

◎ 韩 修 著

1型糖尿病 的血糖调控

—— 一种自我调控血糖方法的经验总结

广东省出版集团
广东科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

1 型糖尿病的血糖调控：一种自我调控血糖方法的经验总结 / 韩修著. —广州：广东科技出版社，2009.5

ISBN 978-7-5359-5065-9

I. 1… II. 韩… III. ①高血糖病—防治②低血糖病—防治 IV. R589.1 R587.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 019545 号

责任编辑：李 旻

责任校对：黄慧怡

责任技编：严建伟

出版发行：广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮政编码：510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www.gdstp.com.cn

经 销：广东新华发行集团股份有限公司

印 刷：佛山市浩文彩色印刷有限公司

(南海区狮山科技工业园 A 区 邮政编码：528225)

规 格：850mm×1168mm 1/32 印张 1.25 插页 1 字数 30 千

版 次：2009 年 5 月第 1 版

2009 年 5 月第 1 次印刷

定 价：8.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读，请与承印厂联系调换。



阳光下



作者与夫人在旧金山



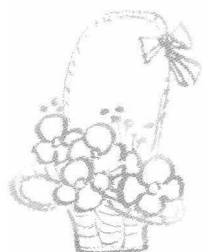
作者与二女儿、二女婿在一起



作者与大女儿、大女婿在一起



全家旅游



内容提要

作者患有 1 型糖尿病，曾发生酮症酸中毒昏迷及低血糖失忆，检测 C 肽为 0.166pmol/mL ，基本丧失了胰岛素分泌功能，遵医嘱先采用了自注胰岛素治疗，后改用胰岛素泵治疗。在使用胰岛素泵治疗的过程中，借助相关科技理论与医学知识，总结经验，调控血糖，有效地阻止了夜间低血糖的发生，并成功地把任意发生的高血糖迅速控制在正常范围之内。

本书的重点是：①根据自动调节理论，利用对血糖、胰岛素的相关知识，通过某些科学仪器的检测与运作，建立起人的主观意识与人体某些功能器官的通讯联系，构成一个调控血糖的功能方块模型。这是一个血糖调控的操作平台。②在认识血糖与胰岛素的分布特性及其相



互依存关系的基础上，导出血糖、胰岛素的数学模型，建立血糖与胰岛素之间的定量关系。③提供血糖调控的基本方法，依法实时调控血糖。

实践证明，血糖调控的效果是明显的，具有很高的可重复性。每一次调控都持之有据，十分可靠，解除了患者许多不必要的心理负担，可供应用胰岛素泵调控血糖时参考。书中部分内容参考了 Disetronic H-TRON[®] plus pump 使用说明书、MiniMed Paradigm[®] plus pump 使用说明书，在此表示感谢。





序

糖尿病是一种古老的疾病，考古学上可追溯的最早关于糖尿病的记录是埃及出土的公元前 1550 年书写在纸莎草上的文字，其上记载着一种多饮多尿的疾病。中国最早的医书《黄帝内经·素问》中已有消渴病的记载。但是在 20 世纪 20 年代以前，1 型糖尿病是一种绝症，患者只有依靠“饥饿疗法”在毫无生趣和悲惨无望的生活中延续短暂的生命，平均只有不到两年的存活时间，最终在酮症酸中毒的袭击中丧生。胰岛素的发现给糖尿病患者带来了福音和光明，拯救了无数的生命。美国著名糖尿病学家 Joslin 曾写下这样一段话：“1897 年，1 个被诊断为糖尿病的 10 岁男孩的平均生存期是 1.3 年，30 岁和 50 岁的糖尿病患者生存期分别是 4.1 年和 8 年。而到了 1945 年，10 岁、30 岁和 50 岁被诊断为糖尿病的患者却可继续生活 45 年、30.5 年和 15.9 年”。胰岛素的

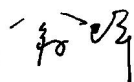


发现改变了糖尿病患者的命运，也改变了糖尿病学史。也正是由于胰岛素的问世，使得在 1956 年首个口服降糖药出现前，胰岛素成为挽救糖尿病患者生命的唯一选择。在生活方式发生显著改变的今天，2 型糖尿病成为主角，其发生率不断上升，早期使用胰岛素保护 β 细胞，更好地控制血糖成为治疗 2 型糖尿病的重要策略。随着科学技术的发展，一种模拟胰腺的内分泌功能，按照人体需要的剂量将胰岛素持续地推注到使用者的皮下，保持病人全天血糖稳定，以达到控制糖尿病仪器——胰岛素泵的研制和使用，能更好地控制血糖，大大降低了低血糖的发生率，提高了生活质量，给广大糖尿病患者带来了便利和快乐，开启了糖尿病治疗的新篇章。

本书作者韩修已是耄耋老人，却是一位有着 10 来年使用胰岛素泵经验的糖尿病患者，他顽强地与糖尿病作斗争的决心和毅力给我留下深刻印象。他将其 10 年来控制糖尿病的经验和使用胰岛素的参悟，记录成文，撰写成书供大家学习和参考。

在 10 余年的医患交往中，我与作者成为朋友，戊子年仲夏应邀拜读作序，读后感慨万千，本书对广大糖尿病患者非常有帮助，遂欣然应允。本书内容翔实，措辞得当，语言通俗易懂，对使用胰岛素泵的患者具有很高的参考学习价值，对提高糖尿病患者的自我管理水平和有
●

中山大学附属三院副院长（主任医师、教授、博导）



中山大学附属三院主治医师（医学博士）

朱延华

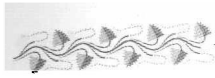
2008.12



目 录

一、引言	1
二、构建人体血糖调控模型	2
三、血糖调控原理	5
1. 血糖-胰岛素方程	5
2. 血糖与胰岛素的分布特征	7
3. 外源性胰岛素对内生胰岛素分泌的模拟	8
(1) 日需胰岛素总量的确定	8
(2) 缓慢时相分泌方式的模拟——胰岛素日基础率	9
(3) 快速时相分泌方式的模拟——胰岛素餐前追加量	9
四、血糖调控方法	11
1. 血糖调控须知	11

(1) 血糖调控的一般法则	11
(2) 血糖调控的初始条件	11
(3) 目标血糖值的确定	11
2. 实时调控	12
(1) 实时调控之一：基础率的调控	12
(2) 实时调控之二：餐前追加量的调控	12
(3) 实时调控之三：消除高血糖的调控	13
(4) 实时调控之四：消除低血糖的调控	14
(5) 实时调控之五：预防夜间低血糖的调控	14
(6) 实时调控之六：饮食调控	15
(7) 实时调控之七：运动调控	17
五、与血糖调控相关的几个问题	18
1. 血糖监测点的优化和次晨空腹血糖的预测	18
(1) 血糖监测点的优化	18
(2) 预测次晨空腹血糖	18
2. 针型、针位选择与肌肤保护	19
3. 血糖检测	19
4. 起居、饮食、运动等日常生活守则的自律	20
六、血糖调控的基本经验及效果评估	20
七、结束语	22
八、附录	23
附录 1 24 小时基础率及分布	24
附录 2 胰岛素基础率、餐前追加量及血糖分布特性 示意图	27
九、参考文献	28



一、引言

我曾是一位从事电子工程技术工作的总工程师，在离休后的十几年内，遭遇了两次糖尿病并发症危机：一次是酮症酸中毒，半昏迷状态入院，查C肽 $<0.166\text{pmol/mL}$ ，确诊为1型糖尿病，采用中性预混胰岛素皮下注射治疗；另一次是严重的低血糖。低血糖发生在前次危机3年后的一个深夜，从睡梦中惊起，无自觉意识，小便失控，瞳孔放大，即时血糖为 2.1mmol/L ，呼“120”入院。自此我戴上了胰岛素泵。

胰岛素泵是一种很前端的糖尿病治疗仪器，它有足够的精度和良好性能。由于糖尿病是慢性病，需要长期治疗，有了好的医疗仪器，还要有好的医生指导，经常调整治疗方案，提高疗效，确保安全。住院可以达到这个目的，但长期住院是不可能的；三天两头跑门诊，也是件十分麻烦的事。因此，患者要在日常生活中不断地摸索规律，总结经验。

在“治糖”过程中，我逐渐熟悉了一些关于糖尿病的知识。为了配合戴泵治疗，又研读了至少两种胰岛素泵的使用说明和相关资料，边学习、边摸索，并得到医护人员的许多帮助。我对糖尿病的病因、症状、危害、



治疗方法和治疗机制，有了较多的认识，特别是对如何控制血糖问题，发生了浓厚的兴趣。离休后许多专业知识早已束之高阁，马放南山了，因患糖尿病而关注血糖调控，很自然地想到了能否将自动调节理论中的原理和方法，运用到血糖调控中来，以求实现自己对血糖的调节与控制。实践证明，答案是肯定的。

如何调控血糖，对一个专业医生而言，也许只是一个普通医疗问题，而对于一个门外求医的人而言，还真是第一次吃螃蟹的问题呢！本书就是简述我是怎样吃这只“螃蟹”的。

二、构建人体血糖调控模型

我不是医生，无意对糖尿病的来龙去脉说三道四，然而从接触到的一些医学知识了解到，治疗糖尿病的关键问题之一，是控制血糖。从某种意义上讲，控制住了血糖，就控制住了糖尿病及其并发症。

什么是血糖呢？血糖是指血液中的葡萄糖含量。葡萄糖是人体不可或缺的能量物质，一般从食物中获得，经消化、吸收，随血液循环运行到人体组织的各个部位，在胰岛素的帮助下进入细胞，参与代谢或储存。因为胰岛素的存在，血糖才会自动保持与人体对能量需求的适





度平衡。这种平衡，还有赖于神经系统和内分泌系统的协调与控制。影响血糖上升的因素有：胰升血糖素、肾上腺素、肾上腺皮质激素、脑垂体生长激素、雌激素、雄激素，而降糖因素仅有胰岛素一种。在不发生受体对胰岛素抵抗的情况下，胰岛素就是一种符合人体生理需求的特效降糖物质。利用胰岛素的这一特性，就能实现对血糖的有效控制。

1 型糖尿病患者部分或全部丧失了胰岛素的分泌功能，解决这个问题的办法之一，是提供一种外附胰岛素源。这就要求建立一个人体与外源性胰岛素之间的通讯联系。这种联系应是成为符合人体生理活动规律、无害健康、并对控制血糖有临床实效的一种糖尿病治疗方式。

人工胰岛素、胰岛素泵、血糖检测仪，是实现这种联系的物质基础。

人体本来就是一个复杂、完整的自动调节系统。血糖是参与调节的组成元素之一，如果把采自人体的血糖作为一种信息，经过与特定的目标血糖值的比较、判读、计算处理，用胰岛素泵按血糖需求的量输入胰岛素，就能使血糖按照人们的意志指向改变（增加或减少），达到控制血糖的目的。这个过程用 5 个功能方框，相互联通，组成 2 个环路，绘制成图，就是我们所要构建的血糖调控模型（见图 1）。环路 I 称控高环路，为控制高血糖之需；环路 II 称控低环路，为控制低血糖之需。5 个功能方框的功能及其相互关系是这样的：

方框 1：血液循环环节。它是血糖调控的靶环节。有 3 个接口，一个输入胰岛素，一个输入能量物质，一个输出血糖信息。

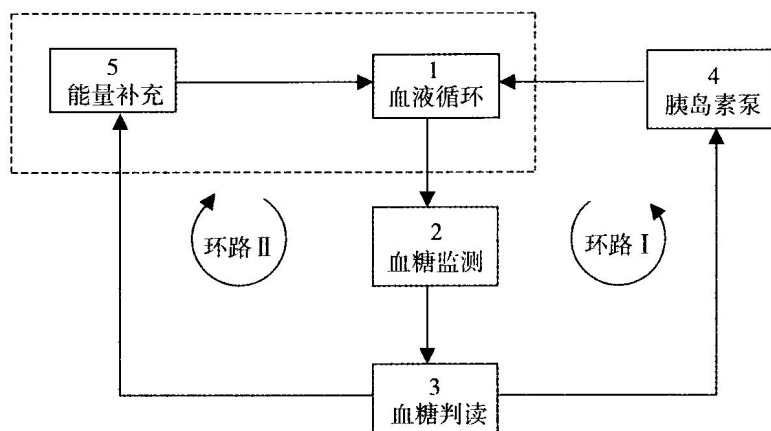


图 1 血糖调控模型

方框 2：血糖监测环节。它是一个小型血糖仪，有 2 个接口，一个输入血糖信息，一个输出血糖监测结果。

方框 3：血糖判读环节。这是一个智能环节，需要设置一个“标准”血糖，对血糖监测结果进行判读。当“结果”高于“标准”时，判为血糖偏高，指令胰岛素泵输出胰岛素降糖；当“结果”低于“标准”时，判为血糖偏低，指令给人体适当补充能量。处理过程可以自动化，也可以由人工取代，效果相同。

方框 4：胰岛素泵环节。它接受血糖判读指令，向血液循环环节输出定量胰岛素。它有 2 个接口，一个输向血液循环环节，一个接受判读环节指令，或者由人工按指令内容进行操控。

方框 5：能量补充环节。补充能量，可以有多种方式，进食是最普通易行的一种。根据血糖判读的结果，进食适量品种的食物以补充能量。



血糖调控模型，也可称为“血糖调控系统”。可以认为：这是一个由单一信号（血糖）控制的，双元（血糖和胰岛素）、开环、半自动调节的系统。顺着这个系统，按照血糖调控方法顺藤摸瓜，就可以取代医生自我调控血糖了。

三、血糖调控原理

1. 血糖 - 胰岛素方程

血糖是人体生理需求不可或缺的能量物质之一，但过量的血糖又是糖尿病及其并发症的致病因素。因此，正常的血糖值已被生理需求限定在一个适当的范围之内。同时，血糖既是受胰岛素制约的靶向目标，又是分泌胰岛素的激发因素。血糖是通过胰岛素发挥其对自身的调节控制作用的。

胰岛素是一种激素，是人体内唯一的降糖因素。胰岛素通过转移血液中的葡萄糖，参与人体组织细胞的代谢或能量储存，从而起到降糖作用。然而，胰岛素对血糖的调节功能，只有在内生胰岛 β 细胞受到血糖刺激时才能发生。而外附胰岛素源，不存在受血糖刺激的问题，因此血糖通过胰岛素对自身的反馈调节作用也就不存在。由于已知血糖与胰岛素有正相关关系，只要假设一个标





准血糖值，经过对即时血糖与标准血糖的比较，作出判断，再经过一定运算，就可以找到一个与血糖正相关的胰岛素数值。把这段话变成数学语言，就是即将导出的血糖-胰岛素方程。

设 A 为任意时刻的即时血糖， B 为符合人体需求的标准血糖， E 为与血糖需求相关的胰岛素。

当 $A > B$ ， $A - B > 0$ 表示血糖偏高，需提供胰岛素降糖。

当 $A < B$ ， $A - B < 0$ 表示血糖偏低，需补充能量提升血糖。

已知胰岛素与血糖正相关，在一定血糖范围内，胰岛素 E 与血糖增量 $\Delta = A - B$ 成正比关系。

所以， $E \propto (A - B)$

对不同个体，血糖对胰岛素的敏感性有所不同，胰岛素敏感性越低，转移等量血糖所需的胰岛素越多，反之，转移等量血糖所需的胰岛素就越少。也就是说，胰岛素 E 与胰岛素对血糖的敏感性 δ 成反比关系。

所以， $E \propto \frac{1}{\delta}$

将上述二式合写在一起则有：

$$E \propto \frac{A - B}{\delta}$$

考虑到所选用的单位制，将上式乘以比例常数 C ，即可将比例式改写成等式：

$$E = \frac{C}{\delta} (A - B)$$

式中：

E ——调控血糖所需求的胰岛素 (U)。

A ——任意时刻的即时血糖 (mmol/L 或 mg/dL)。





B ——设定的目标血糖 (mmol/L 或 mg/dL)。

C ——与选用单位制有关的比例常数。

6 ——胰岛素对血糖的敏感性, 或称单位胰岛素降低血糖的能力。具体为 24 小时内平均每一个国际单位的胰岛素在每升血液中降低血糖的毫摩尔量。例如:

当血糖以 mmol/L 为单位时, 式中常数 $C=84$, 则

$$6 = \frac{84 \text{ (mmol/L)}}{\text{每日输注胰岛素总量 (U)}}。$$

当血糖以 mg/dL 为单位时, 式中常数 $C=1\,512$, 则

$$6 = \frac{1\,512 \text{ (mg/dL)}}{\text{每日输注胰岛素总量 (U)}}。$$

此二者的换算关系是: $1 \text{ (mmol/L)} = \frac{1\,512}{84} = 18 \text{ (mg/dL)}。$

因此, 血糖-胰岛素方程可写为:

$$E = \frac{A-B}{6}$$

这个等式便是用外附胰岛素源取代内生胰岛素调控血糖的数学模型。有了这个数学模型, 就可以确切地知道血糖与胰岛素的定量关系了。

顺便提醒一句, 用 mmol/L 来表示物质的量, 在血糖调控过程中, 会经常用它来估量各种食物, 自控血糖者熟悉这个单位将会带来许多方便。

2. 血糖与胰岛素的分布特征

人体血糖是时间函数 $f(t)$ 。血糖每时每刻都在随着血液吸收的能量物质的增长而增长, 同时又随着与血糖相应增长的胰岛素而被消耗或转移, 以达到血糖与胰岛素的基本平衡。这种维持血糖平衡的胰岛素叫基础胰岛素。基础胰岛素与血糖成正相关, 呈缓慢时相方式分泌。

