

我们每个人饮食不同，并且对相同食物的反应不一样，从而导致我们看到的每日血糖曲线差异很大。但是，这不代表血糖是**随机**的，它是**有迹可循**，存在内部规律的。因此我们可以根据正常人群、1型-糖尿病患者和2型-糖尿病患者，以及病患的严重程度、不同饮食通过外部胰岛素的辅助来调控血糖，使得血糖曲线**接近正常**人的情况。只有充分了解胰岛素是什么，胰岛素的特点以及自身血糖曲线产生的原因，才能根据曲线变化利用外源胰岛素实现血糖的正常波动，避免血糖**过高、过低或者波动频繁**的现象，让每一个读者都能够过上健康稳定的生活。

---

# 1. 什么是胰岛素

---

## 1.1 胰岛素的作用

**胰岛素**是由胰腺中的**β细胞**分泌的一种重要激素，负责调节血糖水平。它的主要作用是：

1. **降低血糖**：胰岛素通过促进葡萄糖进入肌肉、脂肪和肝脏细胞，帮助将血液中的葡萄糖转化为能量或储存为糖原。
2. **储存能量**：胰岛素促进脂肪储存，抑制脂肪分解，并刺激蛋白质合成，从而维持身体的正常代谢。
3. **调节肝糖原代谢**：在肝脏中，胰岛素促使葡萄糖储存为糖原，并抑制糖原分解，防止血糖过度上升。

## 1.2 正常人群的胰岛素功能

在健康人群中，胰岛素的分泌和作用是**精确调节**的：

- **血糖升高**（例如进餐后）：胰岛素迅速分泌，帮助细胞吸收葡萄糖，将血糖水平恢复到正常范围。
- **血糖恢复正常**：胰岛素分泌减少，保持血糖稳定。

## 1.3 1型糖尿病

**1型糖尿病**是一种自身免疫性疾病，身体的免疫系统错误地攻击和破坏了胰腺中的**β细胞**，导致胰岛素分泌不足或完全缺乏。

1型糖尿病的特点：

- **胰岛素缺乏**：由于β细胞被破坏，无法分泌足够的胰岛素。
- **血糖水平升高**：由于缺乏胰岛素，葡萄糖无法进入细胞，导致血糖升高。
- **需要胰岛素治疗**：1型糖尿病患者需要终生依赖外源性胰岛素来维持血糖水平。

1.4 1型糖尿病的机制：

- 胰岛素分泌完全或接近为零。
- 葡萄糖无法进入细胞，导致血糖持续升高。

## 1.5 2型糖尿病

**2型糖尿病**的主要特点是**胰岛素抵抗**，即身体细胞对胰岛素的敏感性下降，虽然胰腺能够分泌胰岛素，但其作用效果减弱。

2型糖尿病的特点：

- **胰岛素抵抗**：细胞对胰岛素不敏感，导致葡萄糖无法有效进入细胞。
- **胰岛素分泌增加**：为了弥补胰岛素抵抗，胰腺会分泌更多的胰岛素，试图维持正常血糖水平。
- **长期β细胞衰竭**：随着病程进展，胰腺的β细胞功能逐渐下降，胰岛素分泌减少。

2型糖尿病的机制：

- 初期胰岛素分泌正常或增加，但细胞对其作用不敏感。
- 随着时间推移，β细胞功能衰竭，胰岛素分泌减少，导致血糖失控。

表1 关键差异总结

特点	正常人	1型糖尿病患者	2型糖尿病患者
胰岛素分泌	正常	胰岛素缺乏（完全或接近为零）	胰岛素最初过多，后期减少
胰岛素功能	正常	无胰岛素功能	胰岛素抵抗，作用效果减弱
病因	无疾病影响	自身免疫系统攻击胰岛β细胞	胰岛素抵抗，胰岛功能逐渐衰竭
血糖水平	正常调节	持续升高	早期高胰岛素、晚期高血糖
治疗方法	不需要	终生依赖外源性胰岛素	生活方式管理、药物，后期可能需要胰岛素
疾病机制	胰岛素和细胞正常运作	无法分泌胰岛素，血糖无法被控制	胰岛素抵抗，葡萄糖无法被有效利用
典型发病年龄	任意年龄	青少年时期或儿童期	中老年人群为主，但年轻人发病率增加

1.6 总结：

- **正常人**：胰岛素分泌与作用平衡，血糖保持在正常范围内。
- **1型糖尿病**：由于自身免疫系统攻击，胰腺不能分泌胰岛素，需要外源性胰岛素来控制血糖。
- **2型糖尿病**：最初存在胰岛素抵抗，胰腺需要分泌更多的胰岛素来维持血糖水平，但随着时间推移，胰岛功能下降，血糖失控。

## 2. 不同人群的胰岛能力指标

OGTT（口服葡萄糖耐量试验）和胰岛素释放实验是两项常用于检测糖尿病和胰腺功能的医学测试。它们帮助评估身体处理葡萄糖的能力以及胰岛素的分泌情况。以下是对这两项实验的详细解释

### 2.1 OGTT 口服葡萄糖耐量试验

1. 定义：**OGTT**（Oral Glucose Tolerance Test，口服葡萄糖耐量试验）是一种检测身体对葡萄糖摄入反应的实验。它常用于诊断糖尿病或糖尿病前期，尤其是妊娠糖尿病。
2. 测试过程：

1. 空腹：测试开始时，患者需要空腹**8小时以上**（通常在早晨进行），医生会先测量空腹血糖水平。

2. 摄入葡萄糖溶液：患者需要口服一杯含有**75克**葡萄糖的溶液。

3. 定时测量血糖：在接下来的**2小时内**，医生会定期抽取血样，通常在服用葡萄糖后的**30分钟、60分钟、90分钟和120分钟**时测量血糖水平。
3. 解读结果：
  - 正常耐量：2小时后血糖应**低于7.8 mmol/L**。
  - 糖尿病前期：2小时后血糖在**7.8到11.0 mmol/L之间**。
  - 糖尿病：2小时后血糖**大于11.1 mmol/L**。

2.2 IRT 胰岛素释放实验

1. 定义：**IRT**（Insulin Release Test）胰岛素释放实验用于评估人体在摄入葡萄糖后的胰岛素分泌反应。它通常与OGTT联合使用，以检查胰腺的β细胞功能和胰岛素敏感性。
2. 测试过程
  - 1. 空腹采血：首先采集**空腹血样**，以测定基础胰岛素水平。
  - 2. 口服葡萄糖溶液：患者需要口服与OGTT相同的**75克**葡萄糖溶液。
  - 3. 定时采血：在服用葡萄糖后的**30分钟、60分钟、90分钟和120分钟**时，定期采集血样，测定胰岛素的分泌水平。
3. 解读结果
  - 正常：胰岛素水平会在摄入葡萄糖后迅速升高，达到峰值后逐渐下降。
  - 胰岛素抵抗：如果血糖升高且胰岛素水平显著增加，说明身体对胰岛素不敏感，存在胰岛素抵抗。
  - 胰岛功能受损：如果胰岛素分泌不足，说明胰岛β细胞功能可能受损，可能导致2型糖尿病。

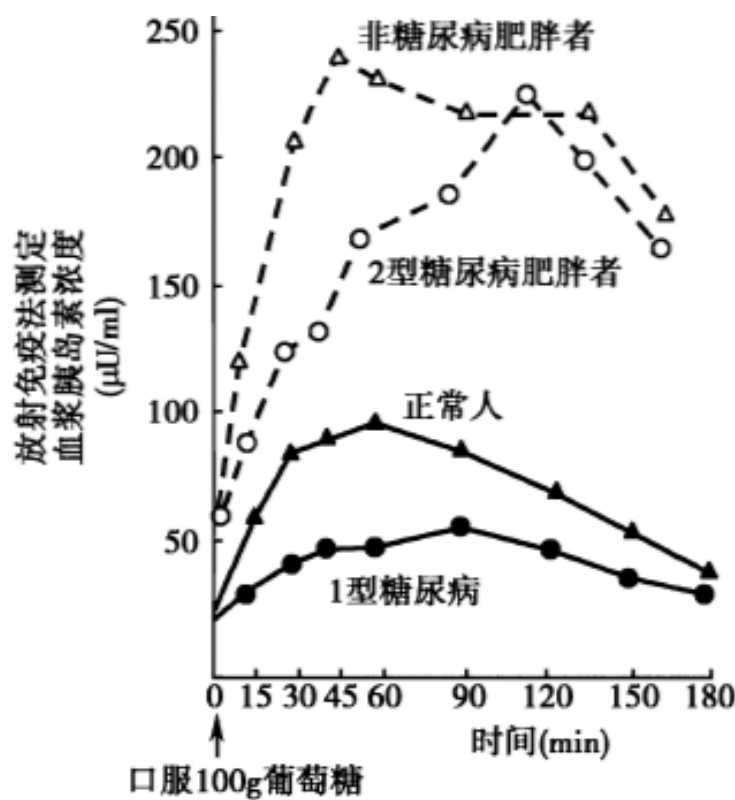


图1 胰岛素释放试验中正常人、非糖尿病肥胖者、1型糖尿病及2型糖尿病患者血浆胰岛素浓度对比

### 3. 外源性胰岛素

胰岛素有以下不同的特性：

1. 开始作用时间（多快开始起作用）
2. 峰值时间（多长时间起到最大作用）
3. 持续时间（作用时间多长）
4. 浓度（在美国市售的胰岛素是每毫升100单位，或100U。在其他国家，浓度则有不同。注意：要从其他国家买胰岛素，一定要U100的）
5. 给药途径 (是皮下注射还是静脉给药)

胰岛素通常注射到皮下脂肪组织，就是常说的皮下注射。

#### 3.1 胰岛素分类

胰岛素分三大类：速效、中效和长效胰岛素

##### 3.1.1 速效胰岛素

不论剂量大小，其起效时间和到达峰值时间保持不变，但作用持续时间与剂量有关。注射几个单位则持续4小时或更短，25-30单位则会持续5-6小时。一般来说，速效胰岛素作用持续4小时左右。

- 被皮下脂肪组织快速吸收入血
- 用来控制进食或加餐时的血糖，或用来纠正高血糖
- 速效胰岛素类似物：门冬胰岛素，赖脯胰岛素，赖谷胰岛素
- 常规胰岛素

##### 3.1.2 中效胰岛素

- 吸收相对缓慢，持续时间较长。
- 用来控制隔夜，空腹和餐间血糖。
- \*\*中性鱼精蛋白锌人类胰岛素(NPH)\*\*很小的剂量会较早达到峰值，并且持续时间较短，而大剂量会较晚达到峰值，并且持续时间延长。

##### 3.1.3 长效胰岛素

- 吸收缓慢，峰值极小，有平台曲线效应，可持续将近一整天。
- 用来控制隔夜、空腹和餐间血糖。

#### 3.2 不同胰岛素的特性

胰岛素种类	胰岛素名称	起效时间	峰值时间	延续时间	外观
速效胰岛素	门冬胰岛素，赖脯胰岛素，赖谷胰岛素	5-15分钟	1-2小时	4-6小时	透明
速效胰岛素	常规胰岛素	0.5-1小时	2-4小时	6-8小时	透明

胰岛素种类	胰岛素名称	起效时间	峰值时间	延续时间	外观
中效胰岛素   人类胰岛素	1-2小时	6-10小时	12+小时	混浊	
长效胰岛素	地特胰岛素	1小时	平顶，5小时	12-24小时	透明
长效胰岛素	甘精胰岛素	1.5小时	平顶，5小时	24小时	透明

不同类型胰岛素的活性曲线

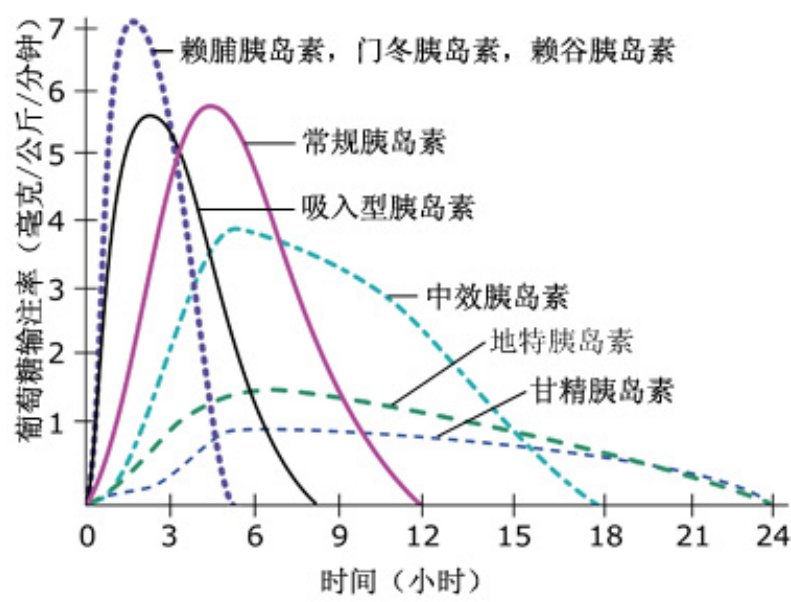


图2 不同胰岛素活性曲线

## 4. 1型-糖尿病患者的胰岛素治疗方案

### 4.1 标准治疗方案1 3+1

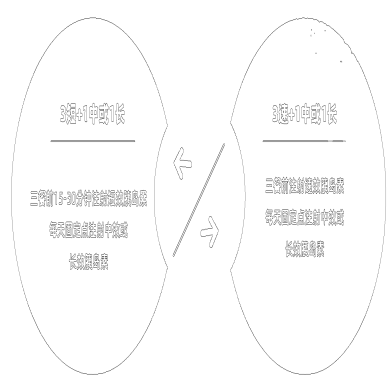


图3 1型糖尿病标准治疗方案3+1

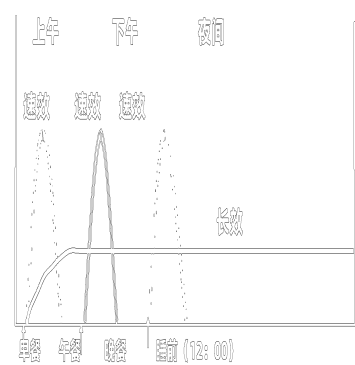


图4 3+1方案胰岛素作用曲线

## 4.2 标准治疗方案2 皮下胰岛素泵

最符合生理性胰岛素分泌模式的治疗方案

- 特点：
  - 分时段进行注射基础率，基础率按照小时分为24个时段
  - 不需要打针注射胰岛素
  - 随时追加胰岛素剂量

最符合生理性胰岛素分泌模式的治疗方案，价格相对最贵

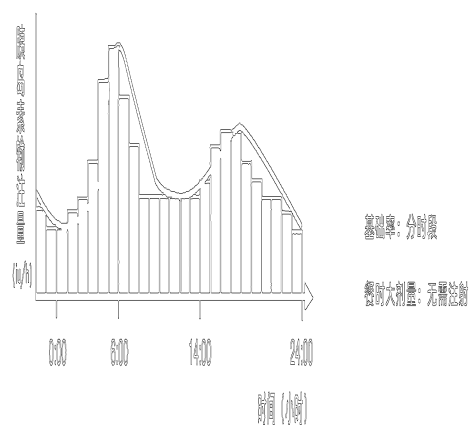


图5 1型糖尿病标准治疗方案 皮下胰岛素泵

基础量用于模拟基础胰岛素分泌

餐前大剂量用于模拟餐时胰岛素分泌

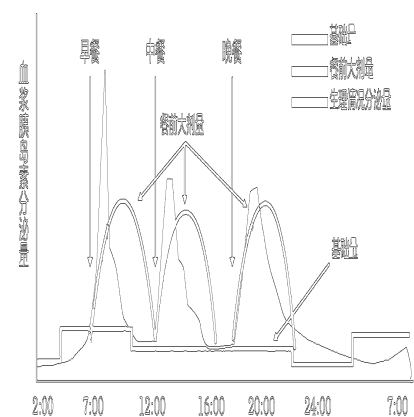


图6 1型糖尿病标准治疗方案 具体模拟效果

## 4.3 非标准质量方案

- 蜜月期治疗方案 口服药 + 中效/长效胰岛素

- 预混方案，不推荐I型糖尿病人使用