

中国胰岛素泵治疗指南（2009）

中国医师协会内分泌代谢科医师分会

中华医学会内分泌分会

起草专家

母义明 尹士男

专家委员会成员（按姓氏拼音排列）

陈璐璐	高政南	巩纯秀	高 鑫	洪天配	纪立农	姬秋和	刘 超	李光伟
李 红	李 强	母义明	宁 光	冉兴无	田浩明	王卫庆	薛耀明	严 励
闫胜利	于德民	尹士男	赵家军	赵志刚	邹大进			

目录

第一章 胰岛素泵的概述	4
1. 胰岛素泵治疗的定义	4
2. 胰岛素泵简介	4
2.1 胰岛素泵工作原理	4
2.2 发展历史	4
2.3 胰岛素泵的应用现状	5
3. 胰岛素泵治疗的特点	5
第二章 胰岛素泵治疗的适应症	3
1. 短期胰岛素泵应用的适应症	6
2. 长期胰岛素泵应用适应症	6
第三章 胰岛素泵治疗规范	7
1. 胰岛素泵治疗的目的和目标	7
1.1 胰岛素泵治疗的目的	7
1.2 血糖控制目标	7
2. 胰岛素泵使用的胰岛素类型	8
3. 胰岛素泵的剂量设定	8
3.1 每日胰岛素剂量的计算	8
3.1.1 未接受过胰岛素治疗的患者胰岛素剂量的计算	8
3.1.2 已接受胰岛素治疗的患者胰岛素剂量的计算	8
3.2 剂量分配	9
3.2.1 基础输注量和基础输注率的设定	9
3.2.2 餐前大剂量的设定	9
3.2.3 剂量分配的注意事项	9
3.3 补充大剂量	6
3.4 校正大剂量	9
4. 胰岛素泵输入胰岛素剂量的调整	10
5. 血糖监测	7

6. 低血糖的处理.....	8
7. 降糖药物的洗脱期.....	8
8. 短期胰岛素泵治疗后向多次皮下注射胰岛素方案的转换.....	9
9. 胰岛素泵剂量和程序设定的一些方式.....	9
第四章 胰岛素泵操作、维护及管理规范.....	9
1. 胰岛素泵操作规范.....	9
1. 1 输注部位.....	9
1. 2 胰岛素泵的安装.....	9
2. 胰岛素泵报警的处理.....	10
3. 意外高血糖的处理.....	10
4. 胰岛素泵耗材使用及护理规范.....	11
5. 医院胰岛素泵管理规范的制订.....	11
6. 个人胰岛素泵管理规范.....	11
7. 胰岛素泵的基本技术指标.....	12
8. 胰岛素泵售后服务规范.....	12
参考文献.....	13
附录:.....	19
1: 补充大剂量计算.....	19
2: 校正大剂量计算.....	19
3: 短期胰岛素泵治疗后向多次皮下注射的转换.....	20
4: 胰岛素泵剂量和程序设定的一些方式.....	20

一、胰岛素泵的概念

1. 胰岛素泵治疗的定义

胰岛素泵治疗是采用人工智能控制的胰岛素输入装置，通过持续皮下输注胰岛素的方式，模拟胰岛素的生理性分泌模式从而控制高血糖的一种胰岛素治疗方法。

2. 胰岛素泵简介

(1) 胰岛素泵的工作原理

生理状态下胰岛素分泌按与进餐的关系可大致分为两部分：一是不依赖于进餐的持续微量分泌，即基础胰岛素分泌，此时胰岛素以间隔 8~13min 脉冲形式分泌；二是由进餐后高血糖刺激引起的大量胰岛素分泌。

为模拟生理性胰岛素分泌，早在 20 世纪 60 年代即尝试持续胰岛素皮下输注方法，70 年代末期机械性的胰岛素输注装置即胰岛素泵雏形开始使用，但由于体积大操作复杂，难以在临床推广。至 90 年代，制造技术的进步使胰岛素泵体积缩小，便于携带，操作简便，易学易用，剂量调节更精确和稳定，因而在临床中得到越来越广泛的使用，目前胰岛素泵技术更趋完善，可更精确地模拟生理性胰岛素分泌模式。简而言之，胰岛素泵通过人工智能控制，以可调节的脉冲式皮下输注方式，模拟体内基础胰岛素分泌；同时在进餐时，根据食物种类和总量设定餐前胰岛素及输注模式以控制餐后血糖。

胰岛素泵由 4 个部分构成：含有微电子芯片的人工智能控制系统、电池驱动的机械泵系统、储药器、与之相连的输液管和皮下输注装置。输液管前端可埋入患者的皮下。在工作状态下，泵机械系统接收控制系统的指令，驱动储药器内的活塞，最终将胰岛素通过输液管输入皮下。

(2) 发展历史

- 20 世纪 60 年代：最早提出持续胰岛素皮下输注的概念
- 20 世纪 70 年代后期：出现生理性胰岛素皮下输注装置，胰岛素泵开始应用于临床
- 20 世纪 80 年代中期：胰岛素泵体积大，操作复杂，难以推广使用
- 20 世纪 90 年代后期：胰岛素泵体积小，操作方便，调节剂量精确，开

始在临床广泛使用

- 21 世纪初：胰岛素泵更加智能化，与动态血糖监测技术相结合的胰岛素泵治疗在临床广泛应用

（3）胰岛素泵的应用现状

胰岛素泵的使用在国际上已有 20 余年历史。DCCT 研究结果的公布奠定了强化胰岛素治疗在糖尿病治疗和并发症控制中的重要地位，也为胰岛素泵的临床应用提供了优质的临床证据。该研究证实，与多次胰岛素注射相比，胰岛素泵可以更有效地控制糖化血红蛋白的水平，同时还改善了患者的生活质量。自 DCCT 研究结果发布后，美国糖尿病患者的胰岛素泵用量上升显著。2005 年，美国胰岛素泵使用者已达到 278000 人。1 型糖尿病（T1DM）占胰岛素泵使用者中的绝大多数。

胰岛素泵进入中国市场约 10 年，目前使用人数已近 2 万。据在我国使用胰岛素泵患者中的调查显示，使用泵的人群中，T1DM 为 54%，2 型糖尿病（T2DM）为 44%，其余的 2%为其他原因引起的糖尿病。

3. 胰岛素泵治疗的特点

（1）更有利于血糖控制

平稳控制血糖，减少血糖波动：胰岛素泵可根据患者的血糖情况灵活地调整餐前大剂量及基础输注量，有效地控制餐后高血糖和黎明现象，降低糖化血红蛋白（HbA_{1c}）水平。

更少的体重增加：胰岛素泵可以减少胰岛素用量，避免过大剂量使用胰岛素导致的体重增加。

明显减少低血糖发生的风险：胰岛素泵模拟生理性胰岛素分泌模式，夜间减少输注基础输注量，避免了夜间低血糖的发生。同时用于餐前大剂量的胰岛素也有所减少，避免了多次注射治疗方式时胰岛素在体内的重叠作用，从而减少了低血糖的发生。

减少胰岛素吸收的变异：多次皮下注射治疗需采用中长效胰岛素制剂，而该类制剂在同一个体上吸收率差异很大，可导致血糖急剧波动。而胰岛素泵使用短效或速效胰岛素制剂，吸收较中长效胰岛素稳定；多次皮下注射治疗，注射部位易产生硬结，局部脂肪萎缩，从而影响胰岛素的吸收。而胰岛素泵使用者，输注部位基本

固定，避免了胰岛素在不同部位吸收的差异，胰岛素泵注射时胰岛素用量较多次皮下注射时胰岛素用量明显减低，便于胰岛素的吸收。

加强糖尿病围手术期的血糖控制：由于胰岛素泵治疗患者的血糖控制时间短，从而缩短了糖尿病患者的围手术期时间，手术后禁食期间只给基础输注量，既有利于控制高血糖，又减少了低血糖发生的风险，促进了手术后机体的恢复。

(2) 提高患者生活质量

胰岛素泵的使用可提高患者对治疗的依从性，减少多次皮下注射胰岛素给糖尿病患者带来的痛苦和不便；增加糖尿病患者进食、运动的自由度；提高患者自我血糖管理能力；减轻糖尿病患者心理负担。

二、胰岛素泵治疗的适应症

1. 短期胰岛素泵治疗的适应症

作为一种持续皮下输注胰岛素的装置，胰岛素泵原则上适用于所有需要应用胰岛素治疗的糖尿病患者。以下情况，即使是短期使用胰岛素泵治疗，也可以有更多获益：

- T1DM 患者和需要长期胰岛素强化治疗的 T2DM 患者，在住院期间可通过胰岛素泵治疗稳定控制血糖、缩短住院天数，并为优化多次胰岛素注射的方案提供参考数据
- 需要短期胰岛素治疗控制高血糖的 T2DM 患者
- 糖尿病患者的围手术期血糖控制
- 应激性高血糖患者的血糖控制
- 妊娠糖尿病或糖尿病合并妊娠者

不宜短期应用胰岛素泵治疗者

酮症酸中毒、高渗性非酮症性昏迷、伴有严重循环障碍的高血糖者，不推荐皮下胰岛素泵治疗。

2. 长期胰岛素泵治疗的适应症

需要长期胰岛素治疗者均可采取胰岛素泵治疗，研究显示，以下人群使用胰岛

素泵获益更多。

T1DM 患者和需要长期胰岛素强化治疗的 T2DM 患者，特别是：（1）血糖波动大，虽采用多次胰岛素皮下注射方案，血糖仍无法得到平稳控制的糖尿病患者；（2）无感知低血糖者；（3）频发低血糖者；（4）黎明现象严重导致血糖总体控制不佳者；（5）作息时间不规律，不能按时就餐者；（6）要求提高生活质量者；（7）胃轻瘫或进食时间长的患者。

不宜长期应用胰岛素泵治疗者：（1）不需要长期胰岛素治疗者；（2）对皮下输液管过敏者；（3）不愿长期皮下埋置输液管或不愿长期佩戴泵者；（4）患者及其家属缺乏胰岛素泵使用相关知识，接受培训后仍无法正确掌握如何使用胰岛素泵者；（5）有严重的心理障碍或精神异常者；（6）无监护人的年幼或年长患者，生活无法自理者。

三、胰岛素泵治疗规范

1. 胰岛素泵治疗的目的和目标

（1）胰岛素泵治疗的目的

作为一种特殊的胰岛素输入装置，胰岛素泵治疗的目的与胰岛素治疗的目的—致：即控制糖尿病患者的高血糖，以减少糖尿病急、慢性并发症发生的危险。相对于常规的胰岛素治疗方法，胰岛素泵治疗可更长期平稳、安全地控制血糖，减少低血糖的发生、提高生活质量。

（2）血糖控制目标（表 1）

表 1 中国糖尿病防治指南血糖控制目标

项目	理想	良好	差	
血糖 (mmol/L)	空腹/餐前	4.4~6.1	≤7.0	>7.0
	非空腹	4.4~8.0	≤10.0	>10.0
HbA _{1c} (%)	6.5	6.5~7.5	>7.5	

注：血糖控制在一些特殊人群，特殊情况下应注意个体化，

2. 胰岛素泵使用的胰岛素类型

短效人胰岛素或速效人胰岛素类似物，常规浓度为 U-100（100mU/L）。特殊情况可使用浓度为 U-40（40mU/L）的低浓度胰岛素，但要注意换算和核实胰岛素泵有无与低浓度胰岛素相关的功能。选用胰岛素时，应遵循胰岛素说明书。

中、长效、预混胰岛素不能用于胰岛素泵治疗。

3. 胰岛素泵的剂量设定

(1) 每日胰岛素剂量的计算

应根据患者糖尿病分型、血糖水平以及体重情况确定，初始推荐剂量如下：

①未接受过胰岛素治疗的患者胰岛素剂量的计算

根据不同的糖尿病类型胰岛素剂量设定为：

$$\text{T1DM: 一日总量 (U)} = \text{体重 (kg)} \times (0.4 \sim 0.5)$$

$$\text{T2DM: 一日总量 (U)} = \text{体重 (kg)} \times (0.5 \sim 0.8)$$

在使用过程中应根据血糖监测水平进行个性化剂量调整。

②已接受胰岛素治疗的患者胰岛素剂量的计算

已接受胰岛素治疗的患者可根据胰岛素泵治疗前的胰岛素用量计算，

具体可根据患者血糖控制情况而定（表 2），并在使用过程中根据血糖监测水平进行个性化剂量调整。

$$\text{一日总量 (U)} = \text{用泵前胰岛素用量 (U)} \times (70\% \sim 100\%)$$

表 2 已接受胰岛素治疗者换用胰岛素泵治疗时每日胰岛素用量的换算

使用泵以前血糖控制情况	开始胰岛素泵治疗时推荐剂量 (U/d)
血糖控制良好、无低血糖	用泵前的胰岛素总量 × (75%~85%)
经常发生低血糖	用泵前的胰岛素总量 × (70%)
高血糖、极少或无低血糖	用泵前的胰岛素总量 × 100%

(2) 剂量分配

① 基础输注量和基础输注率的设定

定义：基础输注量是指维持机体基础血糖代谢所需的胰岛素量。基础输注率是指胰岛素泵提供基础胰岛素的速度，一般以胰岛素用量（U）/h 表示。

每日基础输注量=全天胰岛素总量×（40%~60%）（平均 50%）

基础输注率与时间段应根据患者的血糖波动情况以及生活状况来设定。

基础输注率的设定模式较多，可根据血糖控制的需要设置为一个或多个时间段，临床大多分为 3~6 个时间段。相对 T2DM，一般 T1DM 采用更多分段。

在运动或某些特殊情况时，可相应地设定临时基础输注率。

② 餐前大剂量的设定

定义：在三餐前一次性快速输注的胰岛素量。初始设定的餐前大剂量总量一般为初始全天胰岛素用量的 50%。按照三餐 1/3，1/3，1/3 分配。特殊情况下根据饮食成分，特别是碳水化合物含量以及血糖情况个性化设定。

③ 剂量分配的注意事项

初始胰岛素泵治疗时，总剂量的 50% 为基础输注量，50% 为餐前大剂量；

年轻的患者可采用基础输注量 40%，餐前大剂量 60% 的方法来分配。

(3) 补充大剂量

定义：在临时加餐时所追加的一次性快速输注的胰岛素量。

计算临时进餐前追加量是根据食物中碳水化合物含量和碳水化合物系数（即该患者每 1 单位胰岛素所能平衡的碳水化合物克数）进行计算（计算方法见附录 1）。

补充大剂量（单位）= 食物的碳水化合物含量（g）/碳水化合物系数（g/单位）

(4) 校正大剂量

定义：纠正当前高于目标值的血糖时所补充的胰岛素量。当目前血糖高于目标血糖值时可以通过校正大剂量来加强血糖的控制。

校正大剂量 =（实测血糖 — 目标血糖）/胰岛素敏感系数

此处所指胰岛素敏感系数为该患者每一个单位胰岛素能降低的血糖值，因人而异。胰岛素敏感系数根据全天胰岛素用量计算（计算方法见附录 2）。

4. 胰岛素泵输入胰岛素剂量的调整

胰岛素剂量调整的原则是根据自我血糖或动态血糖监测结果进行动态调整。必须在专业医师指导下进行胰岛素剂量调节。以下情况应更注意调整胰岛素泵剂量：

- 初始胰岛素治疗
- 有血糖剧烈波动
- 有低血糖发生
- 患其他疾病、发热、应激状态（如创伤、精神打击、悲伤、恐惧、惊吓、劳累过度等）而引起血糖升高
- 妇女月经前后
- 妊娠期
- 血糖未达标
- 饮食和运动等生活方式发生改变时

5. 血糖监测

胰岛素泵治疗中胰岛素剂量调整的依据是自我血糖监测或动态血糖监测的数据。

在治疗开始阶段应每天监测 4~7次，建议涵盖空腹、三餐前、后和睡前。如有低血糖表现可随时测血糖。如出现不可解释的空腹高血糖或夜间低血糖症状，应监测夜间血糖。达到治疗目标后每日自我监测血糖2~4次。

血糖控制不佳者可通过动态血糖监测（CGM）更详细的了解血糖波动的情况和指导胰岛素泵治疗方案的调整。

6. 低血糖的处理

低血糖的定义：血糖值 $\leq 3.9\text{mmol/L}$ 或出现低血糖症状

- 怀疑低血糖时立即测定血糖以确诊
- 了解发生低血糖原因
- 处理低血糖
- 每 15min 监测血糖一次，直至血糖稳定
- 如需要，可暂停泵治疗
- 检查泵是否工作正常
- 设定程序是否正确：时间、基础输注率、餐前大剂量、每日总量

- 检查状态屏，检查储药器，如储药器内的胰岛素量少于状态屏的显示量，可能为胰岛素泵输注胰岛素过量
- 如考虑低血糖是由于胰岛素用量过大所致，调整胰岛素用量：
 - (1) 空腹低血糖：降低夜间基础输注率
 - (2) 中晚餐前低血糖：降低餐前基础输注率或减少前一餐的餐前大剂量
 - (3) 三餐后低血糖：减少餐前大剂量
 - (4) 夜间低血糖：调整低血糖时段的基础输注率或减少晚餐前大剂量
- 发生低血糖后增加近期血糖监测次数
- 注意无感知低血糖，尤其夜间低血糖，必要时使用动态血糖监测了解血糖的波动情况

7. 降糖药物的洗脱期

降糖药物间作用的重叠可增加低血糖发生的危险性。根据开始胰岛素泵治疗前降糖药物种类，考虑不同的洗脱期。若在开始胰岛素泵治疗之前没有停用中效、长效胰岛素或口服降糖药，可设置一个临时基础输注率，在前 12~24h 输注低于计算剂量 50% 的胰岛素。

8. 短期胰岛素泵治疗后向多次皮下注射胰岛素方案的转换

转换方法见附录 3

9. 胰岛素泵剂量和程序设定的一些方式

见附录 4

四、胰岛素泵操作、维护及管理规范

1. 胰岛素泵操作规范

(1) 输注部位

首选腹部，其次可依次选择上臂、大腿外侧、后腰、臀部等，需避开腹中线、疤痕、胰岛素注射硬结、腰带位置、妊娠纹和脐周 2~3cm 以内，妊娠中晚期的患者慎选腹部。

(2) 胰岛素泵的安装

胰岛素泵的安装应严格遵循所选用胰岛素泵的说明书进行，一般含以下操作步骤：

- 准备药品与材料
- 清洁洗手防止感染
- 抽取胰岛素填充储药器并排气泡
- 连接输液管
- 安装
- 充盈
- 埋置皮下输入装置
- 开启胰岛素泵

2. 胰岛素泵报警的处理

当胰岛素泵在输注胰岛素的环节出现问题时会发出报警蜂鸣，屏幕上出现相应的信息提示，此时应立即仔细检查并及时解决。

3. 意外高血糖的处理

出现意外高血糖，需排除以下情况：

(1) 胰岛素泵

- 关机后未开机或停机状态未恢复
- 报警未解除
- 泵本身故障

(2) 电池 电力不足或电池失效

(3) 输注系统

- 更新输液管时未排气，导致无胰岛素输注
- 输液管裂缝或连接松动，导致胰岛素溢漏

(4) 储药器

- 储药器内胰岛素已用完
- 气泡阻塞储药器出口
- 储药器前端破裂，胰岛素漏出，未能经输入导管进入人体

(5) 输液管前端

- 输液管皮下胰岛素输注装置脱出，胰岛素未输入人体
- 输液管皮下胰岛素输注装置与输液管连接处松动或破裂造成胰岛素漏出

(6) 埋置部位

埋置部位感染、硬结、疤痕、腰带位置及处在腰带摩擦处，胰岛素未能被有效吸收。

(7) 胰岛素结晶堵塞输液管或胰岛素失效

4. 胰岛素泵耗材使用及护理规范

(1) 胰岛素泵需及时更换耗材（各种品牌胰岛素泵零配件不同，根据情况选择

更换）

- 电池：平均寿命 1~2 月
- 螺旋活塞杆：1~2 年
- 转换接头：1~2 月，如有渗裂应及时更换
- 防水塞：如塞柄断裂应及时更换转换接头并更换新的防水塞
- 储药器：用完即换
- 输液管：根据使用说明书在规定的时间内使用，通常 3 天
- 当储药器内胰岛素用完后应更换新的储药器与新的输液管

(2) 胰岛素泵的日常护理

- 注射部位应经常轮换，建议 3~5 天轮换，不宜超过 7 天。如有硬结或疼痛要及时变更
- 注意每次更换输液管时必须先清洗双手，再消毒清洁皮肤，无菌操作并选择合适的注射部位
- 定期清洁胰岛素泵：软布清洁
- 胰岛素泵需避免静电、浸水、撞击和磁场
- 根据要求，某些品牌胰岛素泵需定期回厂检测

5. 医院胰岛素泵管理规范的制订

- 需制订胰岛素泵的使用操作管理规范

- 专人保管胰岛素泵，负责做好各项使用记录
- 对胰岛素泵质量安全的定期检测，检测泵的工作状态
- 定期对泵操作相关人员的培训和考核

6. 个人胰岛素泵管理规范

- 患者及家属或监护人需了解胰岛素泵工作原理和应注意事项
- 做好用泵前的物品准备
- 保证有备用的胰岛素泵耗材
- 学习胰岛素泵等相关知识的培训
- 学习程序和输液管操作
- 学习胰岛素泵报警处理流程
- 记录基础输注率和餐前大剂量数值
- 注意个人清洁卫生与皮肤清洁
- 每天需自检输液管系统 1~2 次
- 有皮肤感染的症状或其他问题，应及时就医
- 胰岛素需提前从冰箱取出，与室温同温
- 使用与胰岛素泵匹配的储药器和输液管
- 长期用泵者，应定期接受胰岛素泵工作状态随访，定期到医院与医务人员共同讨论血糖监测的结果和调整胰岛素剂量

7. 胰岛素泵的基本技术指标

- 输注安全性：不发生过量输注，同时具有安全报警，安全自检，安全锁功能
- 输注精确度： $\leq \pm 5\%$
- 基础输注率时间段： ≥ 6 时间段
- 最小输注步长： ≤ 0.05 U
- 防水性： \geq IPX7
- 数据存储功能，可供回顾下载
- 多种餐前大剂量和基础输注率模式选择

8. 胰岛素泵售后服务规范

- 需提供 24 小时免费服务电话
- 需提供 24 小时区域内服务：直接服务于区域内患者，组织患者培训和回访
- 提供及时的胰岛素泵维修服务，并在维修胰岛素泵期间向患者免费提供替代胰岛素泵

参考文献

1. 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2007 年版). 中华医学杂志, 2008, 88:1227-1445.
2. 毕宇芳, 宁光, 陈瑛, 等. 持续皮下胰岛素输注控制糖尿病高血糖的临床观察. 临床内科杂志, 2002, 19 :468.
3. Melville B. The insulin pump: why not use it for every type I diabetic patient?. Crit Care Nurs Q, 2005, 28:370-377.
4. Pickup JC, Keen H, Parsons JA, et al. Continuous subcutaneous insulin infusion: an approach to achieving normoglycaemia. Br Med J, 1978, 1:204-207.
5. Tamborlane WV, Sherwin RS, Genel M, et al. Reduction to normal of plasma glucose in juvenile diabetes by subcutaneous administration of insulin with a portable infusion pump. N Engl J Med, 1979, 300:573-578.
6. Pickup JC, Keen H, Viberti GC, et al. Continuous subcutaneous insulin infusion in the treatment of diabetes mellitus. Diabetes Care, 1980, 3:290-300.
7. Reynolds LR. Reemergence of insulin pump therapy in the 1990s. South Med J, 2000, 93:1157-1161.
8. Implementation of treatment protocols in the Diabetes Control and Complications Trial. Diabetes Care, 1995, 18:361-376.
9. Selam JL. CSII in Europe: where are we, where are we going? An analysis of articles published in Infusystems International. Diabetes Res Clin Pract, 2006, 74:S123-S126.
10. Hirsch IB, Bode BW, Garg S, et al. Continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) of insulin aspart versus multiple daily injection of insulin aspart/insulin glargine in type 1 diabetic patients previously treated with CSII. Diabetes Care, 2005, 28:533-538.

11. Wittlin SD. Treating the spectrum of type 2 diabetes: emphasis on insulin pump therapy. *Diabetes Educ*, 2006, 32:39S-46S.
12. Hoogma RP, Hammond PJ, Gomis R, et al. Comparison of the effects of continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) and NPH-based multiple daily insulin injections (MDI) on glycaemic control and quality of life: results of the 5-nations trial. *Diabet Med*, 2006, 23:141-147.
13. Fatourechhi MM, Kudva YC, Murad MH, et al. Clinical review: Hypoglycemia with intensive insulin therapy: a systematic review and meta-analyses of randomized trials of continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injections. *J Clin Endocrinol Metab*, 2009, 94:729-740.
14. DeVries JH, Snoek FJ, Kostense PJ, et al. A randomized trial of continuous subcutaneous insulin infusion and intensive injection therapy in type 1 diabetes for patients with long-standing poor glycemic control. *Diabetes Care*, 2002, 25:2074-2080.
15. Hanaire-Broutin H, Melki V, Bessieres-Lacombe S, et al. Comparison of continuous subcutaneous insulin infusion and multiple daily injection regimens using insulin lispro in type 1 diabetic patients on intensified treatment: a randomized study. The Study Group for the Development of Pump Therapy in Diabetes. *Diabetes Care*, 2000, 23:1232-1235.
16. Wainstein J, Metzger M, Boaz M, et al. Insulin pump therapy vs. multiple daily injections in obese Type 2 diabetic patients. *Diabet Med*, 2005, 22:1037-1046.
17. Berthe E, Lireux B, Coffin C, et al. Effectiveness of intensive insulin therapy by multiple daily injections and continuous subcutaneous infusion: a comparison study in type 2 diabetes with conventional insulin regimen failure. *Horm Metab Res*, 2007, 39:224-229.
18. Binder C, Lauritzen T, Faber O, et al. Insulin pharmacokinetics. *Diabetes Care*, 1984, 7:188-199
19. Lauritzen T, Pramming S, Deckert T, et al. Pharmacokinetics of continuous subcutaneous insulin infusion. *Diabetologia*, 1983, 24:326-329.
20. Bode BW, Sabbah HT, Gross TM, et al. Diabetes management in the new millennium using insulin pump therapy. *Diabetes Metab Res Rev*, 2002, 18 Suppl 1:S14-20.
21. White WA, Jr., Montalvo H, Monday JM. Continuous subcutaneous insulin infusion during general anesthesia: a case report. *AANA J*, 2004, 72:353-357.
22. Furnary AP, Gao G, Grunkemeier GL, et al. Continuous insulin infusion reduces mortality in patients with diabetes undergoing coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2003,

125:1007-1021.

23. Weinzimer SA, Doyle EA, Tamborlane WV, Jr. Disease management in the young diabetic patient: glucose monitoring, coping skills, and treatment strategies. *Clin Pediatr (Phila)*, 2005, 44:393-403.

24. Raskin P, Bode BW, Marks JB, et al. Continuous subcutaneous insulin infusion and multiple daily injection therapy are equally effective in type 2 diabetes: a randomized, parallel-group, 24-week study. *Diabetes Care*, 2003, 26:2598-2603.

25. Herman WH, Ilag LL, Johnson SL, et al. A clinical trial of continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily injections in older adults with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 2005, 28:1568-1573.

26. 李佳芮, 母义明, 苏胜偶, 等. 胰岛素泵与多次胰岛素皮下注射治疗 T2DM 疗效对比分析. *中国实用内科杂志*, 2008, 28:652-655.

27. 李一君, 母义明. 短期胰岛素泵强化治疗对已使用胰岛素血糖控制不佳 T2DM 患者的益处. *中华内分泌代谢杂志*, 2007, 23:5a-5.

28. 杨兆军, 陈燕燕, 李光伟. 短期胰岛素泵强化治疗对新诊断 2 型糖尿病患者胰岛素敏感性和胰岛素分泌的影响. *中华内分泌代谢杂志*, 2007, 23:5a-4, 5a-5.

29. 吴静, 华一兵, 马建华, 等. T2DM 患者术后胰岛素治疗方案的比较研究. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2007, 27:256-259.

30. 刘晓宇, 冯建龙, 吴大方, 等. 147 例 T2DM 患者腹腔镜胆囊切除手术的住院费用分析. *第四军医大学学报*, 2007, 28:134-136.

31. 陈非, 张南雁, 赵魁彦, 等. 持续皮下胰岛素输注在糖尿病患者围手术期应用价值的评估. *第四军医大学学报*, 2007, 28:126-128.

32. 肖倩霞, 陈少颖, 余元龙, 等. 胰岛素泵对肝移植术后糖代谢异常的治疗作用. *山东医药*, 2006, 46:46-47.

33. 韩礼欧, 韩薇薇, 段秀庆. 持续皮下胰岛素输注在伴有糖尿病的腹部大手术后危重患者肠外营养期间的应用. *中国急救医学*, 2006, 26:664-666.

34. 米涌, 梁旭, 吴伏娜. 胰岛素不同注射法对急性心肌梗死合并应激性高血糖病程的影响. *中国现代医学杂志*, 2006, 16:2361-2362.

35. 石云, 张守满, 冯爱萍, 等. 早期使用胰岛素泵治疗重型颅脑损伤高血糖反应对患者预后的影响. *医师进修杂志*, 2005, 28:44-45.

36. 张松筠, 邓永贵, 陈慧. 应用胰岛素泵成功控制妊娠高血糖的体会. *临床荟萃*, 2001,

16:1045.

37. Tamborlane WV, Fredrickson LP, Ahern JH. Insulin pump therapy in childhood diabetes mellitus: guidelines for use. *Treat Endocrinol*, 2003, 2:11-21.

38. St Charles ME, Sadri H, Minshall ME, et al. Health economic comparison between continuous subcutaneous insulin infusion and multiple daily injections of insulin for the treatment of adult type 1 diabetes in Canada. *Clin Ther*, 2009, 31:657-667.

39. Churchill JN, Ruppe RL, Smaldone A. Use of continuous insulin infusion pumps in young children with type 1 diabetes: a systematic review. *J Pediatr Health Care*, 2009, 23:173-179.

40. Jeitler K, Horvath K, Berghold A, et al. Continuous subcutaneous insulin infusion versus multiple daily insulin injections in patients with diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 2008, 51:941-951.

41. Bode BW. Use of rapid-acting insulin analogues in the treatment of patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus: insulin pump therapy versus multiple daily injections. *Clin Ther*, 2007, 29 Suppl D:S135-144.

42. Pickup JC, Renard E. Long-acting insulin analogs versus insulin pump therapy for the treatment of type 1 and type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 2008, 31 Suppl 2:S140-145.

43. Battelino T. Risk and benefits of continuous subcutaneous insulin infusion (CSII) treatment in school children and adolescents. *Pediatr Diabetes*, 2006, 7 Suppl 4:20-24.

44. Potti LG, Haines ST. Continuous subcutaneous insulin infusion therapy: A primer on insulin pumps. *J Am Pharm Assoc (2003)*, 2009, 49:e1-13; quiz e14-17.

45. Attali J-R. CSII in type 2 diabetic patients. *Diabetes Res Clin Pract*, 2006, 74:S116-S118

46. Lenhard MJ, Reeves GD. Continuous subcutaneous insulin infusion: a comprehensive review of insulin pump therapy. *Arch Intern Med*, 2001, 161:2293-2300.

47. Ronsin O, Jannot-Lamotte MF, Vague P, et al. Factors related to CSII compliance. *Diabetes Metab*, 2005, 31:90-95.

48. Lenhard MJ. A new look at patient selection criteria for continuous subcutaneous insulin infusion (CSII). *Diabetes Res Clin Pract*, 2006, 74:S140-S143.

49. 毕宇芳, 孙首悦, 王卫庆, 等. Aspart 与 NovolinR 应用胰岛素泵强化控制血糖的疗效比较, 全国首届代谢综合征的基础与临床专题学术会议, 2004 :110.

50. 毕宇芳, 宁光, 孙首悦, 等. Aspart 与正规人胰岛素应用胰岛素泵控制血糖的疗效比较. 中华

内分泌代谢杂志, 2006, 22 (3) :266-267.

51. 朱宇, 纪立农, 王秋萍. 胰岛素连续皮下输注纠正 T2DM 高血糖状态的疗效总结. 中国糖尿病杂志, 2006. 14 (1) :26-28.

52. 彭新华, 李光伟. 胰岛素泵在糖尿病治疗中的应用. 国外医学内分泌学分册, 2001, 21 (1) :22-24.

53. 武晋晓, 吕肖峰, 刘福平. 胰岛素泵治疗糖尿病的临床观察. 中华内分泌代谢杂志, 2005. 21 (3) :276-277.

54. 李鸣, 周健, 包玉倩, 等. 应用动态血糖监测系统评估胰岛素泵治疗初期发生低血糖的特点. 中华医学杂志, 2008, 88 (24) :1679-1682.

55. 周健, 贾伟平, 喻明, 等. 动态血糖参数正常参考值的建立及临床应用. 中华内科杂志, 2007, 46:189-193

56. Chandra B. Varma, John Walsh, Ruth Roberts, et al. Using Insulin, Everything You Need For Success With Insulin. California, Torrey Pines Pr, 2003.

57. John Walsh, Ruth Roberts. Pumping Insulin 4th Edition. California, Torrey Pines Pr, 2006.

58. 苏健民, 吴美芬, 刘付贞. CSII 治疗血糖达标后改用诺和锐 30 的起始剂量探讨. 山东医药, 2008, 48:50-51.

59. 刘影, 唐伟, 胡新艳, 等. CSII 强化治疗后转为不同 MSII 治疗方案的疗效观察. 吉林医学, 2009, 30 (7) :612-613.

附录:

1. 补充大剂量计算

- 定义: 在临时加餐时所追加的一次性快速输注的胰岛素量
- 计算临时进餐前追加量是根据食物中碳水化合物含量和每 1 单位胰岛素所能平衡的碳水化合物克数进行计算
- 食物中碳水化合物含量通过中国食物成分表查阅
- 补充大剂量=食物的碳水化合物重量/碳水化合物系数
- 碳水化合物系数可通过 500/450 原则计算 (注: 短效胰岛素用 450, 速效胰岛素用 500) 或者参考“每单位胰岛素可平衡的碳水化合物重量数据简表” (表 3)

$$\text{碳水化合物系数 (克/单位胰岛素)} = (500 \text{ 或 } 450 \text{ g}) / \text{每日胰岛素总量}$$

注意事项:

- ① 此种计算方法适用于用胰岛素泵治疗且血糖已达标者
- ② 以基础输注率用量正确为前提

**表 3 根据体重及每日胰岛素总量估算开始泵治疗时的基础输注量
与每注射 1 单位胰岛素追加量能平衡的碳水化合物重量**

体 重 (kg)	每日胰岛素 总量 (U/d)	基 础 率 (U/h)	1 单位胰岛素可平衡的碳 水化合物重量 (g)
45	25	0.3~0.5	18
50	28	0.4~0.6	16
54.5	30	0.5~0.6	15
59	33	0.5~0.6	14
64	35	0.6~0.7	13
68	38	0.6~0.8	12
73	40	0.6~0.8	11
77	43	0.7~0.9	10.5
82	45	0.8~1.0	10
86	48	0.8~1.1	9
91	52	0.9~1.2	8.7
100	58	1.0~1.3	8
109	66	1.1~1.4	7

2. 校正大剂量

定义：纠正当前高于目标值的血糖时所补充的胰岛素量。当目前血糖高于目标血糖值时可以通过校正大剂量来加强血糖的控制。

- 校正大剂量 = (实测血糖—目标血糖) / 胰岛素敏感系数
- 胰岛素敏感系数根据全天胰岛素用量计算，表示每一单位胰岛素能降低的血糖 (mmol/L) 值

- 可通过 1500/1800 原则或查表 4 得到（短效胰岛素用 1500，速效胰岛素用 1800）
- 胰岛素敏感系数（mmol/L）=（1500 或 1800）/（每日胰岛素总量×18）

表 4 应用短效胰岛素患者胰岛素敏感系数快速查阅表

当前每日胰岛素总量 (U)	胰岛素敏感系数 (mmol/L)
10	8.3
20	4.2
25	3.3
30	2.8
40	2.1
50	1.7
60	1.4
75	1.1
100	0.8
150	0.6

3. 如何由胰岛素泵治疗转化为多次皮下注射胰岛素治疗

改为多次皮下注射需加 10%~20%的剂量

(1) 三次餐前短效胰岛素加一次睡前中效胰岛素方案

- 早餐前皮下注射胰岛素剂量：胰岛素泵早餐餐前大剂量 + 早餐前至午餐前的基础输注量总和
- 中餐前皮下注射胰岛素剂量：胰岛素泵中餐餐前大剂量 + 午餐前至晚餐前的基础输注量总和
- 晚餐前皮下注射胰岛素剂量：胰岛素泵晚餐餐前大剂量 + 晚餐前至睡前的基础输注量总和
- 睡前皮下注射中效胰岛素剂量：睡前至次日早餐前的基础输注量总和

(2) 三次餐前速效胰岛素加一次睡前长效胰岛素类似物方案

- 早餐前皮下注射胰岛素剂量：泵早餐餐前大剂量
- 中餐前皮下注射胰岛素剂量：泵中餐餐前大剂量
- 晚餐前皮下注射胰岛素剂量：泵晚餐餐前大剂量
- 睡前皮下长效胰岛素注射剂量：全天基础输注量

4. 胰岛素泵剂量和程序设定的一些方式：

(1)减少血糖波动，可按照以下标准衡量是否应该调整胰岛素泵剂量

30 原则：每餐前血糖与前一餐餐后 2 小时血糖相比改变应 $<30\text{mg/dl}$ (1.7mmol/L)

50 原则：每餐后 2 小时血糖与同一餐前血糖相比改变应 $<50\text{mg/dl}$ (2.8mmol/L)

(2) 三种餐前大剂量波形的灵活应用：

餐前大剂量定义：在三餐前一次性快速输注的胰岛素量。

可以采用三种方式中的任何一种输注餐前大剂量，使之符合各种情况。

①常规餐前大剂量

定义：在一段短时间内输注指定剂量的胰岛素。

用途：一般用来校正进食高碳水化合物、低脂、低蛋白质、少纤维素的食物或零食后的高血糖。

②方波餐前大剂量

定义：餐前大剂量总量不变，在 30min 到 8h 内均匀输注一个餐前大剂量。

用途：一般用于需要更长时间吸收的食物或延迟吸收，如长时间进餐，胃轻瘫等情况。通过延长输注胰岛素时间来适应血糖变化。

③双波餐前大剂量

定义：餐前大剂量总量不变，分割成一个常规餐前大剂量和随后的一个方波餐前大剂量。

用途：当摄入同时含有容易消化部分和需要长时间才能吸收的混合食物时，可使用该功能。