

Der Diabetologe

Organ der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin, des Berufsverbandes Deutscher Internisten,
des Berufsverbandes Deutscher Endokrinologen und der
Arbeitsgemeinschaft niedergelassener diabetologisch tätiger Ärzte e.V.

Elektronischer Sonderdruck für

R. Kolassa

Ein Service von Springer Medizin

Diabetologe 2014 · 10:472–476 · DOI 10.1007/s11428-013-1148-6

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

R. Kolassa

Insulinpumpentherapie

Diese PDF-Datei darf ausschließlich für nichtkommerzielle Zwecke verwendet werden und ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen – hierzu zählen auch soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Austauschplattformen.

Insulinpumpentherapie

Die Insulinpumpentherapie (CSII) stellt eine der Standardtherapien bei der Behandlung des Typ-1-Diabetes dar [1]. Im Folgenden werden einerseits Standards der Insulinpumpentherapie, die sich durch drei Grundgesetze mit traditionellem Hintergrund erklären lassen, und andererseits die Insulinpumpentherapie als wichtiger Baustein für ein artifizielles Pankreas (Closed-Loop)-System beschrieben. Zusammen mit einem System zum kontinuierlichen Glucosemonitoring (CGM) bildet die Insulinpumpe die Hardware dafür [2–4]. Bei einem Closed-Loop ist neben der Hardware eine Software nötig, welche die Insulinabgabe aufgrund von kontinuierlich gemessenen Glucosewerten automatisch realisiert [5–8]. Ohne einen solchen Algorithmus bildet die Konfiguration von Insulinpumpe und CGM ein Open-Loop-System, d. h. der Patient muss seine Therapie weiterhin weitestgehend selbst steuern. Diese Therapieoption wird als sensorunterstützte Pumpentherapie (SuP) bezeichnet [9–13].

Durch den Einfluss von CGM wird die Pumpentherapie bereits zu einem lernenden System, das insbesondere das Therapiemanagement des Patienten/Anwenders betrifft. Die Daten des kontinuierlichen Glucosemonitoring optimieren dieses *lernende System* weiter, bestätigen aber auch die Grundgesetze zur Pumpentherapie in ihrer klinischen Relevanz.

Historie und Grundlage

Bereits in den 30er Jahren wurde von F. Joslin formuliert: „Moderne Insulintherapie bedeutet bedarfsgerechte Insulininjektionen in möglicher Annäherung an die physiologische Insulinausschüttung“.

Dieses Konzept der nahen-physiologischen Therapie lässt sich durch die Be-

sonderheiten der Insulinpumpentherapie im Vergleich zur ICT(MDI)-Strategie realisieren [1, 14]:

- Die zirkadiane Rhythmik des basalen Insulinbedarfs kann durch Verzögerungsinsulin nur ungefähr dargestellt werden, multiprogrammierbare Insulinpumpen können wegen der quasikontinuierlichen Abgabe von ausschließlich kurz wirksamem Insulin das individuelle basale Insulinbedarfsmuster nahe-physiologisch abbilden.
- Verzögerungsinsulin wirkt im Vergleich zu kurz wirksamen Insulinen mit einer hohen Tag-zu-Tag-Variabilität. Diese Ungenauigkeit ist durch die Anwendung von ausschließlich kurz wirksamem Insulin in einer Insulinpumpe nicht gegeben.
- Mit den verschiedenen Bolusoptionen der Insulinpumpe kann auf die unterschiedlichsten Zeitkomponenten der Substratfreisetzung (bedingt durch den glykämischen Index der Speisen und deren Fett-/Proteinanteil) aus dem Magen rhythmisierend eingewirkt werden.

- Zusätzlich ist in den modernen Insulinpumpen ein Boluskalkulator integriert (Insulindosisvorschlag auf Grundlage einprogrammierter und eingegebener Daten).

Die Möglichkeit der subtilen Anpassung von Glucoseresorption aus der Nahrung und der Insulinwirkung können durch CGM-Erfahrungen optimiert werden. Als Beispiel sollen hier CGM-Anwendererfahrungen zur Glucoseänderungsgeschwindigkeit [15] angegeben werden:

- Die Änderung der Glucosekonzentration nach Insulinanwendung und BE/KE-Aufnahme ist träger als erwartet.
- Der BE/KE-abhängige Glucoseanstieg abends ist besonders träge.
- Besonders unerwartet ist der rasche Glucoseabfall nach einer stattgehabten Hypoglykämie (Strukturmerkmal der repetitiven Hypoglykämie). Dies überraschte auch die sehr Erfahrenen.

Als Resümee der sensorunterstützten Pumpentherapie können drei einfache Grundgesetze mit aktueller klinischer Relevanz aufgezählt werden:

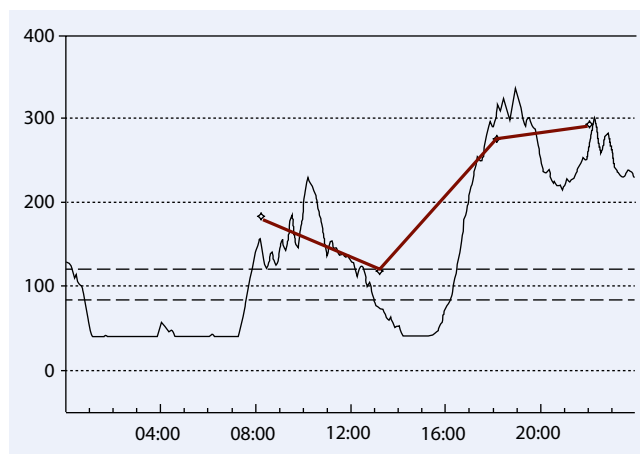


Abb. 1 ◀ CGM; kontinuierliches Glucosemonitoring (schwarzer Graph), Augenblickblutzuckermessung (roter Graph). (Mod. nach [9])

- Biologe Roux: Die Struktur bedingt die Funktion.
- Vor der Therapie steht die Diagnose.
- Goldstandard bleibt die Basalrate.

Die Struktur bedingt die Funktion

Die Insulinpumpentherapie ist Teil einer Praxis- bzw. Klinikstruktur. Ohne eine Investition in das Qualitätsmanagement sind die Therapieerfolge limitiert. Ein Beispiel aus der eigenen Praxis: Als erstes wird eine individuelle Zielvereinbarung getroffen, z. B. einen HbA_{1c} unter 8% in 6 Monaten zu erreichen unter Ausschluss von schweren und milden Hypoglykämien. Es stellt sich die Frage, ob dazu eine Einzel- oder Gruppenschulung gewählt werden soll. Da sich in unserer Praxis bei vielen Patienten die Pumpenindikation aus einer Hypoglykämieproblematik heraus stellt, hat sich die Einzelschulung bewährt. Während der ersten Monate erfolgt fortlaufend – nach datenrechtlicher Aufklärung – eine Internetbetreuung (ggf. auch eine Telefonsprechstunde), um ein kleines Zeitfenster zu besitzen und das gewünschte Verhalten sofort bestätigen zu können. Die emotionale Sicherheit ist für uns bei Anwendung von technischen Systemen ein Argument. Wird diese Sicherheit vom Anwender besonders gefordert, erfolgt ergänzend die Mitbetreuung über ein spezielles Programm (diablog.mpserv.de).

- ▶ **Für eine erfolgreiche Therapie, v. a. der sensorunterstützten Pumpentherapie, ist das Bilden von Strukturen wichtig.**

Nach 3 Monaten, immer vor Überprüfung der individuellen Zielvereinbarung, erfolgt eine Gruppenschulung als sog. Fortgeschrittenentreffen. Im weiteren Verlauf sind dann diese Treffen problemorientiert.

Die Strukturen sind individuell und nur ein Beispiel für unsere Diabetes-schwerpunktpraxis. Im Falle eines stationären Aufenthaltes in einer Klinik sind dagegen Gruppenschulungen in der Regel sinnvoller als Einzelschulungen. Je nach Pumpenindikation ist eine Internetbetreuung nicht immer sinnvoll. Ebenfalls

müssen je nach Organisationsform datenrechtliche Bedingungen juristisch geprüft werden.

Vor der Therapie steht die Diagnose

Häufige medizinische Indikationen für die CSII sind [16]:

- Diabetiker mit erhöhtem Nüchternblutzucker (klassische Indikation),
- Häufig auftretende Hypoglykämien, besonders in der Nacht,
- Keine oder verminderte Wahrnehmung von Hypoglykämien,
- Nur schwer beherrschbare Schwankungen des Blutzuckers,
- Sehr niedriger Insulinbedarf (Kinder, sehr schlanke erwachsene Personen),
- Vorliegen von diabetischen Folgeerkrankungen, z. B. schmerzhafte Neuropathie oder Gastroparese,
- Optimierung der diabetogenen Stoffwechsellage bei Diabetikerinnen vor und während der Schwangerschaft.

Die Indikationsliste beschreibt medizinische Indikationen und der Erfolg der Insulinpumpentherapie impliziert im weiteren Verlauf eine Verbesserung der Lebensqualität. Weiterhin sollte beachtet werden, wie die Patienten ihre bisherige Diabetestherapie erlebt haben, weil das einen erheblichen Einfluss auf die Einstellung haben kann. Wenn in der Anamnese von sprunghaften und absurden Blutzuckerläufen berichtet wird („Blutzucker springt“, „Insulin wirkt nicht mehr“, „Insulinbedarf ändert sich, es wird kaum noch Basalinsulin benötigt“), ist an die Einstellung äußerst subtil heranzugehen. Das Ziel der Pumpeneinstellung darf nicht nur eine Verbesserung des HbA_{1c}-Wertes sein, sondern es ist insbesondere zu sichern, dass der kalkulierte und erwartete Blutzuckerwert als Ereignis auch wirklich eintritt.

Generell sind solche anamnestischen Daten charakteristisch für Hypoglykämien und dem sich daraus ergebenden endogenen Substratfluss im Falle einer Gegenregulation, d. h. Leber und Niere stellen im Rahmen der Glukoneogenese Glucose zur Verfügung. Mathematisch betrachtet haben wir somit eine Variable, welche verhindert eine plausible und si-

chere Basalrate zu entwickeln, denn ein endogener Substratfluss stört das diabetologische Grundkonzept der Anpassung von exogenem Insulin an die Kohlenhydratresorption nach Nahrungsaufnahme. „Diabetologie wird einfach, wenn endogener Substratfluss ausgeschlossen werden kann“ (A. Thomas). Es ist daher eine elementare ärztliche Aufgabe dies zu erkennen.

- ▶ **Zur Darstellung des endogenen Substratflusses dient das kontinuierliche Glucosemonitoring.**

Bereits die Sensortechnologie der ersten Generationen (1999) konnte die biologische Plausibilität für dieses biologische Konzept dokumentieren, wie das folgende Beispiel von 2001 zeigt (▶ **Abb. 1**). Die Rauten stellen die Augenblickblutzuckermessungen dar. Der Patient berichtet, dass sein Insulin nicht wirkt. Das zeigt die Verbindung der Rauten am Nachmittag deutlich. Ohne Kenntnis des endogenen Substratflusses würde die Indikation *stark schwankender Blutzuckerwerte* gestellt und eine kontraproduktive Pumpeneinstellung entwickelt (reaktive Basalrate, welche die hohen gegenregulatorischen Werte, aber nicht die Hypoglykämien berücksichtigt). Erst aufgrund der Anamnese sprunghafter Blutzuckeränderungen und der Sensordokumentation kann die korrekte Pumpenindikation *häufig auftretende Hypoglykämien, besonders in der Nacht* gestellt werden und eine erfolgreiche Pumpentherapie mit einer optimalen Basalrate und einem angepassten Boluskonzept zur offensichtlichen Indikationsstellung *instabiler Blutzucker* initiiert werden.

Auch wenn das Grundgesetz „vor der Diagnose steht die Therapie“ einfach ist, verliert es nicht seinen existenziellen Charakter, wie dieses Beispiel zeigt.

Die Differenzierung zwischen Somogyi-Effekt und Dawn-Phänomen mittels Sensortechnologie zeigt das Beispiel in **▶ Abb. 2**. Der steile Anstieg (als rote Linie dargestellt) ist ein Merkmal für den endogenen Substratfluss nach einer Hypoglykämie. Darstellungen über Wochen zeigen auch, dass ein Dawn-Phänomen und Somogyi-Effekt an verschiedenen Tagen beim selben Patienten auftreten können

Tab. 1 Festlegung der Insulindosis aus der vorher durchgeführten Insulintherapie (erster Schritt). In Abhängigkeit von der Blutzuckereinstellung unter der vorherigen Therapie wird der Tagesinsulinbedarf (TIB) unter der CSII festgelegt. (Mod. nach [14])

Vorherige Therapie (i. d. R. MST)	CSII	
Merkmale	TIB (%)	TIB (%)
Gute Blutzuckerwerte, Hypoglykämien selten	100	Etwas 85
Häufige, teils auch schwere Hypoglykämien	100	Etwas 70
BZ-Werte häufig hoch, Hypoglykämien selten	100	100

Tab. 2 Festlegung der Insulindosis aus der vorher durchgeführten Insulintherapie (zweiter Schritt) in Abhängigkeit des Patientenalters

Tagesinsulinbedarf unter der CSII				
Erwachsene		Kinder und Jugendliche		
Basalrate ^a (%)	Bolus ^b (%)	Alter (Jahre)	Basalrate ^a (%)	Bolus ^b (%)
Etwas 50(40–60)	Etwas 50 (60–40)	<6.	25	75
		6–10	35	65
		>10	40	60

^aNahrungsunabhängiger Anteil über 24 h (Basalrate). ^bNahrungsabhängiger Anteil (Bolus).

und in solchen Situationen einen Wechsel zwischen den Basalraten notwendig wird, falls nicht im Rahmen der sensorunterstützten Pumpentherapie eine automatisierte Hypoglykämieabschaltung gegeben ist.

Ohne CGM kann der Anfangsverdacht einer Konversion von einem ausschließlichen Dawn-Phänomen zu einem Somogyi-Effekt durch eine signifikante Erhöhung der Tag-zu-Tag-Variation der Nüchternblutzuckerwerte nicht bestätigt werden.

» Somogyi-Effekt kann durch Nachtmessungen verifiziert werden

Die Verdachtsdiagnosen Somogyi-Effekt und/oder Dawn-Phänomen können auch ohne CGM durch Nachtmessungen verifiziert werden, z. B. um 3 Uhr. Ein Dawn-Phänomen kann durch einen Somogyi-Effekt maskiert werden. CGM führt in solchen Stoffwechselsituationen durch die Komplexität der Daten zu einem schnelleren Lösungsansatz.

Die diagnostische Betrachtung bleibt auch nach der Therapieentscheidung ein Prozess, denn unter Alltagsbedingungen treten aktuell unterschiedliche Situationen auf, die sich auf den Stoffwechsel auswirken.

Hierzu ein Beispiel: Treten häufig repetitive inapparente Hypoglykämien mit

konsekutiv defizitären Glykogenspeichern auf, so ist ein Basalratenwechsel indiziert mit der Funktion, die Glykogenspeicher wieder zu restaurieren. Für diese Fälle sollte eine alternative Basalrate bereits in die Insulinpumpe programmiert sein. Bei regelrechten Glykogenspeichern ist dann ein Wechsel zur originären Basalrate indiziert.

Goldstandard Basalrate

Die Veränderung des Tagesinsulinbedarfs bei der Umstellung von der ICT auf die CSII zeigt **Tab. 1**. In der Regel wird nach der Umstellung weniger Insulin benötigt in Abhängigkeit von der vorher erreichten Stoffwechselsituation [14]. Das unterstreicht die Notwendigkeit, einen möglichen endogenen Substratfluss zu demaskieren, um den korrekten Tagesinsulinbedarf ermitteln zu können.

Die Aufteilung des Insulinbedarfs für Erwachsene und Kinder unterschiedlichen Alters bei einer Tagesaktivität, die dem durchschnittlichen Lebensrhythmus des Patienten entsprechen soll [14], beschreibt **Tab. 2**.

Bei der Entwicklung der Basalrate sind verschiedene Punkte zu berücksichtigen:

- **Chronobiologie:** Die Entleerung fester Bestandteile aus dem Magen erfolgt morgens signifikant schneller als abends [17]. Die moderne Pumpentherapie mit ihren verschiedenen Bolusoptionen ermöglicht es, die verlän-

Diabetologe 2014 · 10:472–476
DOI 10.1007/s11428-013-1148-6
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

R. Kolassa
Insulinpumpentherapie

Zusammenfassung

Hintergrund. Die Insulinpumpentherapie (CSII) stellt eine der Standardtherapien bei der Behandlung des Typ-1-Diabetes dar.

Ziel. Der Artikel beschreibt, dass die Optionen moderner Insulinpumpen optimal genutzt werden können, wenn als Voraussetzung die Basalrate richtig programmiert wird.

Ergebnisse. Durch ein kontinuierliches Glucosemonitoring (CGM) werden viele Informationen geliefert, die zu einem besseren Verständnis der Pumpentherapie führen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Basalrate unverändert den Goldstandard der Pumpentherapie darstellt.

Schlussfolgerung. Voraussetzung für die Entwicklung einer sicheren und alltagstauglichen Basalrate ist der Ausschluss von Hypoglykämien, einschließlich inapparenten Hypoglykämien.

Schlüsselwörter

Insulininfusionssystem · Kontinuierliches Glucosemonitoring · Diabetes mellitus Typ 1 · Hypoglykämien · Inapparente Hypoglykämien

Insulin pump therapy

Abstract

Background. Continuous subcutaneous insulin infusion therapy (CSII) is a standard therapy to treat type 1 diabetes.

Purpose. The following article shows that modern insulin pumps can be optimally applied only if the basal rate has been correctly programmed.

Results. Continuous glucose monitoring (CGM) provides much information that leads to a better understanding of pump therapy. The results prove that the basal rate still represents the gold standard for pump therapy.

Conclusion. The exclusion of the possibility of symptomatic and asymptomatic hypoglycemia by the physician is necessary for the patient to be able to safely program and adjust the basal rate setting.

Keywords

Insulin infusion systems · Continuous glucose monitoring · Diabetes mellitus, type 1 · Hypoglycemia · Asymptomatic hypoglycemia

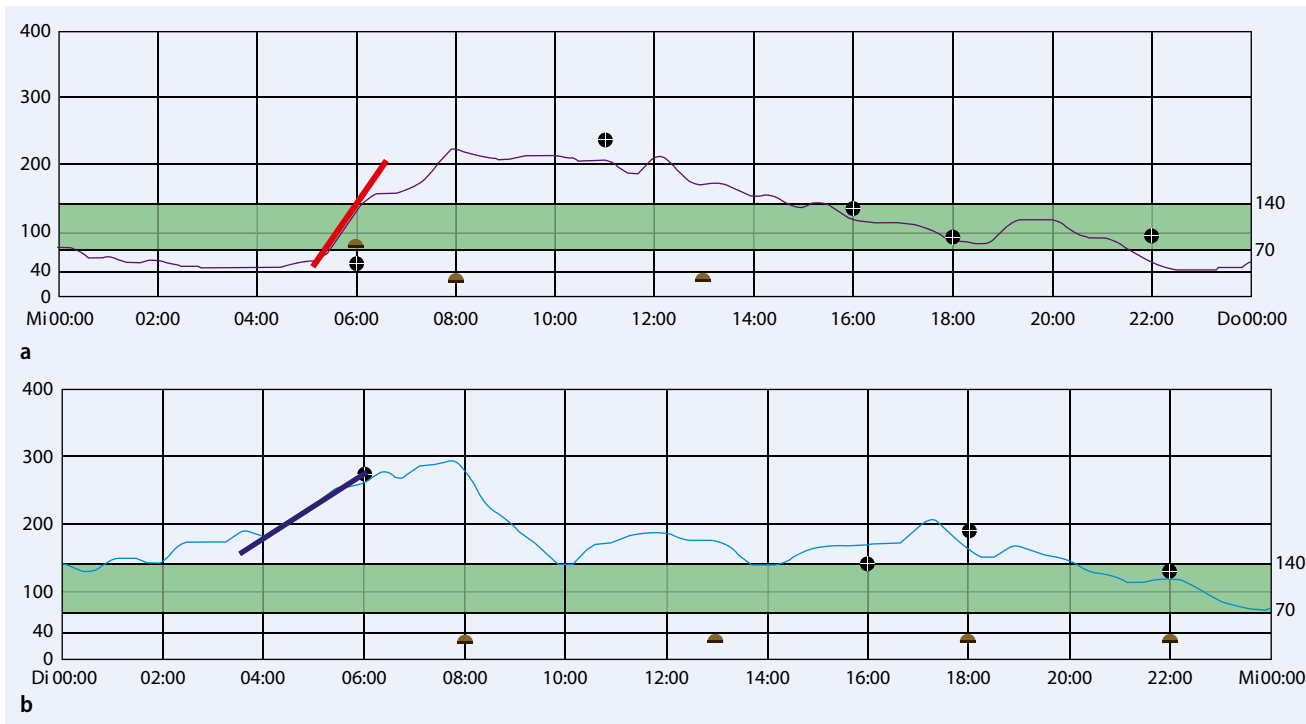


Abb. 2 ▲ Musteranalyse: charakteristische Merkmale im CGM-Profil (kontinuierliches Glucosemonitoring) bei Hypoglykämien. **a** Somogyi-Effekt (reaktive Hyperglykämie nach nächtlicher Hypoglykämie), **b** Dawn-Phänomen

gerte Magenentleerungszeit abends mit einer daran angepassten Bolusfreigabe zu kompensieren. Eine Bolusverlängerung und damit eine Boluswirkung bis in die frühe Nacht sind nicht ungewöhnlich [15].

- Unter Alltags- und Berufsbedingungen kann eine Mahlzeit auch mal um 19 Uhr und später erfolgen. Somit kommt es zu einer Boluswirkung in einer Phase verbesserter Insulinempfindlichkeiten, wodurch die Zeitspanne vom ersten Bissen bis zur Mitternacht kürzer ist.
- Endogener Substratfluss verhindert die Entwicklung einer plausiblen Basalrate. Eine besondere vulnerable Phase besteht in der Umstellungsphase vom Insulinspritzen zu einem Pumpenkonzept, wegen des noch vorhandenen Insulindepots des langfristig wirkenden Verzögerungsinsulins (aktuell durch die Anwendung lang wirksamer Insulinanaloge wahrscheinlicher als zu Zeiten der NPH-Anwendung).

Um diese Besonderheiten berücksichtigen zu können und gleichzeitig die Op-

tionen der nahen-physiologischen Pumpentherapien mit ihren Bolusoptionen anwenden zu können, nutzen wir in der Startphase der Basalrate das sog. Dinner-Canceling, d. h. keine feste Mahlzeit nach 18 Uhr. Das ist eine besondere Form des Mahlzeitenauslassversuchs, ohne die Insulinempfindlichkeit in den frühen Morgenstunden durch eine zu lange Fastenzeit zu verändern. Damit ist sicher zu stellen, dass die Basalrate in der Nacht nur den nahrungsunabhängigen Insulinbedarf abdeckt.

▶ **Ein Resümee multipler CGM-Auswertungen zeigt, die Basalraten werden häufig zu hoch kalkuliert.**

Ein möglicher Grund ist, dass die Basalrate der ersten Nachthälfte fälschlicherweise den Speisebrei der verlangsamten Magenentleerungszeit kompensiert, d. h., es besteht keine eindeutige Trennung zwischen nahrungsunabhängigen und nahrungabhängigen Insulinbedarf. Wird in dieser ungünstigen Situation aufgrund äußerer Umstände die Mahlzeit früher, z. B. um 18 Uhr eingenommen, fehlt dieser Speisebrei in der Nacht. Die dann re-

lativ zu hohe (weil falsch festgelegte) Basalrate impliziert die Gefahr von nächtlichen Hypoglykämien. Nur durch die konsequente Trennung von mahlzeitenunabhängigem Insulin (Basalrate) durch entsprechende Mahlzeitenauslassversuche kann einer solchen falschen hohen Basalratenentwicklung entgegengewirkt werden. Ein weiterer Grund kann sein, dass bei der Nutzung verschiedener Bolusoptionen bei allen modernen Insulinpumpenmodellen zu viel Wert auf die Optimierung der postprandialen Glykämie gelegt wird. Auch wenn das ein wichtiger Aspekt ist, muss beachtet werden, dass die Einstellung der Basalrate immer die Grundlage und der Goldstandard für eine erfolgreiche Pumpentherapie darstellt.

Um die Basalrate zu errechnen gibt es verschiedene Methoden, z. B. der Renner-Schieber, der Basalratenkalkulator von Medtronic oder die Programmierung einer starren Basalrate. Bei Dinner-Canceling und minimaler Basalrate (MBR) in der Erwachsenenenddiabetologie können 4 Phasen unterschieden werden:

- *erste Phase:* Wechsel von ICT/MDI zur CSII: MBR 23–3 h und 0,3 IE/h (bei geringem Insulinbedarf er-

folgt die Verdünnung mit NaCl und die Flussrate beträgt 0,3; 4–7 h und 0,5 IE/h, (ansonsten errechnete Basalrate). Ziel: Ausschluss endogener Substratfluss in der Nacht,

- **zweite Phase:** Nüchternblutzucker >6,7 mmol/l, MBR unverändert, ab 4 Uhr errechnete Basalrate, jetzt Dinner-Canceling, d. h. nach 18 Uhr keine feste Nahrung,
- **dritte Phase:** Unter Dinner-Canceling und MDR beträgt der Nüchternblutzucker >6,7 mmol/l, jetzt kann auch von 23–3 Uhr die errechnete Basalrate programmiert werden,
- **vierte Phase:** Dinner-Canceling unter errechneter Basalrate als Plausibilitätskontrolle.

Für die Einstellung und Optimierung der Basalrate als Prozess wird der Mahlzeiten-auslassversuch zur Überprüfung der Basalrate herangezogen.

Didaktisch werden dem Anwender anschließend Begriffe erklärt (Wörter kanalisieren unser Denken), um zu akzentuieren, dass die Pumpentherapie immer ein Prozess ist, weil sich auch die Stoffwechselsituation in verschiedenen Lebenslagen ändern kann.

Erklärt werden Begriffe wie logisches Zeitintervall, Niveau, Trend und Variation. Diese Begriffe spielen bei der Indikation und bei der Einstellung auf die CSII eine Rolle. Die zirkadiane Rhythmik der Glucoseregulation gibt die logischen Zeitintervalle Nacht-, Dawn-, Mittag- und Dusk-Phase vor.

Der Begriff Niveau stellt den Handlungsschwerpunkt dar. Ein Glucoseniveau z. B. unter 5,5 mmol/l bedeutet, vorab keinen Basalratentest durchzuführen, sondern ggf. eine Reduktion der Basalrate im entsprechenden logischen Zeitintervall vorzunehmen. Basalratentests erfolgen im Niveau 5,5–10 mmol/l.

Der Trend beschreibt die Vorhersagbarkeit des Glucoseverlaufs im Zeitintervall. Die Variation beschreibt die fehlende Vorhersagbarkeit. Die Werte gehen in der Summe praktisch wie eine Schere auseinander. Im logischen Zeitintervall mit dem Bild der geöffneten Schere und einem Niveau von 5,5–10 mmol/l erfolgt der Basalratentest.

Die beschriebenen Begriffe sind besonders im Rahmen einer Internetbetreuung notwendig, da sie Schnittpunkte für Checks und Rückmeldungen sind.

Fazit für die Praxis

- Die Standards der Pumpentherapie lassen sich durch drei sehr einfache Grundgesetze mit traditionellem Hintergrund zusammenfassen.
- Die Struktur bedingt die Funktion – vergleichbar mit einer Fußambulanz, die auch definierte Strukturen voraussetzt.
- Vor der Therapie steht die Diagnose.
- Der Goldstandard ist die Basalrate.
- Gerade die Erkenntnisse des CGM zeigen, dass die Standards der Pumpentherapie unverändert ihre Bedeutung besitzen und durch die Möglichkeiten der modernen Pumpentherapie (Bolusoptionen, Bolusmanagement) mehr an Bedeutung gewonnen haben, wie am Beispiel der Basalrate gezeigt wurde.

Korrespondenzadresse



Dr. R. Kolassa
Diabetologische
Schwerpunktpraxis Bergheim
Priamosstr. 5,
50127 Bergheim/Erft
zuckerdoc@freenet.de
www.zucker-doc.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. R. Kolassa gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag enthält keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Henrichs HR, Liebl A, Reichel A et al (2009) Experimentelle Untersuchungen und klinische Evidenz der Insulinpumpentherapie (CSII). Diabetologie 4:390–397
2. Hovorka R, Allen JM, Elleri D et al (2010) Manual closed-loop insulin delivery in children and adolescents with type 1 diabetes: a phase 2 randomised crossover trial. Lancet 375:743–751
3. Kolassa R, Thomas A, Siegmund T (2014) Verbindungen von Insulinpumpentherapie und kontinuierlichen Glukosemonitoring zur SuP. Der erste Schritt im Closed-Loop-System. Diabetes Aktuell 12(1):31–35

4. Danne T, Kordonouri O, Thomas A (2014) Konzept und Aufbau eines Artifiziiellen Pankreas (Closed-Loop-System). Diabetes Stoffwechsel Herz 23:27–36
5. Steil GM, Rebrin K, Darwin C et al (2006) Feasibility of automating insulin delivery for the treatment of type 1 diabetes. Diabetes 55:3344–3350
6. El-Khatib FH, Russell SJ, Nathan DM et al (2010) A bihormonal closed-loop artificial pancreas for type 1 diabetes. Sci Transl Med 2:27ra27
7. Atlas E, Nimri R, Miller S et al (2010) MDlogic artificial pancreas system; a pilot study in adults with type 1 diabetes. Diabetes Care 33:1072–1076
8. Phillip M, Battelino T, Atlas E et al (2013) Nocturnal glukose control with an artificial pancreas at a diabetes camp. N Engl J Med 368:824–833
9. Siegmund T, Kolassa R, Thomas A (2011) Sensorunterstützte Therapie (SuT) und Sensorunterstützte Pumpentherapie (SuP). Unimed Science, Bremen
10. Bergenstal RM, Klonoff DC, Garg SK et al (2013) Threshold-based insulin-pump interruption for reduction of hypoglycemia. N Engl J Med. 369(3):224–232. doi:10.1056/NEJMoa1303576
11. Buckingham B, Cobry E, Clinton P et al (2009) Preventing hypoglycemia using predictive alarm algorithms and insulin pump suspension. Diabetes Technol Ther 11:93–97
12. Thomas A, Heinemann L, Freckmann G (2014) Auf dem Weg zum „Closed-loop“-System. Diabetologie 10(1):48–55
13. Danne T, Kordonouri O, Remus K et al (2011) Prevention of hypoglycaemia by using low glucose suspend function in sensor-augmented pump therapy. Diabetes Technol Ther 13:1129–1134
14. Renner R, Lüddecke H-J, Liebl A (1997) Informationen zur Insulinpumpentherapie. Disetronic Edition
15. Kolassa R, Mühlen H-J, Maraun M et al (2010) Nutzung der erweiterten Funktionen von modernen Insulinpumpen. Diabetes Stoffwechsel Herz 19:405–412
16. Henrichs HR (2003) Diabetestherapie mit Insulinpumpen. Die subkutane Insulininfusion. Unimed Science, Bremen
17. Goo RH, Moore JG, Greenberg E, Alzrakri NP (1987) Circadian variation in gastric emptying of meals in humans. Gastroenterology 93(3):515–518