

Diplomarbeit

**Glucotab® –
Ein Decision-Support-System**

eingereicht von
Maximilian Heinrich Sagmeister

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der
Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am
**Landeskrankenhaus – Universitätsklinikum Graz
Klinische Abteilung für Endokrinologie und Diabetologie**

unter der Anleitung von
**Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Julia Mader
Priv.-Doz. Mag. Dr. Gerald Sendlhofer**

Graz, 25.04.2021

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 25.04.2021

Maximilian Sagmeister e.h.

Danksagungen

Ganz besonders bedanken möchte ich mich zunächst bei meiner Diplomarbeitsbetreuerin Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Julia Mader und meinem Diplomarbeitsbetreuer Priv.-Doz. Mag. Dr. Gerald Sendlhofer, welche für mich beide eine große Unterstützung und jederzeit für Fragen offen waren.

Des Weiteren möchte ich mich bei DI Dr. Peter Beck, Haris Ziko und Tina Pöttler bedanken, die ebenfalls eine große Unterstützung waren und mir vor allem bei technischen Fragen zur Seite standen.

Außerdem möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, welche immer hinter mir steht.

Und letztendlich möchte ich mich besonders bei meiner Schwester bedanken, ohne die ich nicht die Person wäre, die ich heute bin. Heidi, wie du mir, so ich dir: Diese Arbeit ist dir gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	1
Glossar und Abkürzungen	4
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	7
Zusammenfassung.....	8
Abstract.....	10
1 Einleitung	11
1.1 Einführung.....	11
1.2 Typen des Diabetes mellitus	11
1.2.1 Diabetes mellitus Typ 1	11
1.2.2 Diabetes mellitus Typ 2	12
1.2.3 Spezifische Diabetesformen	12
1.2.4 Gestationsdiabetes	13
1.3 Diagnostik	13
1.4 Prävalenz der Diabetes-Erkrankungen.....	14
1.5 Klinisches Bild und Begleiterscheinungen des Diabetes mellitus.....	14
1.6 Mortalität bei Diabetes mellitus	17
1.7 Therapie des Diabetes mellitus und der Hyperglykämien im Krankenhaus.....	19
1.7.1 Nicht - medikamentöse Therapie	19
1.7.2 Orale Antidiabetika	19
1.7.3 Insulintherapie	20
1.7.4 Weitere therapeutische Maßnahmen.....	23
1.8 Blutzuckerziele im Krankenhaus	23
1.9 Diabetesmanagement bei chirurgischen Interventionen.....	24
1.10 GlucoTab ®.....	25
2 Material und Methoden.....	27
3 Ergebnis	32
3.1 Baseline-Charakteristika aller Patient*innen	32
3.2 Vergleichsgruppen der CKPL	33
3.3 Vergleichsgruppen der CKTX	39

3.4 Übersicht aller Vergleichsgruppen:	43
3.5 Verlauf während des stationären Aufenthalts aller Vergleichsgruppen	43
3.6 Patient*innen mit Bolusinsulin an der CKTX	46
4 Diskussion	50
5 Literaturverzeichnis	59

Glossar und Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ADA	American Diabetes Association
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
BG	Blutglukose
BIT	Basalinsulin unterstützte Therapie
BOT	Basalunterstützte orale Therapie
BZ	Blutzucker
CKPL	Klinische Abteilung für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie
CKTX	Klinische Abteilung für Transplantationschirurgie
cm	Zentimeter
CT	Konventionelle Insulintherapie
CT-Gruppe	Gruppe Custom-Therapie
CT-Therapie	Therapie ohne Entscheidungsunterstützung
DPP-4	Dipeptidylpeptidase IV
DS	Decision Support
DS-Gruppe	Gruppe Decision-Support-Therapie
DS-Therapie	Therapie mit Entscheidungsunterstützung
DSS	Decision-Support-System
EKG	Elektrokardiogramm
GLP1	Glucagon like Peptide 1
HbA1c	Hämoglobin A1c
HDL	High Density Lipoprotein
HIV	Humanes Immundefizienz Virus
I.E.	Internationale Einheiten
I.E./kg	Internationale Einheiten pro Kilogramm
I.E./mg/dl	Internationale Einheiten pro Milligramm pro Deziliter

IIT	Intensivierte Insulintherapie
I.U.	International Units
kg	Kilogramm
kg/m ²	Kilogramm pro Quadratmeter
LDL	Low-density lipoprotein
m	männlich
mg/dl	Milligramm pro Deziliter
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mmol/mol	Millimol pro Mol
n	Patient*innenanzahl
NICE	National Institute for Health and Care Excellence
OAD	Orales Antidiabetikum
PIT	Prandiale Insulintherapie
SGLT2	Sodium glucose linked transporter 2
Tab.	Tabelle
TH 0 – 5	Therapiegruppe 0 – 5
w	weiblich

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verteilung der Glukosewerte der CT-Therapie der CKPL in mg/dl	38
Abb. 2: Verteilung der Glukosewerte der DS-Therapie der CKPL in mg/dl	39
Abb. 3: Verteilung der Glukosewerte der CT-Therapie der CKTX in mg/dl	41
Abb. 4: Verteilung der Glukosewerte der DS-Therapie der CKTX in mg/dl	42
Abb. 5: Verlauf der Glukosewerte und Insulindosierung der CKPL	45
Abb. 6: Verlauf der Glukosewerte und Insulindosierung der CKTX	46
Abb. 7: Verteilung der gemessenen Glukosewerte während der Tage in GlucoTab® in mg/dl	48

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vergleich der Mortalität bei verschiedenen Formen des Diabetes mellitus nach National Diabetes Audit	17
Tab. 2: Baseline-Charakteristika aller Patient*innen	32
Tab. 3: Baseline-Charakteristika der Vergleichsgruppen der CKPL	33
Tab. 4: Baseline-Charakteristika der Vergleichsgruppen der CKTX	34
Tab. 5: Diabetesmanagement und glykämische Kontrolle von CT und DS der CKPL	35
Tab. 6: Diabetesmanagement und glykämische Kontrolle von CT und DS der CKTX	40
Tab. 7: Überblick über die durchschnittlichen Glukosewerte inklusive Standardabweichung aller Therapiegruppen beider Abteilungen im mg/dl	43
Tab. 8: Baseline-Charakteristika der Korrekturschema Patient*innen der CKTX	47
Tab. 9: Glukosewerte der Patient*innen der CKTX mit Korrekturschema	48

Zusammenfassung

Einführung Aufgrund der möglichen unmittelbaren sowie Langzeitschäden einer inadäquaten Diabeteseinstellung bei Personen mit Diabetes mellitus ist eine optimale Blutzuckereinstellung umso wichtiger. Zur Unterstützung des Gesundheitspersonals wurde deshalb GlucoTab[®] als Decision-Support-System entwickelt und bereits an mehreren klinischen Abteilungen angewandt. Um den Effekt der entscheidungsunterstützten Therapie durch GlucoTab[®] zu überprüfen, erfolgte die Etablierung an zwei chirurgischen Abteilungen des Landesuniversitätsklinikum Graz und daraufhin die Datenauswertung mit Fokus auf die entscheidungsunterstützte Therapie.

Material und Methoden Zunächst erfolgte die Aushebung der Daten aus GlucoTab[®] und dem internen Dokumentationsprogramm openMedocs[®]. Es wurden Vergleichsgruppen erstellt, um ein homogenes Patient*innenkollektiv zu schaffen und einen Vergleich zwischen den Abteilungen, Klinische Abteilung für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie (CKPL) und Klinische Abteilung für Transplantationschirurgie (CKTX), sowie den Therapiegruppen, Decision Support-Gruppe (DS) und Custom-Therapie Gruppe (CT-Gruppe) zu ermöglichen. Daraufhin folgten die Erstellung der Statistiken sowie die Berechnung der mittleren Glukosewerte. Auch wurden die Diabetestherapie sowie die Anzahl der Hypoglykämien miteinbezogen.

Ergebnis An der CKPL zeigt sich in der DS-Gruppe eine mittlere Glukose von 171 ± 19 mg/dl und in der CT-Gruppe von 174 ± 31 mg/dl, an der CKTX 186 ± 24 mg/dl in der DS-Gruppe und 191 ± 44 mg/dl in der CT-Gruppe. Eine Hypoglykämie an der CKPL trat bei der DS-Gruppe bei 0,8% von 622 Messungen auf, bei der CT-Gruppe bei 0,92% von 982 Messungen. An der CKTX liegen diese Werte bei 0,5% und 199 Messungen für die DS-Gruppe sowie 0,57% bei 2274 Messungen für die CT-Gruppe.

Diskussion Bei der Etablierung eines Decision-Support-Systems zeigen sich minimal niedrigere Glukosewerte mit geringerer Variabilität an beiden Abteilungen im Vergleich zur CT-Gruppe. Der Zielbereich zwischen 70 und 180 mg/dl wurde jedoch im Durchschnitt nur an der CKPL erreicht. Die Anzahl der Hypoglykämien zeigte sich ebenfalls an beiden Abteilungen in der DS-Gruppe als geringer. Es

empfiehlt sich eine bessere Schulung des Gesundheitspersonals, um geeignete Patient*innen für GlucoTab® zu finden und eine häufigere Anwendung und eine damit verbundene verbesserte Glukosekontrolle zu erreichen.

Abstract

Introduction Due to possible short- and long-term consequences of insufficient glycaemic control in people with diabetes mellitus, an optimal therapy is of particular attention. To support health care workers, GlucoTab[®] was therefore created as a decision-support system and has already been established at different clinical departments. In order to investigate the effect of GlucoTab[®], two surgical departments from the University Hospital Graz have been selected and data were evaluated, focusing in particular to the decision-support therapy.

Material and methods First, data were collected from GlucoTab[®] system and the electronic health record, openMedocs[®]. Comparative groups were created in order to have a homogeneous patient collective and to enable a comparison between departments, the division of Plastic, Aesthetic and Reconstructive Surgery and the division of Transplantation surgery, and treatment groups, decision Support-Group (DS-group) and Custom Therapy-group (CT-group)). This was followed by compilation of statistics and calculation of average glucose values. The diabetes-specific therapy with focus on insulin therapy and the number of hypoglycaemic events were also investigated.

Result At CKPL mean BG was 171 ± 19 mg/dl (DS-group) and 174 ± 31 mg/dl (CT-group). At CKTX mean BG was 186 ± 24 mg/dl (DS-group) and 191 ± 44 mg/dl (CT-group). At CKPL hypoglycaemic events occurred in 0.8% with 622 measurements (DS-group) and in 0.92% with 982 measurements (CT-group). At CKTX, these hypoglycaemic events were 0.5% with 199 measurements (DS-group) and 0.57% with 2274 measurements (CT-group)

Discussion When using a decision-support-system slightly lower BG values with less variability could be achieved at both departments compared to custom therapy. However, glycaemic targets (between 70 and 180 mg/dl) were only met in the CKPL. Rates of hypoglycaemia were lower when the DS component was used. More training of health care workers is required to select suitable patients and to initiate DSS more frequently to enable improved glycaemic control.

1 Einleitung

1.1 Einführung

Diabetes mellitus ist eine chronische Erkrankung, mit welcher man sehr häufig im klinischen Alltag konfrontiert wird. Neben der möglichst frühen Diagnosestellung ist auch eine adäquate Therapie besonders wichtig, da es sonst zu kurz- und langfristigen Schäden kommen kann.

Diabetes mellitus ist eine Gruppe heterogener Erkrankungen, welche eine chronische Hyperglykämie als Merkmal hat. Ursachen sind entweder eine gestörte Insulinsekretion oder Insulinwirkung, aber auch die Kombination beider Pathophysiologien. Unterschieden wird zwischen Diabetes mellitus Typ 1, Diabetes mellitus Typ 2, anderen spezifischen Diabetesformen sowie dem Gestationsdiabetes.

Die Diagnosestellung erfolgt anhand des Nüchtern-Blutzuckers (Normwert: <100 mg/dl), des oralen Glukosetoleranztests (normaler 2-Stunden-Wert: 140 bis 199 mg/dl), sowie des HbA1c (Normwert: < 5,7% bei Personen ohne Diabetes mellitus). Laut der amerikanischen Diabetesgesellschaft (ADA) liegt der Zielbereich der Blutglukose zwischen 70 und 180 mg/dl. Ein erhöhter Wert liegt zwischen 180 und 250 mg/dl, von einem stark erhöhten Wert spricht man ab Werten über 250 mg/dl. Eine Hypoglykämie ist definiert ab einem Glukosewert von unter 70 mg/dl und wird in drei Grade eingeteilt. Grad 1 geht von den Werten <70 bis >54 mg/dl, Grad 2 von Werten <54 mg/dl, und von Grad 3 wird bei Hypoglykämien gesprochen, welche durch die Betroffenen nicht mehr selbstständig behandelt werden können und durch eine Veränderung des geistigen sowie körperlichen Zustandes gekennzeichnet sind. (1–3)

1.2 Typen des Diabetes mellitus

1.2.1 Diabetes mellitus Typ 1

Diabetes mellitus Typ 1 wird durch eine Autoimmunerkrankung hervorgerufen, wobei es zu einer T-Zell-vermittelten Störung der Betazellen des Pankreas und folglich zu einem absoluten Insulinmangel kommt. Die Erkrankung tritt vermehrt im

jungen Lebensalter auf, und der Auslöser für diese Reaktion ist häufig eine vorangegangene Virusinfektion. Dieser Typ kann in jedem Alter auftreten, der Verlauf zeigt sich jedoch im Erwachsenenalter, verglichen mit jüngeren Betroffenen, verlangsamt.

Diabetes mellitus Typ 1 betrifft circa zehn Prozent aller an Diabetes erkrankten Personen. (1, 4, 5)

1.2.2 Diabetes mellitus Typ 2

Diabetes mellitus Typ 2 ist die häufigste Form des Diabetes mellitus. Es kommt zu einer Kombination aus einer Beta-Zell-Dysfunktion, einer mangelnden Glukagon-Suppression und einer Insulinresistenz. Die zweigipfligen Antworten der Insulinausschüttung sind gestört, und es kommt zu einem relativen Insulinmangel. Dieser Typ entsteht häufig erst im Erwachsenenalter und steht stark mit dem metabolischen Syndrom im Zusammenhang. Dies besteht aus fünf Risikofaktoren: erhöhte Blutzuckerwerte, erhöhte Blutfettwerte, Übergewicht, zu niedrige HDL-Werte und arterielle Hypertonie. Treten mindestens drei Risikofaktoren auf, spricht man vom metabolischen Syndrom. (1, 4, 5)

1.2.3 Spezifische Diabetesformen

Ursachen für diese Diabetesformen sind unter anderem Erkrankungen des exokrinen Pankreas, wie zum Beispiel Pankreatitis, Tumore, Traumata und Operationen. Außerdem kann es aufgrund von Erkrankungen endokriner Organe (Cushing-Syndrom, Akromegalie) dazu kommen. Zusätzlich kann der Typ medikamentös-chemisch (zum Beispiel durch Glukokortikoide, HIV/AIDS-Therapie, Alpha-Interferone) sowie durch Defekte der Insulinsekretion (zum Beispiel Formen des Maturity Onset Diabetes of the Young) und der Insulinwirkung (lipoatropher Diabetes) entstehen. Auch andere genetische Syndrome, wie das Klinefelter-Syndrom und Turner-Syndrom, Infektionen (kongenitale Röteln) und autoimmun vermittelter Diabetes (Stiff-man-Syndrom) tragen zur Entstehung bei. (1, 2)

Einen besonderen Stellenwert, vor allem bei Patient*innen, welche auf einer Abteilung für Transplantationschirurgie behandelt wurden, hat der durch

Glukokortikoide induzierte Diabetes. So zeigen Patient*innen, welche im Vorhinein nicht an Diabetes erkrankt waren, bei einer relevanten Dosis von Glukokortikoiden in 32,6% der Fälle einen erhöhten Glukosewert. Die empfohlenen Glukose-Zielwerte, welche erreicht werden sollten, unterscheiden sich jedoch nicht im Vergleich zu anderen Diabetes-Typen. (6, 7)

1.2.4 Gestationsdiabetes

Dieser Typ des Diabetes steht im Zusammenhang mit einer erstmals in der Schwangerschaft auftretenden Glukosetoleranzstörung. Es sind zwischen sieben und zwanzig Prozent aller Schwangeren betroffen. Die Krankheit verschwindet zwar nach Beendigung der Schwangerschaft meist, die Wahrscheinlichkeit, im weiteren Lebensverlauf an einem Diabetes mellitus Typ 2 zu erkranken, beträgt danach jedoch über 50 Prozent. (1, 8)

1.3 Diagnostik

Bei der Diagnostik eines Diabetes mellitus spielen mehrere Faktoren eine wichtige Rolle. Zur Standarddiagnostik gehören die Nicht-nüchtern-Glukose, die Nüchternglukose, der 2-Stunden-Glukosewert nach 75 Gramm oraler Glukosegabe im Toleranz-Test sowie der HbA1c. Die Erkrankung kann diagnostiziert werden, wenn ein Test positiv ist sowie ein deutliches klinisches Bild der Erkrankung vorliegt. Nach der ADA kann ein Diabetes auch dann diagnostiziert werden, wenn zwei positive Testergebnisse, entweder durch zweimalige Durchführung derselben Untersuchung oder von zwei unterschiedlichen Untersuchungen, vorliegen.

Bei der Nicht-nüchtern-Glukose spricht man von einem positiven Test, wenn diese über 200 mg/dl liegt und typische Symptome einer Hyperglykämie vorhanden sind. Die Nüchternglukose wird als positiver Test angesehen, wenn der Wert größer als 126 mg/dl ist. Als nüchtern werden Personen dann bezeichnet, wenn sie zumindest für acht Stunden keine Kilokalorien zu sich genommen haben. Bei dem 2-Stunden-Glukosewert nach 75 Gramm oraler Glukosegabe im Glukose-Toleranz-Test geht man von einer Erkrankung aus, wenn der Wert größer als 200 mg/dl ist. Ein HbA1c gilt dann als pathologisch, wenn er größer als 6,5% beziehungsweise 48 mmol/mol ist.

Bei Personen, welche eine Organtransplantation erhalten haben, sollte ebenfalls postoperativ auf eine Hyperglykämie geachtet werden. Zur Diagnose eines Post-Transplant-Diabetes eignet sich laut der ADA am besten der 2-Stunden-Glukosewert nach 75 Gramm oraler Glukosegabe im Toleranz-Test. (7, 9, 10)

1.4 Prävalenz der Diabetes-Erkrankungen

Im Jahr 2015 waren weltweit circa 415 Millionen Menschen an Diabetes mellitus erkrankt. Dies bedeutet eine Prävalenz von 8,8 Prozent. Bis zum Jahr 2040 rechnet man mit circa 642 Millionen Erkrankten. Dies entspricht einer Prävalenz von ca. 10,4 Prozent der Gesamtbevölkerung. Auch die Anzahl der an Diabetes mellitus Typ 1 Erkrankten nimmt derzeit um circa drei Prozent pro Jahr zu. Auch in Ländern, welche den westlichen Lebensstil übernommen haben, steigt die Anzahl der erkrankten Personen an. So zeigt sich zum Beispiel in Indien bereits jetzt eine Prävalenz von zehn Prozent.

In Österreich liegt die Zahl der an Diabetes mellitus Erkrankten derzeit zwischen circa 515.000 und 809.000 Personen. Diese Zahl setzt sich aus den Personen zusammen, die von ihrer Erkrankung wissen, bezieht jedoch auch die geschätzte Anzahl derer ein, bei denen ein Diabetes mellitus noch nicht diagnostiziert wurde. (9, 11)

1.5 Klinisches Bild und Begleiterscheinungen des Diabetes mellitus

Während beim Diabetes mellitus Typ 1 Symptome recht früh auftreten, bleibt der Diabetes mellitus Typ 2 in vielen Fällen wegen der geringer ausgeprägten Symptomatik lange Zeit unbemerkt. Zu den unspezifischen Symptomen gehören unter anderem eine Leistungsminderung und Müdigkeit. Weitere häufige typische Symptome sind Polyurie und Polydipsie. Diese sind bedingt durch die Hyperglykämie. Im Unterschied dazu besteht beim Diabetes mellitus Typ 1 bei einer Zerstörung von 50 Prozent der Pankreasmasse ein akuter Insulinmangel mit begleitender Hyperglykämie. Die darauffolgende Anhäufung von extrazellulärer Glukose führt zu Hyperosmolarität. Da das Transportmaximum der Niere somit überschritten wird, kommt es zu vermehrter Glukose im Urin. Die Folgen sind ein

Wasser-, Natrium- und Kaliumverlust sowie gesteigertes Durstgefühl. Ein Symptom, welches im Zusammenhang mit Insulinmangel steht, ist der akute Gewichtsverlust, da vermehrt Fett und Proteine zur Energiegewinnung herangezogen werden müssen. Zusätzliche Allgemeinsymptome können – bei allen Diabetesformen bedingt durch die Hyperglykämie – auch Sehstörungen, Wadenkrämpfe, Pruritus, bakterielle oder mykotische Hautinfektionen sowie diabetische Gesichtsröte sein. (1, 4)

Ebenfalls kann der Insulinmangel zu einer Ketoazidose führen. Dabei sind besonders Personen mit Diabetes mellitus Typ 1 betroffen. Für Personen mit Diabetes mellitus Typ 2 ist das hyperosmolare Koma typisch. Ursachen einer Ketoazidose können eine fehlende exogene Insulinzufuhr (Erstmanifestation eines Diabetes mellitus, Unterlassen der Insulininjektion), eine ungenügende Insulinzufuhr (inadäquate Dosis, technische Fehler bei Dosierung oder Injektion) oder ein erhöhter Insulinbedarf (Infekte, Operationen, gastrointestinale Erkrankungen, Cortisontherapie) sein. Es kommt zur Kombination aus einer gesteigerten Lipolyse, einer verminderten Glukoseverwertung und zu einer Bildung von Ketonkörpern, welche folglich auch zu einer metabolischen Azidose führen. Zusätzlich gibt es eine erhöhte renale Glukoseausscheidung, die mit Exsikkose und Elektrolytentgleisung einhergeht. Symptome einer Ketoazidose können eine Kussmaul-Atmung, Dehydrationszeichen, Hypotonie, Tachykardie und Bewusstseinsintrübungen bis hin zur Bewusstlosigkeit sein. Im Labor sieht man eine Hyperglykämie (>350 mg/dl), eine Ketonurie, eine Ketonämie sowie eine metabolische Azidose mit einer erhöhten Anionenlücke. Beim hyperosmolaren Koma kombinieren sich verminderte periphere Glukoseutilitationen mit einer vermehrten hepatischen Glukosefreisetzung. Die Ketose wird dabei durch geringe Insulinmengen, welche die Lipolyse hemmen, verhindert. Die Symptome sind ähnlich der Ketoazidose, jedoch gibt es keine Kussmaul-Atmung. Laborchemisch findet man eine Hyperglykämie (>600 mg/dl), eine Hyperosmolarität und eine normale Anionenlücke. (1, 12)

Bei langjährig schlecht eingestelltem Diabetes mellitus können unspezifische Makroangiopathien und diabetesspezifische Mikroangiopathien auftreten. Eine Hyperglykämie steigert die Bildung von zuckerhaltigen Plasmaproteinen (Haptoglobin, Fibrinogen, Alpha-2-Makroglobulin) und den Gerinnungsfaktoren V

und VIII. Dies hat einen Einfluss auf die Viskosität und Blutgerinnung und führt zu einem erhöhten Thromboserisiko. (1, 4)

Zur Gruppe der Makroangiopathien gehören die koronare Herzkrankheit, die periphere und zerebrale arterielle Verschlusskrankheit sowie der ischämische Insult. 55 Prozent der Personen mit Diabetes mellitus versterben an einem Herzinfarkt, bei 80 Prozent der Todesfälle von Personen mit Diabetes mellitus Typ 2 ist die Ursache kardiovaskulär. (13)

Aufgrund der vermehrten Einlagerung von nicht - enzymatisch glykolysierten Proteinen, wie zum Beispiel Kollagen und Lipidproteinen, aber auch von gefäßwandtoxischen Stoffwechselprodukten wie zum Beispiel Sorbitol kommt es zu Wandveränderungen. Außerdem kommt es zu einer Verdickung der Basalmembran, da Insulin wachstumsfördernd auf glatte Muskelzellen wirkt. Die daraus folgende Gefäßwandstarre und Lumeneinengung kann einen arteriellen Hypertonus auslösen beziehungsweise diesen verstärken. (14)

Zur Gruppe der Mikroangiopathien gehören die diabetische Retinopathie, die diabetische Neuropathie, diabetische Nephropathie und die Mikroangiopathie der intramuralen kleinen Koronararterien. Im Rahmen der diabetischen Neuropathie kann es durch Fußdeformitäten und vermindertes Schmerzempfinden zu Mikroverletzungen und konsekutiv zum Auftreten von Fußulzera kommen. Eine Komplikation, mit welcher auch chirurgische Abteilungen konfrontiert sind, ist das diabetische Fußsyndrom. Es kommt zu einer Kombination aus peripheren polyneuropathischen Sensibilitätsstörungen und einer diabetischen Mikroangiopathie. Folglich entstehen häufig schmerzlose Fußulzera, welche meist erst bei bereits fortgeschrittenem Verlauf (im infizierten Stadium) bemerkt werden. (1, 14)

Umso wichtiger ist auch eine regelmäßige Kontrolle entscheidender Faktoren, welche den Langzeitverlauf beeinflussen. Dazu gehören neben einer regelmäßigen Überprüfung auf das Vorliegen einer Mikroalbuminurie auch das regelmäßige Schreiben eines EKGs bei arterieller Hypertonie sowie Herzerkrankungen. (9)

Aufgrund der häufigen Begleiterkrankungen kommt es auch zu notwendigen sowohl akut als auch geplanten Krankenhausaufenthalten. Im Vergleich zu Personen ohne Diabetes mellitus besteht ein Risiko für eine verlängerte Krankenhausaufenthaltsdauer, wenn diese mit ansonsten vergleichbaren Haupt-

und Nebendiagnosen stationär aufgenommen werden. Insbesondere bei schlecht eingestelltem Diabetes gibt es auch eine vermehrte Anzahl an postoperativen Komplikationen. (1, 2)

1.6 Mortalität bei Diabetes mellitus

Diabetes mellitus hat das höchste relative Todesrisiko für junge Menschen. Bei Personen unter 80 Jahren ist die Todesursache der Diabetes-Erkrankten häufiger kardiovaskulärer Ursache als bei Personen ohne diese Erkrankung. Ein Bericht des National Diabetes Audit aus den Jahren 2005 - 2015 zeigt, dass im Jahr 2015 57.814 Personen in England und Wales an Diabetes mellitus verstorben sind.

In Tabelle 1 ist eine detaillierte Statistik der Todesfälle durch Diabetes mellitus angeführt. Einerseits werden die Gesamttodesfälle durch Diabetes beschrieben, andererseits die Anzahl der an Diabetes mellitus Typ 1 und Typ 2 Verstorbenen. Das relative Todesrisiko für Personen, welche an Diabetes mellitus erkrankt sind, erhöht sich in jeder Altersgruppe und bei beiden Geschlechtern, zudem steigt es auch noch bei jungen Erkrankten an. Zusätzlich ist vor allem bei jungen Personen die Wahrscheinlichkeit höher, frühzeitig an kardiovaskulären Erkrankungen zu erkranken.

Diabetes-Typ	Patient*innen Anzahl	Anzahl Todesfälle	Zusätzliches Sterberisiko der Diabetes-Erkrankten in Prozent
Alle Diabetes-Typen	1.820.314	57.814	32,1%
Typ 1 Diabetes	161.871	2.248	127,8 %
Typ 2 Diabetes	1.620.784	54.026	28,4 %

Tabelle 1: Vergleich der Mortalität bei verschiedenen Formen des Diabetes mellitus nach National Diabetes Audit

Der zweite Teil des Berichts beschäftigt sich mit dem Outcome bei einer adäquaten diabetesspezifischen Therapie. In das Outcome wurden Herzversagen,

Nierenversagen oder Tod der Personen einbezogen. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Outcome und der konsequenten Therapie gibt. Die Therapie wurde nach dem NICE (National Institute for Health and Care Excellence) specified diabetes care process durchgeführt. Dabei ist bei Personen mit Diabetes mellitus Typ 2 als primäre Therapie eine nicht Insulin beinhaltende, blutzuckersenkende Monotherapie empfohlen. Der nächste Schritt beinhaltet die Gabe von zwei blutzuckersenkenden Präparaten, welche ebenfalls kein Insulin beinhalten. Dies wird auch als duale Therapie bezeichnet. Der nächste Schritt ist dann die Gabe von entweder drei nicht - insulinhaltigen Antidiabetika oder eine Therapie, welche die Gabe von Insulin beinhaltet. Dies wird auch als Triple-Therapie bezeichnet.

Bei der Studie des National Diabetes Audits aus dem Jahr 2013 wurden zwei Gruppen an Diabetes mellitus Erkrankten miteinander verglichen, eine Gruppe erhielt einen „full care process“, die andere einen „reduced care process“. Danach wurden der HbA1c, der Blutdruck und das Serum - Cholesterol ein Jahr und sieben Jahre später kontrolliert. Es kam sowohl zu einer verringerten Mortalität als auch zu einem verlangsamten Voranschreiten von Herzversagen und vaskulären Nierenschäden bei den Personen, welche den „full care process“ erhielten. Sowohl bei den Personen mit Diabetes mellitus Typ 1 als auch Typ 2 konnte nachgewiesen werden, dass die Sterblichkeit ohne adäquate Therapie höher ist. (15–17)

Weitere Studien, wie zum Beispiel von Jeremy Walker et al., veröffentlicht 2017, zeigen, dass bei Männern zwischen 80 und 89 Jahren die Lebenserwartung von Personen mit Diabetes mellitus Typ 2 im Vergleich zu Personen ohne Diabetes mellitus Typ 2 in denselben Altersgruppen geringer ist. (18)

Diese Statistiken zeigen, wie wichtig eine optimale Therapie für Personen mit Diabetes mellitus im Hinblick auf die Folgen der Erkrankung und der damit erhöhten Sterberate ist.

1.7 Therapie des Diabetes mellitus und der Hyperglykämien im Krankenhaus

Diabetes mellitus hat – auch in Abhängigkeit des zugrunde liegenden Diabetestyps – verschiedene Therapiemöglichkeiten und sollte optimal für jeden Betroffenen individuell und abhängig von der jeweiligen Situation sowie der Vorerkrankungen angepasst werden.

1.7.1 Nicht - medikamentöse Therapie

Die primäre, nicht - medikamentöse Therapie des Diabetes mellitus Typ 2 ist eine Ernährungsumstellung, eine Gewichtsnormalisierung (Reduktion der Kalorienaufnahme) sowie eine Steigerung der körperlichen Aktivität, welche mindestens 150 Minuten pro Woche betragen und eine Kombination aus Kraft- und Ausdauersport sein sollte. Dadurch soll die Glukoseaufnahme der Muskeln gesteigert werden. Ein wichtiger Faktor sind auch Patient*innenschulungen. Diese sollten zum Beispiel eine Aufklärung über die Krankheit sowie mögliche Begleiterkrankungen, Komplikationen, Ernährungsberatung und Therapieziele beinhalten. Auch die Vermeidung weiterer Risikofaktoren wie zum Beispiel Nikotin oder Alkohol sollte versucht werden. Eine nicht - medikamentöse Therapie soll auch immer unabhängig einer weiteren zusätzlichen medikamentösen Therapie fortgesetzt werden. (1, 9, 19)

1.7.2 Orale Antidiabetika

Orale Antidiabetika (OAD) sind die erste medikamentöse Wahl bei Diabetes mellitus Typ 2. Aufgrund des absoluten Insulinmangels bei Personen mit Typ 1 Diabetes ist diese Therapieform dort nicht indiziert.

Unterschieden wird bei OADs zwischen insulintropen und nicht - insulintropen Medikamenten. Insulintrope Medikamente wirken an den Beta-Zellen des Pankreas und sollen das Sekretionsdefizit behandeln. Dazu gehören zum Beispiel die Glinide, die Sulfonylharnstoffe und die DPP-4-Inhibitoren. Die nicht - insulintropen oralen Antidiabetika haben eine periphere Wirkung. Sie behandeln die Insulinresistenz und wirken, im Gegensatz zu den Insulintropen, vor allem im Frühstadium der

Erkrankung. Dazu gehören zum Beispiel die Biguanide (Metformin), SGLT2-Hemmer und Alpha-Glukosidase-Hemmer. Ein Vorteil dieser Medikamentengruppe ist auch, dass durch diese Medikamente selbst keine Hypoglykämiegefahr besteht. Eine Ausnahme besteht hierbei in Kombination mit Insulin. GLP1-Rezeptor Agonisten sind eine Sonderform und gehören zu den injizierbaren nicht-insulinartigen Antidiabetika.

Die Therapie mit oralen Antidiabetika folgt einem Stufenschema. Begonnen wird mit der Gabe eines OAD, meist Metformin. Dies hat eine hohe Evidenz und soll je nach Verträglichkeit aufdosiert werden.

Ist Metformin allein nicht ausreichend und wird der individuelle Zielwert des HbA1c nach drei bis sechs Monaten nicht erreicht, erfolgt die Kombination zweier OAD (häufig Metformin + GLP1-Rezeptoragonist oder SGLT2-Hemmer oder DPP-4-Inhibitor). Der Vorteil in dieser Therapie liegt darin, dass die Substanzen einzeln niedriger dosiert werden können und dadurch Nebenwirkungen der einzelnen Substanzen weniger häufig auftreten. Die nächste Therapiestufe ist die Kombination von drei oralen Antidiabetika oder die Kombination mit Insulin. Dabei sind verschiedene Varianten möglich. (1, 19, 20)

1.7.3 Insulintherapie

Eine Insulintherapie ist insbesondere dann indiziert, wenn durch die Gabe von OAD sowie nicht - medikamentöser Therapien das individuelle Therapieziel nicht erreicht werden kann. Auch Kontraindikationen gegen OADs sind eine Indikation für eine Insulintherapie. Ebenfalls kann eine akute hyperglykämische Entgleisung eine – zumindest kurzfristige – Insulintherapie nach sich ziehen. Bei der Therapie mit Insulin gibt es verschiedene Ansätze. Dabei gibt es zunächst die Basalunterstützte orale Therapie (BOT), wo es zu einer Kombination eines Basalinsulins mit oralen Antidiabetika kommt. Das Basalinsulin soll den Blutzucker über den Tagesverlauf konstant halten. Eine weitere Therapieform ist die konventionelle Insulintherapie (CT) mit Injektionen eines Mischinsulins, auch eine Kombination mit OADs ist möglich. Weiters gibt es die prandiale Insulintherapie (PIT), wo es zu einer Injektion von Bolusinsulinen vor der Nahrungsaufnahme kommt. Hierbei soll der erhöhte Bedarf an Insulin zu den Mahlzeiten abgedeckt werden. Auch hier kann noch eine zusätzliche Kombination mit OADs erfolgen. Eine weitere Therapieform ist die

intensivierte Insulintherapie (IIT). Es kommt zu einer Kombination aus Basalinsulin sowie Bolusinsulin, bei Bedarf in Kombination mit OAD. Außerdem zeigt sich durch eine IIT-Therapie im Vergleich mit der konventionellen Insulintherapie eine stärkere HbA1c-Absenkung. Unabhängig von der Therapie ist eine Schulung der Patient*innen essenziell. (1, 5, 19, 21).

1.7.3.1 Insulintypen

Unterschieden wird zwischen Basisinsulin, Bolusinsulin sowie Mischinsulin. Außerdem werden die Insuline zusätzlich je nach Zeitpunkt des Beginns und Dauer der Wirkung in Gruppen eingeteilt. Patient*innen bekommen je nach Bedarf getrennt voneinander ein sogenanntes Basisinsulin oder zusätzlich ein Bolusinsulin. Das Basisinsulin soll die basale Insulinsekretion Stoffwechselgesunder nachahmen und die Glukose über den Tagesverlauf im Fastenzustand konstant halten. Zusätzlich können Insuline als Bolusinsulin (= kurzwirksame Insuline) gegeben werden, wodurch der Insulinbedarf bei Nahrungsaufnahme abgedeckt werden soll. Außerdem gibt es auch Mischinsulin, welches eine Kombination aus Basis- sowie Bolusinsulin ist.

Zusätzlich wird bei Insulinen zwischen kurz wirksamen, wie zum Beispiel Insulin aspart, Insulin lispro und Humaninsulin, Verzögerungsinsulinen wie Neutrale-Protamin-Hagedorn-Insuline, und lang wirksamen Insulinen wie Insulin glargin oder Insulin detemir, Insulin glargin U300 und Insulin degludec unterschieden. Mischinsuline sind eine Kombination aus einem Normalinsulin sowie einem Verzögerungsinsulin. So kann es zum Beispiel zu einer Kombination aus Insulin aspart und Insulin aspart isophan oder Insulin human sowie Insulin human isophan kommen. Hierbei ist jedoch auch immer auf das Verhältnis der Wirkstoffe zu achten. Ein Mischinsulin wird meist mit einem Verhältnis angegeben, zum Beispiel 30/70. Dabei steht die 30 für 30 Anteile des Normalinsulins und die 70 für 70 Anteile des Verzögerungsinsulins.

Kurzwirksame Insuline haben einen ersten Wirkbeginn nach 10 bis 20 Minuten, ihr Wirkmaximum nach einer Stunde und eine Wirkdauer von circa 2 bis 5 Stunden. Verzögerungsinsuline wirken nach 60 bis 120 Minuten, haben ihr Maximum nach 4 bis 6 Stunden und eine Wirkdauer von 12 bis 46 Stunden. Der Wirkeintritt von lang

wirksamen Insulinen ist nach 60 bis 120 Minuten und sie haben eine Wirkdauer zwischen 20 und 30 Stunden.

Mischinsuline wirken je nach Mischverhältnis nach 10 bis 60 Minuten, haben ihr Maximum nach 4 bis 6 Stunden und wirken 12 bis 16 Stunden. Bei allen Insulinen besteht jedoch auch immer die Gefahr der Hypoglykämie, sofern die Dosis inadäquat hoch war.

Sollte trotz laufender Anpassung eine unzureichende Blutzuckereinstellung unter etablierter Insulintherapie bestehen, so werden die Insulindosen weiterhin bis zum Erreichen des Blutzucker-Zielwertes angepasst. Im Rahmen von stationären Aufenthalten kann auch eine intravenöse Gabe des Insulins in Betracht gezogen werden, zum Beispiel bei ausgeprägter Hyperglykämie, Ketoazidose oder perioperativ. (5, 19)

1.7.3.2 Insulinpumpe

Eine Sonderform der Insulintherapie ist die Insulinpumpentherapie. Die Insulinpumpe wird hierzu mit kurzwirksamem Insulin (Analoginsulin oder Humaninsulin) betrieben. Eine Insulinpumpentherapie wird vorwiegend bei Personen mit Diabetes mellitus Typ 1 eingesetzt und verabreicht subkutan eine kontinuierliche, bedarfsadaptierte Basalrate. Zusätzlich ist bei Mahlzeiten oder erhöhten Blutzuckerwerten eine Korrektur als Insulinbolusgabe über die Insulinpumpe möglich. Die Insulinpumpe (subkutane Insulintherapie) spielt besonders bei nicht kritisch kranken, hospitalisierten Patient*innen eine Rolle, welche ihre bestehende Insulinpumpentherapie im Krankenhaus fortsetzen können. Wichtig ist es außerdem, die Basalinsulintherapie vor Operationen nicht abzusetzen oder zu pausieren. (1, 19)

1.7.3.3 Insulinperfusor

Bei kritisch kranken Patient*innen sollte die intravenöse kontinuierliche Insulintherapie bevorzugt werden. Darunter zählen unter anderem Patient*innen der Intensivstation mit diabetischer Ketoazidose oder einer hyperglykämischen Entgleisung. Einerseits gibt es eine bessere Steuerbarkeit des Insulins, andererseits eine bessere kinetische Wirkung, wodurch schneller auf Entgleisungen reagiert werden kann. Die Verabreichung erfolgt über einen Perfusor mit 50 I.E. verdünnt mit 50 ml 0,9% Kochsalzlösung, die Flussrate ist abhängig vom

Blutzuckerspiegel. Bei Nahrungsaufnahme wird eine Broteinheit mit einer Insulineinheit intravenös kompensiert. Sollte im Verlauf die Therapie auf eine subkutane Gabe umgestellt werden, empfiehlt es sich, 50 Prozent der letzten intravenösen Tagesdosis als subkutane Startdosis des Basalinsulins zu verwenden. Meist ist ein Überlappen von Insulinperfusor und Basalinsulin über zwei Stunden unter stündlichen Kontrollen und gegebenenfalls Rücknahme der Perfusorrate sinnvoll, um eine neuerliche Entgleisung zu vermeiden. Zwei Stunden nach Verabreichung des Basalinsulins kann der Insulinperfusor dann meist gestoppt werden. (1, 5, 19)

1.7.4 Weitere therapeutische Maßnahmen

Es wird jedoch nicht nur die Therapie des Diabetes mellitus selbst, sondern auch der weiteren begleitenden Risikofaktoren empfohlen. Der Blutdruck sollte 130 mmHg nicht überschreiten. Bei älteren Patient*innen (Alter über 65 Jahre) kann der Blutdruckwert etwas höher angesetzt werden (zwischen 130 und 139 mmHg). Ebenfalls wichtig ist der Lipidstatus. So liegt der LDL-Zielwert bei Patient*innen mit hohem kardiovaskulärem Risiko unter 55 mg/dl. Allgemein lässt sich sagen, dass bei allen Patient*innen mit Diabetes mellitus zumindest ein LDL von unter 100 mg/dl angestrebt werden sollte. Bei aktiven Raucher*innen, welche an Diabetes erkrankt sind, wird Nikotinkarenz dringend empfohlen. Patient*innen mit hohem kardiovaskulärem Risiko sollten ebenfalls zusätzlich eine Therapie mittels Thrombozytenaggregationshemmer erhalten.(9)

1.8 Blutzuckerziele im Krankenhaus

Ein wichtiger Faktor im Krankenhaus ist es, herauszufinden, ob Patient*innen bereits an Diabetes mellitus erkrankt sind oder noch keine Vorgeschichte bezüglich dieser Erkrankung haben. Außerdem wird von der American Diabetes Association (ADA) eine HbA1c-Messung bei allen Patient*innen empfohlen, deren Blutglukose über 140 mg/dl liegt, unabhängig davon, ob sie an Diabetes erkrankt sind oder nicht. Zusätzlich sollten, falls vorhanden, das derzeitige Diabetesmanagement und das Ernährungsverhalten abgefragt werden.

Wenn die Zuckerwerte erhöht sind, ist eine Therapieanpassung anzustreben. Dies passiert entweder mit dem basalen Insulin und, falls bereits im Therapieplan, mit einer Steigerung der Dosis, ansonsten startet die Therapie bei 0,3 – 0,5 I.E./kg pro Tag. Der gleiche Vorgang kann auch mit dem prandialen Insulin stattfinden (Dosierung 0,05 - 0,10 I.E./kg/ Mahlzeit). Das Korrekturinsulin wird für einen Blutzucker über 150 mg/dl angewandt, die Dosierung ist 1 - 4 I.E./50 mg/dl.

Hauptziel der Therapie des Diabetes mellitus ist das Erreichen einer guten Diabeteseinstellung unter Vermeidung von Entgleisungen im Sinne von Hypo- und Hyperglykämien. Die Zielwerte des HbA1c können abhängig von Alter, Begleiterkrankungen, Therapie und Nebenwirkungen individuell gesetzt werden, schwanken aber zwischen 6,5% und 7,5%. Der HbA1c kann vor allem als Langzeitmarker für eine adäquate Therapie eines Diabetes mellitus gesehen werden und macht Aussagen über eine eventuell notwendige Anpassung einer Therapie möglich. (1, 19, 22, 23)

1.9 Diabetesmanagement bei chirurgischen Interventionen

Eine chirurgische Intervention stellt für die körperliche und seelische Gesundheit eine Ausnahmesituation dar. Umso wichtiger ist es deshalb, auf ein adäquates Management der Diabetestherapie zu achten. Faktoren, welche hierbei den Stoffwechsel beeinflussen, sind die Dauer sowie die Art des Eingriffs, eine hohe Anzahl an Medikamenten und der häufige Wechsel zwischen den einzelnen Abteilungen. Der letztgenannte Faktor entsteht vor allem durch Mangel an Kommunikation zwischen den betreuenden Einheiten untereinander. Ein weiterer Faktor ist auch eine ungenaue Dokumentation und Überlieferung der Patient*innendaten, vor allem bei händisch erstellten Dokumenten.

Auch intra- und postoperativ können, bedingt durch Diabetes, Komplikationen auftreten. Dazu gehören neben den allgemeinen Komplikationen einer Operation hypo- und hyperglykämische Entgleisungen, Wundheilungsstörungen und Wundinfektionen. Die perioperativen Glukosewerte sollten zwischen 140 und 180 mg/dl liegen. Eine Glukosewert von unter 110 mg/dl sollte perioperativ aufgrund der Hypoglykämie - Gefahr streng vermieden werden. (19, 24)

1.10 GlucoTab®

GlucoTab® ist ein Decision-Support-System (DSS), welches von der *decide Clinical Software GmbH* (Graz) entwickelt und in Vertrieb gebracht wurde und zur Unterstützung von Personal des Gesundheitswesens dienen soll. Es ist für das Blutzuckermanagement von Patient*innen, welche an Diabetes erkrankt sind, gedacht. Dabei schlägt es individuelle Dosierungen und Therapien für Diabetiker*innen vor. In diesem Zusammenhang berechnet es eine Insulindosis bei Therapiestart und passt diese täglich, abhängig von den gemessenen Glukosewerten, neu an. Eine Therapie kann aber auch ohne Entscheidungsunterstützung und nur durch die behandelnden Ärzt*innen verordnet und angepasst werden. Insgesamt können vier verschiedene Therapiearten eingetragen werden:

- GlucoTab® - Basis – Bolus - Therapie
- GlucoTab® - Basalinsulin (BOT/BIT) - Therapie
- Ärztliche Therapie
- Selbstmanagement

Auch kann mittels GlucoTab® ein Korrekturschema berechnet werden. Die Letztverantwortung über die Therapie obliegt aber trotzdem immer den behandelnden Ärzt*innen. (25)

GlucoTab® ist bereits an mehreren klinischen Abteilungen in Verwendung. Um jedoch den Effekt der Decision-Support Komponente zu überprüfen und herauszufinden, ob Unterschiede zwischen Personen mit Decision-Support im Vergleich zu Personen ohne Decision Support vorliegen, erfolgte die Etablierung an zwei chirurgischen Abteilungen, der Klinischen Abteilung für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie und an der Klinischen Abteilung für Transplantationschirurgie. In weiterer Folge wurde der Vergleich zwischen den Patient*innen mit Decision-Support gegen jene mit Custom-Therapie innerhalb der Abteilung, jedoch auch im Vergleich zur jeweiligen anderen Abteilung durchgeführt. Hierbei wurden klinisch relevante Parameter wie zum Beispiel Glukosewerte, Gewicht, Körpergröße, BMI, aber auch Aufenthaltsdauer, Vortherapie sowie Therapie während des Aufenthaltes miteinbezogen. Ebenso zeigten sich im Verlauf

der Studie einige Patient*innen, welche mittels Bolusinsulin zur Blutglukosekorrektur behandelt wurden. Diese Gruppe wurde zusätzlich ausgewertet.

2 Material und Methoden

Um die Therapie des Diabetes mellitus zu optimieren sowie hypo- und hyperglykämische Entgleisungen während des stationären Krankenhausaufenthaltes zu vermeiden, wurde am Universitätsklinikum Graz an zwei klinischen Abteilungen, an der Klinischen Abteilung für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie (CKPL) und an der Klinischen Abteilung für Transplantationschirurgie (CKTX), GlucoTab® als Decision-Support-System (DSS) eingeführt.

Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, ob durch die Implementierung von GlucoTab® ein sicheres Diabetesmanagement mit entsprechender Stoffwechselkontrolle möglich ist und ob sich Unterschiede zwischen einer freien Therapie (Custom-Therapie, CT-Gruppe) sowie einer Therapie mittels Decision Support (DS-Therapie, DS-Gruppe) zeigen.

Als CT wird jene Therapie bezeichnet, welche durch das ärztliche Personal vorgegeben wird und nicht mithilfe einer Entscheidungsunterstützung stattfindet. Als DS werden jene Therapien bezeichnet, welche durch GlucoTab® und somit mittels Entscheidungsunterstützungssystem vorgegeben werden. Die Dokumentation der jeweiligen Therapie und der Glukosewerte erfolgte aber in beiden Gruppen über GlucoTab®.

Um die Ergebnisse von GlucoTab® zu überprüfen, wurden dazu Daten von Patient*innen, welche eine Custom-Therapie erhalten haben, mit Patient*innen mit einer Therapie durch Hilfe von GlucoTab® verglichen.

Hierzu wurden zunächst sämtliche Daten der innerhalb des Zeitraums vom 1. Juli 2018 bis zum 30. September 2019 in GlucoTab® registrierten Patient*innen sowie dem krankenhausinternen Informationssystem Medocs® gesammelt und in weiterer Folge ausgewertet. Erhobene Parameter waren Alter in Jahren, Körpergröße in Zentimeter, Körpergewicht in Kilogramm, Body-Mass-Index, Aufnahmediagnose, Anzahl der Aufenthaltstage, Tage in GlucoTab®, Vortherapie, Therapie während des Aufenthaltes, Kreatininwert, HbA1c, Glukosewerte und ob und wann eine Operation während des Aufenthaltes stattgefunden hat.

Dabei waren innerhalb des Zeitraums insgesamt 461 Patient*innen in diesen beiden Abteilungen in GlucoTab® registriert, 109 davon an der Abteilung der CKPL, 352 an

der Abteilung der CKTX. Innerhalb der CKPL waren 97 (88,99%) Patient*innen in der Custom-Therapie, zehn (9,17%) in der Decision-Support-Therapie, ein Patient (0,92%) in beiden Therapien und ein Patient (0,92%) in keiner der beiden Therapien registriert.

Innerhalb der CKTX waren drei (0,85%) Patient*innen ausschließlich in der Decision-Support-Therapie registriert, elf (3,13%) Patient*innen waren in beiden Therapien registriert und 338 (96,02%) Patient*innen waren mittels Custom-Therapie eingetragen.

Die Vortherapie und Therapie während des Aufenthaltes wurden zur besseren Übersicht in fünf Kategorien eingeteilt:

Kategorie 0: Patient*innen, bei welchen keine Therapie dokumentiert wurde beziehungsweise keine Information über eine Vortherapie oder Aufenthaltstherapie vorhanden war.

Kategorie 1: Patient*innen, welche keine Vortherapie beziehungsweise Aufenthaltstherapie hatten und dies auch eindeutig dokumentiert ist.

Kategorie 2: Patient*innen, welche ausschließlich orale Antidiabetika oder GLP1-Antagonisten bekamen.

Kategorie 3: Patient*innen, welche eine Basalinsulintherapie mit oder ohne orale Antidiabetika erhielten. Patient*innen, welche einen Bolusinsulin zur Korrektur erhielten, wurden auch in diese Kategorie eingeteilt, sind jedoch nicht in die Vergleichsgruppen aufgenommen worden, sondern wurden extra ausgewertet.

Kategorie 4: Patient*innen, welche entweder eine Basis-Bolus-Therapie mit oder ohne orale Antidiabetika oder eine Therapie mit Mischinsulin mit oder ohne orale Antidiabetika erhielten.

Da sich aufgrund der vielen Parameter sowie der großen Patient*innenanzahl ein inhomogenes Kollektiv zeigte, wurden Einschlusskriterien festgelegt, um aussagekräftige Vergleichsgruppen zwischen Patient*innen mit Decision-Support gegen jene ohne Decision-Support erstellen zu können.

Patient*innen, welche in beiden Therapieformen registriert waren, können auch in beiden Therapiegruppen vorkommen, da einzelne Patient*innen während des Aufenthaltes auch die Therapiegruppe wechselten. Außerdem wurden nicht die

Patient*innen während des Aufenthalts einer Gruppe zugeordnet, sondern es wurde jeder einzelne Therapietag betrachtet und dieser dann der jeweiligen Therapiegruppe hinzugefügt. Diese wurden jedoch nur mit den Daten, welche innerhalb des Zeitraums der jeweiligen Therapie dokumentiert wurden, in die jeweilige Gruppe eingetragen.

Eingeschlossen in die Auswertung wurden in weiterer Folge nur Patient*innen, welche folgende Kriterien erfüllten:

- Diagnose eines Diabetes mellitus Typ 2
- Aufenthaltstherapie mit Insulin (mit oder ohne orale Antidiabetika), äquivalent mit Therapiegruppe 3 oder 4
- Mindestens vier Therapietage
- An mindestens drei Tagen zwei Glukosewerte oder zumindest zwei Glukosewerte pro Tageszeit an mehreren Tagen
- Ausreichende Dokumentation der Therapie sowie weiterer relevanter Daten während des stationären Aufenthaltes

Dabei mussten an der CKPL insgesamt 77 (70,64%) Patient*innen aus der Gruppe der Custom-Therapie ausgeschlossen werden (43 Patient*innen (55,84%) aufgrund von ausschließlicher OAD-Therapie, sieben (9,09%) aufgrund von zu wenig Aufenthaltstagen, fünf (6,49%) aufgrund von zu geringer Anzahl an Glukosemessungen, einer (1,30%) aufgrund mangelnder Datenlage, acht (10,39%) aufgrund des Diabetes-Typs und 13 (16,88%) aufgrund von fehlender Dokumentation der Therapie während des Aufenthaltes).

Bei der Gruppe der Decision-Support-Therapie musste an der CKPL keine Patient*in ausgeschlossen werden.

An der Abteilung der CKTX wurden dadurch 283 (80,40%) Patient*innen, welche in der Custom-Therapie registriert waren, nicht in die Vergleichsgruppe aufgenommen (zwei [0,71%] aufgrund von ausschließlicher Therapie mit oralen Antidiabetika, 132 [46,64%] aufgrund von fehlender Dokumentation einer Therapie, 27 [9,54%] aufgrund von zu wenigen Aufenthaltstagen, 16 [5,65%] aufgrund des Diabetes-Typs, 13 [4,59%] aufgrund einer zu geringen Anzahl an Glukosemessungen, 93 [32,86%] aufgrund einer Therapie mittels Bolusinsulin zur Korrektur).

In der DS-Gruppe der CKTX mussten von den möglichen 14 Patient*innen acht (57,14%) ausgeschlossen werden (sechs [75%] aufgrund von zu geringer Anzahl an Glukosemessungen sowie zu kurzer Behandlungsdauer, einer [12,5%] aufgrund nicht dokumentierter Therapie, einer [12,5%] aufgrund des Diabetes-Typs).

In weiterer Folge wurden jeweils der Durchschnitt der Glukosewerte der Patient*innen zum jeweiligen Tageszeitpunkt (Früh, Mittag, Abend, Bedtime) sowie der Mittelwert der Tagesmittelwerte und der Gesamtmittelwert ausgerechnet. Die Mittelwerte der Tagesmittelwerte wurden dabei so gerechnet, dass von jedem Behandlungstag der Tagesmittelwert ausgerechnet wurde und von diesen dann erneut der Mittelwert bestimmt wurde. Der Gesamtmittelwert ist der Mittelwert aller Glukosewerte, unabhängig vom Tag. Die Tageswerte der Nacht wurden aufgrund der im Vergleich viel geringeren Anzahl nicht extra angeführt, sie sind jedoch bei beiden Gesamtdurchschnittswerten mit eingerechnet. Außerdem wurden die Patient*innenanzahl in den einzelnen Gruppen, die jeweilige durchschnittliche Insulintagesdosis (bei der Gruppe der DS-Patient*innen zusätzlich aufgeteilt auf Basal- und Bolusdosis), die Gesamtanzahl der Blutzuckermessungen pro Patient*in, die durchschnittliche Blutzuckermessfrequenz pro Tag, die Anzahl der Therapietage sowie die prozentuelle Verteilung der Hypoglykämien ausgerechnet. Ebenso wurden Grafiken erstellt, welche die Glukosewerte, den Verlauf der Tagesmittelwerte abhängig vom Therapietag und den Verlauf der Insulindosierung anzeigen.

Außerdem zeigte sich, dass auf der Abteilung der CKTX zusätzlich 93 Patient*innen mittels Korrekturschema behandelt wurden. Diese wurden gesondert ausgewertet. Dabei wurden die Glukosewerte, welche an den Tagen des Korrekturschemas gemessen wurden, ausgewertet und mit den Glukosewerten des gesamten Aufenthaltes verglichen. Bei diesen Patient*innen wurde zusätzlich darauf geachtet, ob das Korrekturschema korrekt war und ob bereits eine andere Therapie oder weitere Diagnostik vonnöten gewesen wäre. Hierbei wurde die Dosierung mit der in Kapitel 1.8 erwähnten Dosierung verglichen. Die Überprüfung einer Diagnose erfolgte anhand des HbA1c, wenn vorhanden, oder an den Glukosewerten. Zusätzlich wurden die durchschnittliche Anzahl der Insulinverabreichungen pro Tag sowie die durchschnittliche Dosierung einer einzelnen Dosis ausgerechnet.

Einzelne Patient*innen dieser Kategorie hatten bereits im Vorhinein einen Diabetes mellitus diagnostiziert, andere wiederum nicht.

3 Ergebnis

3.1 Baseline-Charakteristika aller Patient*innen

In Tabelle 2 sind die Baseline-Charakteristika aller 461 Patient*innen (109 an der CKPL, 352 an der CKTX) der jeweiligen chirurgischen Abteilungen aufgelistet. Dabei zeigen sich Unterschiede der Parameter innerhalb der beiden chirurgischen Abteilungen.

Parameter	CKPL	CKTX
Gesamtanzahl	109	352
Geschlecht (m/w)	78 (71,6%) / 31 (28,4%)	269 (76,4%) / 83 (23,6%)
Alter (Jahre)	63 ± 11	61 ± 12
Größe (cm)	173 ± 9	172 ± 9
Gewicht (kg)	90 ± 20	80 ± 17
BMI kg/m ²	30 ± 7	27 ± 5
Anzahl Diabetes Typ 1	8 (7,3%)	20 (5,7%)
Anzahl Diabetes Typ 2	101 (92,7%)	177 (50,3%)
Anzahl sonstiger Diabetes Typ	–	50 (14,2%)
Anzahl unbekannter Diabetes Typ	–	105 (29,8%)
Aufenthaltsdauer (Tage)	21 ± 22	19 ± 18
CT-Therapie	96 (88,1%)	338 (96%)
DS-Therapie	10 (9,2%)	3 (0,9%)
Keine Therapie	1 (0,9%)	–
CT+DS-Therapie	2 (1,8%)	11 (3,1%)
Therapie während des Aufenthalts Gruppe 0	21 (19,3%)	146 (41,5%)
Therapie während des Aufenthalts Gruppe 1	–	10 (2,8%)
Therapie während des Aufenthalts Gruppe 2	48 (44%)	2 (0,6%)
Therapie während des Aufenthalts Gruppe 3	18 (16,5%)	147 (41,8%)
Therapie während des	22 (20,2%)	47 (13,4%)

Aufenthalts Gruppe 4		
Kreatinin (mg/dl)	1,2 ± 0,8	2,6 ± 2,8
HbA1c mmol/mol	62 ± 21	46 ± 15
Anzahl der Patient*innen mit zumindest einem Tag in der DS-Therapie	11 (10,1%)	14 (4%)

Tabelle 2: Baseline-Charakteristika aller Patient*innen

Ein großer Unterschied zeigt sich in der Anzahl der Patient*innen, aber auch im Bereich des Körpergewichtes, des Diabetes Typs und des HbA1c.

Während an der CKPL ausschließlich Patient*innen mit Typ 1 und Typ 2 dokumentiert wurden, so wurden an der CKTX auch andere Typen und auch Patient*innen ohne vorbekannten Diabetes, jedoch mit Korrekturschema bei Hyperglykämie, eingeschrieben. Auch zeigt sich in Relation zur Gesamtanzahl der Patient*innen eine deutlich verringerte Anzahl der in der DS-Therapie registrierten Patient*innen der CKTX. Vergleicht man hier den prozentuellen Anteil an Patient*innen, welche zumindest einen Tag in der DS-Therapie waren, so sind es 10,09% an der CKPL, an der CKTX sind es 3,98%. Auch sieht man einen Unterschied im durchschnittlichen HbA1c-Wert, welcher an der CKPL höher ist.

3.2 Vergleichsgruppen der CKPL

In den nächsten Tabellen (Tabellen 3+4) zeigen sich die genauen Daten der Patient*innen, welche die in Kapitel zwei hervorgehobenen Kriterien für die Vergleichsgruppen erfüllen. Tabelle 2 geht dabei auf die Patientinnen und Patienten der CKPL ein, Tabelle 4 zeigt die Daten der CKTX.

CKPL	CT	DS
Gesamtanzahl	21 (65,6%)	11 (34,4%)
Geschlecht (m/w)	17 (81%) /4 (19%)	7 (63,6%) /4 (36,4%)
Alter (Jahre)	68 ± 12	56 ± 10
Größe (cm)	176 ± 8	173 ± 7

Gewicht (kg)	87 ± 13	89 ± 18
BMI kg/m ²	28 ± 4	29 ± 7
Typ 2 Diabetes	100%	100%
Aufenthaltsdauer (Tage)	26 ± 23	36 ± 20
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 0	3 (14,3%)	3 (27,3%)
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 1	1 (4,8%)	1 (9,1%)
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 2	-	1 (9,1%)
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 3	4 (19,1%)	1 (9,1%)
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 4	13 (61,9%)	5 (45,5%)
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 0	-	-
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 1	-	-
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 2	-	-
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 3	8 (38,1%)	-
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 4	13 (61,9%)	11 (100%)
Kreatinin (mg/dl)	0,99 ± 0,3	0,84 ± 0,19
HbA1c (mmol/mol)	71 ± 26	83 ± 26

Tabelle 3: Baseline-Charakteristika der Vergleichsgruppen der CKPL

Betrachtet man nun die Vergleichsgruppen, so zeigt sich, dass die Aufenthaltsdauer der Patient*innen, welche an der Abteilung CKPL mittels DS behandelt wurden, im Vergleich mit den CT-Patient*innen länger war. Auch das durchschnittliche Alter der Patient*innen war in der Gruppe der DS-Therapie signifikant niedriger. Der HbA1c zeigt sich in beiden Therapiegruppen über dem Zielwert, an der CKPL jedoch in der DS-Gruppe höher. Die Schwankungsbreite ist in den Gruppen exakt gleich.

CKPL	CT	DS
Gesamtanzahl	55	6
Geschlecht (m/w)	44 (80%) / 11 (20%)	4 (67%) / 2 (33%)
Alter (Jahre)	65 ± 8	56 ± 8
Größe (cm)	173 ± 8	171 ± 6

Gewicht (kg)	83 ± 13	90 ± 24
BMI kg/m ²	28 ± 5	30 ± 7
Typ 2 Diabetes	100%	100%
Aufenthaltsdauer (Tage)	22 ± 15	26 ± 5
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 0	6 (10,9%)	2 (33,3%)
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 1	6 (10,9%)	2 (33,3%)
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 2	4 (7,3%)	1 (16,7%)
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 3	13 (23,6%)	-
Therapie vor Aufenthalt Gruppe 4	26 (47,3%)	1 (16,7%)
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 0	-	-
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 1	-	-
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 2	-	-
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 3	29 (52,7%)	3 (50%)
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 4	26 (47,3%)	3 (50%)
Kreatinin (mg/dl)	2,1 ± 2,7	6,4 ± 3,4
HbA1c (mmol/mol)	45 ± 13	58 ± 30

Tabelle 4: Baseline-Charakteristika der Vergleichsgruppen der CKTX

Hierbei fällt vor allem die hohe Diskrepanz zwischen der Anzahl der Patient*innen auf. Auch hier ist ein Unterschied zwischen Gewicht und HbA1c bemerkbar.

In Tabelle 5 sind Daten zum Diabetesmanagement und der glykämischen Kontrolle der jeweiligen Therapiegruppen der Abteilung CKPL angeführt.

CKPL	CT	DS
Gesamtanzahl der Tage in der Therapie	309	141
Durchschnittliche Tage in der Therapie	15	13

BG Früh (mg/dl)	152 ± 34	158 ± 31
BG Mittag (mg/dl)	177 ± 37	186 ± 24
BG Abend (mg/dl)	192 ± 40	176 ± 28
BG Bedtime (mg/dl)	184 ± 52	165 ± 25
Tagesmittelwert (mg/dl)	174 ± 31	171 ± 19
Gesamtmittelwert (mg/dl)	173 ± 31	170 ± 18
Gesamtanzahl der BG-Messungen	982	622
Durchschnittliche BG-Messung pro Patient*in pro Tag	3 ± 0,7	3 ± 0,6
Hypoglykämien in Prozent	0,92%	0,80%
Hypoglykämien in Zahlen	9	5
Insulin Tagesdurchschnitt (I.E.)	Gesamt: 32 ± 15	Basal: 20 ± 12 Bolus: 27 ± 10 Gesamt: 47 ± 20

Tabelle 5: Diabetesmanagement und glykämische Kontrolle von CT und DS der CKPL. Daten sind Mittelwerte und Standardabweichung, wenn nicht anders angegeben. BG- Blutglukose

Hierbei zeigen sich bereits Unterschiede innerhalb der Vergleichsgruppen. An der Abteilung der CKPL zeigen sich durchschnittlich 15 Behandlungstage für Patient*innen mit der CT-Therapie, wobei es im Durchschnitt 13 Tage für die Patient*innen in der DS-Therapie sind. Während sich die Glukosewerte in der Früh noch kaum unterscheiden (152 ± 34 mg/dl in der CT-Therapie, 158 ± 31 mg/dl in der DS-Therapie), so zeigen sich bereits zu Mittag im Vergleich erhöhte Glukosewerte bei Patient*innen, welche eine Therapie durch GlucoTab® bekamen (177 ± 37 mg/dl bei der CT-Therapie und 186 ± 28 mg/dl bei der DS-Therapie).

Am Abend und in der Bedtime zeigen sich die Durchschnittswerte der Patient*innen der DS-Therapie im therapeutischen Zielbereich, während die Werte der Patient*innen der CT-Therapie zunächst deutlich über dem Zielbereich liegen und dann zur Bedtime immer noch erhöht sind (192 ± 40 mg/dl in der CT-Therapie, 176 ± 28 mg/dl in der DS-Therapie für die Gruppen am Abend, 184 ± 52 mg/dl in der CT-Therapie und 165 ± 25 mg/dl bei der DS-Therapie zur Bedtime).

Betrachtet man den durchschnittlichen Tagesmittelwert der einzelnen Gruppen sowie den Gesamtmittelwert, so liegen beide Ergebnisse innerhalb des

therapeutischen Zielbereiches. Es zeigen sich jedoch bei der Gruppe der DS-Therapie minimal niedrigere Werte (174 ± 31 mg/dl und 173 ± 31 mg/dl in der CT-Therapie, 171 ± 19 mg/dl und 170 ± 18 mg/dl in der DS-Therapie).

Ebenso lässt sich sagen, dass innerhalb der Gruppe der CT-Therapie die Standardabweichung bei allen Ergebnissen um einiges höher ist.

Betrachtet man die Anzahl der Hypoglykämien, so tritt bei der Gruppe der CT-Therapie nach durchschnittlich jeder 109. Blutzuckermessung eine Hypoglykämie (Wert <70 mg/dl) auf, bei der Gruppe der DS-Therapie tritt eine Hypoglykämie nach jeder 121. Blutzuckermessung auf. Prozentuell sind das 0,9% der Messwerte innerhalb der CT-Gruppe und 0,8% innerhalb der DS-Gruppe. Somit lässt sich sagen, dass in der erstgenannten Gruppe Hypoglykämien häufiger aufgetreten sind, da es bereits nach einer geringeren Anzahl an Messungen zu Hypoglykämien kommt.

Betrachtet man die durchschnittliche Tagesinsulindosis (32 ± 15 I.E. in der CT-Therapie, 47 ± 20 I.E. bei der DS-Therapie), so zeigt sich ein deutlich höherer Wert bei der Gruppe der DS-Therapie, wobei in Anbetracht der Standardabweichung die Werte auch stärker um den Mittelwert schwanken. Die durchschnittliche Anzahl an Blutzuckermessungen pro Tag $3,0 \pm 0,7$ in der CT-Therapie und $3,0 \pm 0,6$ in der DS-Therapie) zeigte keine nennenswerten Unterschiede zwischen den beiden Vergleichsgruppen.

Werden die gesamten Glukosewerte in einer Grafik dargestellt, so zeigt sich bei den Patient*innen der CT-Therapie bei insgesamt 982 Blutzuckermessungen an der CKPL folgende Darstellung:

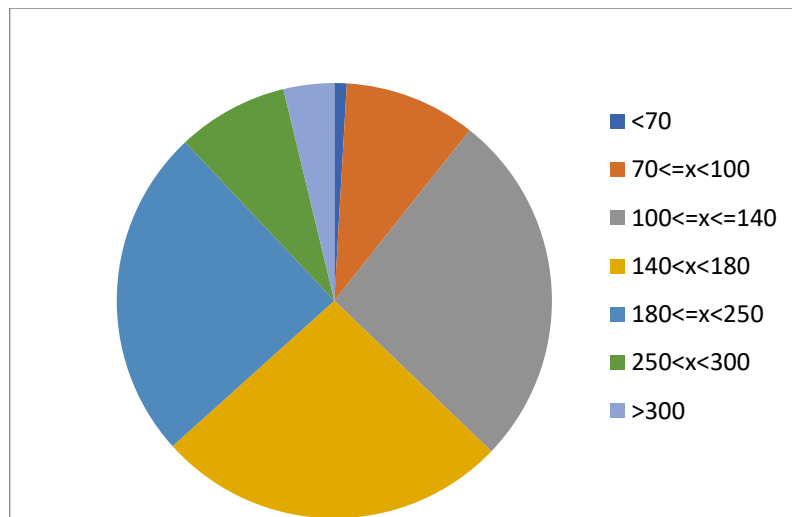


Abbildung 1: Verteilung der Glukosewerte der CT-Therapie der CKPL in mg/dl

Bei insgesamt 982 Messungen innerhalb der CT-Therapie verteilt sich der prozentuelle Anteil der Werte folgendermaßen:

- <70 mg/dl: **0,9%**
- 70–99 mg/dl: **9,8%**
- 100–139 mg/dl: **26,5%**
- 140–179 mg/dl: **26,2%**
- 180–249 mg/dl: **24,6%**
- 250–299 mg/dl: **8,3%**
- >300 mg/dl: **3,8%**
- 70–180 mg/dl: **62,4%**

Somit liegen 62,4% aller gemessenen Werte der Patientinnen und Patienten der CT-Therapie innerhalb des Zielbereiches, Hypoglykämien (Werte <70 mg/dl) zeigen sich bei 0,9% aller gemessenen Werte, ein stark erhöhter Glukosewert (BG-Werte >300 mg/dl) trat bei 3,77% der Messungen auf.

Im Vergleich dazu zeigt sich bei der Gruppe der DS-Therapie bei einer Gesamtanzahl von 605 Messungen folgende Verteilung:

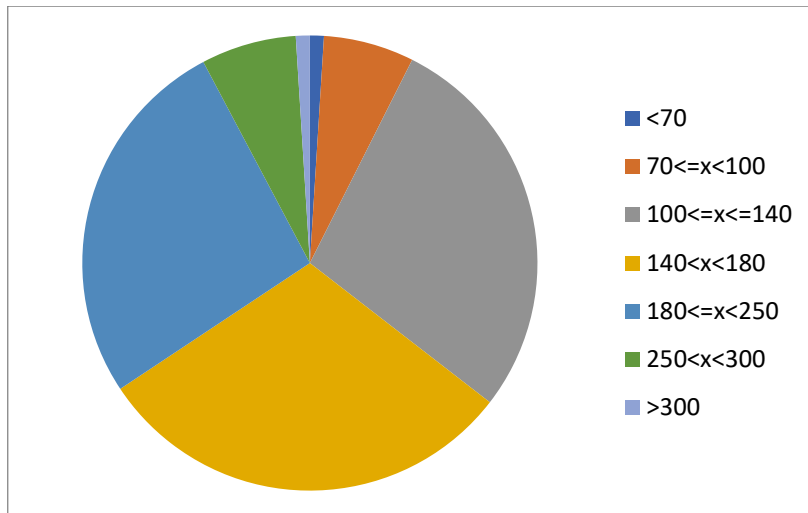


Abbildung 2: Verteilung der Glukosewerte der DS-Therapie der CKPL in mg/dl

Prozentuell errechnen sich die Messwerte der DS-Gruppe wie unten dastehend:

- <70 mg/dl: **1,0%**
- 70–99 mg/dl: **6,4%**
- 100–139 mg/dl: **28,1%**
- 140–179 mg/dl: **30,2%**
- 180–249 mg/dl: **26,6%**
- 250–299 mg/dl: **6,8%**
- >300 mg/dl: **1,0%**
- 70–180 mg/dl: **64,7%**

Somit zeigen sich 64,6% aller gemessenen Glukosewerte dieser Gruppe im Zielbereich, 1,0% der Werte war im hypoglykämien Bereich (<70 mg/dl), eine Hyperglykämie (>300 mg/dl) betraf ebenfalls 1,0% aller Messwerte.

3.3 Vergleichsgruppen der CKTX

Im Vergleich dazu sieht man in Tabelle 6 die Werte der CKTX:

CKTX	CT	DS
Gesamtanzahl der Tage in der Therapie	686	51
Durchschnittliche Tage in der Therapie	12	9
BG Früh (mg/dl)	142 ± 32	128 ± 19
BG Mittag (mg/dl)	210 ± 48	213 ± 49
BG Abend (mg/dl)	231 ± 70	261 ± 59
BG Bedtime (mg/dl)	220 ± 68	201 ± 35
Tagesmittelwert (mg/dl)	191 ± 44	186 ± 24
Gesamtmittelwert (mg/dl)	194 ± 45	189 ± 26
Gesamtanzahl der BG-Messungen	2274	199
Durchschnittliche BG-Messung pro Patient*in pro Tag	3 ± 0,8	4 ± 0,9
Hypoglykämien in Prozent	0,57%	0,50%
Hypoglykämien in Zahlen	13	1
Insulin-Tagesdurchschnitt (I.E.)	Gesamt: 20 ± 13	Basal: 8 ± 7 Bolus: 16 ± 12 Gesamt: 24 ± 21

Tabelle 6: Diabetesmanagement und glykämische Kontrolle von CT und DS der CKTX. Daten sind Mittelwerte und Standardabweichung, wenn nicht anders angegeben. BG - Blutglukose

An dieser chirurgischen Abteilung zeigt sich innerhalb der Gruppe der CT-Therapie eine Hypoglykämie bei jeder 175. Blutzuckermessung, innerhalb der Gruppe der DS-Therapie nach jeder 199. Blutzuckermessung. Prozentuell sind es somit 0,57% in der CT-Gruppe und 0,5% in der DS-Gruppe. Somit treten auch hier Hypoglykämien häufiger in der Gruppe der CT-Therapie als in der DS-Gruppe auf. Der Insulintagesdurchschnitt zeigt nur geringe Unterschiede, die durchschnittliche Dosierung ist in der Gruppe der DS-Therapie minimal höher. Ein großer Unterschied zeigt sich in der Gesamtanzahl der Blutzuckermessungen. Dies hängt mit der geringeren Patient*innenanzahl sowie der folglich geringeren Anzahl an Behandlungstagen der DS-Gruppe zusammen.

Bei der Anzahl der Messungen pro Tag zeigt die Gruppe der CT-Therapie im Durchschnitt $3,0 \pm 0,8$ Messungen pro Tag, die Gruppe der DS-Therapie dagegen $4,0 \pm 0,9$ Messungen pro Tag.

Stellt man wieder alle gemessenen Glukosewerte der CT-Therapie der CKTX grafisch und prozentuell dar, so sieht man bei insgesamt 2274 Blutzuckermessungen folgende Verteilung:

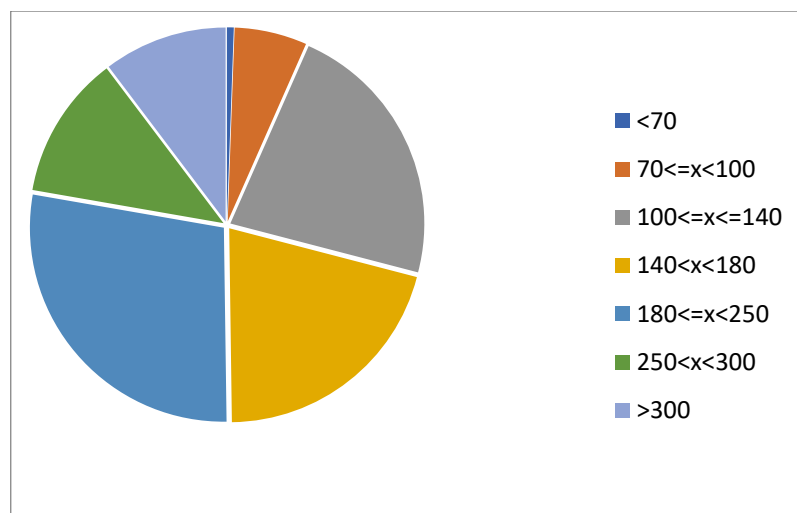


Abbildung 3: Verteilung der Glukosewerte der CT-Therapie der CKTX in mg/dl

Prozentuell zeigt sich die Verteilung der Messwerte der CT-Therapie folgendermaßen:

- <70 mg/dl: **0,6%**
- 70–99 mg/dl: **6,1%**
- 100–139 mg/dl: **22,4%**
- 140–179 mg/dl: **20,7%**
- 180–249 mg/dl: **28,0%**
- 250–299 mg/dl: **12,0 %**
- >300 mg/dl: **10,3%**
- 70–180 mg/dl: **49,1%**

49,2% aller gemessenen Glukosewerte liegen im Zielbereich, 0,6% aller Messwerte zeigen eine Hypoglykämie Grad 1 (<70 mg/dl), 10,3% aller Messwerte eine Hyperglykämie (>300 mg/dl).

Vergleicht man wiederum die Gruppe der CT-Therapie mit jener der DS-Therapie, so zeigt sich bei der zweiten Gruppe bei insgesamt 199 Blutzuckermessungen folgende grafische Verteilung:

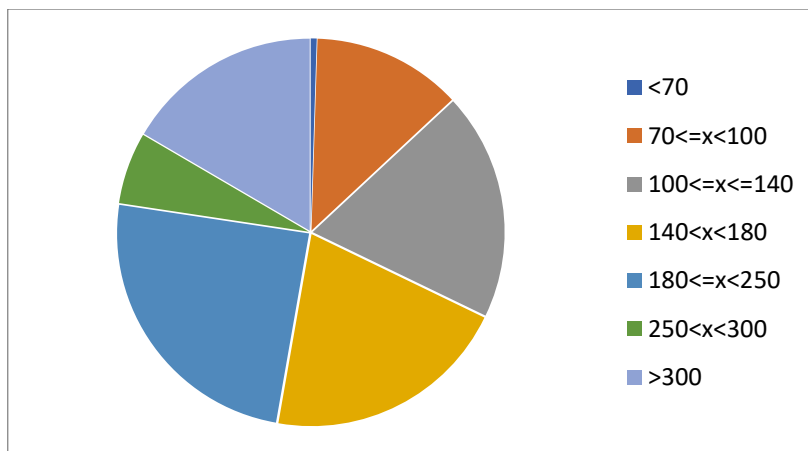


Abbildung 4: Verteilung der Glukosewerte der DS-Therapie der CKTX in mg/dl

Prozentuell zeigt sich die Verteilung der Messwerte der DS-Therapie folgendermaßen:

- <70 mg/dl: **0,5%**
- 70–99 mg/dl: **12,6%**
- 100–139 mg/dl: **19,1%**
- 140–179 mg/dl: **20,6%**
- 180–249 mg/dl: **24,6%**
- 250–299 mg/dl: **6,0%**
- >300 mg/dl: **16,6%**
- 70–180 mg/dl: **52,3%**

52,26% der Glukosewerte liegen hierbei im Zielbereich, 0,50% zeigen dabei eine Hypoglykämie (<70 mg/dl), 16,58% zeigen eine hohe Hyperglykämie (>300 mg/dl).

3.4 Übersicht aller Vergleichsgruppen:

Für eine bessere Übersicht wurden in der nachfolgenden Tabelle die durchschnittlichen Glukosewerte beider Abteilungen sowie jeweils beider Therapieformen zusammengefasst:

Abteilung	BG-Früh	BG-Mittag	BG-Abend	BG-Bedtime	BG-Tages-Mittelwert	BG-Mittelwert
CKPLCT	152 ± 34	177 ± 37	192 ± 40	184 ± 52	174 ± 31	173 ± 31
CKPLDS	158 ± 31	186 ± 24	176 ± 28	165 ± 25	171 ± 19	170 ± 18
CKTXCT	142 ± 32	210 ± 48	231 ± 70	220 ± 68	191 ± 44	194 ± 45
CKTXDS	128 ± 19	213 ± 49	261 ± 59	201 ± 35	186 ± 24	189 ± 26

Tabelle 7: Überblick über die durchschnittlichen Glukosewerte inklusive Standardabweichung aller Therapiegruppen beider Abteilungen im mg/dl

Hierbei sieht man, dass sowohl an der CKPL als auch an der CKTX die durchschnittlichen BG-Tagesmittelwerte und BG-Mittelwerte in der DS-Gruppe näher dem Zielbereich sind als in der CT-Gruppe.

3.5 Verlauf während des stationären Aufenthalts aller Vergleichsgruppen

Um auch den Verlauf der Glukosewerte sowie der Insulindosierungen beurteilen zu können, wurden zwei weitere Grafiken erstellt. Diese zeigen - begonnen bei Therapietag eins - bis maximal Therapietag 25 bei der CKPL sowie Therapietag 20 bei der CKTX, den durchschnittlichen Tagesmittelwert aller Patient*innen der einzelnen Therapiegruppen am jeweiligen Behandlungstag, um einen Verlauf der Therapien über mehrere Tage darzustellen. Dies wurde in der jeweiligen Gruppe immer bis zu jenem Tag durchgeführt, an welchem mindestens drei Patient*innen Glukosewerte oder eine dokumentierte Insulintherapie aufweisen konnten. Eine Ausnahme bildet hierbei die Gruppe der DS-Therapie der CKTX, da hier bereits ab Therapietag vier nur mehr eine eingeschränkte Dokumentation der Daten vorhanden war und somit nur drei Therapietage in der Grafik dargestellt werden konnten.

Im oberen Bereich der Grafiken sieht man jeweils den Verlauf der Glukosewerte über die Behandlungstage im direkten Vergleich, der untere Bereich der Grafiken zeigt die durchschnittliche Tagesdosis des Insulins. Die schwarz gefärbten Punkte und Balken stehen dabei für die Gruppe der CT-Therapie, die weiß gefärbten für die Gruppe der DS-Therapie. Ebenso ist angegeben, wie viele Patient*innen am jeweiligen Behandlungstag in die Berechnungen mit eingegangen sind. Außerdem kann man auch den Standardfehler mittels der nach oben und unten gezogenen Linien herauslesen.

Die Mittelwerte der DS-Therapie der CKPL zeigen hierbei eine kontinuierlich sinkende Tendenz der durchschnittlichen Glukosewerte bis zum Aufenthaltstag 16, danach kommt es zu einem kurzen Anstieg der Werte, welche jedoch wieder ab Therapietag 18 sinkend sind. Es kommt zu keinen großen Sprüngen innerhalb der einzelnen Tage, die Werte schwanken nur minimal.

Die Mittelwerte der CT der CKPL zeigen ebenfalls an den ersten Therapietagen eine sinkende Tendenz. Im Vergleich sieht man jedoch stärkere Schwankungen an den verschiedenen Tagen sowie große Sprünge innerhalb der Durchschnittswerte. Während es bei beiden Therapien am Tag 16 zu einer Steigerung der Glukosewerte kommt, sinken diese bei der DS-Gruppe innerhalb der nächsten Tage wieder ab, während sie aber in der CT-Gruppe im weiteren Verlauf konstant erhöht bleiben. Das spiegelt sich auch wider, wenn man die durchschnittliche Insulindosierung ansieht.

Betrachtet man nämlich diese im Vergleich, so zeigt sich, dass innerhalb der 25 Therapietage an 24 Tagen die Insulindosis der DS-Gruppe höher als die der CT-Gruppe war.

Während in der CT-Gruppe die Dosis meist über mehrere Tage konstant war und minimal schwankt, zeigt sich in der DS-Gruppe eine größere Schwankung zwischen den einzelnen Tagen. Dies zeigt, dass die Therapie täglich erneut an die jeweiligen Werte angepasst wurde, während in der Gruppe der CT-Therapie meist ein paar Tage später mit einer Dosisanpassung reagiert wurde.

Betrachtet man nun den Therapietag 16 genauer, an welchem in beiden Therapiegruppen der Glukosewert stieg, so sieht man, dass die durch GlucoTab®

vorgegebene Therapie mit einer deutlichen Dosissteigerung reagierte und bereits nach zwei weiteren Tagen eine Senkung der Glukosewerte folgte.

Im Vergleich dazu zeigt sich bei der CT-Gruppe ab Therapietag 16 keine große Änderung der Insulindosierung, und in weiterer Folge bleiben auch die Glukosewerte konstant erhöht.

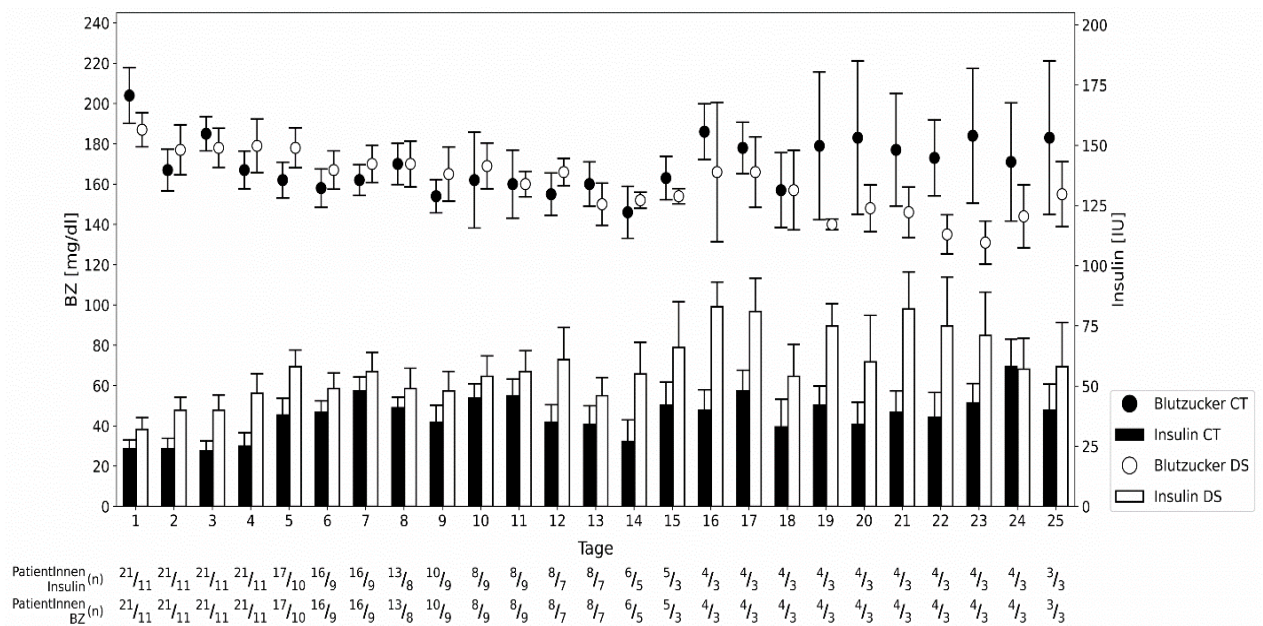


Abbildung 5: Verlauf der Glukosewerte und Insulindosierung der CKPL

Erstellt man in diesem Format auch eine Tabelle für die CKTX, so ist diese aufgrund der geringen Datenmenge nur eingeschränkt beurteilbar. Patient*innen, welche in der DS-Gruppe registriert waren, verbrachten zwar meistens mehr als vier Behandlungstage im Krankenhaus, haben jedoch nicht immer eine dokumentierte Therapie oder Glukosewerte.

Betrachtet man zumindest die ersten drei Therapietage, so zeigen sich in beiden Therapiegruppen starke Ähnlichkeiten. Der Glukosewert zeigt, soweit beurteilbar, einen Trend nach unten, die Insulindosierungen sind in der DS-Gruppe an diesen Tagen so gut wie unverändert.

Ab Therapietag vier ist nur mehr die Beurteilung der CT-Gruppe möglich. Diese zeigt ständig erhöhte Glukosewerte, welche nur minimal schwanken. Auch die Insulindosierung zeigt zwischen den einzelnen Therapietagen kaum Unterschiede. Zusätzlich zeigt sich auch hier am 15. Therapietag (ähnlich dem 16. Therapietag

der CKPL) ein Sprung der Glukosewerte nach oben, die Insulindosierungen zeigen sich jedoch kaum verändert. Trotz erhöhter Glukosewerte kam es nicht zu einer Anpassung der Insulindosierung, welche sogar ab Therapietag 17 gesunken ist.

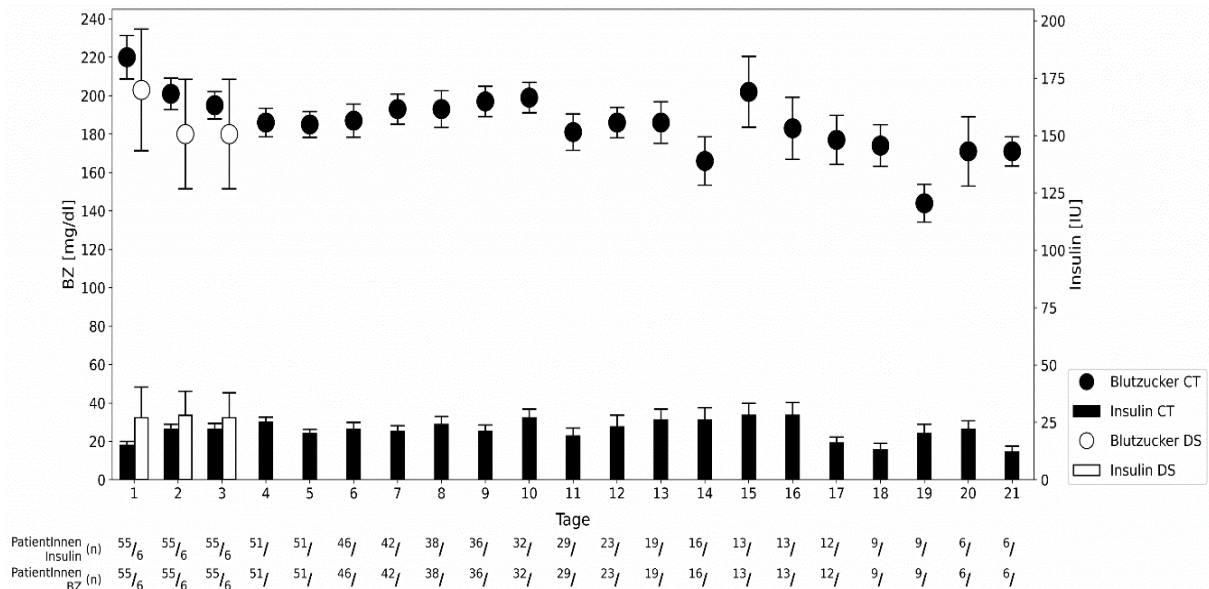


Abbildung 6: Verlauf der Glukosewerte und Insulindosierung der CKTX

Insgesamt lässt sich sagen, dass in Anbetracht der ausgewerteten Daten zahlenmäßig an beiden chirurgischen Abteilungen Vorteile für die Gruppe der DS-Therapie bestanden. Die durchschnittlichen Glukosewerte sind geringer, die Anzahl der Hypoglykämien ist geringer, und auch die Anpassung der Insulindosis erfolgte sofort in Abhängigkeit der Glukosewerte.

3.6 Patient*innen mit Bolusinsulin an der CKTX

Als Nächstes werden in Tabelle 8 alle Patient*innen angeführt, welche an der CKTX in das Korrekturschema eingeschlossen wurden. Dabei wurden insgesamt 93 (32,86% aller Patient*innen der CKTX) Patient*innen in das Korrekturschema aufgenommen. Über die Patient*innen, welche bereits im Vorhinein an Diabetes erkrankt waren, lag als therapeutische Dokumentation nur die des Korrekturschemas vor, weshalb sie in diese Gruppe eingeschlossen wurden.

Parameter	Korrekturschema CKTX
Gesamtanzahl	93
Geschlecht (m/w)	68 (73,1%) / 25 (26,9%)
Alter (Jahre)	59 ± 12
Größe (cm)	173 ± 9
Gewicht (kg)	78 ± 15
BMI (kg/m ²)	26 ± 5
Anzahl Diabetes mellitus Typ 1	3 (3,2%)
Anzahl Diabetes mellitus Typ 2	28 (30,1%)
Anzahl sonstiger Diabetes mellitus	10 (10,8%)
Anzahl unbekannter Diabetes-Typ	52 (55,9%)
Aufenthaltsdauer (Tage)	26 ± 23
Tage in Korrekturschema	7,0 ± 7,5
Therapie während des Aufenthaltes Gruppe 3	100%
Kreatinin (mg/dl)	4,1 ± 3
HbA1c mmol/mol	40 ± 10
Insulintagesdosis (I.E.)	7,1 ± 6,9
Durchschnittliche Dosierung einer Gabe (I.E.)	5,0 ± 3,6
Anzahl der Insulingaben/Tag	1,7 ± 0,9

*Tabelle 8: Baseline-Charakteristika der Korrekturschema-Patient*innen der CKTX, Therapiegruppe 3 bei diesen Patient*innen – Behandlung mittels Bolusinsulin inklusive oder exklusive OAD.*

Die meisten Parameter zeigen sich sehr ähnlich dem der vorherig angeführten Gruppen. Einen Unterschied sieht man aber im Bereich der Diabetes-Typen sowie des HbA1c. So liegt dieser durchschnittlich im Normwert, was damit zusammenhängt, dass viele Patient*innen in dieser Gruppe bisher keinen diagnostizierten Diabetes mellitus hatten.

Die Tabelle 9 zeigt die Glukosewerte der Korrekturschema-Gruppe der CKTX. Dabei werden die Glukosewerte, welche an den Tagen des Korrekturschemas gemessen wurden, mit allen insgesamt gemessenen Werten verglichen. Betrachtet man die Werte, so zeigen sich bei den an den Tagen des Korrekturschemas gemessenen Werten im gesamten Vergleich, unabhängig von der Tageszeit, höhere Werte. Das zeigt, dass die Glukosewerte an diesen Tagen höher als an den restlichen Aufenthaltstagen waren und eine Therapie damit indiziert war. Besonders

auffallend ist jedoch vor allem, dass über den Tagesverlauf die Glukosewerte immer weiter auseinandergehen und zur Bedtime sogar eine Differenz von 110 mg/dl vorliegt. Auch die Mittelwerte zeigen im Vergleich höhere Werte während der Tage im Korrekturschema. Die Standardabweichung zeigt zwischen den beiden Gruppen keine Auffälligkeiten.

CKTX	BZ-Korrektur	BZ-Gesamt
BG – Früh (mg/dl)	127 ± 36	121 ± 31
BG – Mittag (mg/dl)	197 ± 45	181 ± 48
BG – Abend (mg/dl)	220 ± 45	198 ± 47
BG – Bedtime (mg/dl)	287 ± 45	177 ± 47
Gesamtmittelwert (mg/dl)	181 ± 34	166 ± 34

Tabelle 9: Glukosewerte der Patient*innen der CKTX mit Korrekturschema

Die grafische Darstellung und prozentuelle Verteilung aller 2349 gemessenen Werte an den Tagen des Korrekturschemas zeigt sich wie folgend:

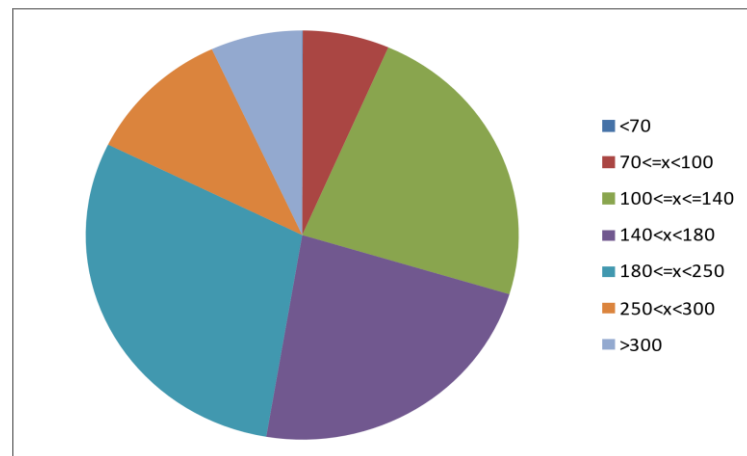


Abbildung 7: Verteilung der gemessenen Glukosewerte während der Tage in GlucoTab® in mg/dl

- <70 mg/dl: **0,04%**
- 70 – 99 mg/dl: **6,5%**
- 100 – 139 mg/dl: **23,2%**
- 140 – 179 mg/dl: **23,0%**
- 180 – 249 mg/dl: **29,6%**

- 250 – 299 mg/dl: **10,9%**
- >300 mg/dl: **6,9%**
- 70 – 180 mg/dl: **52,6%**

Was hier auffällt, ist die geringe Anzahl der Hypoglykämien (<70 mg/dl) von 0,04%, was einer Hypoglykämie mit dem Messwert 67 mg/dl bei 2349 Messungen entspricht. Innerhalb des Zielbereiches (70 – 180 mg/dl) lagen 52,6% aller Messungen, eine Hyperglykämie (>300 mg/dl) zeigt sich bei 6,85% der Messungen.

4 Diskussion

Hintergrund dieser Studie war es, einen ersten Vergleich der Anwendung von GlucoTab® als Decision-Support-System im Routinebetrieb gegenüber einer nicht entscheidungsunterstützenden Therapie durchzuführen. Hierzu wurden zwei chirurgische Abteilungen ausgewählt, die Daten über einen gewissen Zeitraum gesammelt und in weiterer Folge die Patient*innengruppen miteinander auf Unterschiede verglichen.

Betrachtet man die Ergebnisse der Studie, so zeigen sich in Anbetracht aller gesammelten Daten Vorteile für Patient*innen, welche eine Therapie mittels Decision-Support erhalten haben. Dies ist vor allem bei Betrachtung der Tabelle 7 erkennbar, da die Glukosewerte der DS-Gruppen im Vergleich mit den Werten der CT-Gruppen näher dem Zielbereich der ADA liegen und auch im direkten Vergleich der Mittelwerte Vorteile der DS-Gruppe gegenüber der CT-Gruppe zeigen. Auch bei genauerem Betrachten der Abbildungen 5 und 6 zeigen sich Vorteile der DS-Gruppen gegenüber der CT-Gruppen vor allem bezüglich der Anpassung der Medikation und somit sofortigen Reaktion auf Änderungen der Glukosewerte.

Unterschiede zeigen sich zwischen den beiden chirurgischen Abteilungen vor allem bezüglich der Anzahl der Patient*innen und auch zwischen einzelnen Parameter, wie zum Beispiel des Körpergewichts, des Body-Mass-Index und des HbA1c. Während an der CKPL im Vergleich eine geringere Anzahl an Patient*innen vorliegt, sind diese dafür exakter dokumentiert. Ebenso liegt die geringere Anzahl an Patient*innen auch daran, dass an der CKPL nur Erkrankte mit Diabetes mellitus Typ 1 oder Typ 2 eingetragen wurden, während an der CKTX zusätzlich zu Diabetes mellitus Typ 1 und 2 auch einige Patient*innen ohne bisher diagnostiziertem Diabetes oder sonstigem Diabetes-Typ registriert wurden. Auch bedingt durch die in vielen Fällen bestehende Cortisontherapie und dem damit induzierten Diabetes mellitus bzw. Hyperglykämie zeigten sich mehr Patient*innen an der CKTX. Die Unterschiede des Körpergewichtes und des Body-Mass-Index könnten vor allem an der im Prozentsatz häufiger vorkommenden an Diabetes mellitus Typ 2 Erkrankten und dem damit vergesellschafteten Metabolischen Syndrom liegen, was ein meist erhöhtes Körpergewicht mit sich trägt. Patient*innen, welche nicht an Diabetes

mellitus erkrankt sind, jedoch dennoch aufgrund einer Hyperglykämie in GlucoTab® registriert wurden, könnten somit an der CKTX aufgrund ihres Normalgewichtes diesen Wert beeinflussen. Betrachtet man nämlich nur die Vergleichsgruppen, welche ausschließlich Erkrankte mit Diabetes mellitus Typ 2 beinhalten, so sieht man hierbei kaum Unterschiede bei Gewicht sowie Body-Mass-Index.

Auch unterscheiden sich die Abteilungen in Bezug auf die Aufnahmediagnosen. Während auf der CKPL viele Patient*innen aufgrund von diabetischem Fußsyndrom oder Wundheilungsstörungen aufgenommen wurden, so wurden auf der CKTX die meisten Patient*innen aufgrund von geplanten Organtransplantationen, wie zum Beispiel der Niere oder anderer solider Organe, aufgenommen. Diese Patient*innen erhalten post transplantationem zur Immunsuppression häufig Cortison, somit ist in diesen Fällen von einem akut cortisoninduzierten, nicht vorbestehenden Diabetes mellitus auszugehen. Im Vergleich zu anderen Diabetes-Typen tritt dieser Typ in circa zwei Prozent aller Fälle auf.

Auch kann die beziehungsweise Bewertung der Einstellung eines Diabetes mellitus basierend auf dem HbA1c bei niereninsuffizienten Patient*innen erschwert sein, da der HbA1c bei renaler Anämie falsch niedrig ist und nicht die aktuelle Blutzuckereinstellung widerspiegelt. Diese Gruppe von Patient*innen zeigte sich an der CKPL nicht.

Vergleicht man nun nur die einzelnen Abteilungen, unabhängig ob CT oder DS, so zeigen sich an der CKPL die durchschnittlichen Glukosewerte im Zielbereich, während sie an der CKTX außerhalb des Zielbereiches liegen. Hierbei ist jedoch zu erwähnen, dass aufgrund der häufigen Gabe eines Cortisons an der CKTX ein anderes Tagesblutzuckerprofil wie an der CKPL vorliegt. So zeigt sich, abhängig vom Wirkstoff, bei einer Cortisongabe der Anstieg des Glukosewertes an unterschiedlichen Tageszeiten. Dies kann zum Beispiel morgens und mittags bei kurzwirksamen Cortisonpräparaten, aber auch mittags und abends bei intermediär wirksamen Cortisonpräparaten auftreten. Eine Therapieeinleitung beziehungsweise Insulingabe erfolgt dementsprechend erst bei Messung hoher Glukosewerte. Bei einer Insulintherapie ist hierbei auf den genauen Wirkmechanismus des Cortisons zu achten, die Therapie erfolgt anhand des aktuell gemessenen Glukosewertes und ist ebenso abhängig von dem Wirkstoff, dem Zeitpunkt der Cortisongabe und dem

Intervall. Deshalb ist es besonders wichtig, auf die Dosierung sowie Änderung der Dosierung zu achten. Auch Patient*innen, welche bereits vor einem stationären Aufenthalt an Diabetes mellitus erkrankt waren und in Folge des stationären Aufenthaltes Cortison erhalten, zeigen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine verschlechterte Wirkung der ursprünglichen antihyperglykämischen Therapie. Deshalb ist auch bei dieser Gruppe von Erkrankten an eine Therapieanpassung während des stationären Aufenthaltes unter Cortisongabe zu achten.

Der große Unterschied zwischen den einzelnen HbA1c-Werten in den Abteilungen liegt eventuell darin, dass, während an der CKPL ausschließlich Patient*innen mit bereits diagnostiziertem Diabetes mellitus mit GlucoTab® behandelt wurden, an der CKTX aber auch welche ohne Diabeteserkrankung mit GlucoTab® behandelt wurden oder eine Hyperglykämie beziehungsweise Diabetes mellitus erst im Laufe des Aufenthaltes durch die Cortisontherapie entwickelten. Die Patient*innen, bei denen dies der Fall war, haben einen großen Einfluss auf die Studienresultate, da diese Patient*innen zum Beispiel einen unauffälligen HbA1c haben und dadurch den Gesamtdurchschnitt, aber auch das Körpergewicht, beeinflussen. (26)

Ein Erstellen von Vergleichsgruppen war aufgrund der großen Anzahl an Patient*innen sowie der verschiedenen Ausprägungen der Parameter notwendig. Zu Beginn der Studie wurden alle registrierten Patient*innen zusammengefasst. Da es aber nicht sinnvoll erscheint, Patient*innen mit unterschiedlichen Typen des Diabetes mellitus oder jene mit Korrekturschema mit denjenigen mit Basis-Bolus-Therapie zu vergleichen, wurden mehrere Kriterien festgelegt. Diabetes mellitus Typ 2 als Kriterium wurde genommen, da es der häufigste Typ ist und auch prozentuell innerhalb der Gruppen am häufigsten vorkam. Der Parameter Insulintherapie wurde gewählt, da ein Vergleich einer Therapie durch GlucoTab® mit einer CT-Therapie hierbei am sinnvollsten erscheint. Die Anzahl der Aufenthaltstage wurde mit zumindest vier Tagen festgelegt, da zu Beginn der Studie Patient*innen mit einem Aufenthaltstag gleichwertig gezählt wurden wie Patient*innen mit zum Beispiel 20 Aufenthaltstagen und somit eine Verfälschung der Werte zeigten. Die Anzahl der Glukosewerte wurde aus demselben Grund wie die Aufenthaltstage festgelegt, da auch hier eine zum Beispiel einmalige Messung eines Tageswertes den gleichen Einfluss hatte wie der Tageswert-Durchschnitt von

20 Tagen. Eine dokumentierte Therapie war ebenfalls notwendig, um genug Parameter für Patient*innen zu sammeln und damit einen Vergleich machen zu können.

Betrachtet man die Vergleichsgruppen der CKPL, so fallen Unterschiede zwischen dem Alter, der Aufenthaltsdauer und dem HbA1c auf. Eine Ursache für den Altersunterschied ist nicht auszumachen und kann zufallsbedingt sein, der erhöhte HbA1c der DS-Gruppe liegt am ehesten daran, dass in die DS-Gruppe Patient*innen aufgenommen wurden, bei denen sich das Glukosemanagement als besonders herausfordernd zeigte und ein dementsprechend erhöhter HbA1c zugrunde liegt. Eine Herausforderung bezüglich des Glukosemanagements spiegelt sich auch in der erhöhten Aufenthaltsdauer der DS-Gruppe wider.

Betrachtet man die Standardabweichung der CKPL verteilt über alle Tageszeiten, so sieht man eine höhere Schwankungsbreite bei der Gruppe der CT-Therapie, was einer größeren Schwankung der Glukosewerte entspricht. Während GlucoTab® die Therapie täglich anpasst und somit auf tägliche Schwankungen sofort reagiert, wurde bei der CT-Gruppe einfach über mehrere Tage hinweg die Dosierung unverändert gegeben. Dadurch kam es zu größeren Schwankungen der einzelnen Messwerte und somit zu einer größeren Standardabweichung.

Im Vergleich dazu zeigen sich bei der CKTX beinahe dieselben Unterschiede innerhalb der CT- und DS-Gruppe. Auch hier sind Alter und HbA1c unterschiedlich, jedoch nur bedingt beurteilbar, da es nur eine geringe Anzahl an Patient*innen in der DS-Gruppe gibt.

Im Verlauf der Studie zeigten sich leider vor allem aufgrund der Wechsel einzelner Patient*innen zwischen DS- und CT-Gruppe sowie fehlender Dokumentation von Glukosewerten Probleme mit der Datenauswertung an der CKTX, vor allem im Vergleich mit den Daten der CKPL. Oftmals wurde die Entscheidungsunterstützung durch GlucoTab® zum Beispiel für einen einzigen Therapietag aktiviert und am folgenden Tag wieder beendet und die Erkrankten in der CT-Gruppe weitergeführt. Somit waren manche Patient*innen zwar in der Auswertung für die CT-Gruppe,

jedoch nicht für die DS-Gruppe geeignet. Auch eine nicht vorhandene Dokumentation für diesen einen Tag in der DS-Gruppe erschwerte die Auswertung. Ein Versuch, Patient*innen auszuwerten, wo genau dies der Fall war, scheiterte leider an einer mangelnden Dokumentation.

Außerdem wurden an der CKTX innerhalb der CT-Gruppe immer wieder Tage ausgelassen, an welchen keine Dokumentation eines Glukosewertes oder einer Therapie erfolgte. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die behandelnden Ärzt*innen für diese Tage eine Therapie nicht als notwendig sahen und sie deshalb nicht verabreicht wurde beziehungsweise kein Glukosewert gemessen wurde. Weiters war auch eine Auswertung dadurch erschwert, dass die Patient*innen, welche ein Korrekturschema erhalten haben, ebenfalls als Patient*innen mit sonstigem Diabetes geführt wurden und überprüft werden musste, ob nun ein Diabetes mellitus vorliegt oder nicht. Dies hängt auch mit dem Glukokortikoid-induzierten Diabetes zusammen, da dieser als sonstiger Typ in GlucoTab® registriert wurde. Auf der einen Seite gab es zum Beispiel für den cortisoninduzierten Diabetes keine andere Möglichkeit, diesen anzugeben, jedoch erschwerte es auch bei unklarem oder nicht diagnostiziertem Diabetes die Auswertung der Daten. Hierbei kann noch überlegt werden, dies in GlucoTab® zu berücksichtigen und anstatt „sonstiger Typ“ mehrere Varianten als Auswahlmöglichkeit anzubieten.

Auch wurden immer wieder Patient*innen ohne Diabetes-Erkrankung und auch ohne Therapie oder Korrekturschema in GlucoTab® eingetragen. Dies geschah wahrscheinlich zur Dokumentation der Glukosewerte, erschwerte aber deutlich die Datenauswertung, da von diesen Patient*innen die Krankheitsgeschichte genau durchsucht werden musste, ob ein Hinweis auf eine Diabetes-Erkrankung vorhanden war oder nicht. Auch machte es den Eindruck, dass zwar viel mehr Patient*innen, welche innerhalb des Zeitraums stationär behandelt wurden, für GlucoTab® geeignet gewesen wären, jedoch nicht in das Decision-Support-System eingetragen wurden. Viele Patient*innen wurden erst nach mehrmalig erhöhten Glukosewerten in die Entscheidungsunterstützung aufgenommen, andere wurden weiter in der CT-Gruppe geführt. Eine eindeutige Indikation, wann welcher Erkrankte in die DS-Gruppe eingetragen wird, war hierbei nicht erkennbar. Dabei sollte vor allem bereits im Vorhinein eine klare Einführung über das Programm

stattfinden und auch eindeutig festgelegt werden, welche Patient*innen in das Decision-Support-System eingetragen werden und welche nicht.

Betrachtet man bei Patient*innen der CKTX, welche mit dem Korrekturschema behandelt wurden nun, ob es zu einer Anpassung oder Einleitung einer Therapie des Glukosehaushalts kommen hätte sollen, so wären in Abhängigkeit von HbA1c sowie der Nüchternblutglukose und der Gesamtmittelwerte bei 36 Patient*innen weitere diagnostische Schritte, ob ein Diabetes vorliegt und ob eine Dauertherapie notwendig ist, indiziert gewesen. Prozentuell betrachtet wären das 38,71% aller in das Korrekturschema der CKTX eingetragenen Patient*innen, während 57 (61,29%) keine weitere Diagnostik oder Therapie benötigt haben.

Zusammengefasst lässt sich innerhalb der Abteilung der CKPL sowie der CKTX sagen, dass sowohl in der Gruppe der CT-Therapie als auch in der Gruppe der DS-Therapie im Laufe des Aufenthaltes eine geringe Senkung der Glukosewerte erkennbar ist. In Anbetracht der Gesamtwerte zeigen sich Vorteile für die Patient*innen der DS-Therapie, da im Durchschnitt mit Ausnahme des minimal erhöhten Durchschnittswerts der Glukose zu Mittag alle anderen Werte ausschließlich im Normbereich waren und auch die Anzahl der starken Entgleisungen sowie die prozentuelle Verteilung innerhalb des Zielbereiches höher ist.

Eine Studie von Neubauer et al. aus dem Jahr 2013 zeigte, dass trotz leitliniengerechter Therapie eines Diabetes mellitus während des stationären Aufenthaltes eine signifikante Senkung der Glukose über die Dauer des Aufenthaltes nicht erkennbar ist. In dieser Studie wurden insgesamt 50 Patient*innen von zwei unterschiedlichen internistischen Abteilungen retrospektiv ausgewertet. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit dieser Auswertung, da sich auch hier während des stationären Aufenthaltes nur eine geringe Senkung der Glukosewerte zeigt. Hierbei stellt sich die Frage, ob GlucoTab® auch außerhalb des Krankenhausaufenthaltes indiziert wäre und in Zeiten von Smartphone und Digitalisierung die stationäre Therapie auch im Verlauf zu Hause mittels App weiterhin unterstützen könnte, damit auch im privaten Bereich hypo- und hyperglykämischen Ereignissen vorgebeugt werden kann. (27)

Auch wenn immer mehr Menschen an Diabetes erkranken und diese Krankheit bei falscher Therapie zu weitreichenden Folgen führen kann, so war auch die mangelnde Dokumentation ein großes Problem während der Datensammlung und der weiteren Auswertung. Bei vielen Patient*innen war zwar die Erkrankung, und auch, dass sie eine Therapie erhielten, eingetragen, aber nicht, welche Therapie genau es ist. Dass nicht immer eine Kontrolle des HbA1c durchgeführt wurde, um die derzeitige Therapie zu überprüfen, sollte angepasst werden. Dabei würden sich zum Beispiel besonders Schulungen über die Wichtigkeit einer adäquaten Dokumentation eignen. Als Beispiele können in dieser Studie die gute Dokumentation der CKPL sowie die teilweise mangelnde Dokumentation an der CKTX gesehen werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der cortisoninduzierte Diabetes. Dieser entsteht häufig erst während des stationären Aufenthaltes und stellt eine besondere Herausforderung dar. Er kommt im Vergleich zu anderen Typen seltener vor und zeigt zusätzliche Risikofaktoren, wie zum Beispiel Infektionen sowie erhöhte Sterblichkeit. Wie bereits oben beschrieben, ist auch das Glukose-Tagesprofil nicht mit anderer Diabetes-Typen vergleichbar, und auch bei Patient*innen mit bereits bestehendem Diabetes mellitus sollte unter Cortisongabe eine Anpassung der Therapie erfolgen, um hypo- und hyperglykämische Entgleisungen zu vermeiden.

Im Verlauf der Studie zeigte sich, dass dieser Typ in GlucoTab® noch nicht individuell berücksichtigt wird und eine eigene Dokumentation noch nicht möglich ist. Auch kann von einer Unsicherheit des Gesundheitspersonals bezüglich cortisoninduziertem Diabetes ausgegangen werden, da dieser im Vergleich seltener vorkommt und die Therapie das Gesundheitspersonal häufig fordern kann. Eine mögliche Folge davon ist die daraus resultierende Angst der Nutzung der DS-Komponente von GlucoTab®, da es dafür bisher keine eigene Auswahloption in GlucoTab® gibt. Es ist daher anzunehmen, dass das Gesundheitspersonal der chirurgischen Abteilungen in diesen Fällen direkt Kontakt mit der Diabetesambulanz aufnimmt, um das therapeutische Procedere festlegen zu lassen. (26)

GlucoTab® eignet sich vor allem für Gesundheitspersonal, welches wenig klinische Erfahrung mit Diabetes-Patient*innen oder selten mit der Behandlung von Diabetes mellitus zu tun hat und eine Orientierung für eine passende Therapie benötigt. Auch für erfahrene Ärzt*innen kann GlucoTab® dabei als Orientierungshilfe dienen und auch an jeder klinischen Abteilung eingesetzt werden.

Diese Studie kann hierbei auch als Beispiel dafür gesehen werden, da eine Behandlung von an Diabetes erkrankten Personen an chirurgischen Stationen sicher nicht die primäre Behandlungsdiagnose ist und meist eher eine Vortherapie übernommen wird, ohne diese weiter anzupassen oder zu optimieren. Wichtig ist hierbei jedoch immer, die Therapie auf Sinnhaftigkeit zu überprüfen und sich trotz positiver Ergebnisse dieser Studie nie vollends und ohne Kontrolle auf die vorgeschlagene Therapie zu verlassen. Ein Decision-Support-System wie GlucoTab® kann den klinischen Alltag erleichtern, darf aber niemals das behandelnde Gesundheitspersonal vollkommen ersetzen. Auch kann ein Decision-Support-System nicht den subjektiven Eindruck der Patient*innen erkennen. Das behandelnde Gesundheitspersonal kann Patient*innen direkt beobachten und auf zusätzliche relevante Parameter achten, welche ein Decision-Support-System nicht erkennt.

Ein weiterer Vorteil in der elektronischen Dokumentation der Therapie zeigt sich in der besseren Lesbarkeit sowie der Möglichkeit zur Verlaufskontrolle sowie auch der interdisziplinären Besprechung im Sinne von telemedizinischen Konsilien durch das Diabetesteam. Diese ist bei handschriftlicher Dokumentation meist nur bedingt gegeben. Außerdem zeigt eine Dokumentation per Handschrift auch eine höhere Gefahr, aufgrund einer Unlesbarkeit oder Verwechslung Therapiefehler hervorzurufen.

Weiters profitiert man von der Anwendung mit GlucoTab®, da die Therapie täglich angepasst wird. Während eine konventionelle Therapie im Laufe des stationären Aufenthaltes oft mehrere Tage gleichbleibt oder eine Therapie, welche zu Hause eingenommen wird, nur beim Ärzt*innenbesuch angepasst wird, kann GlucoTab® täglich die optimale Therapie nach den Blutzuckerwerten berechnen.

GlucoTab® passt zwar Therapien an Glukosewerte an, diagnostiziert aber keinen Diabetes und gibt auch nicht vor, wann eine weitere Abklärung indiziert ist. Hierbei ist zu erwähnen, dass dies auch nicht als Ziel der Programmierung von GlucoTab® vorgesehen war. Die Patient*innen erhalten zwar innerhalb des stationären Aufenthaltes eine Therapie, die behandelnden Ärzt*innen tragen jedoch weiterhin die Verantwortung der Diagnosestellung und der Sicherung der adäquaten Therapie für die häusliche Versorgung, um Folgeerkrankungen eines nicht - diagnostizierten oder schlecht eingestellten Diabetes zu vermeiden. Hierfür ist eine gute Ausbildung und Schulung der Ärzt*innen und des Pflorgeteams auf das Erkennen und die Abklärung einer eventuellen Diabetes-Erkrankung dringend notwendig.

Insgesamt lässt sich sagen, dass GlucoTab® als nützliches Decision-Support-System dienen kann, wenn eine gute Einschulung der Benutzer*innen gewährleistet ist und die Daten gewissenhaft und korrekt eingetragen werden. Wichtig ist und bleibt dennoch, dass erfahrene Ärzt*innen weiterhin die Kontrolle über die Therapien behalten und mit ihrem Fachwissen die Patient*innen adäquat betreuen. Zukünftig kann diskutiert werden, ob die Möglichkeit besteht, weitere Faktoren zur optimalen Bestimmung der benötigten Therapie, wie Nebendiagnosen, weitere Dauermedikation oder geplante Eingriffe, in die Berechnungen einbauen zu können. Weiters ist auch zu überlegen, ob das Know-how eines Decision-Support-Systems wie GlucoTab® auch für andere Medikamenteneinstellungen, wie zum Beispiel die Therapie mit Marcoumar, Schmerzmedikation und Blutdrucktherapie anwendbar wäre.

5 Literaturverzeichnis

1. Herold G, editor. Innere Medizin 2018: Eine vorlesungsorientierte Darstellung : unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges für die Ärztliche Prüfung : mit ICD 10-Schlüssel im Text und Stichwortverzeichnis. Köln: Gerd Herold; 2018.
2. Mader JK, Brix J, Aberer F, Vonbank A, Resl M, Pieber TR et al. Diabetesmanagement im Krankenhaus (Update 2019) Suppl 1.
3. 6. Glycemic Targets: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. Diabetes Care 2021; 44(Suppl 1):S73-S84.
4. Silbernagl S, Lang F, Gay R. Taschenatlas Pathophysiologie. 4., aktualisierte und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2013. Available from: URL: <http://dx.doi.org/10.1055/b-001-1061>.
5. Lüllmann H, Mohr K, Hein L. Taschenatlas Pharmakologie. 7., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2015. (Thieme E-book library).
6. Liu X, Zhu X, Miao Q, Ye H, Zhang Z, Li Y-M. Hyperglycemia induced by glucocorticoids in nondiabetic patients: a meta-analysis. Ann Nutr Metab 2014; 65(4):324–32.
7. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: Standards of Medical Care in Diabetes-2021. Diabetes Care 2021; 44(Suppl 1):S15-S33.
8. Goerke K, Steller J, Valet A, editors. Klinikleitfaden Gynäkologie, Geburtshilfe. 9. Auflage. München: Urban & Fischer; 2016. (Klinikleitfaden).
9. Cosentino F, Grant PJ, Aboyans V, Bailey CJ, Ceriello A, Delgado V et al. 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular

diseases developed in collaboration with the EASD. Eur Heart J 2020; 41(2):255–323.

10. Harreiter J, Roden M. Diabetes mellitus – Definition, Klassifikation, Diagnose, Screening und Prävention (Update 2019). Wien Klin Wochenschr 2019; 131(Suppl 1):6–15.

11. International Diabetes Federation.(cited 2020 Dec 10) Available from: URL: <https://www.diabetesatlas.org/data/en/>.

12. Adams HA, Flemming A, Friedrich L, Ruschulte H. Taschenatlas Notfallmedizin. 3., überarbeitete Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2016.

13. Sposito AC, Serrano C. Diabetes and premature death. Rev Assoc Med Bras (1992) 2019; 65(1):1–2.

14. Henne-Bruns D, Barth E. Chirurgie: 292 Tabellen. 4., aktualisierte Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012. (Duale Reihe). Available from: URL: <http://dx.doi.org/10.1055/b-002-89583>.

15. the Healthcare Quality Improvement Partnership. National Diabetes Audit, 2015-16: Report 2a: Complications and Mortality. England and Wales; 2017.

16. the Healthcare Quality Improvement Partnership. National Diabetes Audit, 2015-16: Report 2b: Complications and Mortality. England and Wales; 2017.

17. McPhie P. The origin of the alkaline inactivation of pepsinogen. Biochemistry 1975; 14(24):5253–6.

18. Walker J, Colhoun H, Livingstone S, McCrimmon R, Petrie J, Sattar N et al. Type 2 diabetes, socioeconomic status and life expectancy in Scotland

(2012-2014): a population-based observational study. *Diabetologia* 2018; 61(1):108–16.

19. Arzneimittelkommission Der Deutschen Ärzteschaft, Deutsche Diabetes Gesellschaft, Deutsche Gesellschaft Für Allgemeinmedizin Und Familienmedizin, Deutsche Gesellschaft Für Innere Medizin (DGIM), Verband Der Diabetesberatungs- Und Schulungsberufe Deutschland, Ärztliches Zentrum Für Qualität In Der Medizin. Nationale VersorgungsLeitlinie Therapie des Typ-2-Diabetes - Langfassung, 1. Auflage. Version 4. Bundesärztekammer (BÄK); Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV); Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF); 2013.

20. Saenz A, Fernandez-Esteban I, Mataix A, Ausejo M, Roque M, Moher D. Metformin monotherapy for type 2 diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev* 2005; (3):CD002966.

21. Fritsche A, Larbig M, Owens D, Häring H-U. Comparison between a basal-bolus and a premixed insulin regimen in individuals with type 2 diabetes-results of the GINGER study. *Diabetes Obes Metab* 2010; 12(2):115–23.

22. David K McCulloch, MDSilvio E Inzucchi, MD. Management of diabetes mellitus in hospitalized patients.

23. Inzucchi SE. Diabetes Facts and Guidelines; 2011/2012. (cited 2021 Jan 10) Available from: URL: <https://www.yumpu.com/en/document/read/5809026/diabetes-facts-and-guidelines-endocrinology-yale-university>.

24. Moghissi ES, Korytkowski MT, DiNardo M, Einhorn D, Hellman R, Hirsch IB et al. American Association of Clinical Endocrinologists and American

Diabetes Association consensus statement on inpatient glycemic control. Diabetes Care 2009; 32(6):1119–31.

25. GlucoTab. GlucoTab; 2021 [cited 2021 Jan 17]. Available from: URL: <https://www.glucotab.at/de/#1602861628177-3ee7f2c8-124e>.

26. Felix Aberer, Daniel A Hochfelner, Harald Sourij Julia K Mader. A practical guide of the management of steroid induced hyperglycaemia in the hospital 2021 - in press

27. Neubauer KM, Schaupp L, Plank J, Augustin T, Mautner SI, Tschapeller B et al. Failure to control hyperglycemia in noncritically ill diabetes patients despite standard glycemic management in a hospital setting. J Diabetes Sci Technol 2013; 7(2):402–9.