

## Athleten mit Diabetes mellitus Typ I im Ironman

### 1. Einführung

Beim Diabetes mellitus kommt es zur Zerstörung speziell der Betazellen der Langerhans-Inseln des Pankreas. Dies führt üblicherweise zu absolutem Insulinmangel. Die Messung des C-Peptids hilft bei der Unterscheidung des Typs I und zeigt ob eine Restproduktion vorhanden ist. Trotz aller potentiellen Risiken überwiegen folgende Vorteile einer regelmäßigen sportlichen Aktivität bei Diabetes mellitus:

- Verbesserung der Insulinsensitivität
- Verminderung des kardiovaskulären Risikos
- Verbesserte Fibrinolyse/ Thrombozytenaggregation
- vermindertes Risiko für Herzinfarkt und Apoplex
- Verbesserung des psychischen Status (Stressmanagement)
- Vermehrte Muskelmasse, reduziertes Körperfett
- Mögliche Verbesserung der Blutzuckerkontrolle

Für Diabetiker ist die genaue Kenntnis des Nährstoffgehalts von Lebensmitteln sehr wichtig. Die Broteinheit (BE) ist ein Maß zur Berechnung der Kohlenhydratmenge für die Kost bei Zuckerkranken (Diabetikern). In Deutschland entspricht:

- 12g KH = 1 Broteinheit (Angaben sind gerundet)
- 10g KH = 1 KHE oder KE (Kohlenhydrateinheit)
- 1 BE = 12g KH verwertbare Kohlenhydrate

Zur Abschätzung der Wirkung der Kohlenhydrate gilt, dass 1 BE den Blutzucker um 20-40 mg/dl anhebt. Für die Ernährung im Wettkampf- und Training müssen daher Diabetiker die angebotenen Produkte einordnen.

- 0,3 l Cola = 3BE
- 5 Täfelchen Dextro Energen = 2 BE
- Jubin Glukose Gel (Tube 40g) = 2,6 BE
- Carrero Beutel (ca 20 g) = 1BE
- Power Bar Power Gel (41g)= ca 2BE

Vor einer sportlichen leistungsorientierten Aktivität wie einem Ironman sollte von einem Diabetologen die Sportfähigkeit attestiert werden und folgende Voraussetzungen erfüllt sein.

- HbA1c 5,5-7,5% Hb
- 12 Monate keine schweren Hypoglykämien
- erhaltene Hypoglykämiewahrnehmung
- Diabetiker mit ICT/ CSII sollten seit mindestens 12 Monate geschult sein eigen-

- ständige Therapieanpassung
- mindestens 4 mal dokumentierte BZ Selbstmessung/Tag
  - Fehlen von Folgeerkrankungen
  - Vorliegen einer Ergometrie und Ultraschalluntersuchung
  - augenärztliche Untersuchung
  - Keine sonstigen relevanten Erkrankungen sollten vorliegen

Der Diabetiker hat 2 Möglichkeiten der Stoffwechsellanpassung. Entweder muss die Insulinmenge reduziert werden oder die Menge an zugeführten (schnell resorbierbaren) Kohlenhydraten gesteigert werden. So sollte bei einer einstündigen halbmaximalen Belastung die Zufuhr von 30-40g Glucoseäquivalent oder eine Insulinreduktion von -1 IE Altinsulin je 20 Minuten Sport erfolgen. Aufgrund des Muskelauffülleseffektes wird abends eine zusätzliche Zufuhr von 20-30 g langsam resorbierbarer Kohlenhydrate sowie eine nächtliche Blutglucosekontrollen (z.B. 0.00h und 3.00h) empfohlen.

Muskelauffülleseffekt:

- Die Glykogendepots werden bei körperlicher Aktivität teilweise entleert.
- Nach Beendigung der körperlichen Aktivität werden die Glykogenspeicher wieder aufgefüllt.
- Im Rahmen dieses sog. Muskelauffülleseffektes sinkt der Blutzuckerspiegel.
- Wie ausgeprägt oder anhaltend dieser Prozess ist, hängt von der Art, Dauer und Intensität der vorangegangenen Belastung ab.
- Nach extremen Ausdauerbelastungen, z.B. ganztägiger Radtour/ Wanderung, bzw. Langstreckenläufen/Marathon kann sich dieser Auffülleseffekt über Stunden oder sogar Tage hinziehen.

Daher muss auch nach Beendigung einer mehrstündigen körperlichen Belastung der Blutzucker unbedingt über einen längeren Zeitraum regelmäßig kontrolliert, die Insulindosis (insbesondere dann auch das Basalinsulin / Basalrate der Insulinpumpe) entsprechend reduziert und die zugeführte Kohlenhydratmenge erhöht werden. Werden beim Sport erhöhte Blutzuckerwerte bei absolutem Insulinmangel  $> 250 \text{ mg/dl}$  festgestellt, muss unbedingt Urinaceton gemessen werden. Der entscheidende Parameter, ob Sport durchgeführt werden darf oder nicht, ist nicht die Höhe des Blutzuckerwertes, sondern das mögliche Vorhandensein von Ketonkörpern.

Sollte der Ketontest positiv (2-3-fach positiv) ausfallen, darf keine körperliche Aktivität ausgeübt werden, da dann eine metabolische Entgleisung im Sinne einer Ketoazidose vorliegt. Es müssen dann sofort alle erforderlichen Maßnahmen zur Therapie der Ketoazidose durchgeführt werden (Insulinkorrektur, ausreichende Flüssigkeitsaufnahme in Form von Wasser, Nahrungskarenz). Liegt der Blutzucker im Normbereich und werden Ausdauerbelastungen von ca. 30% der maximalen Leistungsfähigkeit geplant, empfiehlt sich eine Insulindosisreduktion um 2 IE/Std. Ebenso kann belastungsabhängig (20%) bis zu 60% der Tagesinsulindosis oder eine Zufuhr von 20-30g Glucoseäquivalent pro Stunde Sport erfolgen. Bei

kurzfristigen, ungeplanten Aktivitäten bleibt nur die Zufuhr zusätzlicher Kohlenhydrate. Ein Blutzuckerwert vor Sport von ca. 150 mg/dl ist anstreben.

## 2. Athleten mit Diabetes Typ I beim Ironman Germany 2005 - 2007

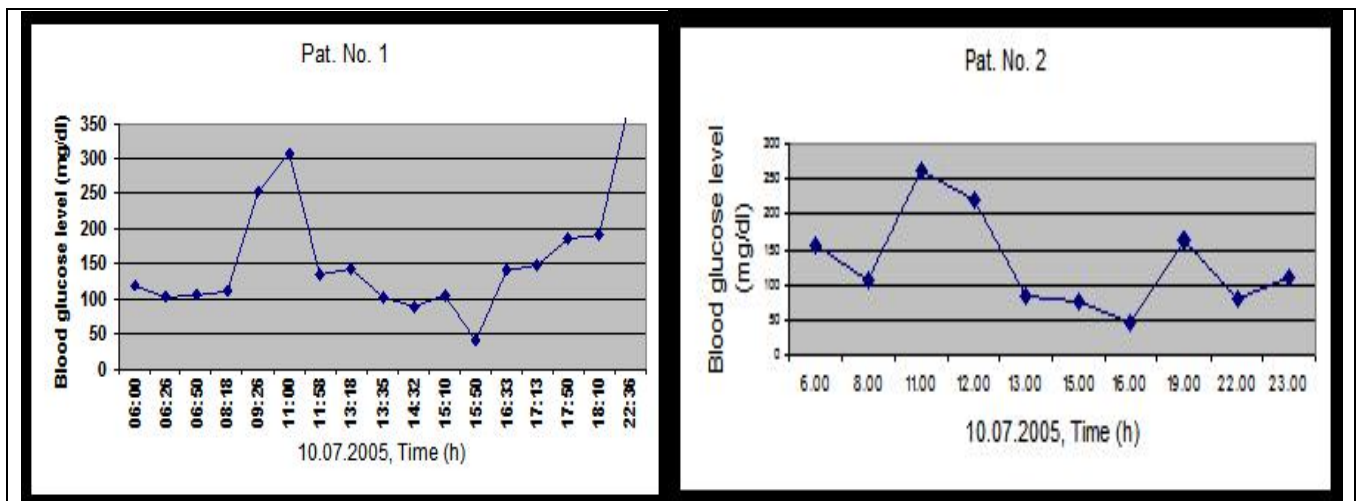
(BOEHNKE, S., POETTGEN, K., MASER-GLUTH, C., REUSCH, J., BOEHNKE, WH., BADENHOP, K., 2009)

Da eine Langdistanz-Triathlon eine extreme Herausforderung an die aerobe Ausdauerleistung sowie an den Glukose- und Flüssigkeitshaushalt der Athleten darstellt, (2,3) begleiteten wir von 2005 bis 2007 10 männliche Athleten im Alter von 32 – 61 Jahren und einer Krankheitsdauer von 2–35 Jahren.

*Tab. 1: Teilnehmer und Finisher mit Diabetes Typ 1 über verschiedene Ironmandistanzen*

Jahr	Teilnehmer Frankfurt	Ironman Frankfurt	Ironman Wiesbaden	70.3	Finisher Wiesbaden
2005	10	9			
2006	5	5			
2007	3	2			
2008	3	2			
2009	4	4	9		8

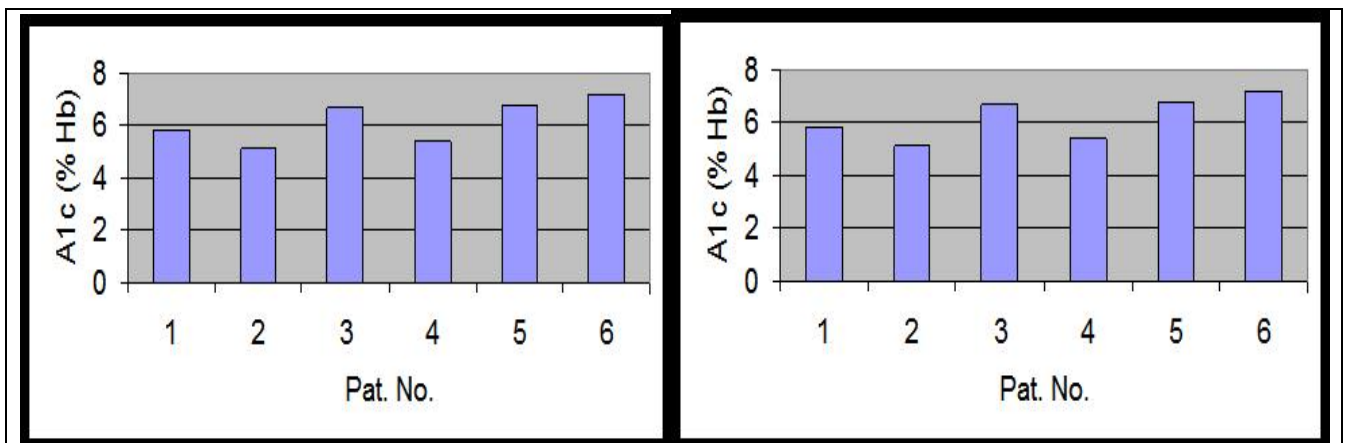
Für den Wettkampf reduzierten die Athleten die Basalinsulindosis um 30–50%. Die während des Rennens benötigte Dosis pro 12 g Kohlenhydrate variierte zwischen 0 und 1 Einheit eines schnell wirksamen Insulin-Analogons. Auf der ersten Hälfte der Radstrecke 2005 entwickelten die Athleten unserer Kohorte eine Hyperglykämie. Bei allen 9 Teilnehmern kam es während des abschließenden Marathons zu niedrigen Blutzuckerwerten, bzw. einer Hypoglykämie, definiert als  $< 60$  mg/dl im Kapillarblut, die bis zur Zielankunft wieder ausgeglichen wurde (Abb.1). In der Nacht nach dem Wettkampf erfolgte eine Basalinsulin-Reduktion von 20–40%. 2007 wurde ein transmittergestütztes System getestet um das Blutzuckermonitoring während des Wettkampfes zu optimieren. Die auf der Radstrecke ermittelten Blutzuckerwerte wurden auf den Computer des im Wettkampfbüro stationierten Mannschaftsarztes übertragen, der dann über Handy mit dem Athleten die Adaptation der Insulindosis sowie der Kohlenhydrataufnahme besprach. Somit konnten die hohen Glukosewerte (kein Wert  $> 250$  mg/dl) auf der Radstrecke begrenzt werden.



**Abb. 1:** Typischer Blutzuckerverlauf während des Ironman Germany 2005 zweier Athleten mit Typ I Diabetes. Beim Rad fahren wurden hohe BZ-Werte und beim Laufen sehr niedrige bis hin zur Hypoglykämie beobachtet

## 2.1 Projekt 2005-2007

- Alle Studienteilnehmer erfüllten die Diagnosekriterien der American Diabetes Association (ADA) bzw. der Deutschen Diabetes Gesellschaft (DDG)
- Monitoring von 10 Typ I Diabetikern; Alter (32-61)
- Standardisierte Fragen wurden von 6 Athleten vervollständigt
- BZ-Werte und KH Aufnahme wurden dokumentiert
- Alle hatten Marathon oder Kurzdistanz-Triathlon Erfahrung
- Aktuelle Therapie: Intensivierte (ICT) (3/6 Injektionen, 3/6 Insulin Pumpe). Insulinsekretion differierte von nicht nachweisbarem Level des C-Peptid (3/6) bis zu Restfunktionen der Pankreas (3/6)



**Abb. 2:** HbA1 Werte der Athleten mit Typ I Diabetes und Dauer der Erkrankung beim Ironman Germany 2005

## 2.2 Ergebnisse 2005

- 9 von 10 Athleten erreichten das Ziel (10:45 - 14:53h). (94% Gesamtfinisherrate Ironman)
- 1l/h Flüssigkeitsaufnahme (13 Liter im Durchschnitt)
- 24-48 g KH wurden pro Stunde aufgenommen, Gesamtaufnahme ca. 540g KH.
- Reduktion der basalen Insulin Zufuhr bei Athleten mit Insulinpumpen 30-50%, für andere Athleten Basal Insulin Gabe Reduktion um 70%.
- Insulindosierung für 12g KH variierte von 0,5–1 units von Sofortinsulin.
- Die Athleten unserer Kohorte entwickelten eine Hyperglykämie auf der ersten Hälfte der Radstrecke.
- Bei allen 9 Teilnehmern kam es während des abschließenden Marathons zu niedrigen BZ-Werten bzw. einer Hypoglykämie, definiert als  $< 60$  mg/dl im Kapillarblut, welche zur Zielankunft wieder ausgeglichen war. (Abb.1)
- In der Nacht nach dem Wettkampf erfolgte eine Basalinsulin-Reduktion von 20–40%.
- 6 von 6 Athleten zeigten beim Marathon niedrige Glucosewerte (Hypoglykämie; niedrigster Wert 49 mg/dl)
- 3 von 9 Finishern erhielten Infusionen wegen klinischen Zeichen einer Dehydration (Im Gesamtteilnehmerfeld waren es 27%).
- Abdominale Beschwerden traten bei 5 von 6 Athleten auf sowie bei 2 von 6 Muskelkrämpfe beim Radfahren.
- Gesamtfeld: Bei 1843 Starter wurden 56 medizinische Behandlungen mit abdominalen Störungen oder Erbrechen registriert
- Damit scheinen die Probleme bei Diabetikern höher zu sein.

## 2.2 Hormonprofile während des Wettkampfes

2006 wurden hormonelle Einflüsse an 5 diabetischen Athleten und 5 altersgleichen nicht-diabetischen Athleten untersucht. Beide Gruppen zeigten ähnliche Hormonprofile. Der Anstieg von Kortisol, ACTH, Katecholaminen und hGH als Zeichen einer Stressreaktion der hypothalamischhypophysären sowie der hypophysär-adrenalen Achse ist als Effekt von Ausdauertraining zu werten (URHAUSEN, A. et al., 1995;). Der Abfall des Testosterons nach dem Rennen wird ebenfalls nach großen Trainingsumfängen und Langdistanzwettkämpfen beschrieben. (FERNANDEZ-GARCIA, B. et. al., 2002;).

## 3. Ironman Germany 2006 - Diabetes & Hormone -

5 Athleten mit Diabetes mellitus Typ I und 5 gesunde Kontrollen wurden im Rahmen des Ironman Germany Triathlon 2006 untersucht. Es wurde ein standardisierte Fragebogen ausgefüllt, Blutzucker gemessen und Kohlenhydrataufnahme erfasst. Zudem wurden Hormone in Blut und Speichel 1 Tag vor, während und unmittelbar nach dem Wettkampf bestimmt.

### 3.1 Ergebnisse:

- Das Alter variierte zwischen 34-43 Jahre
- Die Diabetesdauer betrug 2-35 Jahre (Abb.2)
- HbA1c Werte lagen zwischen 5.8 und 7.8%Hb. (Abb.2)
- Alle verwendeten die Intensivierte Therapie (4/5 ICT, 1/5 CSII/ Pumpe).
- Kein Diabetiker wies diabetische Folgeerkrankungen auf.
- Alle Athleten finishten.
- Die Zeiten erstreckten sich von 10:25 bis zu 11:49h und deckten sich somit mit dem gesamten Feld.
- Der durchschnittliche Flüssigkeitsverbrauch lag bei 1,5-2l/h.
- Die Reduktion des Basalinsulins am Wettkampftag betrug bis zu 40%.
- ACTH und Cortisol stiegen in Serum und Speichel an, zeigten aber deutlich unterschiedliche Stresslevel, ebenso wie HGH und Katecholamine
- Das Speichelcortisol korrespondierte mit den Serumwerten.
- Die Testosteronspiegel nach dem Wettkampf waren überwiegend vermindert.
- Renin und Aldosteron zeigte bei 3 Athleten mit langer Diabetesdauer keinen adäquaten Anstieg.
- In der gesamten Gruppe trat keine Hyponatriämie auf.  
(Diabetiker 138 – 144 mmol/l; Nicht-Diabetiker 140 – 147 mmol/l).
- Die Testosteron/Cortisol Ratio scheint mit der Leistungsfähigkeit zu korrelieren.

Der höchste Quotient fand sich bei einem nichtdiabetischen Athleten, welcher von den hier untersuchten Teilnehmern die schnellsten Rennzeiten aufwies und sich für die Weltmeisterschaft Hawaii qualifizieren konnte. Den niedrigsten Quotienten wies ein diabetischer Athlet mit vergleichsweise schlechter Blutzucker-Einstellung auf (84,9 vs. 14,1).

### 4. Ironman Germany 2007 - Blutzucker-Monitoring

- Ziel: optimieren des Blutzucker-Monitoring während des Wettkampfes
- Test eines transmittergestütztes System
- Auf der Radstrecke : Blutzuckerwerte wurden auf den Computer des im Wettkampfbüro stationierten Mannschaftsarztes übertragen, der dann über Handy mit dem Athleten die Adaptation der Insulindosis sowie der Kohlenhydrataufnahme besprach.
- die in den Jahren zuvor aufgetretenen hohen Glukosewerte beim Radfahren wurden verringert. (kein Wert > 250 mg/dl).
- in der Regel genügte eine geringgradige Insulin-Dosisanpassung von wenigen Einheiten.

### Literatur:

BOEHNKE, S., POETTGEN, K., MASER-GLUTH, C., REUSCH, J., BOEHNKE, WH., BADENHOP, K. (2009). Endurance capabilities of triathlon competitors with

type 1 diabetes mellitus Dtsch Med Wochenschr. 2009 Apr;134(14):677-82. Epub 2009 Mar 24. German.

FERNANDEZ-GARCIA, B., LUCIA, A., HOYOS, J., CHICHARRO, JL., RODRIGEZ-ALONSO, M., BAN-DRES, F., TERRADOS, N. (2002). The response of sexual and stress hormones of male pro-cyclists during continuous intense competition. Int J Sports Med 2002; 23 (8): 555–560

URHAUSEN, A., GABRIEL, H., KINDERMANN., W.(1995). Blood hormones as markers of training stress and exercise. Sports Med 1995; 20 (4): 251–276