당 변화량, 잔존 인슐린 양, 인슐린 주입량 변동성 정보, 상기 라이프로그 데이터를 기초로 예측한 혈당 소모량 및 혈당 변화량 정보, 및 상기 생체신호를 기초로 지수화된 환자

의 스트레스 수준 정보를 학습하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 방법.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

상기 인슐린 주입 제어기에 의해 상기 인슐린 펌프에 의한 인슐린 주입의 적절성을 평가하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 혈당 조절 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 출원은 혈당 조절 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 당뇨병은 인슐린의 분비량이 부족하거나 정상적인 기능이 이루어지지 않는 등의 대사질환의 일종으로, 혈중 포도당 농도가 높은 것이 특징인 질환이다.

[0003] 이러한 당뇨병의 치료 방법으로 식이요법, 운동요법, 약물요법, 인슐린 주사법 등이 있으며, 최근에는 인공췌장을 활용하는 방법이 개발되고 있다.

[0004] 인공췌장은 인슐린에 의존해야 하는 당뇨병 환자에게 기존의 치료 방법의 한계를 극복할 수 있는 대체 수단으로서 각광받고 있다.

[0005] 인공췌장은 연속혈당측정기(CGM; Continuous Glucose Monitoring), 인슐린 펌프패치 및 제어 알고리즘을 포함하며, 제어 알고리즘에 의해 CGM에서 측정된 값을 이용하여 인슐린 펌프·패치를 제어하도록 구성된다.

[0006] 일반적으로 제어 알고리즘은 환자의 혈당 정보와 인슐린 주입 이력을 기초로 현재 또는 근 미래의 환자의 혈당과 목표 혈당 사이의 오차를 줄이는 방향으로 인슐린 펌프·패치를 제어하도록 구성된다.

[0007] 그러나, 당뇨병은 개개인의 생리적 특성이 크게 상이하고, 개인의 특성도 시간에 따라서 변하며, 더 나아가 개인의 활동량, 식사량, 수면과 같은 라이프스타일이나, 개인의 정신건강 상태(예를 들어, 스트레스 수준) 등에 의해서 크게 영향을 받는 질병이므로, 이를 반영하지 않은 기존의 정적인 제어 알고리즘이나 생리적 특성을 불완전하게 모사한 기존의 적응형 제어 알고리즘은 한계가 있으며, 특히 개인의 라이프스타일이나 정신건강 상태를 고려하지 않는 제어 알고리즘의 경우 혈당 변화에 대응하는데 한계가 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 따라서, 당해 기술분야에서는 개인의 라이프스타일과 정신건강 상태를 고려하여 혈당을 조절하기 위한 방안이 요구되고 있다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명의 일 실시예는 혈당 조절 시스템을 제공한다.

[0010] 상기 혈당 조절 시스템은, 환자의 혈당을 연속적으로 측정하는 연속혈당 측정기; 환자의 생체 신호를 획득하는 생체 신호 센서; 환자의 라이프로그 데이터를 수집하는 라이프로그 데이터 수집기; 상기 연속혈당 측정기로부터 수신한 혈당 측정 정보와 환자의 혈당대사 특성 정보, 상기 생체 신호 센서에 의해 획득한 생체신호 또는 이에 의해 지수화된 환자의 스트레스 수준, 그리고 상기 라이프로그 데이터 수집기에 의해 수집된 라이프로그 데이터 중 하나 이상을 기초로 인슐린 주입량 및 주입속도를 결정하는 인슐린 주입 제어기; 및 상기 인슐린 주입 제어기에 의해 결정된 인슐린 주입량 및 주입속도에 따라 환자의 체내로 인슐린을 주입하는 인슐린 펌프를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 다른 실시예는 혈당 조절 방법을 제공한다.

[0013] 상기 혈당 조절 방법은, 환자의 혈당대사 특성 정보를 획득하는 단계; 상기 환자의 혈당 측정 정보를 획득하는 단계; 상기 환자의 생체신호 및 라이프로그 데이터를 획득하는 단계; 상기 혈당대사 특성 정보를 기초로 상기 혈당 측정 정보, 생체신호 또는 생체신호를 기초로 지수화된 환자의 스트레스 수준, 라이프로그 데이터 및 치료 이력 정보를 학습하는 단계; 및 학습된 모델에 의해 인슐린 펌프에 의한 인슐린 주입량 및 주입속도 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 덧붙여 상기한 과제의 해결수단은, 본 발명의 특징을 모두 열거한 것이 아니다. 본 발명의 다양한 특징과 그에 따른 장점과 효과는 아래의 구체적인 실시형태를 참조하여 보다 상세하게 이해될 수 있을 것이다.

**발명의 효과**

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 개인의 라이프스타일과 정신건강 상태를 고려하여 혈당을 조절할 수 있으며, 이를 통해 급격한 혈당 변화에 대한 선제적인 대응이 가능해 진다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 혈당 조절 시스템의 구성도이다.  
 도 2는 개인별 인슐린 활성화도 프로파일을 비교한 예를 도시하는 도면이다.  
 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 혈당 조절 방법의 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.

[0019] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결'되어 있다고 할 때, 이는 '직접적으로 연결'되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결'되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 '포함'한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 혈당 조절 시스템의 구성도이다.

[0022] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 혈당 조절 시스템(100)은 연속혈당 측정기(110), 생체신호 센서(120), 라이프로그 데이터 수집기(130), 인슐린 주입 제어기(140) 및 인슐린 펌프(150)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0024] 연속혈당 측정기(110)는 환자의 혈당을 연속적으로 측정하고, 혈당 측정 정보를 무선 통신을 통해 인슐린 주입 제어기(140)로 전송할 수 있다.

[0025] 일 실시예에 따르면, 연속혈당 측정기(110)는 혈당 측정을 위한 센서와 데이터 통신을 위한 송수신기를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서, 센서는 환자의 피하지방에 삽입되어 세포 간질액에서 당을 측정하고, 송수신기는 센서에 의해 측정된 혈당 측정 정보를 인슐린 주입 제어기(140)로 전송할 수 있다.

[0027] 생체신호 센서(120)는 환자의 생체신호를 획득하고, 획득한 생체신호를 무선 통신을 통해 인슐린 주입 제어기(140)로 전송할 수 있다.

[0028] 일 실시예에 따르면, 생체신호 센서(120)는 심전도 센서나 심박 센서를 포함할 수 있으며, 이를 통해 환자의 심혈관 계통의 상태를 모니터링할 수 있다.

[0029] 또한, 생체신호 센서(120)는 호흡 센서를 포함할 수 있으며, 이를 통해 환자의 호흡기 계통의 상태를 모니터링할 수 있다.

[0030] 다른 실시예에 따르면, 생체신호 센서(120)는 획득한 생체신호를 분석하기 위한 프로세서를 추가로 구비할 수 있으며, 프로세서를 통해 심전도 센서나 심박 센서 및 호흡 센서에 의해 획득한 생체신호를 분석하여 환자의 스트레스 수준을 지수화할 수 있다. 여기서, 환자의 스트레스 수준을 지수화하는 방법은 통상의 기술자에게 알려

진 다양한 방법을 선택적으로 적용할 수 있는 바, 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다.

- [0031] 상술한 생체신호 센서(120)는 환자가 착용 가능한 웨어러블 센서의 형태로 구현될 수 있으며, 이에 따라 환자가 일상 생활에서 생체신호 센서(120)를 착용하여 기 설정된 시간마다 주기적으로 환자의 생체신호를 획득하고 이를 인슐린 주입 제어에 반영할 수 있다.
- [0033] 라이프로그 데이터 수집기(130)는 환자의 신체활동 정보, 식사 정보, 수면 정보 등을 포함하는 라이프로그 데이터를 수집하고 유선 또는 무선 통신을 통해 인슐린 주입 제어기(140)로 전송할 수 있다.
- [0034] 일 실시예에 따르면, 라이프로그 데이터 수집기(130)는 환자가 착용한 액티비티 트래커(Activity Tracker)와 연동하여, 액티비티 트래커에 의해 측정된 환자의 신체활동 정보(예를 들어, 활동량 정보 등)를 수집할 수 있다.
- [0035] 또한, 라이프로그 데이터 수집기(130)는 예를 들어 환자의 휴대 단말에 설치된 식사관리 애플리케이션 등과 연동하여 환자에 의해 입력된 식사 정보(예를 들어, 식사량, 섭취 칼로리 등)를 수집할 수 있다.
- [0036] 또한, 라이프로그 데이터 수집기(130)는 예를 들어 환자가 착용한 수면센서 또는 수면 중인 환자 근처(예를 들어, 침대 등)에 배치된 수면센서와 연동하여, 수면센서에 의해 측정 및 분석된 환자의 수면 정보(예를 들어, 수면 패턴, 수면 질 등)를 수집할 수 있다.
- [0038] 인슐린 주입 제어기(140)는 연속혈당 측정기(110)로부터 수신한 혈당 측정 정보와 환자의 혈당대사 특성 정보, 생체신호 센서(120)에 의해 획득한 생체신호 또는 이에 의해 지수화된 환자의 스트레스 수준, 그리고 라이프로그 데이터 수집기(130)에 의해 수집된 라이프로그 데이터 중 하나 이상을 기초로 인슐린 펌프(150)에 의한 인슐린 주입량 및 주입속도를 결정할 수 있다.
- [0039] 혈당 조절 호르몬은 그 종류 및 작용 대상에 따라서 작용 프로파일이 크게 달라지게 된다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따르면 이와 같은 환자별로 상이한 혈당대사 특성 정보를 고려하여 인슐린 펌프(150)를 제어하도록 구성될 수 있다.
- [0040] 또한, 혈당은 환자의 신체활동, 식사, 수면과 같은 라이프스타일이나, 스트레스 수준과 같은 정신건강 상태에 의해서도 크게 영향을 받는다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따르면 환자의 신체활동 정보, 식사 정보, 수면 정보 등을 포함하는 라이프로그 데이터와, 환자의 생체신호 또는 생체신호를 기초로 지수화된 환자의 스트레스 수준 중 하나 이상을 실시간 인슐린 주입량 및 주입속도의 결정을 위해 추가적으로 고려함으로써, 개개인의 생체 상황 또는 활동을 반영하여 보다 정교하게 인슐린 주입량을 결정할 수 있다.
- [0041] 일 예에 따르면, 인슐린 주입 제어기(140)는 사전 검사를 통해서 획득한 인슐린 활성화 곡선 또는 인슐린 활성화 피크 시점 정보를 입력받을 수 있다. 여기서, 인슐린 활성화 곡선을 획득하는 방법은 도 2를 참조하여 설명하도록 한다.
- [0042] 예를 들어, 제1형 당뇨병 환자의 인슐린 활성화도는 다음과 같은 포도당 클램프 테스트(Glucose clamp test)를 통해 측정할 수 있다.
- [0044] 1. 공복 상태 환자의 혈당이 일정하게 유지될 수 있도록 기저(basal) 인슐린을 지속적으로 주입한다.
- [0045] 2. 기 정해진 양의 인슐린(예를 들어, 단위 체중당 0.2 unit)을 환자의 피하로 1회(bolus) 주사한다.
- [0046] 3. 주사된 인슐린에 의해 환자의 혈당이 떨어지면, 혈당이 떨어지는 양만큼 포도당 용액을 지속적으로 정맥에 주입하여 혈당을 일정하게 유지한다.
- [0048] 상술한 3에서 정맥에 주입한 포도당 용액의 주입속도 곡선이 인슐린 활성화도 곡선(Insulin Activation Curve)이 된다.
- [0050] 도 2는 개인별 인슐린 활성화도 프로파일을 비교한 예를 도시하는 도면으로, 체중이 서로 유사한 두 명의 가상환자를 대상으로 포도당 클램프 테스트를 통해 측정된 인슐린 활성화도 곡선을 도시한다.
- [0051] 여기서, 두 명의 가상환자인 Adult5 및 Adult6은 체중이 각각 67.5 kg 및 67.1kg이며, 동일한 양의 인슐린(14 Unit)을 주입하였다(두 번째 그래프 참조).
- [0052] 세 번째 그래프가 포도당 용액의 주입속도 곡선이며, 이는 곧 인슐린 활성화도 곡선이다.
- [0053] 도 2를 참조하면, 체중이 서로 유사한 두 명의 환자에 동일한 양의 인슐린을 주입하였음에도 불구하고, Adult5는 75분 후에 인슐린이 가장 활성화되었고, Adult6은 102분 후에 인슐린이 가장 활성화되어, 두 환자 사이에 인



슐린이 가장 활성화되는 시점, 즉, 인슐린 활성 피크 시점이 약 30분 가량 차이가 남을 알 수 있다. 이는 일 에에 해당하는 것으로, 환자에 따라 인슐린 활성 피크 시점이 1시간 이상 차이가 나기도 한다.

- [0054] 따라서, 본 발명의 실시예에 따르면 개인의 인슐린 활성도를 고려하여 개인별로 혈당 조절을 최적화할 수 있다.
- [0056] 다른 실시예에 따르면, 인슐린 주입 제어기(140)는 환자의 과거 치료 이력 정보 및 과거 혈당 정보를 학습하여 인슐린 활성도 곡선 또는 인슐린 활성 피크 시점 정보를 획득할 수 있다. 여기서, 환자의 치료 이력 정보는 이전 인슐린 주입정보(주입시간 및 주입량)를 포함할 수 있다.
- [0058] 또 다른 실시예에 따르면, 인슐린 주입 제어기(140)는 인슐린 치료를 진행 중인 환자의 치료 이력 정보 및 혈당 정보를 학습하여 인슐린 활성도 곡선 또는 인슐린 활성 피크 시점 정보를 획득할 수 있다.
- [0060] 한편, 인슐린 주입 제어기(140)는 상술한 바와 같이 획득한 환자의 혈당대사 특성 정보를 기초로 연속혈당 측정기(110)로부터 수신한 혈당 측정 정보, 생체신호 센서(120)로부터 수신한 생체신호 또는 생체신호를 기초로 지수화된 환자의 스트레스 수준, 라이프로그 데이터 수집기(130)로부터 수신한 라이프로그 데이터, 그리고 환자의 과거 또는 현재 치료 이력 정보를 반복적으로 학습하여 혈당조절 알고리즘을 지속적으로 업데이트할 수 있다.
- [0062] 우선, 인슐린 주입 제어기(140)는 상술한 바와 같이 입력된 정보를 기초로 후술하는 추가 정보를 도출하여 인슐린 펌프(150)의 제어를 위해 사용할 수 있다.
- [0063] 구체적으로, 인슐린 주입 제어기(140)는 인슐린 활성 피크 시점 정보를 입력받은 경우 이로부터 인슐린 활성도 곡선을 획득할 수 있다.
- [0064] 또한, 인슐린 주입 제어기(140)는 연속혈당 측정기(110)로부터 수신한 혈당 측정 정보, 즉 현재 혈당으로부터 시간별 혈당 변화량을 획득할 수 있다.
- [0065] 또한, 인슐린 주입 제어기(140)는 인슐린 활성도 곡선과 환자의 치료 이력 정보를 기초로 환자 체내에서 활성화되지 않은 잔존 인슐린 양을 산출할 수 있다.
- [0066] 또한, 인슐린 주입 제어기(140)는 환자의 치료 이력 정보로부터 인슐린 주입량의 변동성을 파악할 수 있다.
- [0067] 또한, 인슐린 주입 제어기(140)는 라이프로그 데이터 중 활동량을 추가적으로 고려하여 혈당 소모량을 예측할 수 있고, 식사량 및 수면량 중 하나 이상을 추가적으로 고려하여 혈당 변화량을 예측할 수 있다.
- [0069] 이후, 인슐린 주입 제어기(140)는 인슐린 활성도 곡선을 기초로, 시간별 혈당 변화량, 잔존 인슐린 양, 인슐린 주입량 변동성 정보를 학습하고, 추가적으로 라이프로그 데이터를 기초로 예측한 혈당 소모량 및 혈당 변화량 정보를 학습할 수 있으며, 더 나아가 생체신호 센서(120)로부터 수신한 생체신호 또는 생체신호를 기초로 지수화된 환자의 스트레스 수준 정보를 학습할 수 있다. 이와 같이 학습된 모델에 의해 인슐린 펌프(150)에 의한 인슐린 주입량 및 주입속도를 결정할 수 있다. 여기서, 학습을 위해 심층 강화학습(Deep Reinforcement Learning)이 적용될 수 있다.
- [0070] 이와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, 환자의 라이프로그 데이터를 기초로 혈당 소모량과 혈당 변화량을 예측하고, 이를 추가적으로 고려하여 인슐린 주입량 및 주입속도를 결정하도록 함으로써, 저혈당 또는 고혈당과 같은 급격한 혈당 변화에 대해 선제적으로 대응할 수 있도록 한다. 또한, 환자의 정신건강 상태를 추가적으로 고려하여 인슐린 주입량 및 주입속도를 결정하도록 함으로써, 환자의 정신건강 상태가 혈당 조절에 미치는 영향까지 고려할 수 있다.
- [0072] 또한, 인슐린 주입 제어기(140)는 인슐린 치료를 진행 중인 환자의 치료 이력 정보 및 혈당 정보를 이용하여 상술한 바와 마찬가지로 학습함으로써, 시간에 따라 변하는 개인의 생리적 특성을 반영하여 학습된 모델을 업데이트하여 혈당 조절 알고리즘을 지속적으로 업데이트할 수 있다.
- [0074] 추가적으로, 인슐린 주입 제어기(140)는 과거에 주입된 인슐린이 적절한지 여부를 평가하여 이를 추후 학습에 반영할 수도 있다.
- [0075] 일 실시예에 따르면, 인슐린 주입 제어기(140)는 인슐린 펌프(150)에 의한 인슐린 주입 시점으로부터 기 설정된 시간간격으로 혈당 유지 정도에 따른 보상, 즉 혈당이 얼마나 잘 유지되는지에 따라서 보상을 주고 이를 각 시간별로 저장할 수 있다. 이 경우, 인슐린 주입 제어기(140)는 환자의 인슐린 활성도 곡선에 따라 각 시간별 보상에 상이한 가중치를 부여할 수 있다. 예를 들어, 인슐린 주입 직후에는 가중치로 0으로 하고, 인슐린 활성도 곡선에서 인슐린 활성 피크 시점에는 가장 큰 가중치를 부여할 수 있다. 이후, 인슐린 주입 제어기(140)는 인슐



린 주입 시점으로부터 기 설정된 시간(예를 들어 8시간) 동안의 각 시간별 가중치를 고려한 보상(즉, 보상 \* 가중치)을 합산하여 인슐린 주입이 적절한지 여부를 평가할 수 있다.

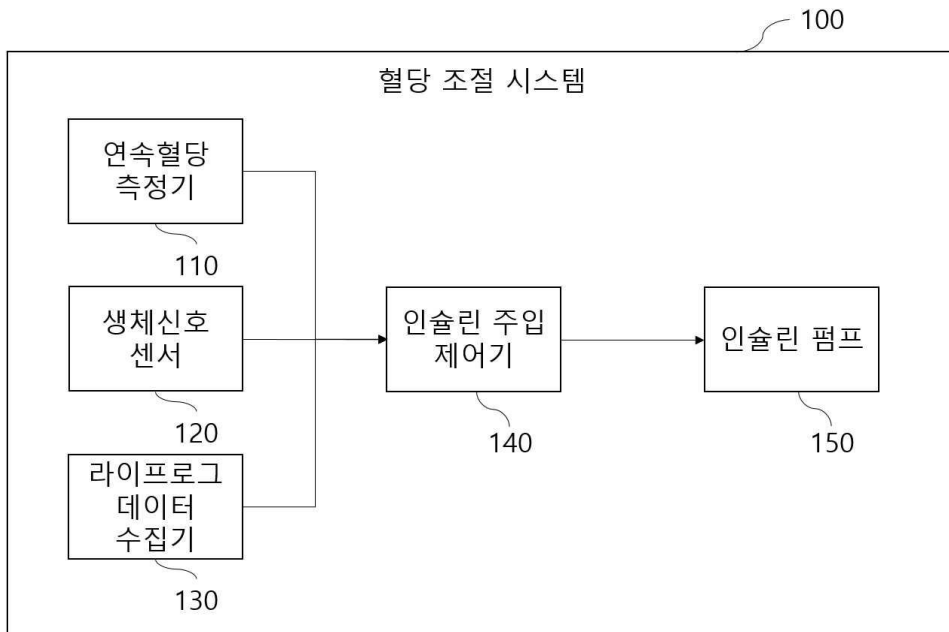
- [0077] 이와 같이 인슐린 주입 제어기(140)는 인슐린 펌프(150)에 의한 각각의 인슐린 주입에 대해 인슐린 주입의 적절성을 평가하고, 이를 학습 알고리즘에 반영할 수 있다.
- [0079] 인슐린 펌프(150)는 인슐린 주입 제어기(140)에 의해 결정된 인슐린 주입량 및 주입속도에 따라 환자의 체내로 인슐린을 주입할 수 있다.
- [0081] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따르면, 인슐린 주입 제어를 위해, 환자의 인슐린 활성화도 또는 환자의 치료 이력 정보 및 혈당 정보를 포함하는 환자의 과거 상태뿐만 아니라, 환자의 생체 신호 또는 라이프로그 데이터를 포함하는 환자의 현재 상태를 반영하는 데이터까지 종합적으로 고려함으로써 보다 정밀하고 정확하게 인슐린 주입을 제어할 수 있게 된다.
- [0083] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 혈당 조절 방법의 흐름도이다.
- [0084] 도 3을 참조하면, 우선 환자의 혈당대사 특성 정보를 획득할 수 있다(S310). 여기서, 혈당대사 특성 정보는 인슐린 활성화도 곡선 또는 인슐린 활성화 피크 시점 정보를 포함할 수 있다.
- [0085] 이후, 환자의 혈당 측정 정보를 획득할 수 있다(S320). 여기서, 환자의 혈당 측정 정보는 연속혈당 측정기에 의해 연속적으로 측정된 것일 수 있다.
- [0086] 이후, 환자의 생체신호 및 라이프로그 데이터를 획득할 수 있다(S330). 여기서, 환자의 생체신호는 심전도 센서나 심박 센서, 및/또는 호흡 센서에 의해 획득한 신호일 수 있고, 환자의 라이프로그 데이터는 환자의 신체활동 정보, 식사 정보 및 수면 정보 등을 포함할 수 있다.
- [0087] 이후, 환자의 혈당대사 특성 정보를 기초로 혈당 측정 정보, 생체신호 또는 지수화된 환자의 스트레스 수준, 라이프로그 데이터 및 치료 이력 정보를 학습할 수 있으며(S340), 학습된 모델에 의해 인슐린 펌프에 의한 인슐린 주입량 및 주입속도 결정할 수 있다(S350).
- [0088] 이후, 인슐린 펌프에 의한 인슐린 주입의 적절성 평가할 수 있다(S360).
- [0090] 도 3에 도시된 혈당 조절 방법은 학습 엔진을 구비하는 제어기에 의해 수행될 수 있다.
- [0091] 또한, 상술한 각 단계의 구체적인 내용은 도 1을 참조하여 상술한 바와 동일하므로 이에 대한 중복적인 설명은 생략한다.
- [0093] 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명에 따른 구성요소를 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것이 명백할 것이다.

**부호의 설명**

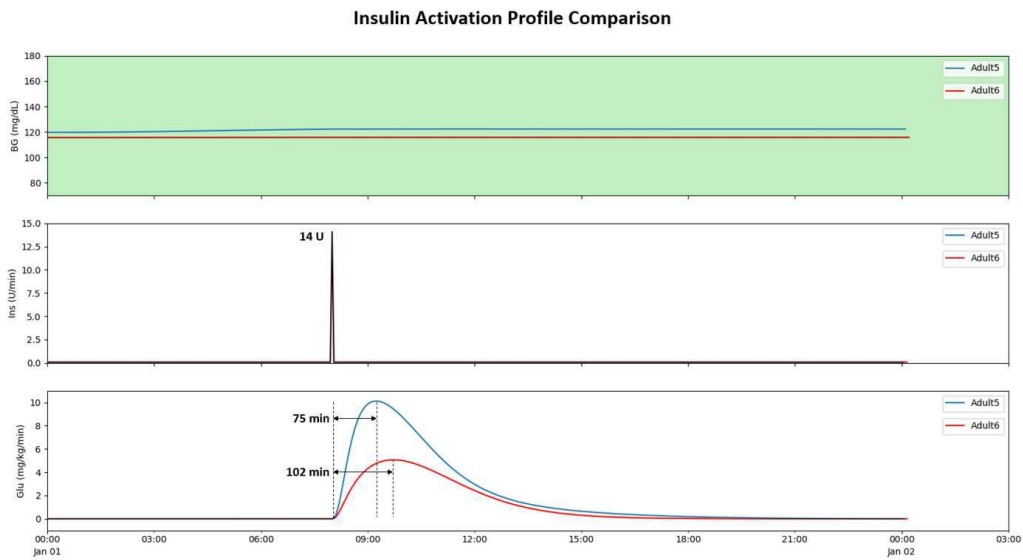
- [0094] 100: 혈당 조절 시스템
- 110: 연속혈당 측정기
- 120: 생체신호 센서
- 130: 라이프로그 데이터 수집기
- 140: 인슐린 주입 제어기
- 150: 인슐린 펌프

도면

도면1



도면2



도면3

