

Gestationsdiabetes –

Der Einfluss von körperlichen Aktivitäten vor und während der Schwangerschaft auf das mütterliche bzw. kindliche Outcome

Kristina Meyle

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades einer Doktorin der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzende/-r: Prof. Dr. Lars Mägdefessel

Prüfende/-r der Dissertation:

1. Prof. Dr. Renate Maria Oberhoffer-Fritz

2. Apl. Prof. Dr. Silvia Lobmaier

Die Dissertation wurde am 20.07.2021 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 15.02.2022 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Einleitung..... | 4 |
| 1.1 | Gestationsdiabetes mellitus (GDM)..... | 4 |
| 1.1.1 | Definition..... | 4 |
| 1.1.2 | Epidemiologie..... | 4 |
| 1.1.3 | Pathophysiologie..... | 6 |
| 1.1.4 | Risikofaktoren für die Entstehung eines GDM..... | 7 |
| 1.1.5 | Screening & Diagnostisches Vorgehen..... | 8 |
| 1.2 | Klinische Relevanz des GDM..... | 10 |
| 1.2.1 | Konsequenzen für die Schwangere und geburtsbedingte Komplikationen..... | 10 |
| 1.2.2 | Komplikationen während der Geburt und postpartal für das Neugeborene..... | 11 |
| 1.2.3 | Management während der Schwangerschaft, Therapie..... | 12 |
| 1.2.4 | Nachsorge..... | 13 |
| 1.2.5 | Diabetes-Prävention..... | 14 |
| 1.3 | Sport in der Schwangerschaft..... | 15 |
| 1.3.1 | Allgemein..... | 15 |
| 1.3.2 | Sport mit Gestationsdiabetes - Bisherige Studienlage..... | 18 |
| 2 | Zielsetzung und Fragestellung der Arbeit..... | 20 |
| 3 | Material und Methodik..... | 21 |
| 3.1 | Studiendesign und Patientenkollektiv..... | 21 |
| 3.2 | Untersuchungsparameter der Patientinnen..... | 22 |
| 3.2.1 | Sportliche Untersuchung..... | 23 |
| 3.2.2 | Entbindungsdaten..... | 24 |
| 3.3 | Statistische Auswertung..... | 24 |
| 4 | Ergebnisse..... | 25 |
| 4.1 | Charakterisierung des Gesamtkollektivs..... | 25 |
| 4.2 | Vergleich des Kontrollkollektivs mit dem GDM-Kollektiv in Bezug auf Sport..... | 25 |
| 4.2.1 | Anthropometrische Daten der Kollektive..... | 25 |
| 4.2.2 | Sportliche Untersuchung..... | 26 |
| 4.2.3 | Fragebogen vor der Schwangerschaft..... | 29 |
| 4.2.4 | Fragebogen Sport während der Schwangerschaft..... | 30 |
| 4.3 | Subgruppenanalyse: sportliche Aktivität bei Patientinnen mit Insulintherapie versus diätetische Therapie..... | 33 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.3.1 | Anthropometrische Daten der Subgruppen | 33 |
| 4.3.2 | Sportliche Untersuchung | 33 |
| 4.3.3 | Fragebogen vor der Schwangerschaft..... | 36 |
| 4.3.4 | Fragebogen Sport während der Schwangerschaft..... | 37 |
| 4.4 | Vergleich der Sportgruppen innerhalb GDM..... | 40 |
| 4.4.1 | Anthropometrische Daten der Subgruppen | 40 |
| 4.4.2 | Sportliche Untersuchung | 41 |
| 4.4.3 | Fragebogen vor der Schwangerschaft..... | 44 |
| 4.4.4 | Fragebogen Sport während der Schwangerschaft..... | 45 |
| 5 | Diskussion / Limitationen | 48 |
| 5.1 | Diskussion der Ergebnisse | 48 |
| 5.1.1 | Vergleich des GDM-Kollektivs mit dem Kontrollkollektiv | 48 |
| 5.1.2 | Subgruppenanalyse: Unterschiede zwischen den Frauen mit diätetischer Therapie und Insulintherapie | 52 |
| 5.1.3 | Subgruppenanalyse: Unterschiede zwischen den Gestationsdiabetikerinnen mit Sport bzw. ohne Sport in der Schwangerschaft | 54 |
| 5.2 | Limitationen..... | 58 |
| 5.3 | Ausblick klinische Relevanz | 60 |
| 6 | Zusammenfassung | 61 |
| 7 | Verzeichnis der Abbildungen | 69 |
| 8 | Verzeichnis der Tabellen | 71 |
| 9 | Verzeichnis der Abkürzungen | 72 |
| 10 | Posterpräsentation auf dem 3rd Munich Symposium on Fetal Cardiology vom 24.- 26.11.2017 | 73 |
| 11 | Posterpräsentation auf der AEPC 2019 - 53rd Annual Meeting for European Pediatric and Congenital Cardiology vom 15.-18.05.2019..... | 74 |
| 12 | Veröffentlichtes Paper - Gestational Diabetes: Physical Activity Before Pregnancy and Its Influence on the Cardiovascular System..... | 75 |

1. Einleitung

Der Gestationsdiabetes die häufigste Stoffwechselerkrankung in der Schwangerschaft. Ebenso wird von führenden Fachgesellschaften empfohlen während der Schwangerschaft sportliche Aktivitäten aufrecht zu erhalten bzw. zu beginnen, um optimale Bedingungen für Mutter und Kind herzustellen. Mit den Auswirkungen von sportlichen Aktivitäten beschäftigt sich auch diese Arbeit und hat das Ziel, einen Vergleich von Gestationsdiabetikerinnen untereinander sowie mit einem gesunden Kontrollkollektiv unter besonderer Berücksichtigung ihrer sportlichen Leistungsfähigkeit sowie Gewohnheiten aufzuzeigen. Zusätzlich wird der Effekt von Sport in der Schwangerschaft auf das mütterlich bzw. kindliche Geburtsoutcome dargestellt.

1.1 Gestationsdiabetes mellitus (GDM)

1.1.1 Definition

Die Deutsche Diabetes Gesellschaft definiert aktuell eine Glukosetoleranzstörung, die erstmals in der Schwangerschaft mit einem 75-g-oralen Glukosetoleranztest (OGTT) unter standardisierten Bedingungen und qualitätsgesicherter Glukosemessung aus venösem Plasma diagnostiziert wird, als Gestationsdiabetes (=GDM, ICD-10: 024.4G) (DDG, DGGG-AGG, 2018).

1.1.2 Epidemiologie

Die Prävalenzen des GDM variieren je nach Literaturangaben zwischen 1,9% und 25% (Guariguata, Linnenkamp, Beagley, Whiting, & Cho, 2014; Ignell, Claesson, Anderberg, & Berntorp, 2014). Diese Angaben sind abhängig von den untersuchten ethnischen Gruppen, den diagnostischen Kriterien, dem Zeitpunkt der Untersuchung und der Durchführung eines generellen Screenings.

Guariguata et. al. beschreibt in einem Review die weltweite durchschnittliche Prävalenz von einer Hyperglykämie in der Schwangerschaft bei Frauen zwischen 20 und 49 Jahren mit 16,9%. Hierbei ist davon auszugehen, dass bei etwa 16% ein Typ-II-Diabetes in der Schwangerschaft neu diagnostiziert wurde bzw. bereits vor der Schwangerschaft bestand. (2014)

Bei der Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcome (HAPO) Studie ergibt sich eine durchschnittliche Häufigkeit von 17,8%, die jedoch je nach Studiocenter von 9,3% bis 25,5% variiert. (Sacks et al., 2012)

In den letzten Jahren erhöhte sich die Inzidenz von GDM deutlich. Grund hierfür ist unter anderem die grundsätzliche Einführung eines Screeningverfahrens mit Festlegung neuer

Diagnosekriterien. Des Weiteren spielen der westliche Lebensstil bzw. das erhöhte Alter der Schwangeren eine wesentliche Rolle. (Abouzeid et al., 2014; Helseth et al., 2014)

In Italien erhöht sich nach Einführung der IADPSG-Kriterien für ein nationales Screening 2011 die Prävalenz auf 10,9%, ein Anstieg um 25% verglichen mit den alten diagnostischen Kriterien (Lacaria et al., 2015). Eine schwedische Studie mit 160.000 Frauen zeigt für 2002 eine Prävalenz von 1,9%, die sich bis zum Jahr 2012 auf 2,6% erhöht hatte. Das bedeutet einen Anstieg um 35% in den letzten 10 Jahren. Die niedrige Prävalenzrate ist mit dem alleinigen Diagnosekriterium des 2-h-Wertes von >180mg/dl begründet. (Ignell et al., 2014)

Gemäß dem Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) wurden 2017 in Deutschland 761.176 Schwangere erfasst. Hiervon wurde bei 44.907 (5,90%) ein Gestationsdiabetes festgestellt (IQTIG – Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen, 2018, pp. 79-80). Die Entwicklung der letzten Jahre stellt Abb. 1 dar.

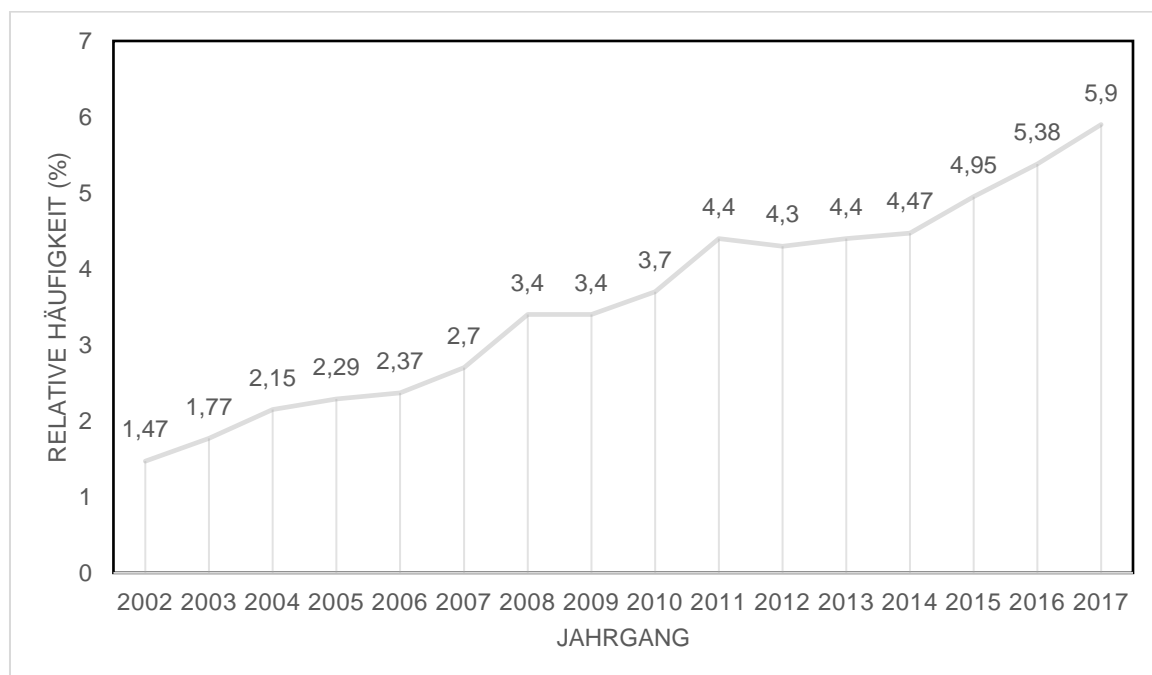


Abbildung 1: GDM Prävalenz in Deutschland - Relative Häufigkeiten in den Jahren von 2002 bis 2017, Datenquelle: Institut IQTIG und DGG, DGGG-AGG (DDG, DGGG-AGG, 2018; IQTIG – Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen, 2018)

Zusammenfassend erkranken in Deutschland derzeit etwa 5,9% der Schwangeren an einem Gestationsdiabetes. In den letzten Jahren erhöhte sich die Inzidenz deutlich. Zurückzuführen ist dies auf die grundsätzliche Einführung eines Screeningverfahrens und Festlegung neuer Diagnosekriterien sowie der westliche Lebensstil und das erhöhte Alter der Schwangeren.

1.1.3 Pathophysiologie

1.1.3.1 Physiologische Insulinresistenz während der Schwangerschaft

Wie Kautzky-Willer bereits 1997 zeigt, ist in der Schwangerschaft eine in der zweiten Schwangerschaftshälfte einsetzende physiologische Insulinresistenz, verminderte hepatische Insulinextraktion und Glukosewirksamkeit typisch (Kautzky-Willer et al., 1997).

Hierbei sind vermutlich neben den hormonellen Veränderungen eine veränderte Freisetzung von Adipokinen und Zytokinen aus dem Fettgewebe und Plazenta wichtig (Friedman, Kirwan, Jing, Presley, & Catalano, 2008; Worda et al., 2004).

1.1.3.2 Pathologische Insulinresistenz während der Schwangerschaft

Die Pathophysiologie des Gestationsdiabetes ähnelt dem des Typ-II-Diabetes, ist jedoch auch aufgrund des heterogenen Erscheinungsbildes des GDM noch nicht endgültig geklärt.

Bei Patientinnen mit Gestationsdiabetes besteht eine präkonzeptionelle, genetisch bedingte chronische Herabsetzung der Insulinsensitivität. Hinzu kommt die ab der 20. Schwangerschaftswoche zunehmende physiologische Insulinresistenz, die bei Gestationsdiabetes zudem erhöht ist. Eine Kompensation durch die vermehrte Ausschüttung von Insulin ist aufgrund einer gestörten β -Zellfunktion des Pankreas nicht möglich. Es entsteht eine inadäquate endogene Insulinsekretion. Dieser Insulinsekretionsdefekt führt zu einer Hyperglykämie im Blut der Patientin. Diese Pathophysiologie kann nach der Schwangerschaft bestehen bleiben, sodass die Patientinnen an einer chronischen Funktionsstörung mit Insulinresistenz und abfallender β -Zellfunktion leiden können. (Kautzky-Willer et al., 1997)

Neuere Studien zeigen, dass die Adiponectinkonzentration im Plasma bei Gestationsdiabetikerinnen erniedrigt ist. Diese korreliert mit einer negativen Plasmaglukosekonzentration, da Adiponectin die Insulinsensitivität erhöht. Zusammenfassend bedeutet dies zusätzlich negative Auswirkungen auf den Glukosemetabolismus (Worda et al., 2004).

Zusammenfassend ähnelt die Pathophysiologie des Gestationsdiabetes dem des Typ-II-Diabetes. Sie besteht aus einem Zusammenspiel von einer physiologischen Herabsetzung der Insulinsensitivität mit verminderter Insulinextraktion in der Schwangerschaft, der Genetik und dem Lebensstil der Schwangeren. Ebenso besteht ein erhöhtes Risiko später an einem Typ-II-Diabetes zu erkranken.

1.1.4 Risikofaktoren für die Entstehung eines GDM

Frauen mit GDM weisen die gleichen Risikofaktoren wie der Typ-II-Diabetes auf. Hierbei können diese in beeinflussbare und nicht beeinflussbare Faktoren unterteilt werden.

Zu den Haupteinflussfaktoren gehört der BMI der Mutter vor der Schwangerschaft (Kun, Tornoczky, & Tabak, 2011; Mwanri, Kinabo, Ramaiya, & Feskens, 2015; Teede, Harrison, Teh, Paul, & Allan, 2011). Anhand einer Metaanalyse mit 70 Studien und 670.000 Patienten wurde gezeigt, dass mit steigendem BMI die Prävalenz des GDM stetig zunimmt. Hierbei wurde die Odds Ratio zu normalgewichtigen Frauen verglichen. Bei Untergewicht betrug diese 0,75, während sie bei Übergewicht 1,97, bei moderater Fettleibigkeit 3,01 und bei krankhafter Fettleibigkeit 5,55 betrug. Eine Zunahme des BMI um 1 kg/m² bedeutet hier eine Steigerung der GDM-Prävalenz um 0,92% (Torloni et al., 2009).

Mit ansteigendem Alter steigt auch das Risiko an einem Gestationsdiabetes zu erkranken (Mwanri et al., 2015; Teede et al., 2011). Klare, eindeutigen Daten zur Altersgrenze für ein erhöhtes Diabetesrisiko fehlen jedoch. Die Hauptrisikofaktoren mit der zugehörigen Odds Ratio werden in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Prävalenzen und Odds Ratio für klinische Risikofaktoren. Datenquelle modifiziert nach Teede et al. (Teede et al., 2011)

| Risikofaktor | Prävalenz (%) | Adjusted Odds ratio (95% KI) |
|--------------------------------|---------------|------------------------------|
| Alter | | |
| <25 | 2,0 | 1,0 |
| 25 – 29 | 6,7 | 2,5 |
| 30 – 34 | 8,5 | 3,4 |
| 35 – 39 | 14,3 | 5,4 |
| ≥40 | 17,4 | 7,0 |
| BMI (kg/m²) | | |
| <20,0 | 4,8 | 1,0 |
| 20,0 – 24,9 | 7,8 | 1,7 |
| 25,0 – 26,9 | 8,6 | 2,0 |
| 27,0 – 29,9 | 9,8 | 2,3 |
| 30,0 – 34,9 | 12,4 | 3,6 |
| ≥35,0 | 17,8 | 6,2 |
| Familienanamnese mit DM | | |
| Nein | 6,6 | 1,0 |
| Ja | 11,9 | 1,7 |
| Vorherige SS mit GDM | | |
| Nein | 7,8 | 1,0 |
| Ja | 57,4 | 10,9 |

Zu den beeinflussenden Faktoren zählt ebenfalls die Schwangerschaftsanamnese. Bei Frauen mit Totgeburten oder mit Geburten eines makrosomen Kindes erhöht sich das Risiko in der jetzigen Schwangerschaft (Mwanri et al., 2015). Zusätzlich zeigt sich eine Korrelation mit der

Anzahl der Schwangerschaften (Di Cianni et al., 2003; Kun et al., 2011). Die Gesamtrezidivrate liegt nach einer Metaanalyse mit 19.000 Patienten bei etwa 48% (Schwartz, Nachum, & Green, 2015). Ebenfalls bestätigen mehrere Studien, dass ein Gestationsdiabetes in den vorherigen Schwangerschaften einer der Haupteinflussfaktoren ist (Teede et al., 2011).

Bei der Ethnizität wurden folgende Unterschiede entdeckt. Asiatische bzw. philippinische Frauen weisen bereits bei normalen BMI eine Prävalenz von 9,9% bzw. 8,5% auf. Diese Prävalenzraten hingegen erreichen hispanische und afrikanische Frauen erst bei einem BMI über 28. (Hedderson et al., 2012)

Der Bildungsstand spielt ebenfalls eine Rolle. Frauen mit einem geringen Bildungsstand weisen ein dreimal höheres Risiko (OR 3,07) für die Entstehung eines Gestationsdiabetes auf, unabhängig von der Ethnizität, dem Alter und der Familienanamnese. Begründet wird dies hauptsächlich durch das erhöhte Vorkommen von Übergewicht und Fettleibigkeit in den niedrigeren Bevölkerungsschichten. (Bouthoorn et al., 2015)

Zu den nicht beeinflussbaren Faktoren gehört hauptsächlich die genetische Prädisposition. Es wurden diverse Genvarianten (z.B. im INSR-Gen, GCK-Gen) entdeckt, die hauptsächlich den Glukosestoffwechsel beeinflussen und mit einem erhöhten Vorkommen von GDM sowie Typ-II-Diabetes assoziiert sind (Watanabe et al., 2007).

Zusammenfassend beeinflussen folgende Faktoren die Entstehung des Gestationsdiabetes am stärksten:

- *BMI*
- *Alter*
- *Genetik*
- *Ethnizität*
- *Gestationsdiabetes in der vorherigen Schwangerschaft*

1.1.5 Screening & Diagnostisches Vorgehen

Seit März 2012 ist das Screening auf Gestationsdiabetes Bestandteil der Mutterschaftsrichtlinien. Dieses erfolgt zweizeitig. Zuerst wird ein 50-g-Suchtest (Glucose Challenge Test, GCT) durchgeführt. Empfohlen ist dieser zwischen der 24+0 und der 27+6 Schwangerschaftswoche, unabhängig von der Nahrungsaufnahme und Tageszeit. Bei Werten ≥ 135 mg/dl (7,5 mmol/l) nach einer Stunde gilt das Screening als positiv und es wird ein 75-g-oraler Glukosetoleranztest (oGTT) empfohlen. Bei Werten >200 mg/dl (11,1 mmol/l) kann sofort die Diagnose Gestationsdiabetes gestellt werden. (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 19-31)

Die Grenzwerte für den Gestationsdiabetes wurden anhand von einer internationalen Konsensbildung durch Experten (IADPSG Consensus Panel 2010) und unter Berücksichtigung von der epidemiologischen HAPO-Studie festgelegt. (DDG, DGGG-AGG, 2018, p. 7)

Die WHO, FIGO ebenso wie die angloamerikanischen Leitlinien akzeptierten die diagnostischen Kriterien der IADPSG aus 2013, sodass die Diagnose weltweit mit wenigen Ausnahmen (z.B. Dänemark, Neuseeland) auf den gleichen Kriterien beruht.

Ein Gestationsdiabetes wird diagnostiziert, wenn einer der folgenden Werte im 75g-oGTT erreicht ist (DDG, DGGG-AGG, 2018, p. 7):

1. Nüchtern: ≥ 92 mg/dl (5,1 mmol/l)
2. 1-Stunden-Wert: ≥ 180 mg/dl (10,0 mmol/l)
3. 2-Stunden-Wert: ≥ 153 mg/dl (8,5 mmol/l)

Die Leitlinien empfehlen darüber hinaus ein Frühscreening bei Risikofaktoren, um die Wahrscheinlichkeit einen GDM zu entwickeln zu erniedrigen, sowie das mütterliche und fetale Outcome zu verbessern. Bei Risikofaktoren oder dem klinischen Verdacht (z.B. Polyurie, Polydipsie, ausgeprägte Glukosurie bei Spontanharnmessung) soll eine Abnahme des Nüchternblutzuckerwertes beziehungsweise eventuell ein oGTT erfolgen (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 26-27).

1.2 Klinische Relevanz des GDM

1.2.1 Konsequenzen für die Schwangere und geburtsbedingte Komplikationen

Die Konsequenzen für die Schwangere können in kurzfristige Folgen während der Schwangerschaft bzw. Geburt und langfristige Nachwirkungen unterteilt werden.

Bereits während der Schwangerschaft ist das Risiko für Schwangerschaftshypertonus bzw. (Prä-)Eklampsie erhöht. In der HAPO-Studie hatten 5,9% einen Schwangerschaftsbluthochdruck und 4,8% entwickelten sogar eine Präeklampsie. Bezüglich geburtsbedingter Komplikationen zeigte diese Studie einen positiven Zusammenhang zwischen Gestationsdiabetes und der Rate der Kaiserschnitte, die bei Gestationsdiabetikerinnen insgesamt 23.7% betrug. (Metzger et al., 2008)

Der Gestationsdiabetes zählt vor allem bei nicht geplanten Kaiserschnitten zu den Risikofaktoren (Gorgal et al., 2012).

Zu den langfristigen Folgen zählen folgende:

Frauen, die einen Gestationsdiabetes haben, haben ein erhöhtes Risiko später im Leben ein Typ-II-Diabetes zu entwickeln. Die Inzidenz eines Typ-II-Diabetes nach einem Gestationsdiabetes variiert je nach Angaben in der Literatur zwischen 2,6% bis 70%, sodass man den Gestationsdiabetes als Prä-Typ-II-Diabetes bezeichnen kann. Diese große Spannweite ist hauptsächlich durch die verschiedenen Beobachtungszeiträume und ethnische Gruppen zu begründen. (Feig, Zinman, Wang, & Hux, 2008; Inoue et al., 2018; Kim, Newton, & Knopp, 2002)

Das Risiko ein metabolisches Syndrom bereits nach einem Gestationsdiabetes zu bekommen ist um das 3,4-fache erhöht im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe. Ebenso zeigen diese Frauen ein schlechteres kardiovaskuläres Profil in Form von höherem Seruminsulin und Triglyceriden sowie einem geringeren Level an HDL-Cholesterin im Blut (Lauenborg et al., 2005).

Hieraus zeigt sich, dass das Risiko einer Herz-Kreislauf-Erkrankung erhöht sein muss. Dies bestätigt auch eine Forschergruppe aus Kanada. Nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von 11 Jahren war die Odds Ratio bei 1,71 bzw. mit nachfolgendem Diabetes bereinigt immer noch bei 1,13. (Shah, Retnakaran, & Booth, 2008)

Zusammenfassend sind ein Schwangerschaftshypertonus, die (Prä-)Eklampsie und eine erhöhte Rate an Kaiserschnitten kurzfristige Folgen des GDMS. Zu den langfristigen Folgen zählen hauptsächlich die Entwicklung eines Typ-II-Diabetes oder die Entwicklung eines metabolischen Syndroms.

1.2.2 **Komplikationen während der Geburt und postpartal für das Neugeborene**

Zu den kurzfristigen Folgen werden das Geburtsgewicht über 4 kg, eine Schulterdystokie, Lähmungen und eine Hypoglykämie gezählt (Dodd, Crowther, Antoniou, Baghurst, & Robinson, 2007).

Mit ansteigendem Blutspiegel der Mutter steigt auch das Risiko ein Geburtsgewicht des Kindes über der 90. Perzentile zu erhalten. Hier kann die Odds Ratio sogar auf 5,01 ansteigen (Metzger et al., 2008). Die gleiche Assoziation wurde auch mit dem prozentualen Anteil von Körperfett beim Neugeborenen entdeckt (Metzger et al., 2010).

Die HAPO-Studie konnte zudem eine starke Assoziation zwischen ansteigendem Blutzuckerspiegel der Mutter und dem C-Peptid des Kindes über der 90. Perzentile aus dem Nabelschnurblut feststellen. Die Odds-Ratio war hier bei bis zu 7,65. Dies weist auf ein erhöhtes Risiko einer fetalen Hyperinsulinämie hin. (Metzger et al., 2010; Metzger et al., 2008)

Eine Erhöhung der Sterblichkeitsrate bei Kindern wird kontrovers diskutiert. Crowther et al. beobachtete bei ihrer Interventionsstudie 5 tote Kinder bei der Routinegruppe, die eine Routinetherapie ohne Schwerpunkt auf den Gestationsdiabetes erhielten. Im Vergleich hierzu gab es in der Interventionsgruppe keine Verluste (Crowther et al., 2005). Die HAPO-Studie vermutet jedoch kein erhöhtes Risiko für den perinatalen Tod durch ansteigenden Blutzucker (Metzger et al., 2008).

Es werden durch eine mögliche fetale Programmierung langfristige Folgen vermutet. Barker et. al. beobachtete in seinen Studien bei geringem Wachstum sowie Ernährung im ersten Lebensjahr eine Assoziation mit einer schlechteren Gesundheit im Erwachsenenalter. Dies wurde mit der Beobachtung eines Zusammenhangs von einem niedrigen Geburtsgewicht mit einer höheren kardiovaskulären Mortalität später im Erwachsenenalter vertieft. (Barker, 1995) Diese Theorie wurde von vielen weiteren Forschern aufgegriffen, bestätigt und erweitert, v.a. bezüglich Adipositas, Insulinresistenz und Diabetes (Eriksson et al., 2002; Oken & Gillman, 2003; Yajnik, 2004).

Bekommt der Embryo während der Schwangerschaft zu wenig Zucker von der Mutter (z.B. aufgrund einer starken Diät), schüttet das embryonale Pankreas dementsprechend kleine Portionen von Insulin aus. Durch die Plastizität verliert diese jedoch die Fähigkeit große Mengen an Insulin zu produzieren. Später als Erwachsene und durch eine gesteigerte Zuckeraufnahme wird sie vermutlich das zu produzierende Insulin nicht herstellen können und entwickelt dementsprechend einen Typ-II-Diabetes. Im gegenteiligen Fall, falls die Mutter dem Feten zu viel Glucose liefert, muss das fetale Pankreas große Mengen an Insulin produzieren. Dabei kann

die Kapazität im späteren Alter nicht weiter ausgebaut werden und es entsteht ebenfalls ein Typ-II-Diabetes. Zusammenfassend entsteht ein umgekehrter U-förmiger Verlauf, bei dem sowohl bei Über- als auch Unterernährung in der Schwangerschaft einen Typ-II-Diabetes bei dem Kind zur Folge haben kann. (Poulakos et al., 2015)

Dies bestätigt auch eine Studie aus Dänemark. Sie entdeckten bei mehr als 20% der Kinder in einem Alter von 22 Jahren bereits einen Typ-II-Diabetes oder Prädiabetes. Verglichen zur Normalbevölkerung ist das Risiko etwa um das 8-fache erhöht und kann nicht nur durch Übergewicht, Geburtsgewicht oder Gestationsalter begründet werden (Clausen et al., 2008). Bei Betrachtung von Erwachsenen, deren Mütter während der Schwangerschaft einen GDM entwickelten, zeigt sich, dass diese Kinder ebenfalls eine signifikant geringere Insulinsensitivität sowie eine relativ gesehen verminderte Insulinfreisetzung aufweisen als Kinder aus einer gesunden Kontrollgruppe (Kelstrup et al., 2013).

Als weitere Konsequenz wurde eine erhöhte BMI-Wachstumsgeschwindigkeit bei Jugendlichen vor allem im Alter von 10 – 13 Jahren entdeckt. Demnach besteht ein erhöhtes Risiko langfristig an Fettleibigkeit zu erkranken. (Crume et al., 2011)

Zusammenfassend hat ein Schwangerschaftsdiabetes bei den Kindern kurzfristig v.a. ein makrosomes Kind mit Hyperinsulinismus und hypoglykämischen Phasen in der Neonatalzeit zur Folge. Längerfristig ist die Gefahr eines Diabetes, Übergewicht und die Entwicklung eines metabolischen Syndroms zu beachten.

1.2.3 Management während der Schwangerschaft, Therapie

Das Risiko der maternalen und fetalen Konsequenzen steigt mit ansteigenden Plasmaglukosespiegel stetig an (Dodd et al., 2007).

Das folgende Kapitel fasst die Therapierichtlinien der Leitlinie Gestationsdiabetes zusammen.

Als Therapieziel der medizinischen Ernährungstherapie werden normnahe, schwangerschaftsspezifische Blutglukosewerte unter Vermeidung von Ketose und Hypoglykämien sowie eine empfohlene Gewichtszunahme der Mutter und ein normales Wachstum des Fetus definiert. Dies ist zum Beispiel zu erreichen indem bei kohlenhydrathaltigen Lebensmitteln, die mit einem hohen Ballaststoffanteil sowie niedrigem glykämischen Index bevorzugt werden und der Kohlenhydratanteil insgesamt unter 40% der Tagesenergie liegt. Ebenso ist es sinnvoll mehrere kleine Mahlzeiten über den Tag verteilt zu essen. Außerdem kann eine moderate Kalorienrestriktion bei übergewichtigen Schwangeren unter Vermeidung einer Hungerketose

sinnvoll sein. Die empfohlene Gewichtszunahme richtet sich nach dem präkonzeptionellen BMI und variiert zwischen 5 und 18 kg. Genaue Zielwerte sind Tabelle 2 zu entnehmen. (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 37-41)

Tabelle 2: Empfehlung bezüglich der Gewichtszunahme in der Schwangerschaft in Abhängigkeit des präkonzeptionellen BMI (Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG), 2018, p. 254)

| Präkonzeptioneller BMI in kg/m ² | Gewichtszunahme gesamt in der Schwangerschaft in kg |
|---|---|
| <18,5 | 12,5 – 18 |
| 18,5 – 24,9 | 11,5 – 16 |
| 25,0 – 29,9 | 7 – 11,5 |
| >30,0 | 5 – 9 |

Folgende Blutzuckerzielwerte sollten durch die Therapie erreicht werden (DDG, DGGG-AGG, 2018, p. 46):

| | |
|-----------------------|-------------|
| Nüchtern, präprandial | 65-95 mg/dl |
| 1 h postprandial | <140 mg/dl |
| 2 h postprandial | <120 mg/dl |

Hierzu sollte mit einem 4-Punkte-Profil begonnen werden. Die Schwangere soll morgens nüchtern und zusätzlich ein bis zwei Stunden nach Beginn der Hauptmahlzeiten ihren Blutzuckermessen und notieren. Dies kann ggf. bei Erreichen der Zielwerte variiert werden. Falls die Zielwerte nur durch eine Modifikation der Lebensumstände nicht erreicht werden können, sollte die Indikationsstellung zur Insulintherapie überprüft werden. Hierbei ist auf das Wachstum des fetalen Abdominalumfangs, sowie auf das allgemeine Wachstumsmuster des Feten und auf eine Über- bzw. Untertherapie zu achten. (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 43-58).

In der Therapie werden zwei große Säulen unterschieden. Zur Ersteren gehört die Lifestylemodifikation mit vermehrter körperlicher Aktivität und einer Ernährungsumstellung sowie die moderate Gewichtszunahme in der Schwangerschaft. Die Zweite umfasst Blutzuckereinstellung mittels Insulintherapie.

1.2.4 Nachsorge

Die Leitlinie für Gestationsdiabetes sieht vor, eine Diabetesdiagnostik der Mutter nach Geburt den folgenden Zeitpunkten zu empfehlen. Ein 75-g-oGTT sollte 6 – 12 Wochen postpartal erfolgen. Ebenso sollten jährlich die Nüchtern glukose und der HbA1c-Wert zur

Diabetesdiagnostik überprüft werden. Bei Planung einer erneuten Schwangerschaft sollten ebenfalls auf den Nüchternwert, sowie auf den HbA1c vor der Schwangerschaft und auf eine frühzeitige Gestationsdiabetesdiagnostik (im 1. Trimenon) geachtet werden (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 68-70).

1.2.5 **Diabetes-Prävention**

Frauen mit einem Gestationsdiabetes sollten auch nach der Schwangerschaft ihre Lebensstilmodifikationen beibehalten, um das Risiko eines Typ-II-Diabetes zu verringern. Dieses ist um das 7-8fache gegenüber einer jungen Frau im gebärfähigen Alter erhöht. Besonders zu erwähnen sind hier die bedarfsangepasste Ernährung, eine Gewichtsnormalisierung, körperliche Aktivität und eine Raucherentwöhnung. (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 70-71)

1.3 Sport in der Schwangerschaft

1.3.1 Allgemein

Die WHO empfiehlt in der Schwangerschaft einen gesunden Lebensstil beizubehalten. Dieser beinhaltet sportliche Aktivitäten in Form von aerobem Ausdauertraining und Kräftigungsübungen während der ganzen Schwangerschaft. Frauen sollten Übungen wählen, die ein geringes Risiko von Verlust des Gleichgewichtes und somit eines fetalen Traumas haben. (WHO, 2016)

Allgemein unterscheiden sich die Empfehlungen der sportlichen Aktivitäten bei Schwangeren nicht von den Empfehlungen der allgemeinen Bevölkerung. Trotzdem wird eine vorherige Konsultation bei einem Gynäkologen empfohlen, um medizinische Risiken zu minimieren.

Vom zeitlichen Umfang werden mindestens 20 – 30 Minuten pro Tag bzw. an fast allen Tagen der Woche empfohlen. Ebenso können die bisherigen Sportarten in der Schwangerschaft weiter fortgeführt werden, so dass auch Übungen mit hoher Intensität keine Hürde darstellen. (ACOG Committee, 2020)

Im Allgemeinen wird ein moderates Training mit einer Kombination aus Kräftigungsübungen und aeroben Ausdauertraining empfohlen. Die Frau sollte stets in der Lage sein, sich noch zu unterhalten und auf eine ausreichende Kohlenhydrat- und Flüssigkeitszufuhr achten. Zusätzlich sollten Übungen, die eine längere Zeit in Rückenlage erfordern und somit die Vena cava komprimieren nicht ausgeführt werden. (ACOG Committee, 2020; Sitzberger et al., 2020)

Zusammenfassend wird vor allem ein moderates Training mit Kräftigungsübungen und aeroben Ausdauertraining in der Schwangerschaft empfohlen. Dadurch können diverse Schwangerschaftsrisiken gesenkt werden.

1.3.1.1 Geeignete Sportarten

Zu den geeigneten Sportarten zählen folgende: Wandern, (Nordic) Walking, Joggen, Skilanglauf, Gymnastik. Besonders empfehlenswert sind Radfahren und Schwimmen, weil hier eine optimalere Gewichtsverteilung vorliegt. Außerdem wird der erhöhten Ödembildung bei Schwangeren durch den hydrostatischen Druck im Wasser entgegengewirkt.

Moderates, dynamisches Krafttraining an Geräten und Gewichten wird ebenfalls als positiv angesehen. Hierbei haben v.a. Übungen für die Rückenmuskulatur zur Vermeidung von Rückenschmerzen einen hohen Stellenwert. (Korsten-Reck, Marquard, & Wurster, 2009)

Nicht zu empfehlende Sportarten werden meist aufgrund des erhöhten Verletzungsrisikos in Einzelsportarten (z.B. Reiten, Klettern, alpines Skifahren) oder Mannschafts- bzw. Kontaktsportarten (z.B. Basketball, Judo) eingeteilt. Zusätzlich soll die Gefahr der fetalen Mangelversorgung bei hoher Belastungsintensität vermieden werden (z.B. Flaschentauchen, Marathon, Rudern). (Korsten-Reck et al., 2009)

Besonders empfohlene Sportarten sind folgende:

- *Radfahren*
- *Schwimmen*
- *Wandern oder (Nordic-)Walking*
- *Skilanglauf*
- *Gymnastik*

1.3.1.2 Kontraindikationen

Korsten-Reck A. et. al. schlägt bei gewissen Risikofaktoren vor von einer sportlichen Aktivität abzuraten oder eine gynäkologische Überprüfung nahezu legen (2009).

Hierzu gehören die vorbestehenden mütterlichen Kontraindikationen: hämodynamisch wirksame Herzerkrankungen, restriktive Lungenerkrankungen mit Thoraxschmerzen oder Atemnot, Bluthochdruck, Z. n. Sterilitätstherapie.

Ebenso wird bei akuten Infektionen, Unwohlsein, Kopfschmerzen, Anschwellen der Extremitäten kein Sport empfohlen.

Zusätzlich sind in der gynäkologischen Anamnese auf folgende Auffälligkeiten zu achten: Uterusfehlbildungen sowie Fehl- oder Frühgeburten bei einer vorherigen Gravidität.

In der aktuellen Schwangerschaft sollte bei einer Mehrlingsschwangerschaft mit erhöhtem Risiko für vorzeitige Wehen und Mangelversorgung, einer bekannten Retardierung, verminderten Kindsbewegungen, Präeklampsie, Zervixinsuffizienz, Plazenta praevia, persistierenden Blutungen oder Scheideninfektionen mit einem erhöhten Risiko für einen Blasensprung der Sport vermieden werden.

Auf Sport verzichten sollte man bei vorbestehenden mütterlichen Kontraindikationen, akuten Infektionen und bei einer risikohaften gynäkologischen Anamnese. Bei Zweifel sollte ein Arzt kontaktiert werden.

1.3.1.3 Einflüsse von Sport auf die Schwangerschaft

Die Einflüsse von Sport auf die Schwangerschaft sind sehr vielfältig.

Die physiologischen Anpassungsvorgänge der kardiopulmonalen Reserven durch Sport ähneln denen außerhalb einer Schwangerschaft. Es kommt zu einer Massezunahme des linken Ventrikels, einem erhöhten Herzzeitvolumen durch Erhöhung der Herzfrequenz und des Schlagvolumens. Aufgrund der vermehrten Durchblutung der Plazenta, der Haut und der Nieren erhöht sich der arterielle Blutdruck nicht wesentlich. Diese notwendige Erhöhung des Herzminutenvolumens kann durch das Gestationsalter, Körperposition, Übungsintensität oder dem Fitnesslevel beeinflusst werden, führt jedoch aufgrund mehrerer Kompensationsmechanismen (z.B. erhöhte Sauerstoffausschöpfung aus dem Blut) nicht zur Beeinträchtigung des Feten. (Hartmann & Bung, 1999; J. M. Pivarnik, 1996)

Aufgrund der veränderten biomechanischen Körperhaltung und hormonellen Lage kommt es vermehrt zu orthopädischen Beeinträchtigungen, z.B. Rückenschmerzen oder Wassereinlagerungen in den Gelenken (Ritchie, 2003). Diese können durch sportliche Betätigung verbessert werden. Jedoch ist hier auch das erhöhte Verletzungsrisiko nicht zu vernachlässigen. (James M. Pivarnik et al., 2006)

Das psychische Wohlergehen wird durch Sport ebenfalls beeinflusst. Die Geburt wird als leichter empfunden, die postpartale Erholungsphase verringert und somit das subjektive Wohlbefinden, die Zufriedenheit und das Selbstwertgefühl verbessert. (Kagan & Kuhn, 2004; James M. Pivarnik et al., 2006; Sternfeld, Quesenberry, Eskenazi, & Newman, 1995)

Sportliche Aktivitäten verringern zusätzlich die mütterliche Gewichtszunahme während der Schwangerschaft signifikant (Haakstad, Voldner, Henriksen, & Bo, 2007).

Die Schwangerschaftsdauer, Länge der Geburt, das Geburtsgewicht der Feten oder der APGAR-Score scheinen nicht beeinflusst zu werden. Jedoch wurde eine Tendenz zur Normalisierung des Geburtsgewichtes festgestellt. Sportlich aktive Frauen weisen ein geringeres Risiko für SGA und LGA-Kinder auf. Vermutlich spielen hierbei jedoch andere Einflussfaktoren (z.B. mütterliches Gewicht, uteroplazentarer Blutfluss, Genetik) eine größere Rolle. (Charlesworth, Foulds, Burr, & Bredin, 2011; Dempsey, Butler, & Williams, 2005; Lokey, Tran, Wells, Myers, & Tran, 1991; Moyer, Reoyo, & May, 2016)

Ebenso wurden durch Sport keine vermehrten Frühgeburten oder Krankenhausaufenthalte, jedoch eine leichte Assoziation mit weniger Kaiserschnitten und einem verringerten Risiko für Präeklampsie festgestellt. (Dempsey et al., 2005; James M. Pivarnik et al., 2006; Tinloy et al., 2014)

Für das Kind konnten bei einer Metaanalyse diverse langfristige positive Folgen festgestellt werden. Hierzu gehört zum Beispiel eine bessere kardiovaskuläre Gesundheit. Zusätzlich weisen die Kinder weniger Übergewicht und einen geringeren Fettanteil des Körpers auf. (Moyer et al., 2016)

Zusammenfassend werden durch Sport bei der Mutter die kardiopulmonalen Reserven erhöht, die Schwangerschaftsbeschwerden gemindert sowie das psychische Wohlergehen positiv beeinflusst. Die Kinder zeigen eine bessere kardiovaskuläre Gesundheit und eine geringere Tendenz zu Übergewicht.

1.3.2 Sport mit Gestationsdiabetes - Bisherige Studienlage

Bisher wurden verschiedene Ansatzpunkte in der Literatur untersucht. Einerseits wurde die Prävention des Schwangerschaftsdiabetes betrachtet, andererseits die Behandlung inkl. dem möglichen Outcome von Mutter und Kind beobachtet.

Die Auswirkungen von sportlichen Aktivitäten auf die Prävention von Gestationsdiabetes werden noch debattiert. Forscher konnten bisher keine klare evidenzbasierte Empfehlung für Leitlinien mit Frequenz, Intensität, Zeit und Art der Aktivität aussprechen, die die Entstehung einer Glukosetoleranzstörung verhindern bzw. die Insulinsensitivität erhöhen könnte. (Ruchat & Mottola, 2013)

Die Studienlage für die Prävention des Gestationsdiabetes durch Sport ist ebenfalls noch unklar. Dempsey fasste mehrere Studien zusammen und kam zu dem Ergebnis, dass 30 Minuten am Tag mit moderater Intensität einen positiven Effekt auf die Prävalenz des Gestationsdiabetes haben (Dempsey et al., 2005). Im Gegensatz hierzu zeigen andere Studien jedoch keinen signifikanten Effekt (Barakat, Pelaez, Lopez, Lucia, & Ruiz, 2013).

Ein weiterer Ansatzpunkt für Studien sind Frauen, die bereits einen Gestationsdiabetes haben und deren Auswirkungen von Sport auf den Zuckerstoffwechsel während der Schwangerschaft. Mehrere Reviews zeigen hierbei positive Effekte auf das postprandiale Blutzuckerlevel bzw. auf den Nüchternblutzuckerspiegel bei moderaten Aktivitäten (Brown, Ceysens, & Boulvain, 2017; Dempsey et al., 2005; Harrison, Shields, Taylor, & Frawley, 2016). Zum Beispiel absolvierten die Frauen zwei bis dreimal pro Woche Ausdauereinheiten bzw. Kraftübungen mit einer moderaten Intensität für 20 bis 30 Minuten (Harrison et al., 2016). Dadurch wird die Glukosehämostase verbessert, sowie die Insulinsensitivität erhöht. Als Ergänzung der bisherigen Therapie, könnte Sport eine bessere Blutzuckerkontrolle bzw. einen

verringerten Insulinbedarf bewirken. Als problematisch jedoch wird hierbei vor allem die Compliance der Patientinnen erachtet. (Ruchat & Mottola, 2013)

Hayashi untersuchte bei 24 Probandinnen die täglich absolvierte Schrittzahl. Er fand eine signifikante negative Korrelation zwischen Blutzuckerkonzentration im Plasma und Anzahl der Schritte pro Tag. Empfohlen werden hier über 6000 Schritte pro Tag. Schlussfolgernd lässt sich eine positive Wirkung von bereits leichter körperlicher Aktivität auf den Zuckerhaushalt erahnen. (Hayashi et al., 2018)

Das kindliche Outcome kann durch moderate Aktivitäten ebenfalls verbessert werden. Das Risiko einer Frühgeburt wird verringert. Ebenso ist die Wahrscheinlichkeit eines Geburtsgewichtes unter 2500 g oder über 4000 g erniedrigt.

Bei der Mutter ist eine geringere Gewichtszunahme während der Schwangerschaft zu beobachten. (Barakat et al., 2013; Wang et al., 2015)

Die Wahrscheinlichkeit einer Präeklampsie wird durch moderate Aktivitäten ebenfalls signifikant erniedrigt (Dempsey et al., 2005). Ebenso lässt sich eine geringere Rate an Kaiserschnitten feststellen. (Barakat et al., 2013). In Bezug auf hypertensive Entgleisungen, Anzahl und Zeitpunkt der Einleitung bzw. der postnatale BMI konnten keine eindeutigen Effekte nachgewiesen werden. (Brown et al., 2017)

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass Sport das mütterliche und kindliche Outcome positiv beeinflusst. Bei den Müttern konnten hauptsächlich positive Effekte auf den Blutzuckerspiegel und auf die Prävalenz des Gestationsdiabetes dargestellt werden. Das kardiovaskuläre Outcome von Mutter und Kind wurde bisher noch wenig untersucht und eine eindeutige Studienlage fehlt diesbezüglich.

2 Zielsetzung und Fragestellung der Arbeit

Vor dem in der Einleitung beschriebenen Problemhintergrund der lückenhaften bzw. widersprüchlichen Studienlage bezüglich Gestationsdiabetes und die Auswirkungen von sportlichen Aktivitäten hat die vorliegende Arbeit das Ziel, einen Vergleich von Gestationsdiabetikerinnen untereinander und mit einem gesunden Kontrollkollektiv unter besonderer Berücksichtigung ihrer sportlichen Leistungsfähigkeit sowie Gewohnheiten aufzuzeigen. Zusätzlich wird der Effekt von Sport in der Schwangerschaft auf das mütterlich bzw. kindliche Outcome dargestellt.

Hierzu wurden folgende Hypothesen der prospektiven Beobachtungsstudie formuliert:

1. Unterscheiden sich die Gestationsdiabetikerinnen vom Kontrollkollektiv bezüglich ihres sportlichen Verhaltens vor bzw. während der Schwangerschaft (s. Kapitel 4.2.3 und 4.2.4)?
2. Ist ein objektiver Unterschied im Ausdauer- bzw. Kraftbereich zwischen den Gestationsdiabetikerinnen und dem gesunden Kontrollkollektiv festzustellen (s. Kapitel 4.2.2.)?
3. Weisen Gestationsdiabetikerinnen, die mit Insulin behandelt werden, ein anderes sportliches Verhalten auf, als Frauen mit einem diätetisch eingestellten Gestationsdiabetes und ist dieser Unterschied gegebenenfalls objektiv quantifizierbar (s. Kapitel 4.3.2 – 4.3.4)?
4. Haben Frauen mit Gestationsdiabetes, die im Rahmen einer standardisierten Befragung angeben während der Schwangerschaft Sport zu treiben, auch bessere Ergebnisse im Sechs Minuten Gehstest (s. Kapitel 4.4.2)?

3 Material und Methodik

3.1 Studiendesign und Patientenkollektiv

Die Ergebnisse wurden im Rahmen der prospektiven Beobachtungsstudie „GEDIVA“ des Lehrstuhls für Präventive Pädiatrie der Technischen Universität München in Zusammenarbeit mit dem Mutter-Kind-Zentrum des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München und der Klinik für Kinderkardiologie und angeborene Herzfehler des Deutschen Herzzentrums München erhoben. Nach Genehmigung durch die zuständige Ethikkommission wurde die Studie im Zeitraum August 2015 bis Dezember 2018 durchgeführt.

Der Aufbau der gesamten Studie ist Abbildung 2 zu entnehmen. Im Rahmen der prospektiven Beobachtungsstudie wurden die Probandinnen bei Erstvorstellung im Mutter Kind Zentrum des Klinikums rechts der Isar in die Studie eingeschlossen.

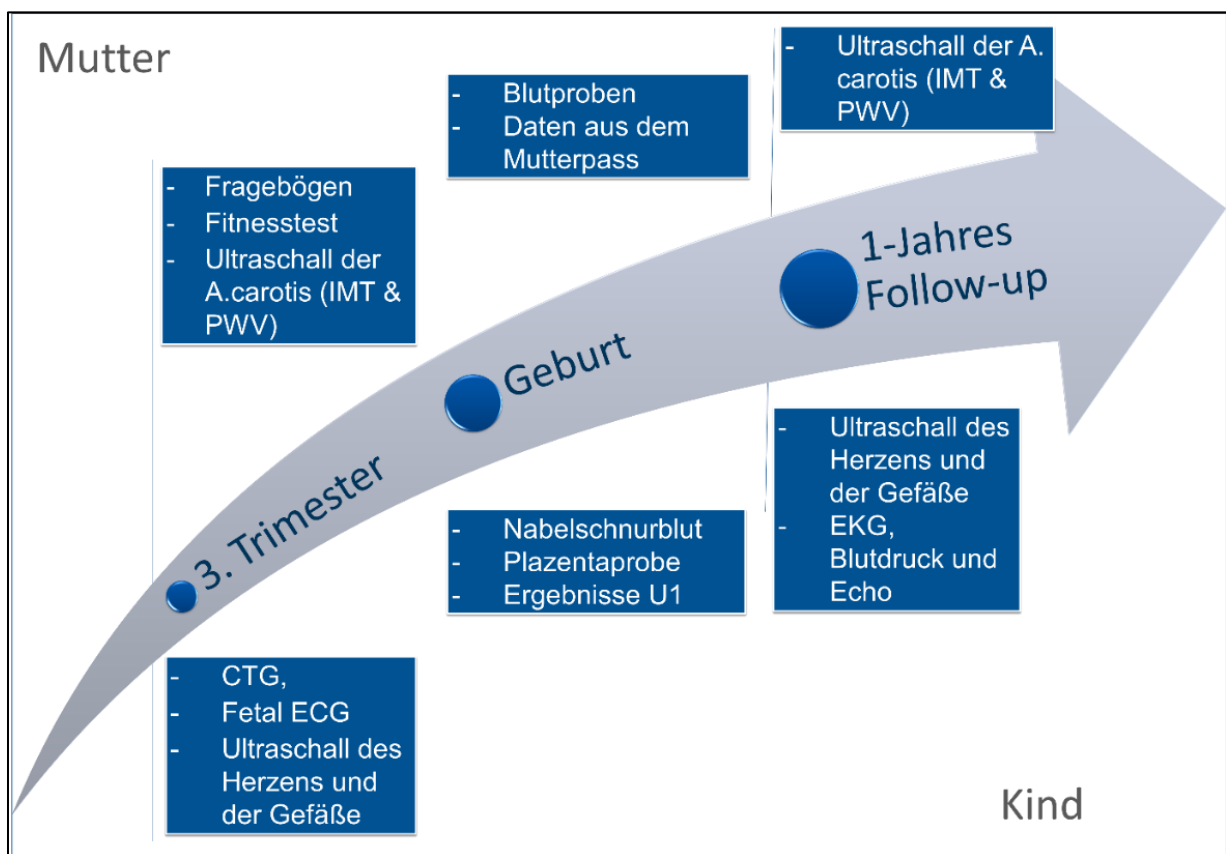


Abbildung 2: Aufbau der Studie (Meyle et al., 2017)

Zu den Einschlusskriterien gehörten folgende:

- Im GDM-Kollektiv: die Diagnose Gestationsdiabetes nach den Richtlinien der AG-Diabetes und DDG 2003 (Kleinwechter et al., 2011).
- Zum Untersuchungszeitraum im zweiten bzw. dritten Trimenon der Schwangerschaft
- Volljährigkeit
- schriftliche Einwilligung

Nicht eingeschlossen wurden Patientinnen mit Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems oder der Nieren der Mutter bzw. des Fetus, Mehrlingsder Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades schwangerschaften, akute Allgemeinerkrankungen, Infektionen und Patientinnen mit vorzeitigen Wehen in der aktuellen Schwangerschaft oder andere Risikoschwangerschaften mit Sportverbot.

Folgende Untersuchungen wurden im 3. Trimester durchgeführt und die für diese Dissertation relevante Untersuchungen werden anschließend detaillierter dargestellt:

- Soziodemographischen Fragebogen, Aktivitätsfragebogen und einem Fragebogen zum Wohlbefinden
- Sportliche Untersuchung bestehend aus einem Sechs-Minuten-Gehtest und einem Krafttest
- Ultraschall der Arteria carotis communis der Mutter

Die Geburt erfolgte - falls möglich - im Mutter-Kind-Zentrum des Klinikums rechts der Isar, so dass postpartale Daten miterfasst werden konnten.

Im Rahmen der GEDIVA Studie soll bei dieser Promotionsarbeit nur auf die mütterlichen und kindlichen Daten bei der Geburt eingegangen werden. Andere erhobenen Untersuchungsparameter, die in Abbildung 2 dargestellt werden, sind nicht Teil dieser Arbeit.

3.2 Untersuchungsparameter der Patientinnen

Die Patientinnen erhielten einen mehrteiligen Fragebogen. Dieser setzte sich aus einem allgemeinen (soziodemographischen) Teil, einem validierten Aktivitätsfragebogen und dem ebenfalls validierten „International physical activity questionnaire“ zusammen.

Im allgemeinen Teil wurden Angaben zu Person, Alter, Größe, aktuelles und präkonzeptionelles Gewicht, Anzahl vorherige Schwangerschaften und geborene Kinder, Rauchgewohnheiten und die familiäre Belastung mit Diabetes erfragt.

Der validierte Aktivitätsfragebogen erfasste die Häufigkeit und Art der betriebenen Sportarten vor und während der Schwangerschaft sowie die körperlichen Aktivitäten im Alltag und die Berufstätigkeit während der Schwangerschaft.

Der validierte „International physical activity questionnaire“ (IPAQ) erfragte die körperliche Aktivität der letzten sieben Tage, unterteilt in anstrengende und moderate Aktivitäten. Dieser entstand auf Grundlage eines Reviews über Test-Retest-Reliabilität verschiedener Befragungsinstrumente zum Bewegungsverhalten und wurde durch die International Consensus Group (Geneva 1998) als IPAQ zusammengefasst (Booth, Owen, Bauman, & Gore, 1996)

Die durch den Fragebogen angegebene Größe, präkonzeptionelles Gewicht, die Gravidität und Parität wurden anhand des Mutterpasses und der Arztbriefe validiert.

Der BMI wurde durch folgende Formel berechnet: Körpergewicht (in kg) / Körpergröße (in m)²

3.2.1 Sportliche Untersuchung

3.2.1.1 Sechs-Minuten-Gehtest

Der Sechs-Minuten-Gehtest half zur Beurteilung der kardiovaskulären Fitness und wurde anhand der Leitlinien der American Thoracic Society bei jeder Probandin persönlich durchgeführt (American Thoracic Society, 2002).

Kontraindikationen für den Gehtest waren ein ärztlich erteiltes Sportverbot, Zervixinsuffizienz, Lockerung der Symphyse oder orthopädische Einschränkungen.

Der Patientin wurde ein angefeuchteter Pulsgurt (Polar®) unterhalb der Brust angelegt. Nachdem die Patientin mindestens 10 Minuten saß, wurde die anfängliche Herzfrequenz gemessen, welcher als Herzfrequenz in Ruhe gewertet wurde und anschließend der Test begonnen. Die Strecke bestand aus einer Runde von 90 Metern, die in den sechs Minuten so oft wie möglich absolviert werden sollte. Notiert wurden die Herzfrequenzen nach drei bzw. sechs Minuten und die insgesamt absolvierten Meter in den sechs Minuten. Die Patientinnen wurden darauf hingewiesen, dass sie die Strecke möglichst schnell zurücklegen sollten. Der Testleiter begleitete hierbei die Patientinnen und achtete darauf, ob die Herzfrequenzgrenze überschritten wurde. Als Herzfrequenzgrenze wurde folgende Formel verwendet: $(220 - \text{Lebensalter}) \times 0,7$. Da die Frauen nahe dem Bereich des Aeroben Ausdauertrainings (60-80% der maximalen Herzfrequenz) getestet werden sollten, wurde als Grenzwert auf 70% der maximalen Herzfrequenz gesetzt (Muster, Zielinski, & Meyer, 2006, pp. 124-126). Wurde diese überschritten,

wurde die Patientin aufgefordert langsamer zu laufen und die Herzfrequenzgrenze einzuhalten. Falls die Patientinnen während des Tests Abbruchkriterien wie z.B. Schmerzen, Atemnot, Unwohlsein äußerten, wurde der Test beendet.

3.2.1.2 Krafttest

Zur Erhebung der Kraftparameter wurde das Hand-Evaluation-Kit der Firma Saehan verwendet. Die Probandinnen drückten mit der dominanten Hand den Griff des Handkraftmessgerätes mit maximaler Kraft zusammen. Anschließend wurde die maximale Daumenkraft der dominanten Hand mit dem Fingermessgerät gemessen. Die Werte wurden in Kilogramm abgelesen und notiert.

3.2.2 Entbindungsdaten

Die postpartalen Daten wurden mit Hilfe des Programmes Viewpoint (Version 5.6.28.54 von General Electric) anhand des digitalen Arztbriefes erfasst. Berücksichtigt wurden die Angaben zu Geburtsgewicht und Perzentilen des Kindes.

3.3 Statistische Auswertung

Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe des Statistikprogramms IBM® SPSS® Statistics Version 25 für Microsoft und nach Beratung des Instituts für Medizinische Statistik und Epidemiologie, München erstellt.

Bei der deskriptiven Analyse werden die qualitativen Merkmale anhand von absoluten und relativen Häufigkeiten beschrieben. Zur Testung der Signifikanz wurde der Chi-Quadrat Test bzw. die Kontinuitätskorrektur, sowie der exakte Test nach Fisher verwendet. Die quantitativen Merkmale wurden mit Hilfe des arithmetischen Mittelwertes, der Standardabweichung, Median, Minimum und Maximum erfasst. In diesem Fall erfolgte die Testung der Signifikanz durch den t-Test für unabhängige Stichproben sowie dem Mann-Whitney-U-Test.

Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgelegt, d.h. ein p-Wert $<0,05$ wurde in den Analysen als statistisch signifikant erachtet. Zu beachten ist, dass die p-Werte explorativ und nicht durch multiples Testen korrigiert wurden.

Die grafische Darstellung erfolgte mit Hilfe von Säulendiagrammen und Boxplots.

Die Tabellen und Abbildungen wurden mit Microsoft® Word für Office 365 oder IBM® SPSS® Statistics Version 25 erstellt.

4 Ergebnisse

4.1 Charakterisierung des Gesamtkollektivs

Diese Auswertung umfasste 206 Patientinnen. Hiervon erfüllten 99 Patientinnen die Kriterien des Gestationsdiabetes und wurden als GDM-Kollektiv zusammengefasst. Die restlichen 107 Patientinnen ohne Begleiterkrankungen ergaben das Kontrollkollektiv.

Die Therapie der Gestationsdiabetikerinnen erfolgte gemäß den Empfehlungen der Deutschen Diabetes Gesellschaft und wurde durch diese Studie nicht beeinflusst. Es wurden 47 Patientinnen diätetisch und 52 Patientinnen mit Insulin behandelt.

Abbildung 3 zeigt die Aufteilung der Kollektive.

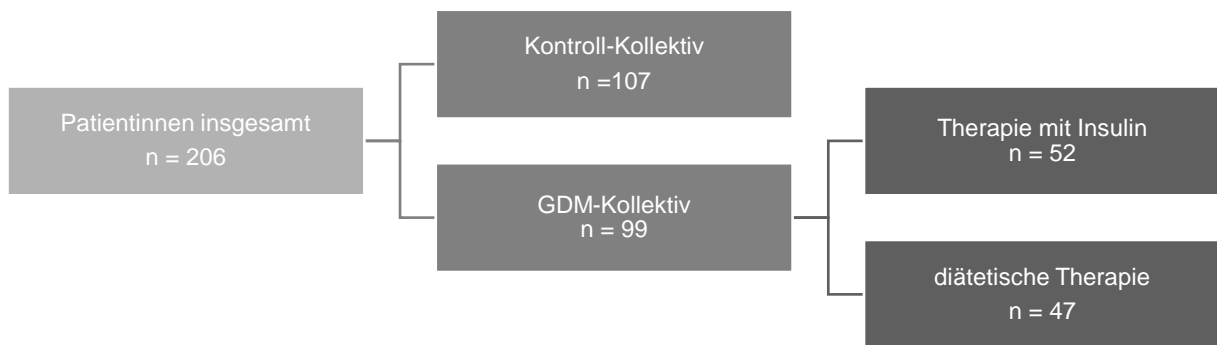


Abbildung 3: Aufteilung der Patientinnen in verschiedene Kollektive bezüglich Therapie

4.2 Vergleich des Kontrollkollektivs mit dem GDM-Kollektiv in Bezug auf Sport

Im Folgenden wird der Vergleich von einem Kontrollkollektiv mit dem GDM-Kollektiv als Ergebnis dieser Arbeit dargestellt. In gekürzter Fassung wurden Teile dieses Kapitels ebenfalls in einer gemeinsamen Arbeit von Sitzberger, Oberhoffer, Meyle et al. veröffentlicht. (Sitzberger et al., 2020)

4.2.1 Anthropometrische Daten der Kollektive

Die Baselinecharakteristika sind in Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Übersicht der anthropometrischen Daten von GDM-Kollektiv und Kontroll-Kollektiv. Modifiziert und veröffentlicht von Sitzberger, Meyle et al. (2020)

| | GDM-Kollektiv | | | Kontroll-Kollektiv | | | p-Wert |
|--|---------------|-----------------|--------|--------------------|-----------------|--------|------------------|
| | n | Mittelwert ± SD | Median | n | Mittelwert ± SD | Median | |
| Alter Mutter [Jahre] | 98 | 34,41±4,64 | 34,23 | 107 | 32,96 ± 4,27 | 32,83 | 0,021 |
| Größe Mutter [cm] | 99 | 166,34 ± 6,19 | 167,00 | 107 | 167,75 ± 5,75 | 168,00 | 0,093 |
| Gewicht vor SS [kg] | 98 | 72,75 ± 20,40 | 67,00 | 105 | 61,83± 9,47 | 59,00 | <0,001 |
| BMI vor SS [kg/m ²] | 96 | 26,24± 6,69 | 24,17 | 107 | 21,61 ± 4,28 | 21,09 | <0,001 |
| Gewichtszunahme [kg] | 81 | 11,45± 6,85 | 11,60 | 89 | 15,30± 5,39 | 14,60 | <0,001 |
| SS-Alter bei Geburt | 84 | 39,07 ± 1,20 | 39,14 | 86 | 39,98± 0,98 | 40,07 | <0,001 |
| Gravida | 88 | 2,34 ± 1,52 | 2,00 | 92 | 1,86 ± 0,97 | 2,00 | 0,017 |
| Para | 88 | 1,69 ± 0,98 | 1,00 | 92 | 1,46 ± 0,60 | 1,00 | 0,174 |
| Aborte | 88 | 0,65 ± 1,19 | 0,00 | 92 | 0,40 ± 0,73 | 0,00 | 0,074 |
| Geburtsgewicht [g] | 85 | 3348 ± 375 | 3400 | 86 | 3496 ± 379 | 3495 | 0,018 |
| Geburtsperzentile | 84 | 45 ± 26 | 44 | 86 | 48 ± 26 | 48 | 0,424 |
| | | Anzahl | % | | Anzahl | % | |
| Raucherin | 96 | 6 | 6,3 | 105 | 4 | 3,8 | 0,454 |
| Diabetes in der Familie | 92 | 42 | 45,7 | 99 | 35 | 35,4 | 0,147 |
| Insulintherapie | 99 | 52 | 52,5 | | | | |

4.2.2 Sportliche Untersuchung

In Tabelle 4 sind die Resultate der sportlichen Untersuchung dieser Promotionsarbeit dargestellt. Dies Ergebnisse des 6-Minuten-Gehtestes wurden von Sitzberger, Meyle et al. in einer gemeinsamen Arbeit veröffentlicht. (Sitzberger et al., 2020)

Tabelle 4: Vergleich der sportlichen Untersuchung von GDM-Kollektiv mit Kontroll-Kollektiv

| | GDM-Kollektiv | | | Kontroll-Kollektiv | | | p-Wert |
|---------------------------------|---------------|-----------------|--------|--------------------|-----------------|--------|------------------|
| | n | Mittelwert ± SD | Median | n | Mittelwert ± SD | Median | |
| Puls vor Belastung [bpm] | 75 | 94 ± 17 | 92 | 84 | 91 ± 13 | 90 | 0,178 |
| Puls nach 3 min [bpm] | 73 | 118 ± 14 | 118 | 77 | 116 ± 13 | 117 | 0,295 |
| Puls nach 6 min [bpm] | 74 | 119 ± 14 | 121 | 84 | 119 ± 14 | 120 | 0,813 |
| Absolvierte Strecke [m] | 75 | 472 ± 63 | 473 | 86 | 523 ± 55 | 527 | <0,001 |
| Krafttest Hand [kg] | 72 | 30,6 ± 6,4 | 30,5 | 73 | 32,5 ± 5,8 | 32,0 | 0,062 |
| Krafttest Daumen [kg] | 72 | 7,7 ± 2,2 | 7,3 | 73 | 7,5 ± 2,2 | 7,0 | 0,577 |

Die Herzfrequenz vor der Belastung war bei den Gestationsdiabetikerinnen im Schnitt bei 94 Herzschlägen/min. Im Gegensatz hierzu war die durchschnittliche Herzfrequenz bei der Kontrollgruppe bei 91 Herzschlägen/min und unterschied sich somit nicht wesentlich.

Nach drei Minuten wies das GDM-Kollektiv eine Herzfrequenz von 118 Herzschlägen/min auf. Verglichen mit den Kontrollen mit im Schnitt 116 Herzschlägen/min unterschieden sich die zwei Gruppen kaum.

Die Herzfrequenz nach 6 min war in den beiden Gruppen ebenfalls vergleichbar mit einem Mittelwert in beiden Kollektiven von etwa 119 Herzschläge/min. Der maximale Wert war in der Kontrollgruppe jedoch mit 171 Herzschläge/min deutlich höher als bei den Gestationsdiabetikerinnen mit 152 Herzschläge/min. In Abbildung 4 sind die drei gemessenen Herzfrequenzwerte der beiden Gruppen mittels Boxplots graphisch dargestellt.

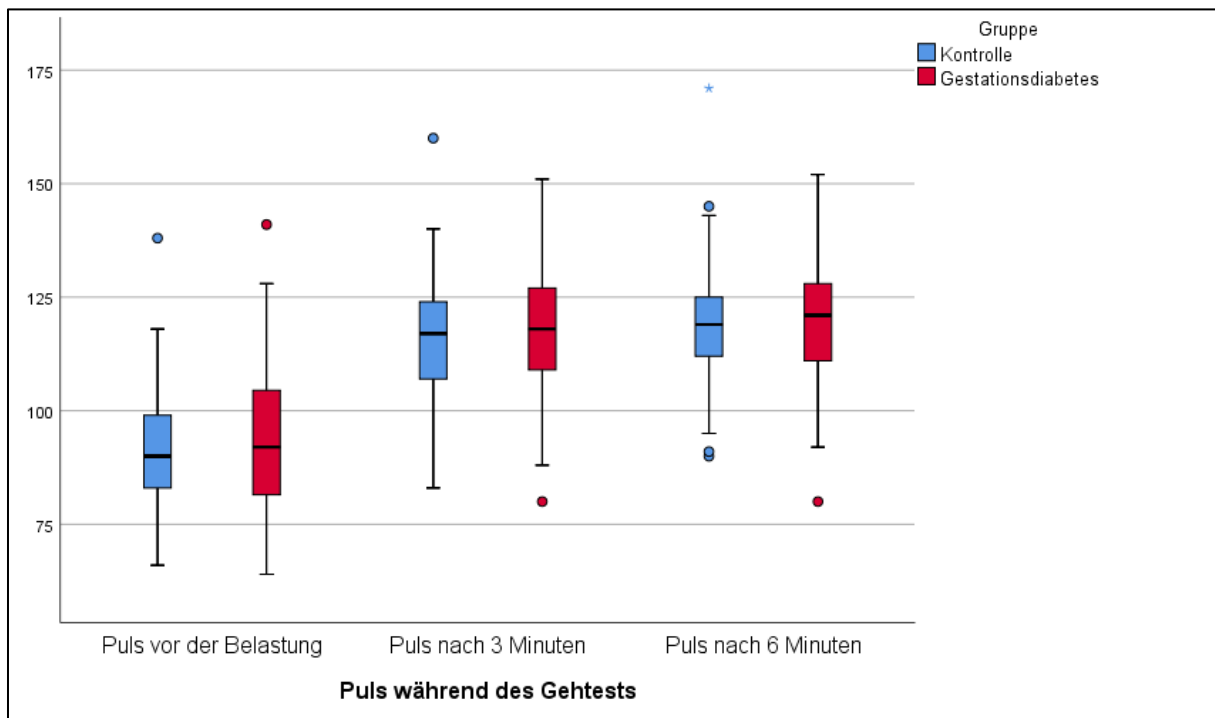


Abbildung 4: Herzfrequenz während des Gehtests, Unterscheidung in GDM-Gruppe und Kontrollkollektiv. Modifiziert und veröffentlicht von Sitzberger et al. (2020)

Bezüglich der abgeleisteten Strecke waren signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) feststellbar. Im Schnitt hatte die Kontrollgruppe nach sechs Minuten mit 523 Meter etwa 50 Meter mehr absolviert als das GDM-Kollektiv mit 472 Metern. Diesen Unterschied spiegelte auch die minimal geleistete Strecke wider. Die Gestationsdiabetikerinnen absolvierten mindestens 276 Meter. Im Vergleich hierzu war dieser bei der Kontrollgruppe mit 405 Meter um das 1,5-fache erhöht. Der Maximalwert war bei den Gestationsdiabetikerinnen mit 597 Meter ebenfalls niedriger als bei der Kontrollgruppe mit 675 Meter. Die Häufigkeiten der einzelnen absolvierten Meter sind in Abbildung 5 grafisch aufbereitet.

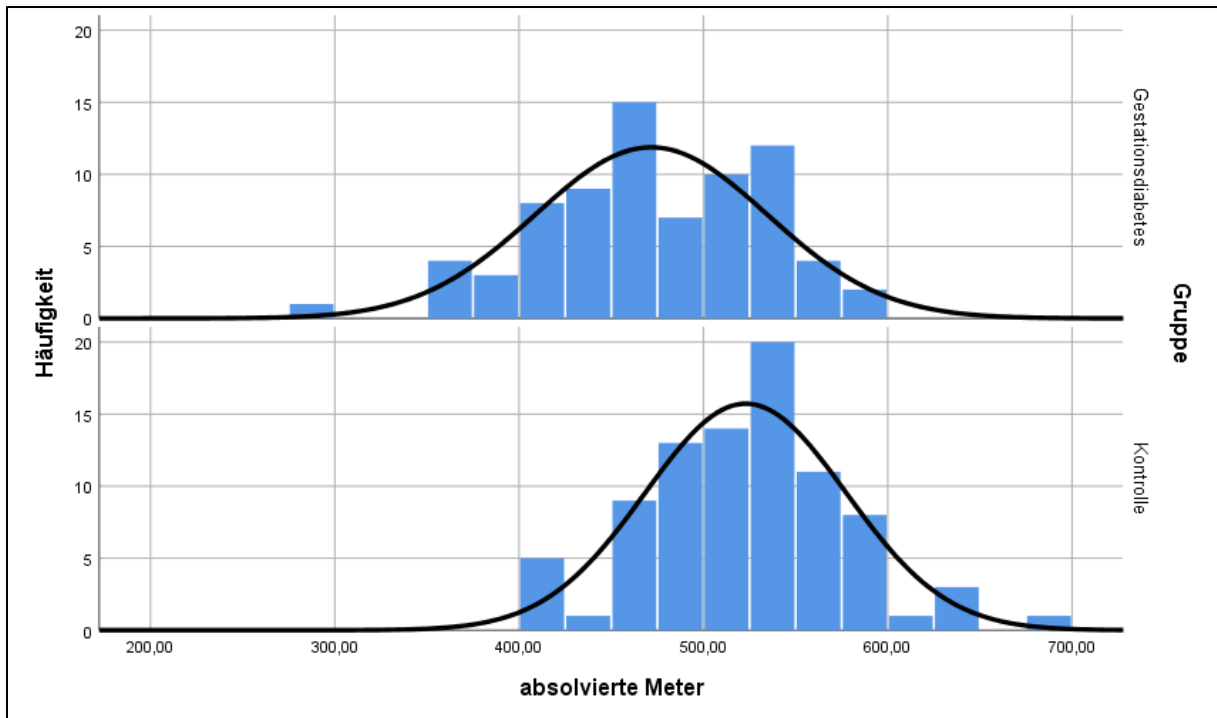


Abbildung 5: Absolvierte Meter im Vergleich der zwei Gruppen (Gestationsdiabetes und Kontrollgruppe)

In Bezug auf die Hand- bzw. Daumenkraft unterschieden sich die beiden Gruppen nicht wesentlich. Dieser Vergleich ist in Abbildung 6 als Boxplots verdeutlicht.

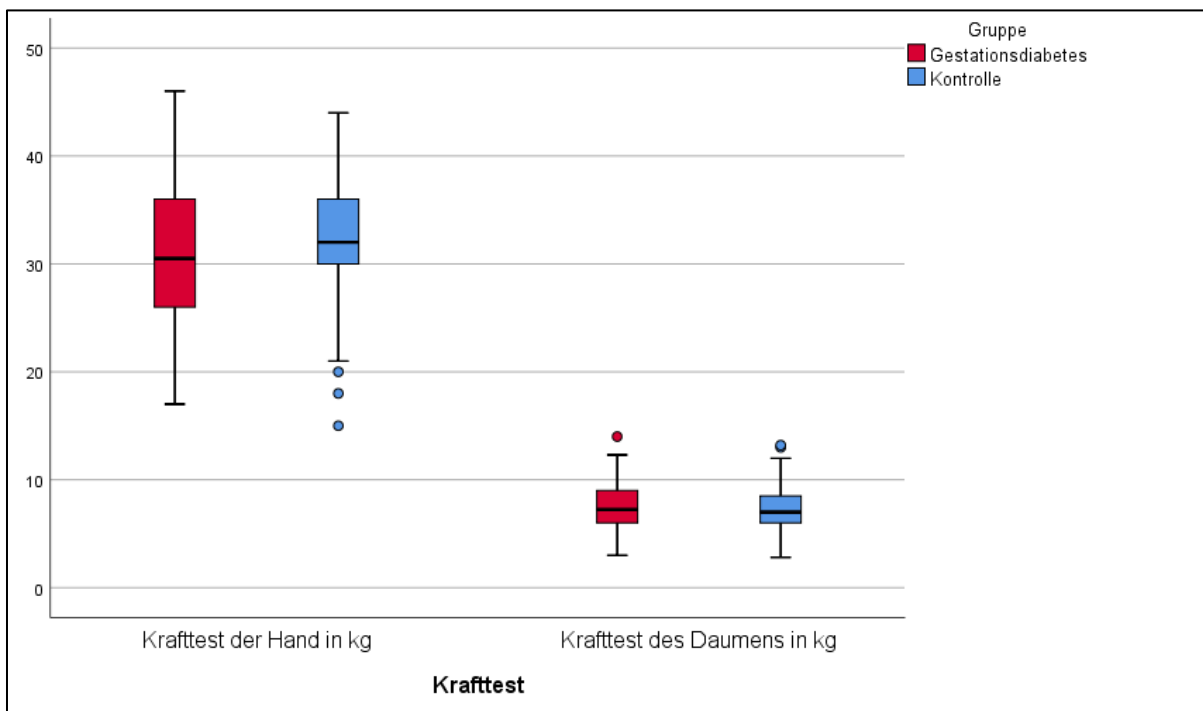


Abbildung 6: Vergleich der Ergebnisse des Krafttestes zwischen Gestationsdiabetes und Kontrollgruppe

In der sportlichen Untersuchung zeigte sich ein signifikanter Unterschied im 6-Minuten-Geh-test. Bei vergleichbarer Herzfrequenz absolvierten die Gestationsdiabetikerinnen deutlich weniger Wegstrecke als die Kontrollen. Der Krafttest war in beiden Gruppen vergleichbar.

4.2.3 Fragebogen vor der Schwangerschaft

Die Ergebnisse des Fragebogens bezüglich des Sportes vor der Schwangerschaft wurden ebenfalls von Sitzberger, Meyle et al. (2020) in gekürzter Version veröffentlicht.

Die Anzahl der vor der Schwangerschaft sporttreibenden Frauen unterschied sich in den beiden Gruppen deutlich und signifikant ($p = 0,002$). Dieser Unterschied spiegelte sich auch am prozentualen Anteil der Mitglieder in einem Sportverein wider. Genauere Angaben sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens vor der Schwangerschaft zwischen GDM-Gruppe und Kontrollkollektiv

| | GDM-Kollektiv n=93 | | Kontroll-Kollektiv n=100 | | p-Wert |
|--------------------------------------|-----------------------|------|-----------------------------|----|--------------|
| | Anzahl | % | Anzahl | % | |
| Sport vor der SS | | | | | 0,002 |
| - Ja | 60 | 64,5 | 86 | 86 | |
| - Nein | 31 | 33,3 | 14 | 14 | |
| - Keine Angabe | 2 | 2,2 | 0 | 0 | |
| Mitglied in einem Sportverein | | | | | 0,289 |
| - Ja | 12 | 12,9 | 20 | 20 | |
| - Nein | 81 | 87,1 | 80 | 80 | |

Die Häufigkeit der sportlichen Aktivitäten variierte ebenfalls zwischen den beiden Gruppen. Mit fast 48% der Gestationsdiabetikerinnen, die ein- bis zweimal pro Woche Sport trieben, waren das etwa 22% weniger ($p = 0,002$) als in der Kontrollgruppe, bei der 70% wöchentlich sportlich aktiv waren. Der Anteil derjenigen, die ein- bis zweimal pro Monat trainierten, war in beiden Gruppen mit etwa 15 – 16% vergleichbar. Die nichtsporttreibenden Frauen waren bei den Gestationsdiabetikerinnen mit 34% etwa 2,4-mal mehr als in der Kontrollgruppe mit 14% und wiesen somit eine statistische Signifikanz auf ($p = 0,001$). Diese Unterschiede sind in Abb. 7 zur Verdeutlichung nochmals graphisch aufbereitet.

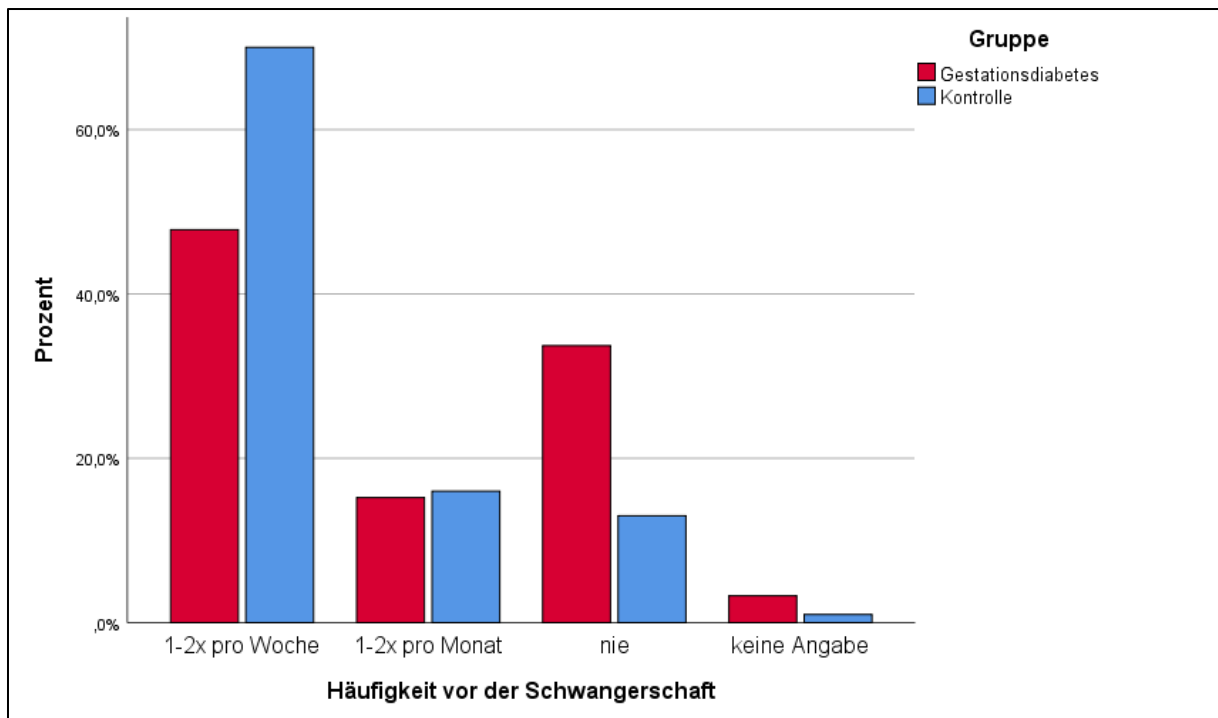


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten vor der Schwangerschaft - GDM vs. Kontrolle. Modifiziert und veröffentlicht von Sitzberger, Meyle et al. (2020)

Die Anzahl der vor der Schwangerschaft sporttreibenden Frauen war in der gesunden Kontrollgruppe signifikant höher als im GDM-Kollektiv. Ebenso absolvierte das Kontrollkollektiv sportliche Aktivitäten signifikant häufiger.

4.2.4 Fragebogen Sport während der Schwangerschaft

Die Ergebnisse des Fragebogens zu Sport während der Schwangerschaft wurden ebenfalls veröffentlicht durch Sitzberger, Meyle et al. (2020).

Während der Schwangerschaft war der Anteil der Sporttreibenden in beiden Kollektiven geringer. Bei den Gestationsdiabetikerinnen nahm er von 65% auf 46% ab und bei den Kontrollen von 86% auf 69%. Dennoch trieben etwa 1,5-mal so viele Kontrollen Sport wie Gestationsdiabetikerinnen und wiesen somit eine signifikante Diskrepanz ($p = 0,003$) auf. Die genauen Werte sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Tabelle 6: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens während der Schwangerschaft zwischen GDM-Gruppe und Kontrollkollektiv

| | GDM-Kollektiv | | Kontroll-Kollektiv | | p-Wert |
|------------------------|---------------|------|--------------------|------|--------------|
| | Anzahl | % | Anzahl | % | |
| Sport in der SS | | | | | |
| - Ja | 42 | 46,2 | 69 | 69,0 | 0,003 |
| - Nein | 49 | 53,3 | 30 | 30,0 | |
| - Keine Angabe | 0 | 0,0 | 1 | 1,0 | |

Der Rückgang der sportlichen Aktivitäten ließ sich auch anhand der Häufigkeiten während der Schwangerschaft feststellen. Bei dem GDM-Kollektiv absolvierten 36,3% wöchentlich Sport, im Vergleich zu vor der Schwangerschaft, fast 12% weniger. Verglichen mit dem Kontrollkollektiv mit 49,5%, trieben 13,2% wöchentlich weniger Sport ($p = 0,066$). Der Anteil derjenigen, die ein- bis zweimal pro Monat Sport trieben, war bei den Gestationsdiabetikerinnen gesunken und bei den Kontrollen gestiegen. Die Gestationsdiabetikerinnen (9,9%) bzw. Kontrollen (22,2%) führten im Vergleich zu vor der Schwangerschaft um 5,3% weniger bzw. um 6 % mehr sportliche Aktivitäten aus und unterschieden sich somit signifikant ($p = 0,022$) zwischen den beiden Kollektiven. Der Anteil, der nicht sporttreibenden Frauen, war mit 52,7% im GDM-Kollektiv und 21,2% in der Kontrollgruppe signifikant ($p < 0,001$) unterschiedlich. Die Diskrepanz zu den Angaben in Tabelle 6, ist aufgrund der vielen Enthaltungen im Fragebogen auf die Frage nach der Häufigkeit des Sportes während der Schwangerschaft entstanden. In Abbildung 8 sind diese Daten graphisch dargestellt.

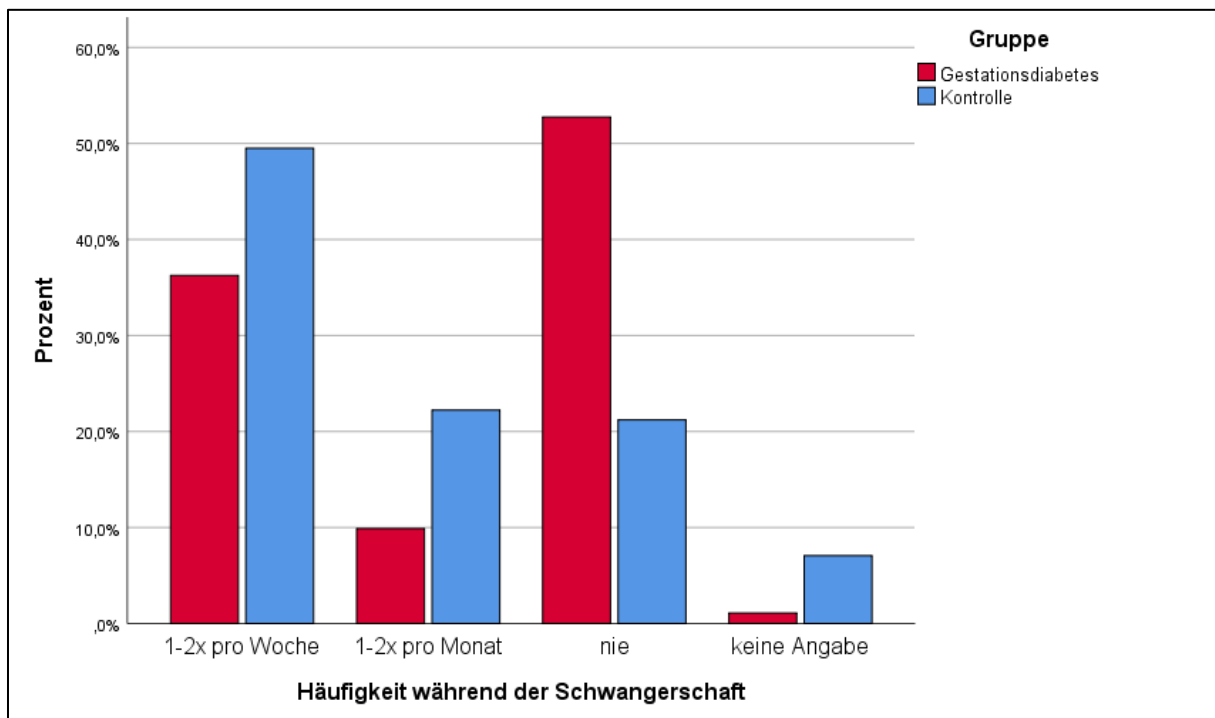


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten während der Schwangerschaft - GDM vs. Kontrolle. Modifiziert und veröffentlicht durch Sitzberger et al. (2020)

Bezüglich der täglichen Aktivität wurde u.a. festgestellt, dass 100% der Gestationsdiabetikerinnen und 99% der Kontrollen Hausarbeiten erledigten. Hierbei brauchte das GDM-Kollektiv im Schnitt 107 ± 88 Minuten pro Tag. Das entsprach einem Median von 90 Minuten. Das Kontrollkollektiv verbrachte mit durchschnittlich 97 ± 75 Minuten weniger Zeit mit Hausarbeiten. Der Median war bei 60 Minuten ($p = 0,609$).

Bei der Befragung der letzten Woche in Bezug auf körperliche Aktivität wurden folgende Angaben gemacht:

Die Gestationsdiabetikerinnen führten im Schnitt pro Woche eine anstrengende Aktivität für 25 ± 68 Minuten aus. Im Vergleich hierzu war dies bei der Kontrollgruppe mit 46 ± 167 Minuten fast doppelt so hoch ($p = 0,593$). Bei Betrachtung der moderaten Aktivitäten pro Woche war mit 118 ± 201 Minuten die GDM-Gruppe weniger aktiv als die Kontrollgruppe mit 178 ± 496 Minuten ($p = 0,740$). Im Schnitt gab das GDM-Kollektiv an, fünf Tage die Woche zu Fuß oder mit dem Fahrrad unterwegs zu sein. Auf die Woche gerechnet bedeutete dies eine mittlere Dauer von 299 ± 356 Minuten. Im Vergleich hierzu war das Kontrollkollektiv deutlich aktiver und mit durchschnittlich sechs Tagen einen Tag mehr unterwegs. Der Mittelwert auf die Woche gerechnet mit 401 ± 580 Minuten war ebenfalls höher ($p = 0,051$). Diese Unterschiede werden in Abbildung 9 nochmals verdeutlicht.

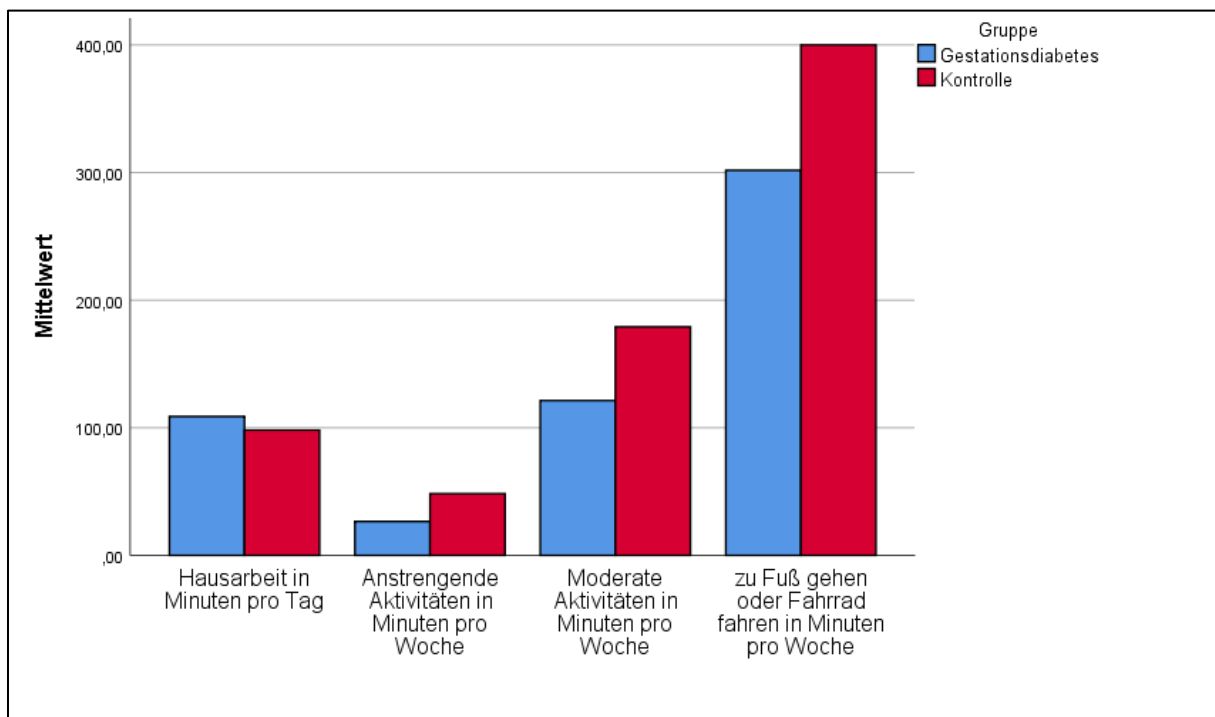


Abbildung 9: Vergleich der körperlichen Aktivitäten im Alltag der letzten Woche zwischen Gestationsdiabetikerinnen und Kontrollen

Zusammenfassend lässt sich ebenso während der Schwangerschaft ein signifikanter Unterschied in der Anzahl der sporttreibenden Frauen darstellen. Hier war der Anteil im GDM-Kollektiv deutlich geringer. Ebenso absolvierten die Kontrollgruppe ihre Sporteinheiten häufiger, wiesen mehr Minuten mit anstrengenden sowie moderaten Aktivitäten pro Woche auf und waren mehr Minuten zu Fuß oder mit dem Fahrrad unterwegs.

4.3 Subgruppenanalyse: sportliche Aktivität bei Patientinnen mit Insulintherapie versus diätetische Therapie

4.3.1 Anthropometrische Daten der Subgruppen

Ein Überblick über die Baselinecharakteristika liefert Tabelle 7.

Tabelle 7: Übersicht der anthropometrischen Daten innerhalb der Therapiesubgruppen (dGDM vs. iGDM)

| | Diätetischer eingestellter GDM | | | Insulinpflichtiger GDM | | | p-Wert |
|---|--------------------------------|-----------------|--------|------------------------|-----------------|--------|------------------|
| | n | Mittelwert ± SD | Median | n | Mittelwert ± SD | Median | |
| Alter Mutter [Jahre] | 46 | 33,78 ± 5,09 | 33,73 | 52 | 34,97 ± 4,18 | 34,47 | 0,208 |
| Größe Mutter [cm] | 47 | 165,77 ± 6,33 | 165,00 | 52 | 166,87 ± 6,08 | 167,00 | 0,380 |
| Gewicht vor SS [kg] | 47 | 63,78 ± 12,84 | 62,00 | 51 | 81,02 ± 22,59 | 74,00 | <0,001 |
| BMI vor SS [kg/m ²] | 46 | 23,17 ± 4,04 | 22,40 | 51 | 29,00 ± 7,39 | 27,04 | <0,001 |
| Gewichtszunahme [kg] | 41 | 12,81 ± 5,42 | 12,00 | 40 | 10,05 ± 7,88 | 10,05 | 0,070 |
| SS-Alter bei Geburt | 39 | 39,39 ± 0,97 | 39,29 | 45 | 38,79 ± 1,31 | 38,71 | 0,021 |
| Gravida | 41 | 2,07 ± 1,10 | 2,00 | 47 | 2,57 ± 1,78 | 2,00 | 0,165 |
| Para | 41 | 1,46 ± 0,64 | 1,00 | 47 | 1,89 ± 1,17 | 2,00 | 0,079 |
| Aborte | 41 | 0,61 ± 0,92 | 0,00 | 47 | 0,68 ± 1,40 | 0,00 | 0,989 |
| Geburtsgewicht [g] | 39 | 3296 ± 348 | 3290 | 46 | 3392 ± 394 | 3480 | 0,243 |
| Geburtsperzentile | 39 | 39 ± 24 | 33 | 45 | 50 ± 27 | 48 | 0,043 |
| | | Anzahl | % | | Anzahl | % | |
| Raucherin | 46 | 3 | 6,5 | 50 | 3 | 6,0 | 0,990 |
| Diabetes in der Familie der Mutter | 43 | 21 | 48,8 | 49 | 21 | 42,9 | 0,566 |

4.3.2 Sportliche Untersuchung

Tabelle 8 sind die Ergebnisse der sportlichen Untersuchung der beiden Subgruppen (insulinpflichtig versus diätetisch eingestellter GDM) zu entnehmen. Diese werden nachfolgend genauer betrachtet.

Tabelle 8: Vergleich der sportlichen Untersuchung zwischen dGDM und iGDM

| | Diätetischer eingestellter GDM | | | Insulinpflichtiger GDM | | | p-Wert |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------|--------|------------------------|-----------------|--------|--------|
| | n | Mittelwert ± SD | Median | n | Mittelwert ± SD | Median | |
| Puls vor Belastung [bpm] | 38 | 95,5 ± 16,0 | 92,0 | 37 | 92,8 ± 17,2 | 92,0 | 0,490 |
| Puls nach 3 min [bpm] | 38 | 118 ± 14 | 118 | 35 | 118 ± 14 | 120 | 0,950 |
| Puls nach 6 min [bpm] | 37 | 120,1 ± 13,5 | 120,0 | 37 | 118,7 ± 14,0 | 122,0 | 0,656 |
| Absolvierte Strecke [m] | 37 | 478,0 ± 65,1 | 494,0 | 38 | 465,6 ± 61,1 | 459,0 | 0,400 |
| Krafttest Hand [kg] | 36 | 31,7 ± 7,1 | 32,0 | 36 | 29,6 ± 5,4 | 30,0 | 0,164 |
| Krafttest Daumen [kg] | 36 | 8,0 ± 2,2 | 7,8 | 36 | 7,4 ± 2,3 | 7,0 | 0,220 |

Zu Beginn wiesen beide Testgruppen, bezüglich der absoluten Herzfrequenz in Ruhe nach 10 Minuten sitzen, einen geringen Unterschied von etwa 3 Herzschlägen/min auf. Die Herzfrequenz stieg während der Belastung bereits nach 3 Minuten in beiden Gruppen auf 118 ± 14 Herzschläge/min an und änderte sich nach 6 Minuten nicht wesentlich. Zusammenfassend stimmten die Herzfrequenzen der beiden Gruppen weitestgehend überein (siehe Abbildung 10) und wiesen keinen signifikanten Unterschied auf.

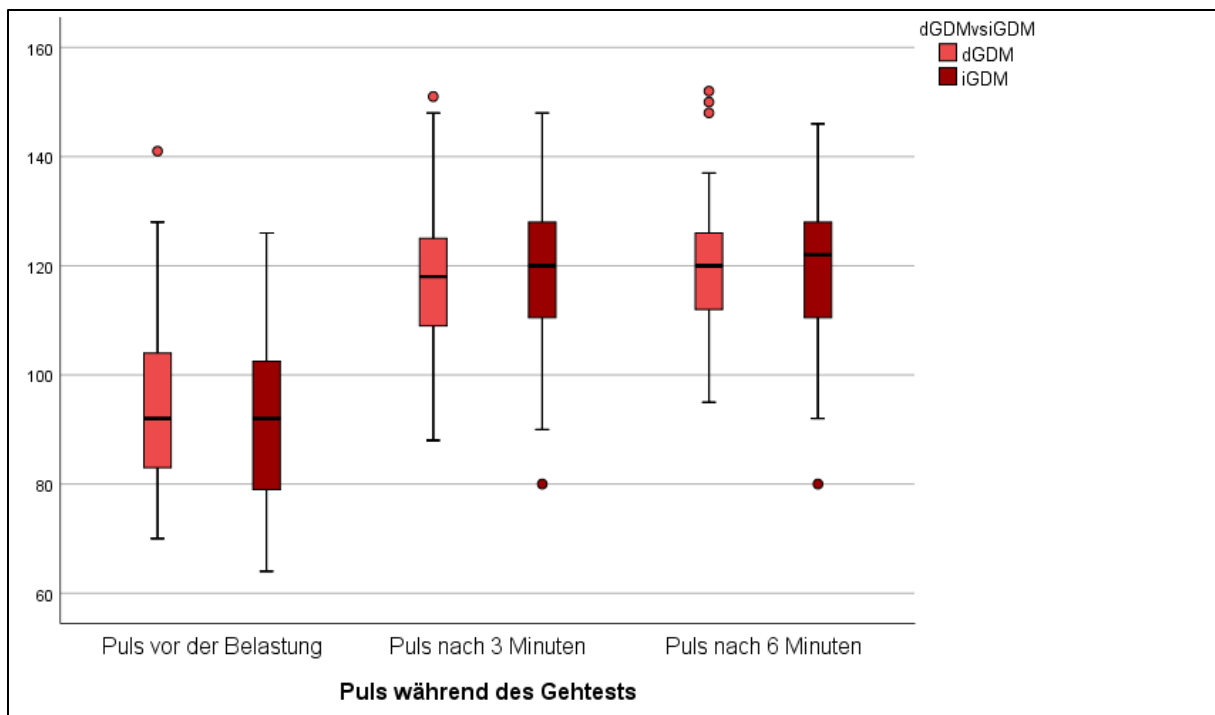


Abbildung 10: Herzfrequenz während des Gehtests, Unterscheidung in diätetisch eingestellten und insulinpflichtigen GDM

Bezüglich der absolvierten Strecke im 6 Minuten Gehtest zeigte sich ein nicht-signifikanter Unterschied. Das dGDM-Kollektiv erreichte im Schnitt 478,0 Meter. Im Vergleich hierzu erreichte das iGDM-Kollektiv durchschnittlich 465,6 Meter und somit 12 Meter weniger. Die Häufigkeitsverteilung der geleisteten Meter ist Abb. 11 zu entnehmen.

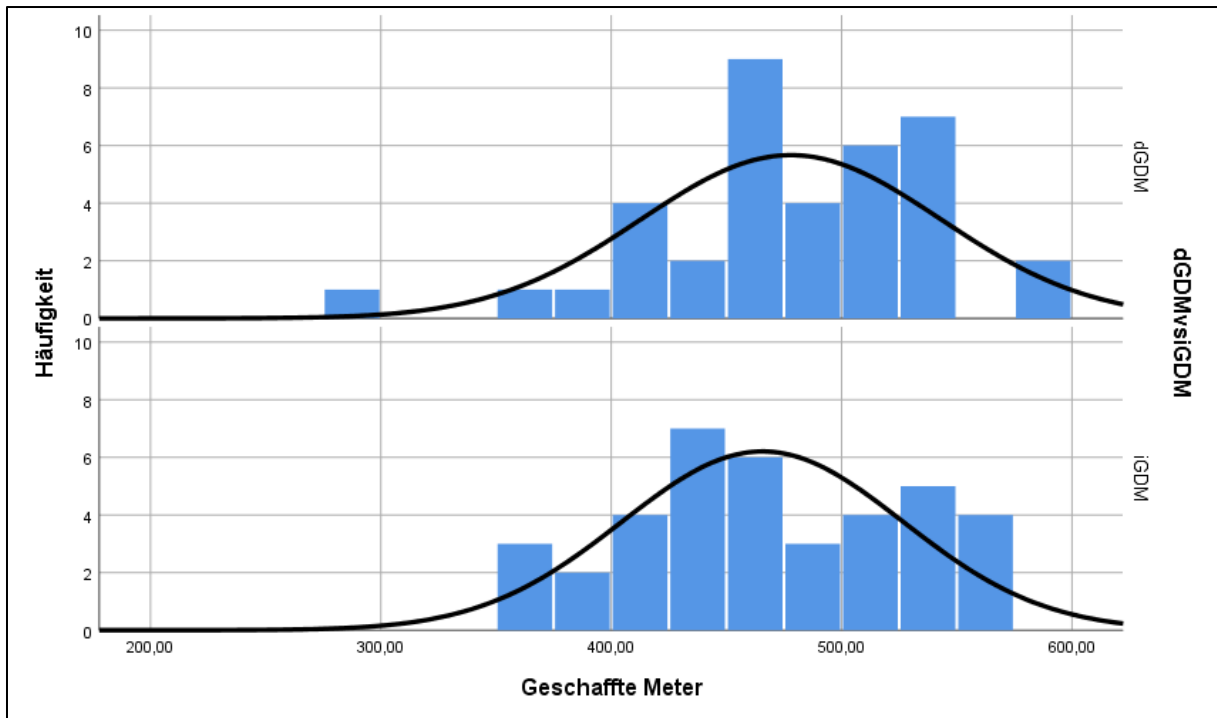


Abbildung 11: Absolvierte Meter der zwei Therapiesubgruppen (dGDM vs. iGDM)

Bezüglich des Krafttestes ließ sich eine leichte Tendenz erkennen. Die diätetisch eingestellten Gestationsdiabetikerinnen erreichten im Krafttest der Hand durchschnittlich 31,7 kg. Verglichen mit der insulinpflichtigen Gruppe mit durchschnittlich 29,6 kg entsprach dieser Unterschied etwa 2 kg.

Ähnliche Ergebnisse waren in dem Krafttest des Daumens zu beobachten. Mit etwa 8,0 kg erreichte die dGDM-Gruppe ein höheres Gewicht als die Insulinpflichtigen mit 7,4 kg. Abbildung 12 stellt diesen Sachverhalt graphisch dar.

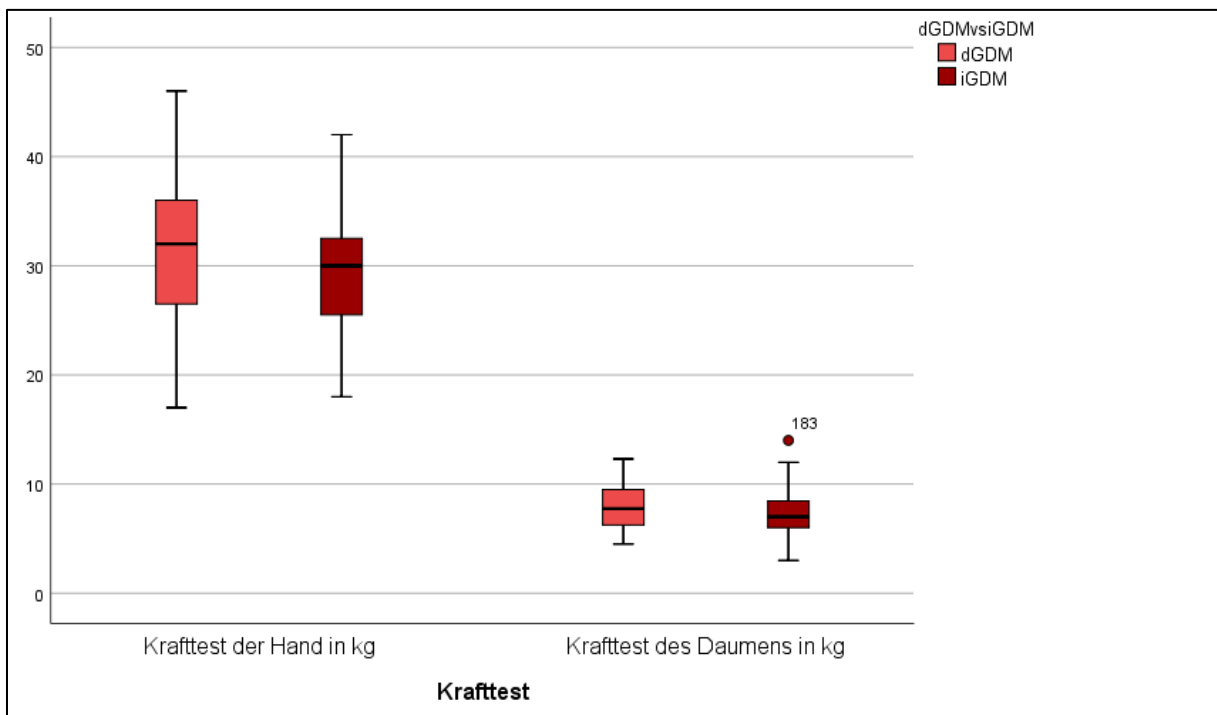


Abbildung 12: Vergleich der Ergebnisse des Krafttestes zwischen dGDM und iGDM

Zusammenfassend zeigten sich in der sportlichen Untersuchung bezüglich des Sechs-Minuten-Gehtests und des Krafttests keine signifikanten Unterschiede zwischen den diätetisch eingestellten und den insulinpflichtigen Gestationsdiabetikerinnen.

4.3.3 Fragebogen vor der Schwangerschaft

Die Anzahl der Gestationsdiabetikerinnen, die vor der Schwangerschaft Sport getrieben haben, unterschied sich nicht wesentlich zwischen den beiden Kollektiven. Genauere Angaben des Fragebogens sind Tab. 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens vor der Schwangerschaft zwischen dGDM-Gruppe und iGDM-Kollektiv

| | Diätetischer eingestellter GDM n = 44 | | Insulinpflichtiger GDM n = 49 | | p-Wert |
|--------------------------------------|--|------|----------------------------------|------|--------|
| | Anzahl | % | Anzahl | % | |
| Sport vor der SS | | | | | |
| - Ja | 29 | 65,9 | 31 | 63,3 | 0,957 |
| - Nein | 14 | 31,8 | 17 | 34,7 | |
| - Keine Angabe | 1 | 2,3 | 1 | 2,0 | |
| Mitglied in einem Sportverein | | | | | |
| - Ja | 7 | 15,9 | 5 | 10,2 | 0,441 |
| - Nein | 37 | 84,1 | 43 | 87,8 | |
| - Keine Angabe | 0 | 0 | 1 | 2,0 | |

Bezogen auf die Häufigkeit der sportlichen Aktivitäten, absolvierte die insulinpflichtige Gruppe (52,1%) wöchentlich mehr Sport als die dGDM-Gruppe (43,2%). Ein- bis zweimal pro Monat betrachtet, waren es wiederum die diätetisch eingestellten Gestationsdiabetikerinnen mit 20,5%, die häufiger dieses Pensum absolvierten. Im Vergleich hierzu trieben nur 10,4% der iGDMs monatlich Sport. Der Anteil der Nicht-Sporttreibenden Frauen war bei den Insulinpflichtigen mit 35,4% ebenfalls höher als bei den diätetisch eingestellten Frauen mit 31,8%. In Abbildung 13 ist die Häufigkeitsverteilung graphisch dargestellt.

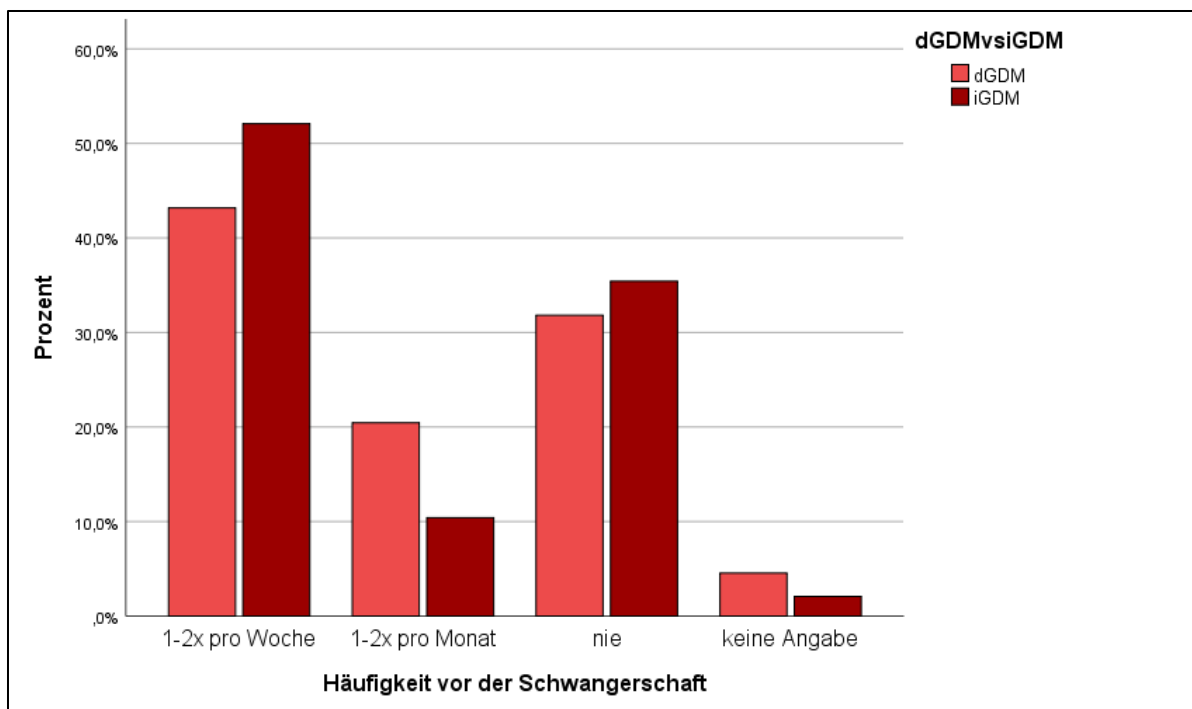


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten vor der Schwangerschaft - dGDM vs. iGDM

Der Anteil der Frauen, die bereits vor der Schwangerschaft Sport trieben, war in beiden Kollektiven vergleichbar. Bezogen auf die Häufigkeit der sportlichen Aktivitäten, absolvierte die insulinpflichtige Gruppe wöchentlich mehr Sport als die dGDM-Gruppe. Ein- bis zweimal pro Monat betrachtet, waren es wiederum die diätetisch eingestellten Gestationsdiabetikerinnen, die häufiger dieses Pensum absolvierten.

4.3.4 Fragebogen Sport während der Schwangerschaft

Während der Schwangerschaft war der Anteil der Sporttreibenden in beiden Kollektiven geringer. Während in der dGDM-Gruppe der Anteil von 65,9% auf 56,8% um 9% gesunken war, absolvierten nur 36,2% des iGDM-Kollektives sportliche Aktivitäten. Verglichen zu vor der Schwangerschaft, war dies eine Abnahme im iGDM-Kollektiv um fast 27%. Weitere Informationen sind Tab. 10 zu entnehmen.

Tabelle 10: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens während der Schwangerschaft zwischen dGDM-Gruppe und iGDM-Kollektiv

| | Diätetischer GDM n = 44 | | Insulinpflichtiger GDM n = 48 | | p-Wert |
|------------------------|----------------------------|------|----------------------------------|------|--------------|
| | Anzahl | % | Anzahl | % | |
| Sport in der SS | | | | | |
| - Ja | 25 | 56,8 | 17 | 36,2 | 0,048 |
| - Nein | 19 | 43,2 | 30 | 63,8 | |
| - Keine Angabe | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | |

Die beiden Kollektive unterschieden sich ebenfalls in der Häufigkeit der sportlichen Aktivitäten. 46,5% bzw. 11,6% der diätetisch eingestellten Diabetikerinnen waren wöchentlich bzw. monatlich sportlich aktiv. Dieser Anteil betrug bei den Insulinpflichtigen 27,1% bzw. 8,3%. Dieser Unterschied entsprach fast 20%, die 1-2-mal pro Woche trainieren und war somit signifikant ($p = 0,054$) verschieden. Mit etwa 3% war die Differenz, die 1-2 pro Monat sportlich tätig wurden, unerheblich. Mit 62,5% der Insulinpflichtigen war der Anteil der Frauen, die überhaupt keinen Sport trieben in der Schwangerschaft deutlich ($p = 0,049$) höher als bei dem dGDM-Kollektiv mit 41,9%. Abbildung 14 stellt diesen Zusammenhang graphisch dar.

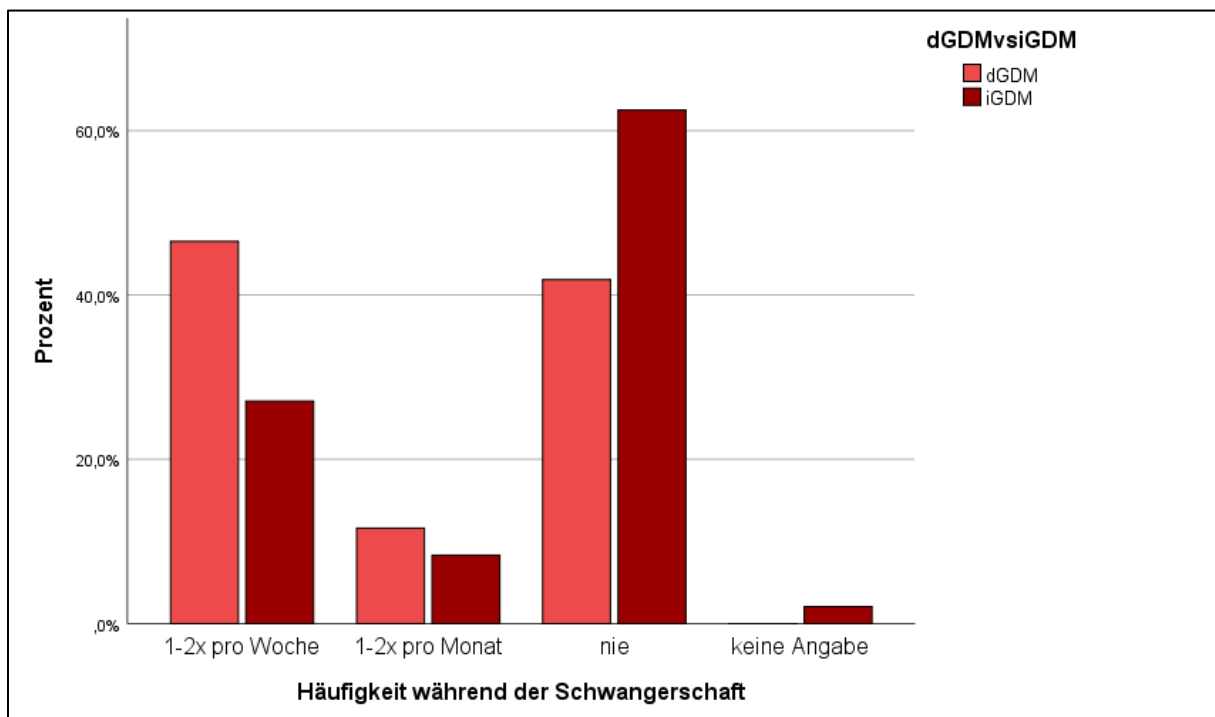


Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten während der Schwangerschaft - dGDM vs. iGDM

Bezüglich der täglichen Aktivität wurden folgende Ergebnisse gefunden. Der Anteil der Frauen, die Hausarbeiten ausführten, betrug in beiden Kollektiven 100%. Hierbei variierte die täglich absolvierte Dauer in den beiden Gruppen. Mit durchschnittlich 112 Minuten war der zeitliche Aufwand bei den mit Insulin eingestellten Gestationsdiabetikerinnen höher als bei den Diätetischen mit durchschnittlich 101 Minuten ($p = 0,621$).

Zur Befragung der letzten Woche in Bezug auf körperliche Aktivität, gab das dGDM-Kollektiv an, durchschnittlich 30 Minuten in der letzten Woche eine anstrengende Aktivität absolviert zu haben. Bei der insulinpflichtigen Gruppe betrug dies 21 Minuten pro Woche ($p = 0,775$).

Die Minuten pro Woche mit moderaten Aktivitäten betragen bei dem dGDM-Kollektiv etwa 135 Minuten. Die Insulinpflichtigen absolvierten mit im Schnitt mit 103 Minuten deutlich weniger ($p = 0,085$).

Die Tage an denen die Frauen für mindestens 10 Minuten zu Fuß spazieren gegangen oder Fahrrad gefahren sind, war in beiden Kollektiven mit 5 Tagen gleich. Mit durchschnittlich 294 Minuten pro Woche bewegten sich die diätetisch Eingestellten etwas weniger als die Insulinpflichtigen mit im Durchschnitt 304 Minuten pro Woche.

Die sitzenden Stunden pro Tag betrachtet, unterschieden sich die beiden Gruppen nicht wesentlich. Mit durchschnittlich 5,2 Stunden war die diabetische Gruppe mit der insulinpflichtigen Gruppe vergleichbar (Durchschnitt = 5,3 Stunden).

Dieser Zusammenhang wird in Abb. 15 verdeutlicht.

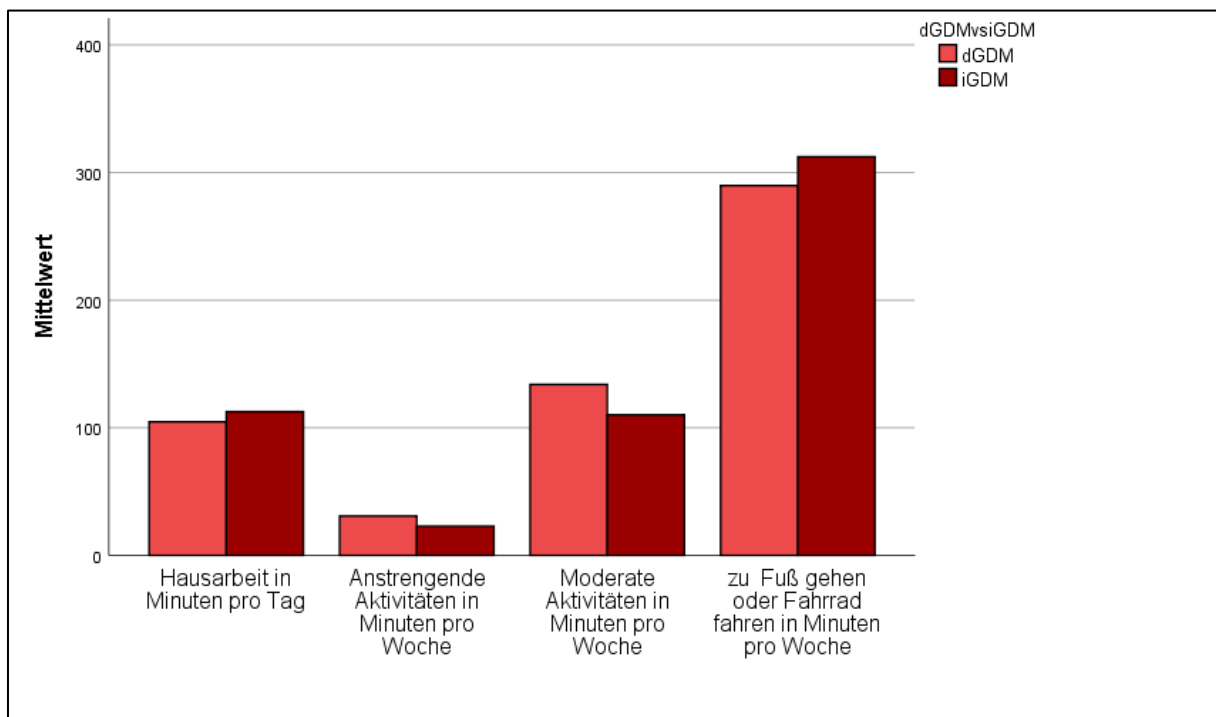


Abbildung 15: Vergleich der körperlichen Aktivitäten im Alltag der letzten Woche zwischen iGDM und dGDM

Während der Schwangerschaft war der Anteil der Frauen, die Sport trieben im diabetisch eingestellten Kollektiv signifikant größer als im insulinpflichtigen Kollektiv. Ebenso führte dGDM-Gruppe signifikant häufiger sportliche Aktivitäten durch als die iGDM-Gruppe. In Bezug auf Hausarbeiten und absolvierte Strecken zu Fuß oder mit dem Fahrrad pro Woche unterschieden sich die beiden Gruppen nicht wesentlich.

4.4 Vergleich der Sportgruppen innerhalb GDM

In diesem Kapitel werden nur die Gestationsdiabetikerinnen betrachtet. Die Aufteilung in zwei Kollektive erfolgte aufgrund der Angabe im Fragebogen, ob während der Schwangerschaft Sport absolviert wurde oder nicht. In der Subgruppenanalyse der Gestationsdiabetikerinnen zeigte sich folgende Verteilung: 42 Frauen waren während der Schwangerschaft aktiv und entsprachen der sportlichen Gruppe, 49 Frauen trieben während der Schwangerschaft kein Sport und wurden als inaktive Vergleichsgruppe zusammengefasst. Zur Verdeutlichung ist Abb. 16 zu beachten.

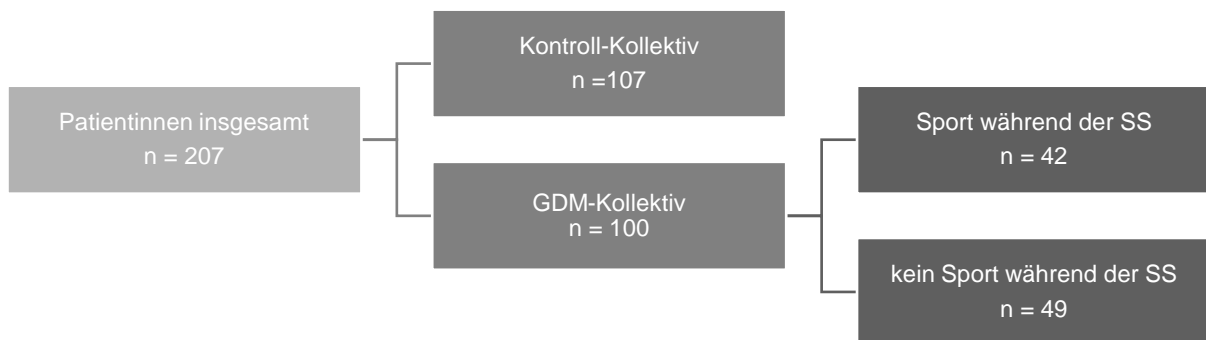


Abbildung 16: Aufteilung der Patientinnen in verschiedene Kollektive bezüglich sportlicher Aktivitäten während der Schwangerschaft

4.4.1 Anthropometrische Daten der Subgruppen

Eine Übersicht der Baselinecharakteristika ist in Tabelle 11 zu entnehmen.

Tabelle 11: Übersicht der anthropometrischen Daten innerhalb der Sportsgruppen (Sport vs. Kein Sport)

| | Sport während der SS | | | Kein Sport während der SS | | | p-Wert |
|---|----------------------|-----------------|--------|---------------------------|-----------------|--------|--------------|
| | n | Mittelwert ± SD | Median | n | Mittelwert ± SD | Median | |
| Alter Mutter [Jahre] | 42 | 34,60 ± 4,62 | 34,45 | 48 | 34,83± 4,39 | 34,26 | 0,807 |
| Größe Mutter [cm] | 42 | 166,95 ± 6,47 | 168,00 | 49 | 166,10 ± 5,84 | 166,00 | 0,456 |
| Gewicht vor SS [kg] | 42 | 73,05 ± 24,53 | 64,00 | 48 | 71,45 ± 16,34 | 67,50 | 0,577 |
| BMI vor SS [kg/m ²] | 42 | 26,04 ± 7,83 | 23,72 | 47 | 25,95 ± 5,60 | 24,02 | 0,421 |
| Gewichtszunahme [kg] | 36 | 9,99 ± 6,72 | 10,50 | 37 | 12,52 ± 6,57 | 11,60 | 0,109 |
| SS-Alter bei Geburt | 35 | 39,44 ± 1,00 | 39,43 | 41 | 38,84 ± 1,29 | 38,86 | 0,026 |
| Gravida | 37 | 1,97 ± 1,17 | 2,00 | 43 | 2,67 ± 1,80 | 2,00 | 0,022 |
| Para | 37 | 1,41 ± 0,60 | 1,00 | 43 | 1,93 ± 1,16 | 2,00 | 0,023 |
| Aborte | 37 | 0,57 ± 0,90 | 0,00 | 43 | 0,74 ± 1,48 | 0,00 | 0,657 |
| Geburtsgewicht [g] | 35 | 3309 ± 403 | 3330 | 42 | 3362 ± 358 | 3420 | 0,567 |
| Geburtsperzentile | 35 | 38 ± 26 | 32 | 42 | 49 ± 24 | 48 | 0,036 |
| | | Anzahl | % | | Anzahl | % | |
| Raucherin | 42 | 1 | 2,4 | 48 | 4 | 8,3 | 0,219 |
| Diabetes in der Familie der Mutter | 42 | 26 | 61,9 | 48 | 15 | 31,3 | 0,004 |
| Insulintherapie | 42 | 17 | 40,5 | 49 | 30 | 61,2 | 0,048 |

4.4.2 Sportliche Untersuchung

Die Ergebnisse der sportlichen Untersuchung sind in Tab. 12 dargestellt.

Tabelle 12: Vergleich der sportlichen Untersuchung zwischen Sport und kein Sport während der Schwangerschaft

| | Sport während der SS | | | Kein Sport während der SS | | | p-Wert |
|---------------------------------|----------------------|-----------------|--------|---------------------------|-----------------|--------|--------------|
| | n | Mittelwert ± SD | Median | n | Mittelwert ± SD | Median | |
| Puls vor Belastung [bpm] | 35 | 88,8 ± 14,1 | 88,0 | 37 | 99,1 ± 17,9 | 100,0 | 0,009 |
| Puls nach 3 min [bpm] | 34 | 114 ± 12 | 116 | 36 | 122 ± 14 | 122 | 0,008 |
| Puls nach 6 min [bpm] | 35 | 116,7 ± 11,7 | 120,0 | 36 | 122,2 ± 15,4 | 123,5 | 0,096 |
| Absolvierte Strecke [m] | 34 | 477,02 ± 56,56 | 472,50 | 37 | 463,43 ± 68,88 | 461,25 | 0,369 |
| Krafttest Hand [kg] | 35 | 31,2 ± 6,9 | 32,0 | 34 | 30,9 ± 5,1 | 30,6 | 0,810 |
| Krafttest Daumen [kg] | 35 | 8,13 ± 2,38 | 8,00 | 34 | 7,36 ± 2,09 | 7,00 | 0,157 |

Die Herzfrequenz vor der Belastung unterschied sich zwischen den beiden Gruppen signifikant. Mit durchschnittlich 89 Herzschläge/min war dieser bei der Sportgruppe um etwa 10 Herzschläge/min niedriger als bei dem Vergleichskollektiv mit im Schnitt 99 Herzschlägen/min.

Diese Tendenz setzte sich in der Herzfrequenz nach 3 Minuten fort. Die Trainierenden wiesen eine durchschnittliche Herzfrequenz von 114 Herzschlägen/min auf. Im Vergleich hierzu hatten die Nicht-Sporttreibenden einen Durchschnittsherzfrequenz von 122 Herzschlägen/min. Diese Differenz betrug 8 Herzschläge/min und war somit statistisch signifikant.

Bezüglich der Herzfrequenz nach 6 Minuten war ebenfalls eine niedrigere Herzfrequenz in der sportlichen Gruppe festzustellen. Diese war jedoch nicht signifikant. Mit durchschnittlich 117 Herzschlägen/min und 122 Herzschlägen/min stieg sie in beiden Gruppen nicht mehr deutlich an.

Die Herzfrequenzen während des Gehtests sind in Abbildung 17 dargestellt.

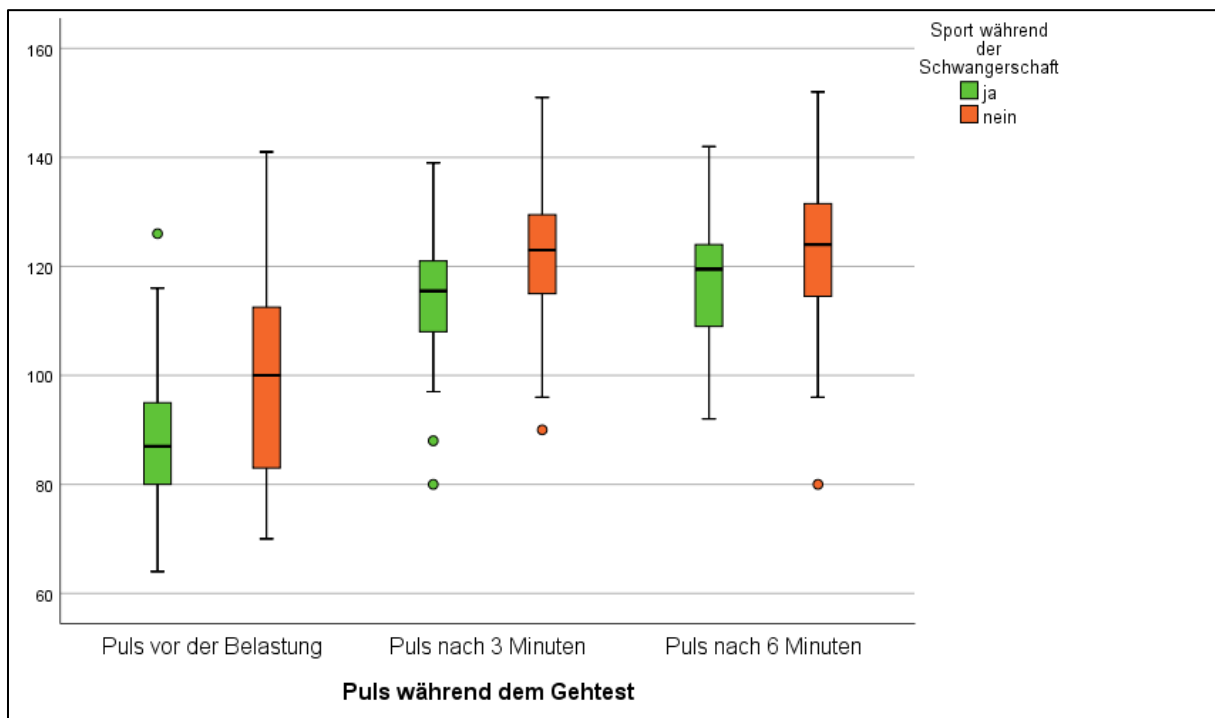


Abbildung 17: Herzfrequenzen während des Gehtests, Unterscheidung in Sport und kein Sport während der Schwangerschaft

Die absolvierte Strecke in den sechs Minuten war bei den sporttreibenden Frauen höher. Mit durchschnittlich 477,02 Meter leisteten diese etwa 14 Meter mehr als das Vergleichskollektiv mit 463,43 Meter. Die Verteilung der Häufigkeiten der geleisteten Strecke ist in Abb. 18 graphisch dargestellt.

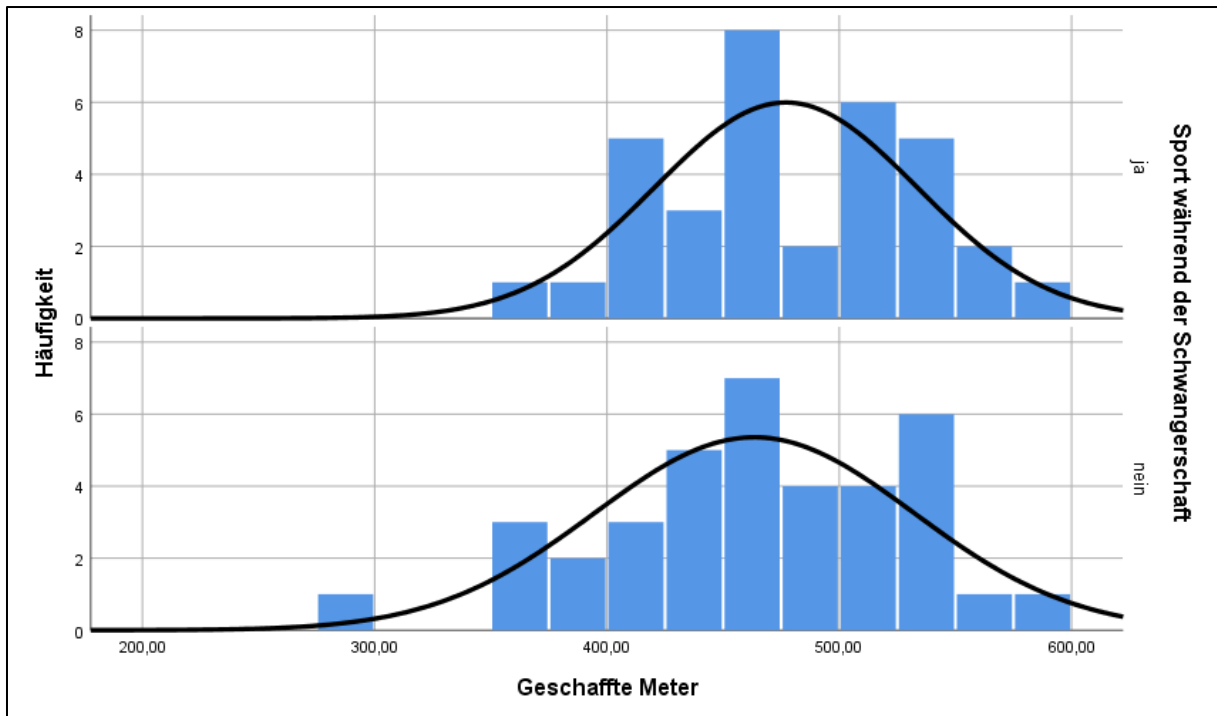


Abbildung 18: Absolvierte Meter im Vergleich der zwei Therapiesubgruppen (Sport vs. kein Sport)

Der Unterschied in den Krafttests war nicht ausschlaggebend. Mit 31,2 kg bei den Trainierenden war der Krafttest der Hand etwas höher als im Vergleichskollektiv mit 30,9 kg. Dieselbe Tendenz war im Krafttest des Daumens zu beobachten. Die sportlichen Frauen drückten mit einer Kraft von 8,13 kg verglichen zu dem anderen Kollektiv mit 7,36 kg.

Die Boxplots in Abb. 19 verdeutlichen diesen Zusammenhang.

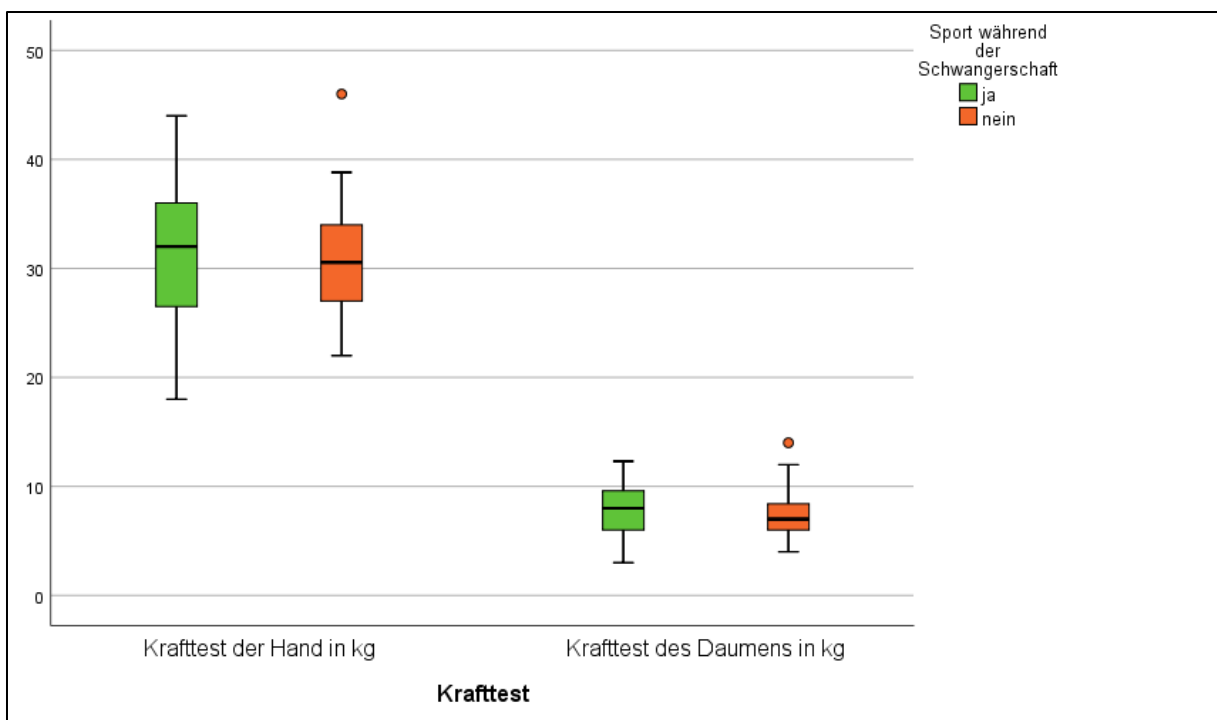


Abbildung 19: Vergleich der Ergebnisse des Krafttestes zwischen Sport und kein Sport

Zusammenfassend zeigten sich in der sportlichen Untersuchung folgende Ergebnisse. Die Gestationsdiabetikerinnen, die angaben während der Schwangerschaft Sport zu machen, absolvierten eine geringfügig längere Strecke mit einer signifikant niedrigeren Herzfrequenz vor und während der Belastung im Sechs-Minuten-Gehtest als die Gestationsdiabetikerinnen, die in der Schwangerschaft keinen Sport trieben. In Bezug auf den Krafttest ließen sich keine eindeutigen Unterschiede feststellen.

4.4.3 Fragebogen vor der Schwangerschaft

Die Anzahl der Frauen, die vor der Schwangerschaft Sport getrieben haben, unterschied sich wesentlich zwischen den beiden Kollektiven. Mit 78,6% waren die Frauen, die in der Schwangerschaft aktiv gewesen sind, vor der Schwangerschaft bereits aktiver als das Vergleichskollektiv mit 55,1%.

Der Anteil der Frauen, die in einem Sportverein aktiv gewesen ist, war bei den aktiven Gestationsdiabetikerinnen deutlich höher. Mit 21,4% verglichen zu 6,1% war dieser Unterschied erheblich. Diese Angaben sind in Tab. 13 zu betrachten.

Tabelle 13: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens vor der Schwangerschaft zwischen der Sport-Gruppe und der Nicht-Sport-Gruppe

| | Sport während der SS n = 42 | | Kein Sport während der SS n = 49 | | p-Wert |
|--------------------------------------|--------------------------------|------|-------------------------------------|------|--------|
| | Anzahl | % | Anzahl | % | |
| Sport vor der SS | | | | | |
| - Ja | 33 | 78,6 | 27 | 55,1 | 0,052 |
| - Nein | 9 | 21,4 | 21 | 42,9 | |
| - Keine Angabe | 0 | 0,0 | 1 | 2,0 | |
| Mitglied in einem Sportverein | | | | | |
| - Ja | 9 | 21,4 | 3 | 6,1 | 0,069 |
| - Nein | 33 | 78,6 | 45 | 91,8 | |
| - Keine Angabe | 0 | 0,0 | 1 | 2,0 | |

Betrachtet man die Häufigkeit der sportlichen Aktivitäten vor der Schwangerschaft unterschieden sich beide Gruppen signifikant. Mit 61,9% trieben die in der Schwangerschaft aktiven Gestationsdiabetikerinnen deutlich ($p = 0,021$) öfter ein- bis zweimal pro Woche Sport als die Inaktiven mit 37,5%. Bei ein- bis zweimal im Monat ließ sich zwischen den Gruppen keine große Differenz darstellen. Die gegenteilige Tendenz ließ sich bezüglich keines Sportes vor der Schwangerschaft darstellen. Mit insgesamt 43,8% waren die Inaktiven auch vor der Schwangerschaft deutlich weniger sportlich als das Vergleichskollektiv mit 21,4% ($p = 0,025$). Dieser Zusammenhang ist in der Abbildung 20 dargestellt bzw. verdeutlicht.

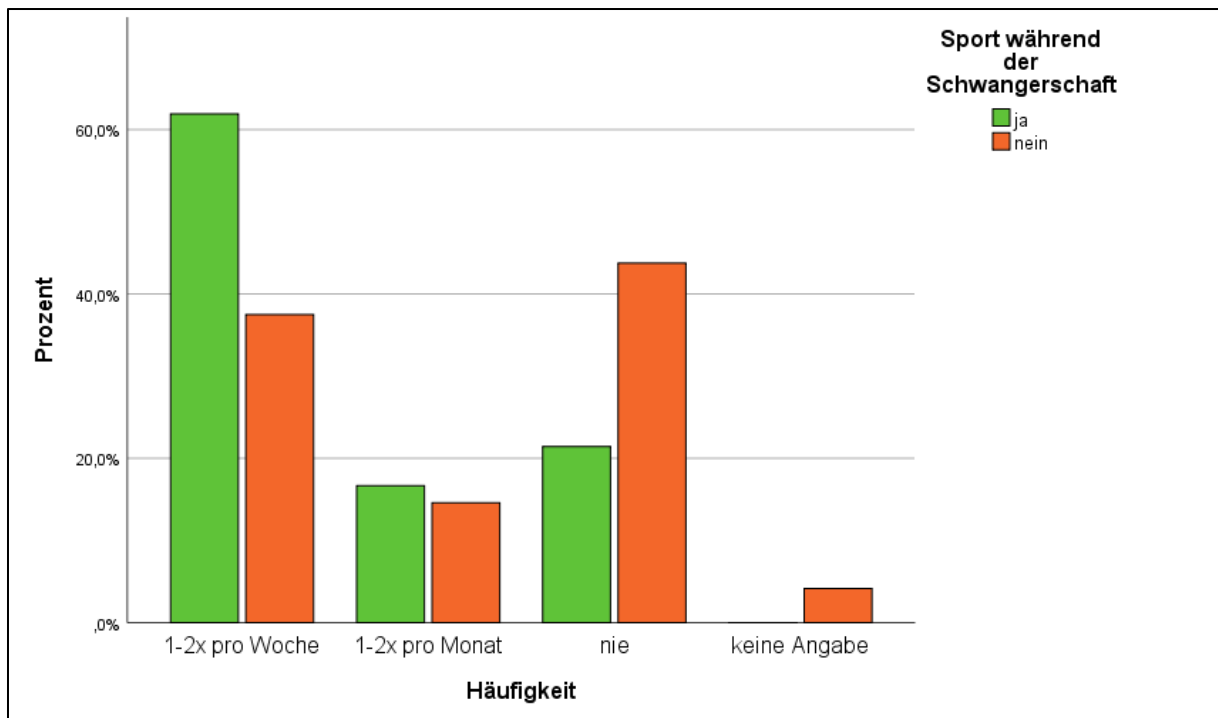


Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten vor der Schwangerschaft - Sport vs. kein Sport in der Schwangerschaft

Die Gestationsdiabetikerinnen, die in der Schwangerschaft aktiv gewesen sind, waren ebenfalls vor der Schwangerschaft bereits aktiver als die Gestationsdiabetikerinnen, die in der Schwangerschaft keinen Sport absolvierten. Die in der Schwangerschaft aktiven Gestationsdiabetikerinnen trieben signifikant öfter ein- bis zweimal pro Woche Sport als die Inaktiven.

4.4.4 Fragebogen Sport während der Schwangerschaft

Nachdem die Einteilung in die beiden Kollektive durch die Angabe „während der Schwangerschaft Sport getrieben“ erfolgt war, wird hier von der üblichen Struktur der Doktorarbeit abgewichen.

Die aktiven Frauen trainierten größtenteils ein- bis zweimal die Woche. Dieser Prozentsatz beträgt 78,6%. Im Vergleich zu vor der Schwangerschaft (=61,9%) bedeutet dies einen Anstieg um fast 17%. Ein- bis zweimal im Monat absolvierten 21,4% der Frauen sportliche Tätigkeiten. Dies entsprach einem Anstieg von fast 5% bei dem Vergleich zu vor der Schwangerschaft. 21,4% gaben an mit Sport in der Schwangerschaft angefangen zu haben und davor keine sportlichen Tätigkeiten ausgeübt zu haben. Nachzuvollziehen sind die Angaben in Abbildung 21.

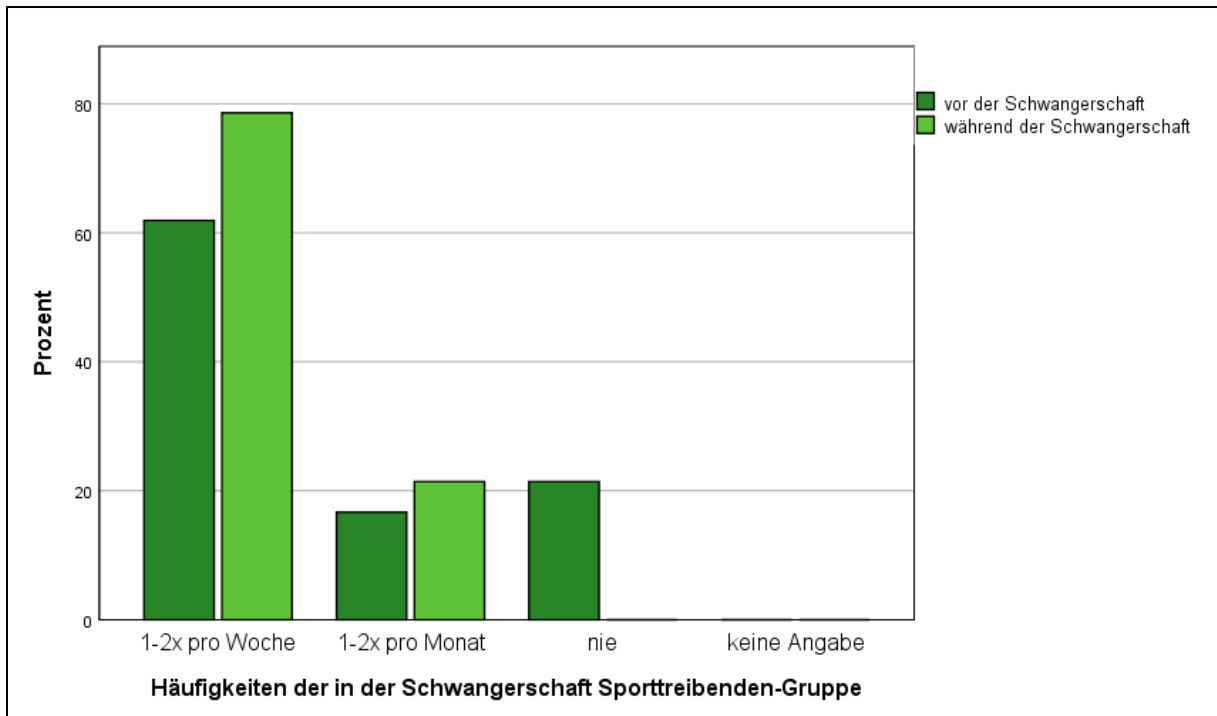


Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung der sportlichen Aktivitäten vor bzw. während der Schwangerschaft bei der Sporttreibenden-Gruppe

Im Folgendem wurde die aufgewendete Zeit für Hausarbeiten verglichen. Beide Kollektive gaben an Hausarbeiten zu erledigen. Hierbei verbrachten die aktiven Frauen mit im Durchschnitt 74 ± 48 Minuten signifikant ($p < 0,001$) weniger Minuten pro Tag mit Hausarbeiten als die nicht sporttreibende Gruppe mit durchschnittlich 137 ± 104 Minuten.

Bezüglich der Alltagsaktivitäten ergaben sich folgende Unterschiede. Pro Woche verbrachten die aktiven Frauen durchschnittlich 21 ± 51 Minuten mit diesen anstrengenden Aktivitäten, wohingegen die Inaktiven durchschnittlich 30 ± 81 Minuten angaben ($p = 0,853$). Die moderaten Aktivitäten betrachtet, war die ausgeführte Zeit pro Woche bei den Aktiven ebenfalls niedriger. Sie gaben ein arithmetisches Mittel von 106 ± 145 Minuten an. Im Vergleich hierzu betrug diese bei den inaktiven Frauen 131 ± 242 Minuten ($p = 0,114$).

Die Zeit pro Woche, in der die Frauen zu Fuß oder mit dem Fahrrad gefahren sind, war bei den sporttreibenden Gestationsdiabetikerinnen mit durchschnittlich 357 ± 405 Minuten deutlich höher als bei den nichtsportlichen Frauen mit im Schnitt 254 ± 304 Minuten ($p = 0,167$).

Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 22 dargestellt.

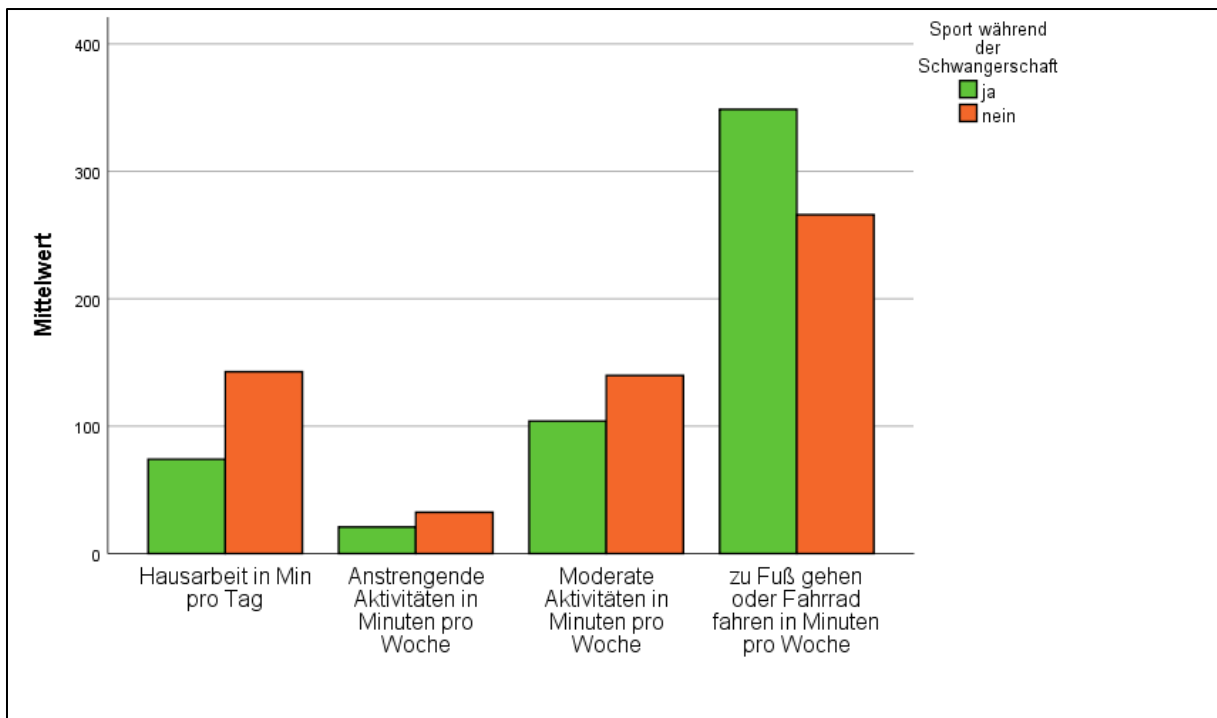


Abbildung 22: Vergleich der körperlichen Aktivitäten im Alltag der letzten Woche zwischen sporttreibenden Frauen und jenen die keinen Sport während der Schwangerschaft angeben

Betrachtete man die sitzenden Stunden pro Tag, fällt folgendes auf. Mit einem arithmetischen Mittel von $5,5 \pm 3,2$ Stunden saßen die Frauen, die auch Sporttrieben, mehr als jene, die keine sportlichen Aktivitäten ausführten ($5,1 \pm 2,9$ Stunden). Der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

In der Schwangerschaft absolvierten die aktiven Frauen häufiger Sport als vor der Schwangerschaft. Ebenso haben etwa 1/5 der Schwangeren, erst in der Schwangerschaft angefangen, sportlich aktiv zu werden.

Im Vergleich zu den Inaktiven verbrachten die aktiven Frauen signifikant weniger Minuten pro Woche mit Hausarbeiten, bewegten sich dafür mehr zu Fuß oder mit dem Fahrrad.

5 Diskussion / Limitationen

5.1 Diskussion der Ergebnisse

5.1.1 Vergleich des GDM-Kollektivs mit dem Kontrollkollektiv

Zusammenfassend konnte im Vergleich von Gestationsdiabetikerinnen zum Kontrollkollektiv, ein unterschiedliches sportliches Verhalten vor und während der Schwangerschaft sowie in ihrem objektiven Fitnesslevel anhand des Sechs Minuten Gehtests gezeigt werden. Der Anteil der Gestationsdiabetikerinnen, die überhaupt Sport vor bzw. während der Schwangerschaft ausführten, war deutlich geringer als im Kontrollkollektiv. Ebenso war auch bei dem sporttreibenden Anteil, die Häufigkeit verringert. Dieses Ergebnis konnte durch den Sechs-Minuten-Gehstest ebenfalls bestätigt werden.

Der Unterschied der beiden Gruppen ist vor allem im Bereich der absolvierten Gehstrecke ersichtlich. Die Gestationsdiabetikerinnen erreichten eine deutlich geringere Distanz als die gesunden Kontrollen. Vergleichbare Werte in der Literatur existieren nur wenige. Die bisherigen Studien untersuchten vor allem Frauen im Alter von 40 bis 85 Jahren bzw. beide Geschlechter im Alter von 50 bis 85 Jahren und kamen bei den gesunden Kontrollen auf eine Distanz von 494 Metern bei Frauen bzw. 631 Metern bei beiden Geschlechtern (Enright & Sherrill, 1998; Troosters, Gosselink, & Decramer, 1999). Ebenso wird in diesen Studien gezeigt, dass das Alter einen Einfluss auf die Distanz hat. Dies begründet die erhöhte Distanz in der hiesigen Studie mit einem Durchschnittsalter von 33 Jahren in der Kontrollgruppe.

Dennoch ist der Unterschied in den beiden untersuchten Gruppen signifikant und lässt einen Unterschied in der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit der Frauen vermuten.

In der Literatur wird die durchschnittliche Herzfrequenz in Ruhe einer gesunden Schwangeren ab der 32. Schwangerschaftswoche mit 85 bis 90 Schlägen pro Minute angegeben (Hunter & Robson, 1992). Dies stimmt mit dem Kontrollkollektiv weitestgehend überein. Die Herzfrequenz der Gestationsdiabetikerinnen ist etwas erhöht. Rückschlüsse auf den Grund sind nicht eindeutig erkennbar und unterlegen. Es ist bekannt, dass diese Frauen ein anderes kardiovaskuläres Risikoprofil haben (Lauenborg et al., 2005) und dadurch ebenso die Herzfrequenz in Ruhe verändert ist. Ebenso wäre das vermutete geringere Fitnesslevel eine Möglichkeit der Begründung. Hierzu bedarf es noch weiterer Abklärung und Forschung.

Der Krafttest ergab keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. In der Literatur werden im Handkraftmessgerät bei Frauen zwischen 20 und 39 Jahren etwa 60-70 Pounds je nach

Hand angegeben. Das sind umgerechnet 27 - 36 kg und entsprechen somit den Ergebnissen dieser Studie in beiden Kollektiven. Der Krafttest des Daumens weist ähnliche Ergebnisse auf. Die Werte in dieser Studie stimmen mit den Literaturangaben von 7,1 kg (15,6 Pounds) bis 7,8 kg (17,2 Pounds) überein. (Mathiowetz, Weber, Volland, & Kashman, 1984)

Die Angaben zur sportlichen Aktivität sind nur bedingt vergleichbar, weil in den Referenzwerten die sportliche Aktivität von Alltagsbewegungen unterschieden wird. Nach Krug et al. führen Frauen im Alter von 18 bis 29 Jahren bzw. von 30 – 39 Jahren in 18,4% bzw. 12,3% der Fälle körperliche Aktivitäten im Alltag von mindestens 2,5 Stunden pro Woche aus. In Bezug auf sportliche Aktivitäten geben die Frauen < 30 Jahren bzw. zwischen 30 und 40 Jahren in 25,7% bzw. 39,7% der Fälle an keine sportliche Betätigung auszuführen (Krug et al., 2013). Die Kontrollgruppe in dieser Studie war deutlich unter dem ermittelten Normwert der Nicht-Sporttreibenden. Dieser Verzerr kann durch die freiwillige Teilnahme und Motivation bedingt sein. Die Frauen mit Gestationsdiabetes befinden sich in der Norm. Dennoch ist ein deutlicher Unterschied bereits vor der Schwangerschaft zwischen den beiden Gruppen zu erkennen und bestätigt die Erkenntnisse von Dempsey et al., der einen positiven Einfluss von Sport in moderater Intensität auf die Prävalenz des Gestationsdiabetes sieht (2005).

Dasselbe Ergebnis erhält man, wenn die sportlichen Aktivitäten in der Schwangerschaft betrachtet werden. Der Anteil der sporttreibenden Frauen ist in beiden Gruppen gesunken. Die Anzahl der Frauen mit Gestationsdiabetikerinnen, die keinen Sport ausführen im Vergleich zu den Ergebnissen von Krug et al., ist erhöht. Nun befindet sich das Kontrollkollektiv im ermitteltem Normalbereich (Krug et al., 2013). Der Unterschied des sportlichen Lebensstils ist somit auch in der Schwangerschaft ersichtlich.

Betrachtet man die Empfehlungen der WHO, bei der mindestens 150 Minuten pro Woche moderate körperliche Aktivitäten oder 75 Minuten pro Woche hohe intensive körperliche Aktivität oder eine äquivalente Kombination aus moderater und intensiver Aktivität ausgeführt werden sollten erfüllen beide Kollektive diese Empfehlungen, sofern die Angaben von intensiver und moderater Alltagsaktivitäten mit sportlichen Aktivitäten vergleichbar sind. (World Health Organization, 2020)

Die Häufigkeiten der sportlichen Aktivitäten vor und in der Schwangerschaft unterschieden sich ebenfalls signifikant zwischen den beiden Gruppen. Die Gestationsdiabetikerinnen trieben weniger Sport, ein- bis zweimal pro Monat vor der Schwangerschaft, als die Kontrollgruppe. Ebenso war der Anteil der wöchentlichen Sporttreibenden in der Schwangerschaft deutlich unterschiedlich. Dies bestätigt die Annahme, dass Frauen mit GDM weniger Sport ausführen und somit eine geringere kardiovaskuläre Fitness aufweisen könnten. Dieses Ergebnis wird

auch mit Hilfe des zuvor beschriebenen Sporttestes vermutet, bei dem die Gestationsdiabetikerinnen weniger Meter im Sechs-Minuten-Gehtest absolvierten.

Aus der Literatur sind zahlreiche Risikofaktoren zur Entstehung des Gestationsdiabetes bekannt. Hierzu gehören unter anderem das Alter, der präkonzeptionelle BMI, die Familienanamnese mit Diabetes Mellitus, eine vorherige Schwangerschaft mit Gestationsdiabetes, die Anzahl der Totgeburten bzw. Schwangerschaften, Ethnizität, Bildungsstand und genetische Prädisposition (Bouthoorn et al., 2015; Di Cianni et al., 2003; Feig et al., 2008; Hedderston et al., 2012; Kun et al., 2011; Mwanri et al., 2015; Teede et al., 2011; Torloni et al., 2009; Watanabe et al., 2007).

Die eigenen Daten bezüglich des höheren durchschnittlichen Alters in dem GDM-Kollektiv sind mit den Ergebnissen von Mwanri et al., 2015 und Teede et al., 2011 gut vereinbar. Dies weist darauf hin, dass das Alter einen Risikofaktor in der Entstehung des Gestationsdiabetes darstellen könnte.

Übergewichtigkeit stellt ein globales Problem dar. In Amerika hat sich beispielsweise die Prävalenz bei erwachsenen Männern ($\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$) in den letzten Jahrzehnten von 10 auf 40% erhöht (Hruby & Hu, 2015). Demzufolge steigt auch der Anteil der Frauen, die bereits vor der Schwangerschaft einen höheren BMI haben. Dies wird außerdem als weiterer Haupteinflussfaktor zur Entstehung des Gestationsdiabetes angesehen (Kun et al., 2011; Mwanri et al., 2015; Teede et al., 2011). Mit einem deutlichen BMI-Unterschied zwischen den beiden Gruppen vor der Schwangerschaft bestätigen die eigenen Daten die bisherigen Forschungsergebnisse.

Als weiteren Risikofaktor wird die Familienanamnese mit Diabetes angesehen. Paprott et al., 2017 beschreibt die Prävalenz der positiven Familienanamnese in Form eines bzw. beider betroffenen Elternteile in Deutschland mit 22,6% bzw. 1,8% (2017). In dieser Studie wurden nicht nur die Eltern, sondern auch die Großeltern der Frauen abgefragt. Demzufolge ist die Prävalenz in der Kontrollgruppe höher als in der zuvor erwähnten Studie. Dennoch war der Anteil in der Gestationsdiabetes-Gruppe höher und deutet auf einen Risikofaktor hin. Zu diesen Ergebnissen kommen auch Teede et al. mit einer Prävalenz von 11,9% bzw. 6,6% bei den Gestationsdiabetikerinnen bzw. gesundem Kontrollkollektiv. Die Werte fallen hier ebenfalls niedriger aus, weil nur nach Verwandten ersten Grades (Kinder, Geschwister und Eltern) gefragt wurden (2011).

In der Literatur wird die Anzahl der Totgeburten sowie Schwangerschaften als Risikofaktor beschrieben. Kun et al. beschreibt in seiner Studie einen umgekehrten U-förmigen Verlauf des Risikos bezüglich der Anzahl der Schwangerschaften. Das höchste Risiko beschreibt er bei drei Schwangerschaften (2011). Da in dieser Studie lediglich elf Frauen mehr als drei Schwangerschaften aufwiesen, kann kein Rückschluss auf die Risikoabnahme bei vielen

Schwangerschaften gezogen werden. Allgemein konnte jedoch bei den Gestationsdiabetikerinnen eine signifikant höhere Anzahl an Schwangerschaften festgestellt werden und bestätigt somit die Ergebnisse der Literatur des ansteigenden Risikos bei unter drei Schwangerschaften.

Betrachtet man die Therapie des Gestationsdiabetes, empfehlen die Leitlinien eine kontrollierte Gewichtszunahme während der Schwangerschaft, um den Glukosemetabolismus und die Insulinsensitivität zu steigern (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 37-58). Die Befunde der hier vorliegenden Studie weisen darauf hin, dass die Frauen mit einem Gestationsdiabetes vermehrt auf ihre Ernährung geachtet haben könnten. Die durchschnittliche Zunahme liegt im Bereich der Empfehlungen der IOM (Institut of Medicine) und ist geringer als im Kontrollkollektiv (Institute of Medicine & National Research Council Committee to Reexamine, 2009, p. 254). Dieser Unterschied könnte mit dem höheren präkonzeptionellen BMI sowie einer besseren diätetischen Therapie vereinbar sein.

Das Schwangerschaftsalter bei Geburt unterscheidet sich ebenfalls zwischen den beiden Gruppen. Gemäß den Leitlinien der Deutschen Diabetes Gesellschaft, sollte eine Einleitung mit 40+0 Schwangerschaftswochen bei insulinpflichtigem GDM angeboten werden (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 64-65). Dies erfolgte auch im Klinikum rechts der Isar und spiegelt sich diesbezüglich auch im Schwangerschaftsalter bei Geburt wider. Der Geburtszeitpunkt war bei den Gestationsdiabetikerinnen um etwa 7 Tage früher als in der Kontrollgruppe bei der erst ab 41+0 Wochen eingeleitet wurde. Diskutabel ist hier, ob dieser Unterschied auf das frühere Einleiten oder auf das erhöhte Risiko einer Frühgeburt (Ju, Rumbold, Willson, & Crowther, 2008) zurückzuführen ist. Dies kann mit den vorliegenden Daten nicht beantwortet werden und es werden weitere Studien für die Beantwortung dieser Fragestellung empfohlen. Aus der Literatur ist ebenfalls bekannt, dass der Gestationsdiabetes zu einem erhöhten Geburtsgewicht bzw. erhöhten Anteil von Kindern über der 90. Perzentile führt. Bei der HAPO-Studie wiesen die Kinder ein durchschnittliches Geburtsgewicht von 3292 g auf und dieser Anteil war bei 9,5% (Metzger et al., 2008). Bei der hiesigen Studie war das Geburtsgewicht mit den Ergebnissen von Metzger et al. vergleichbar. Das normale Geburtsgewicht ohne vermehrtes Auftreten von LGAs in dieser Studie vermuten wir in einer engmaschigen Überwachung und somit schnell eingeleiteten Therapie, bedarf jedoch weiterer Forschung. Die Anzahl der LGA-Kinder wurde in dieser Doktorarbeit nicht untersucht und wird an dieser Stelle an andere Veröffentlichungen der GEDIVA-Studie verwiesen. Nicht zu vernachlässigen ist, dass das Kontrollkollektiv signifikant schwerer war als die Gestationsdiabetikerinnen. Zum Beispiel könnte dies auf das spätere Gestationsalter bei Geburt zurückzuführen sein. Laut Doubilet et al. nehmen die Feten auf der 50. Perzentile von 3288 g in der 39. Schwangerschaftswoche auf 3462g in der 40. Schwangerschaftswoche im Ultraschall zu und könnte somit die Ergebnisse dieser Studie begründen (Doubilet, Benson, Nadel, & Ringer, 1997). Bestätigt werden

könnte dies außerdem durch die Betrachtung der Geburtsperzentile der Kinder, die die Geburtswoche mitbetrachtet. Hier unterschieden sich die beiden Kollektive in dieser Studie nicht.

5.1.2 **Subgruppenanalyse: Unterschiede zwischen den Frauen mit diätetischer Therapie und Insulintherapie**

Betrachtet man nun die Erkenntnisse aus dem Vergleich mit Gestationsdiabetikerinnen und Kontrollen, stellt sich nun die Frage, ob alle Gestationsdiabetikerinnen ein ähnliches Verhalten aufweisen oder ob, diese sich doch untereinander nochmals unterscheiden. Aus diesem Grund soll in dem folgenden Abschnitt ein Vergleich von diätetisch eingestellten Frauen mit insulinpflichtigen Gestationsdiabetikerinnen stattfinden.

Zusammenfassend konnte im Vergleich der beiden Subgruppen objektiv ein geringfügiger Unterschied in der sportlichen Leistungsfähigkeit v.a. bezüglich der absolvierten Strecke festgestellt werden. Dies wurde ebenfalls durch die Angaben des Fragebogens bestätigt: die diätetisch eingestellten Frauen trieben mehr Sport als die insulinpflichtigen Frauen. Ebenso war die Häufigkeitsverteilung zum Vorteil der Diätetischen verändert.

In Bezug auf die sportliche Untersuchung waren Unterschiede festzustellen. Die Herzfrequenz vor Belastung war im Vergleich zu den Werten von Hunter et al. etwas erhöht, jedoch in beiden Subgruppen gleichermaßen (1992). Ebenfalls stieg die Herzfrequenz während der Belastung in beiden Subgruppen sehr ähnlich an. Die absolvierte Strecke war in der diätetischen Gruppe erhöht. Der Krafttest zeigte, wie bereits in der vorigen Analyse zwischen Kontrollkollektiv und GDM keine signifikanten Unterschiede. Dennoch war der Krafttest der Hand sowie des Daumens bei den insulinpflichtigen Gestationsdiabetikerinnen geringer ausgefallen. Dies lässt zusammenfassend vermuten, dass ein geringfügiger Unterschied in der sportlichen Leistungsfähigkeit bestehen könnte.

Der Anteil der Frauen, die vor der Schwangerschaft Sport trieben, war in beiden Subgruppen annähernd gleich. Dies ist mit den Werten von Krug et al. vergleichbar. In Bezug auf sportliche Aktivitäten geben die Frauen < 30 Jahren bzw. zwischen 30 und 40 Jahren in 25,7% bzw. 39,7% der Fälle an, keine sportliche Betätigung auszuführen (Krug et al., 2013). Demzufolge entspricht die Anzahl der sporttreibenden Frauen dieser Studie dem bundesweiten Durchschnitt.

Ebenso lässt sich kein deutlicher Trend in Bezug auf die Häufigkeit der Sportarten feststellen. Die insulinpflichtigen Gestationsdiabetikerinnen absolvierten öfters 1-2x pro Woche Sport, wohingegen die diätetisch eingestellten Frauen eher 1-2x pro Monat Sport trieben. Dennoch war der Unterschied in Betrachtung der Fallzahl nicht sehr deutlich und somit nicht signifikant.

Deutlichere Ergebnisse lieferte die Betrachtung des Fragebogens während der Schwangerschaft. Die diätetisch eingestellten Frauen trieben mehr Sport als die insulinpflichtigen Frauen. Ebenso war die Häufigkeitsverteilung zum Vorteil der Diätetischen verändert.

In Zusammenschau der ganzen Ergebnisse lässt sich vermuten, dass sportliche Aktivitäten einen Einfluss auf die Therapie des Gestationsdiabetes haben könnten und somit auch auf den Zuckerstoffwechsel. Dies könnte die bisherigen Forschungsergebnisse bestätigen, die positive Effekte durch Sport auf den postprandialen bzw. Nüchternblutzuckerspiegel vermuten. Dadurch werden die Glukosehämostase sowie die Insulinsensitivität verbessert (Brown et al., 2017; Dempsey et al., 2005; Harrison et al., 2016). Ruchat & Mottola empfiehlt sogar Sport, um einen verringerten Insulinbedarf in der Schwangerschaft zu bewirken (2013). Dies stimmt ebenfalls mit den vorliegenden Ergebnissen dieser Studie überein.

Bei Betrachtung der anthropometrischen Daten fiel auf, dass die insulinpflichtigen Frauen mit einem erhöhten präkonzeptionellen BMI die Schwangerschaft begannen. Gemäß dem Gesundheitsberichters des Bundes war der durchschnittliche BMI bei Frauen im Alter von 30 bis 35 Jahren bei 24,0 kg/m² (Statistisches Bundesamt, 01.08.2018). Da in dieser Studie, das Durchschnittsalter in diesem Bereich lag, ist der BMI vergleichbar mit den offiziellen Angaben des Robert-Koch-Instituts. Demnach waren die diätetisch eingestellten Frauen mit dem deutschlandweiten Durchschnitt vergleichbar. Die insulinpflichtige Gruppe zeigte bereits hier einen deutlich erhöhten Wert. Dies wäre ein Hinweis darauf, dass ein erhöhtes Ausgangsgewicht das Risiko auf eine Insulinbehandlung bzw. die Schwere des Gestationsdiabetes erhöhen könnte.

Das Alter der beiden Subgruppen unterschied sich nicht wesentlich. Im Vergleich zur vorherigen Analyse mit Kontrollgruppe und Gestationsdiabetikerinnen, bei dem ein Altersunterschied nachweisbar war und somit eine erhöhte Prävalenz von Gestationsdiabetes mit erhöhtem Alter vermutet werden könnte, ließen sich keine Unterschiede auf die Therapierart in Abhängigkeit des Alters herausfinden.

Ebenso waren keine Unterschiede auf die Therapieart bezüglich der Familienanamnese mit Diabetes festzustellen.

Das mütterliche Outcome bei der Geburt betrachtet, war eine verringerte Gewichtszunahme bei insulinpflichtigen GDM in der Schwangerschaft auffällig. Dennoch entspricht diese in beiden Fällen dem Normbereich der Empfehlungen (Institute of Medicine & National Research Council Committee to Reexamine, 2009, p. 254). Mögliche Erklärungen für diesen Sachverhalt

wären eine strengere Therapie- und Diätüberwachung sowie der erhöhte BMI vor der Schwangerschaft.

Die Theorie der strengeren Therapie- und Diätüberwachung könnten das Schwangerschaftsalter bei Geburt sowie Geburtsgewicht und -perzentile bestärken. Die Frauen mit der Insulinbehandlung entbunden im Schnitt eine halbe Woche vor den diätetisch eingestellten Gestationsdiabetikerinnen, lagen aber dennoch im Normbereich (Jukic, Baird, Weinberg, McConnaughey, & Wilcox, 2013). Trotzdem war das Geburtsgewicht in beiden Subgruppen annähernd gleich. Gemäß der Leitlinie sollte eine Einleitung bei insulinpflichtigem Diabetes bereits in der 40+0 Schwangerschaftswoche erfolgen (DDG, DGGG-AGG, 2018, pp. 64-65). Dies wäre eine Möglichkeit zur Erklärung des geringeren Gestationsalters bei Geburt. Im Vergleich der Geburtsperzentilen waren die Kinder der diätetisch eingestellten Frauen deutlich geringer.

5.1.3 Subgruppenanalyse: Unterschiede zwischen den Gestationsdiabetikerinnen mit Sport bzw. ohne Sport in der Schwangerschaft

Aufgrund der vermuteten Differenz in der Sportlichkeit zwischen diätetisch eingestellten Gestationsdiabetikerinnen und denen, die insulinpflichtig sind, stellt sich die Frage, ob Frauen, die in der Schwangerschaft sportlich sind, auch ein besseres Geburtsoutcome haben. Aus diesem Grund soll im folgenden Abschnitt die Subgruppenanalyse nach Sportlichkeit und deren Ergebnisse diskutiert werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei Frauen, die angaben während der Schwangerschaft Sport zu treiben, sowohl subjektiv als auch objektiv ein Unterschied in der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit während der Schwangerschaft nachweisbar war. Ebenso ließ sich feststellen, dass ein Großteil der Frauen bereits vor der Schwangerschaft aktiv gewesen ist und nur 20% der sporttreibenden Frauen während der Schwangerschaft mit Sport - vermutlich als Therapieergänzung - angefangen haben.

Das Geburtsoutcome wurde in positive Richtung beeinflusst, indem die Gewichtszunahme während der Schwangerschaft sowie der Insulinbedarf geringer ausfiel.

Die Einteilung in die Gruppen erfolgte nach den Angaben im Fragebogen. Es wurden zwei Subgruppen unterschieden, je nachdem ob ja oder nein bei der Frage nach Sport in der Schwangerschaft angekreuzt wurde. Zu beachten ist hierbei, dass es sich um eine subjektive Selbsteinschätzung der Frauen handelt und es leichter zu Falscheinteilung kommen kann. Es wäre von Vorteil gewesen, einen objektiven Marker zur Einteilung zu benutzen.

Im folgenden Abschnitt werden die Angaben des Fragebogens während der Schwangerschaft betrachtet. Die Häufigkeit der sportlichen Aktivitäten nahm in der Sporttreibenden-Gruppe zu. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Frauen durch die Schwangerschaft bzw. durch den Gestationsdiabetes zusätzlich motiviert wurden und den Sport auch konsequent durchführten. Ebenso verdeutlicht dies, dass ein Teil der Gestationsdiabetikerinnen sehr wohl für Sport offen sein könnten und somit die von Ruchat & Mottola begründete Sorge, der problematischen Compliance bei Sport als ergänzende Therapieoption, reduzieren könnte - zumindest für einen Teil der Frauen (2013).

In Zusammenschau mit dem positiven Geburtsoutcome bzw. der verminderten Anzahl an insulinpflichtigen Schwangerschaftsdiabetikerinnen, bestätigt dies die Annahmen von Hayashi et al., dass bereits geringe körperliche Betätigungen Auswirkungen auf den Blutzucker zeigen könnten (2018).

Um die subjektive Angabe auf dem Fragebogen, auch objektiv beurteilen zu können, wurde der Sechs-Minuten-Gehtest und der Krafttest ausgeführt. Im Ersteren war bereits vor Beginn ein deutlicher Unterschied der Herzfrequenz vor Belastung zu erkennen. In der sporttreibenden Gruppe war diese geringer als in der Vergleichsgruppe. Dies bestätigt die Ergebnisse von May et al., dass durch sportliche Aktivitäten die Herzfrequenz in Ruhe auch in der Schwangerschaft beeinflusst werden kann (2016).

Ebenso stieg die Herzfrequenz während der Belastung auf einen geringeren Wert an und war bei Betrachtung der Herzfrequenzgrenze von dieser deutlich entfernt. Dies könnte auf eine bessere kardiovaskuläre Fitness hindeuten und lässt sich somit gut mit den Angaben des Fragebogens vereinbaren. Die absolvierte Distanz unterschied sich nicht signifikant, war aber dennoch in der sporttreibenden Gruppe länger.

Mit der verringerten Herzfrequenz bei Belastung sowie in Ruhe und den mehr absolvierten Metern im Sechs-Minuten-Gehtest könnte dies darauf hindeuten, dass die Frauen eine bessere kardiovaskuläre Fitness besaßen, als die Frauen, die angaben keinen Sport zu treiben. Dies bestätigte ebenfalls der Krafttest. Auch hier waren leichte Unterschiede erkennbar. Sowohl in der Handkraft als auch in der Kraft des Daumens waren die Werte etwas höher.

Nachdem nun die Unterschiede in der Schwangerschaft untersucht wurden, wird nun die Fragestellung bezüglich des Sports vor der Schwangerschaft diskutiert. Der Anteil der Frauen, die angaben auch dort bereits sportlich aktiv gewesen zu sein, war hier ebenfalls deutlich höher als im Vergleichskollektiv. Dies deutet darauf hin, dass der Großteil dieses Kollektivs sportlicher ist und nicht durch die Schwangerschaft oder den Gestationsdiabetes beeinflusst wurde. Dennoch fingen 20% der in der Schwangerschaft sporttreibenden Frauen mit dem Sport erst in der Schwangerschaft an und somit könnte die erhöhte sportliche Aktivität wie von Ruchat &

Mottola als ergänzende Therapiemaßnahme aufgefasst werden (2013). Ein deutlicher Unterschied war in der Mitgliedschaft in einem Sportverein erkennbar. Dies könnte die Annahme bestätigen, dass die Frauen nicht durch die Schwangerschaft oder den Gestationsdiabetes motiviert wurden sportlicher aktiv zu sein.

Dieser bereits beschriebene Unterschied der Sportlichkeit, wurde auch in der Häufigkeit widergespiegelt.

Bei Betrachtung des Alters und des Body-Mass-Indexes ließen sich im Vergleich zu den vorherigen Analysen keine Unterschiede feststellen. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Frauen vor der Schwangerschaft bezüglich ihres Ausgangswert vergleichbar waren und die etwaigen Unterschiede des Outcomes nach der Schwangerschaft mehr auf das Verhalten in der Schwangerschaft zurückzuführen seien.

Die Familienanamnese bezüglich des Diabetes war in der Sportgruppe mit fast 62% deutlich erhöht und weist auf ein erhöhtes Risiko für den Gestationsdiabetes hin (Teede et al., 2011). Dennoch war die Therapie mit Insulin in dieser Gruppe signifikant geringer. Dies bestätigen die Ergebnisse von Ruchat & Mottola. Sie vermuten einen Zusammenhang zwischen Sport und dem Bedarf an Insulin (2013).

Ebenso fiel die Gewichtszunahme in der Schwangerschaft bei den sportlicheren Frauen geringer aus als bei den Frauen, die keinen Sport in der Schwangerschaft trieben. Dies könnte unabhängig des Gestationsdiabetes sein und bestätigt die bisherige Studienlage, dass sportliche Aktivitäten die mütterliche Gewichtszunahme während der Schwangerschaft signifikant verringern (Haakstad et al., 2007).

Das Geburtsoutcome betrachtet, fällt folgendes auf.

Das Gestationsalter bei Geburt war bei den sportlichen Frauen um eine halbe Woche später als in der Vergleichsgruppe. Dies könnte die bisherige Annahme bestätigen, dass keine vermehrte Assoziation mit späten Frühgeburten besteht (Dempsey et al., 2005; Tinloy et al., 2014; Wang et al., 2015).

Aus der Literatur ist bekannt, dass keine Unterschiede in Bezug auf das Geburtsgewicht durch sportliche Aktivitäten bestehen (Charlesworth et al., 2011). Betrachtet wurden hierbei gesunde Schwangere. Diese Studie bestätigt diesen Sachverhalt und kam bezüglich des Gewichtes in beiden Subgruppen zu dem vergleichbaren Ergebnis. Die Geburtsperzentile betrachtet, ist jedoch ein deutlicher Unterschied erkennbar. Dies könnte wiederum auf die Beeinflussung der

Geburtsperzentile deuten. Die Abweichung zur Literatur könnte durch Betrachtung von Gestationsdiabetikerinnen begründet sein, die im Gegensatz zu den untersuchten gesunden Probandinnen einen strengen Diätplan einhalten mussten.

5.2 Limitationen

Mit einer Teilnehmerzahl von 200 Probandinnen wurde ein relativ homogenes, großes Probandenkollektiv (schwängere Frauen im zweiten oder dritten Trimenon ohne besondere Risikofaktoren) gewählt, um mögliche Einflussvariablen (z.B. Schwangerschaftsalter, Vorerkrankungen) zu minimieren. Dennoch sind die Ergebnisse nicht auf alle Schwangeren mit GDM zu übertragen, weil alle Frauen in derselben Klinik untersucht wurden und die Teilnahme an der Studie freiwillig war und somit die Motivation unter anderem eine große Rolle spielte. Diese Motivation ist vor allem bei sportlichen Tätigkeiten von Bedeutung. Dieser Einflussfaktor wurde durch einen möglichst schwangeren-freundlichen Sporttest versucht zu verringern.

Um eine Überlastung von Mutter und Kind zu vermeiden, wurde bei dem Sechs-Minuten-Gehtest auf eine Herzfrequenzgrenze geachtet. Da die Frauen nahe dem Bereich des Aeroben Ausdauertrainings (60-80% der maximalen Herzfrequenz) getestet werden sollten, wurde als Grenzwert 70% der maximalen Herzfrequenz gesetzt (Muster et al., 2006, pp. 124-126). Verzerrungen der Gehstrecke sind durch das langsamere Gehen zur Einhaltung der Grenzen möglich, verdeutlichen in diesem Fall jedoch den schlechteren Trainingszustand.

Diese allgemeine Formel berücksichtigt den persönlichen Fitnessstand, das Geschlecht oder die Schwangerschaft nicht. Eine Alternative für eine genauere Berechnung des Fitnessstandes wäre anhand eines Belastungstestes mit Laktat, eines Belastungs-EKG und einer Spiroergometrie möglich, die jedoch mit einem wesentlich größeren finanziellen und zeitlichen Aufwand verbunden sind.

Der Gehtest wurde begleitet, damit eine zügige Geschwindigkeit im aeroben Bereich innerhalb der Grenzwerte erreicht wird und die Frauen motiviert werden, die maximale Strecke zu erreichen. Die Durchführung des Gehtests wurde auf wenige geschulte Untersucher ($n = 4$) beschränkt, um eine Beeinträchtigung der Ergebnisse durch persönliche Präferenzen und Ausführungen auszuschließen. Außerdem wurde der Gehtest immer im selben ausgemessenen Gang im Keller durchgeführt, um die Beeinflussung äußerer Umstände, wie z.B. Klima oder Ablenkungsmöglichkeiten, möglichst gering zu halten.

Mit dem Sechs-Minuten-Gehtest wurde in den bisherigen Studien die funktionelle Kapazität untersucht. Diese Kapazität wird als individuelle Fähigkeit die normalen täglichen Aktivitäten auszuführen definiert (American Thoracic Society, 2002) und lässt somit Rückschlüsse auf die physikalische Fitness zu.

Die Wahl der Kraftparameter erfolgte aufgrund der leichten Durchführbarkeit des Hand-Evaluation-Kits und dennoch genau ablesbare quantitative Ergebnissen (Mathiowetz et al., 1984).

Jedoch wurde nur ein einzelner Kraftparameter untersucht, sodass es nur als Hinweis auf einen Unterschied in Kraft gewertet werden könnte. Um umfassendere Resultate und Verallgemeinerungen zu erhalten, bedarf es noch genaueren Untersuchungen.

Die Datenerhebung in Form eines anonymisierten, selbstentworfenen und standardisierten Fragebogens wurde gegenüber einem persönlichen Interview bevorzugt, um eine Beeinflussung durch die verschiedenen Interviewer auszuschließen. Zur Validierung der Angaben wurden außerdem die Angaben im Fragebogen mit den Arztbriefen verglichen und nach Rücksprache mit den Patientinnen gegebenenfalls ausgebessert. Dies betraf besonders die aktuellen Gewichtsangaben, sowie Blutdrücke, die nicht jede Schwangere zum Untersuchungszeitraum korrekt wusste. Dennoch ist zu betonen, dass bei Fragebögen das subjektive Empfinden widerspiegelt wird. Diese subjektive Einschätzung wurde versucht anhand des Gehtests objektiv zu validieren.

Der Großteil des Fragebogens bestand aus Multiple Choice Antworten. Dies dient einer leichteren Einteilung in Gruppen und somit vergleichbareren Ergebnisse.

Zur Einschätzung der sportlichen Aktivität wurde der internationale „physical activity questionnaire“ verwendet. Dieser wurde 1998 von einer internationalen „Consensus Group“ erstellt und zeigt gute Reliabilitäten sowie Validitäten in mehreren Studien, selbst bei Betrachtung von Schwangeren, auf. Dennoch hat Sanda et al., die Beobachtung gemacht, dass sportliche schwangere Frauen eher zur Untertreibung und nicht-sporttreibende Frauen zur Übertreibung tendieren, so dass eine Über- oder Unterschätzung der Leistung die Studienergebnisse beeinflusst haben könnte. (Craig et al., 2003; Sanda et al., 2017)

5.3 Ausblick klinische Relevanz

Die Ergebnisse dieser Doktorarbeit zeigen, dass sowohl in der Prävention als auch in der Krankheitsbewältigung mit körperlicher Bewegung viel erreicht werden kann. Dieser Gedankenansatz ist relativ neu und wird die nächsten Jahre vermehrt in den Fokus gerückt werden. Im Verlauf der letzten fünf Jahre wurden vermehrt Studien in Bezug auf Sport mit Gestationsdiabetes veröffentlicht (siehe Kapitel 1.3.2). Davor war wenig über die Auswirkungen von sportlichen Tätigkeiten auf das Geburtsoutcome von Mutter und Kind bei Schwangerschaftsdiabetes bekannt. Dies ist auch daran zu erkennen, dass in der 2011 erschienenen Leitlinie nur drei relative Empfehlungen bezüglich sportlicher Tätigkeiten als letztes Kapitel im Bereich Therapie zu finden waren. Es wurde empfohlen, sofern keine Kontraindikationen bestehen, dass Schwangere sich regelmäßig körperlich bewegen. Präzisiert wurde es als aerobes Ausdauertraining leichter bis mittlere Intensität, Krafttraining oder zügiges Spazierengehen von mindestens 30 Minuten 3x wöchentlich. (Kleinwechter et al., 2011)

In der derzeitigen Leitlinie des Gestationsdiabetes aus 2018 hat sich vieles geändert. Nun ist das Kapitel „Körperliche Aktivität“ gleich zu Beginn des Therapieabschnittes des Gestationsdiabetes und somit vermehrt in den Fokus gerückt. Ebenso sind weitere Empfehlungen mit Empfehlungsgrad A ergänzt worden. Hierzu gehören die Aufklärung der Schwangeren über körperliche Aktivität und das dadurch verminderte Risiko für LGA, Sectio und einer verbesserten Insulinresistenz sowie die Empfehlung der körperlichen Aktivität bereits präkonzeptionell oder im ersten Trimenon zu beginnen. Außerdem soll die Compliance der Schwangeren durch kontinuierliche professionelle Begleitung gefördert werden. (DDG, DGGG-AGG, 2018)

Es ist dennoch weitere Forschung in Bezug auf klare evidenzbasierte Empfehlungen für Leitlinien mit Frequenz, Intensität, Zeit und Art der Aktivität erforderlich. Frauen, die nicht so „sportefahren“ sind, sollten einen Plan erhalten, den sie gut befolgen können, um so die Entstehung einer Glukosetoleranzstörung vermindern bzw. die Insulinsensitivität erhöhen.

6 Zusammenfassung

Ein Gestationsdiabetes geht mit höheren Risiken für zusätzliche Erkrankungen in der Schwangerschaft für Mutter und Kind einher. Das Ziel dieser Dissertation war den Einfluss von körperlicher Aktivität auf die Gesundheit der Mutter und des Neugeborenen zu erfassen.

Hierzu wurden 206 schwangere Frauen (99 mit Gestationsdiabetes und 107 Kontrollen) in der prospektiven Beobachtungsstudie GEDIVA in Bezug auf die kardiovaskuläre Fitness in Form eines Sechs-Minuten-Gehtestes bzw. eines Krafttest untersucht. Anhand von Fragebögen wurden die täglichen Aktivitäten und die sportliche Betätigung erfasst.

Zusammenfassend konnte im Vergleich von Gestationsdiabetikerinnen zum Kontrollkollektiv folgendes festgestellt werden. Bereits vor der Schwangerschaft hatte das GDM-Kollektiv einen signifikant höheren Body-Mass-Index als die Gesundkontrollgruppe, nahm aber während der Schwangerschaft weniger an Gewicht zu.

Außerdem konnten Unterschiede in den beiden Kollektiven bezüglich ihres sportlichen Verhaltens vor und während der Schwangerschaft sowie in ihrem objektiven Fitnesslevel aufgedeckt werden. Der Anteil der Gestationsdiabetikerinnen, die überhaupt Sport vor bzw. während der Schwangerschaft ausführten, war signifikant geringer als im Kontrollkollektiv. Ebenso war auch bei dem sporttreibenden Anteil die Häufigkeit verringert. Die Alltagsaktivitäten bei den Schwangerschaftsdiabetikerinnen waren ebenfalls geringer.

Dieses Ergebnis konnte auch durch den objektiven Sechs-Minuten-Gehtest in Form von kürzeren Gehstrecken bestätigt werden.

Das Geburtsoutcome der beiden Gruppen unterschied sich ebenfalls. Das Geburtsgewicht war in dem GDM-Kollektiv signifikant geringer als bei den gesunden Kontrollen, dennoch waren beide Gruppen im normalen Bereich.

Bei alleiniger Betrachtung der Gestationsdiabetikerinnen, unterteilt in zwei Subgruppen nach Therapieart (diätetisch eingestellter GDM vs. Insulinpflichtiger GDM) wurden folgende Ergebnisse festgestellt.

Während der Schwangerschaft veränderte sich vor allem bei den diätetisch eingestellten das Verhalten. Diese trieben deutlich mehr Sport als die Insulinpflichtigen. Ebenso war die Häufigkeitsverteilung des Sportes zum Vorteil der Diätetischen verändert. Diese Unterschiede konnten auch durch die objektiv sportliche Untersuchung bestätigt werden. Die absolvierte Strecke war in der diätetischen Gruppe erhöht, sodass sich vermuten lässt, dass sportliche Aktivitäten einen Einfluss auf die Therapie des Gestationsdiabetes haben könnten und somit auf den Zuckerstoffwechsel.

Das mütterliche Outcome bei der Geburt betrachtet, war eine verringerte Gewichtszunahme bei insulinpflichtigen GDM in der Schwangerschaft auffällig. Das Geburtsgewicht war in beiden Subgruppen annähernd gleich.

Außerdem wurde die Einteilung der Schwangerschaftsdiabetikerinnen in eine während der Schwangerschaft sporttreibende Gruppe und in eine Gruppe, die angab keinen Sport getrieben zu haben, durchgeführt.

Die Analyse hieraus zeigte, dass sowohl subjektiv als auch objektiv ein Unterschied in der sportlichen Leistungsfähigkeit während der Schwangerschaft nachweisbar war. Die Herzfrequenzen im Sporttest waren bei den sportlich aktiven Frauen geringer sowie die absolvierte Strecke erhöht. Ebenso ließ sich feststellen, dass der Großteil der Frauen, bereits vor der Schwangerschaft aktiv gewesen war und nur 20% der sporttreibenden Frauen während der Schwangerschaft mit Sport - vermutlich als Therapieergänzung - angefangen haben.

Das Geburtsoutcome der Mütter wurde ebenfalls in eine positive Richtung beeinflusst. Die Gewichtszunahme während der Schwangerschaft sowie der Insulinbedarf fiel geringer aus. Das Geburtsgewicht der Kinder war in der sporttreibenden Gruppe erniedrigt (3309g vs. 3362g) sowie das Schwangerschaftsalter bei Geburt erhöht (39,4 Wochen vs. 38,8 Wochen, $p = 0,026$).

Schlussfolgernd scheinen körperliche Aktivitäten einen zusätzlichen positiven Einfluss auf das Geburtsoutcome von Mutter und Kind bei Gestationsdiabetes in der Schwangerschaft zu haben und könnten somit die Behandlung und Prävention optimieren. Weitere interventionelle Studien werden zur Bestätigung der Ergebnisse empfohlen.

LiteraturverzeichnisReferencelist

- Abouzeid, M., Versace, V. L., Janus, E. D., Davey, M. A., Philpot, B., Oats, J., & Dunbar, J. A. (2014). A population-based observational study of diabetes during pregnancy in Victoria, Australia, 1999-2008. *BMJ Open*, *4*(11), e005394. doi:10.1136/bmjopen-2014-005394
- ACOG Committee. (2020). Physical Activity and Exercise During Pregnancy and the Postpartum Period: ACOG Committee Opinion, Number 804. *Obstet Gynecol*, *135*(4), e178-e188. doi:10.1097/aog.0000000000003772
- American Thoracic Society. (2002). ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*, *166*(1), 111-117. doi:10.1164/ajrccm.166.1.at1102
- Arbeitsgemeinschaft Diabetes und Schwangerschaft der Deutschen Diabetes Gesellschaft, & Arbeitsgemeinschaft Geburtshilfe und Pränatalmedizin in der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe. (2018). S3-Leitlinie Gestationsdiabetes mellitus (GDM), Diagnostik, Therapie und Nachsorge.
- Barakat, R., Pelaez, M., Lopez, C., Lucia, A., & Ruiz, J. R. (2013). Exercise during pregnancy and gestational diabetes-related adverse effects: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med*, *47*(10), 630-636. doi:10.1136/bjsports-2012-091788
- Barker, D. J. (1995). Fetal origins of coronary heart disease. *Bmj*, *311*(6998), 171-174. doi:10.1136/bmj.311.6998.171
- Booth, M. L., Owen, N., Bauman, A. E., & Gore, C. J. (1996). Retest reliability of recall measures of leisure-time physical activity in Australian adults. *Int J Epidemiol*, *25*(1), 153-159. doi:10.1093/ije/25.1.153
- Bouthoorn, S. H., Silva, L. M., Murray, S. E., Steegers, E. A., Jaddoe, V. W., Moll, H., . . . Raat, H. (2015). Low-educated women have an increased risk of gestational diabetes mellitus: the Generation R Study. *Acta Diabetol*, *52*(3), 445-452. doi:10.1007/s00592-014-0668-x
- Brown, J., Ceysens, G., & Boulvain, M. (2017). Exercise for pregnant women with gestational diabetes for improving maternal and fetal outcomes. *Cochrane Database Syst Rev*, *6*, Cd012202. doi:10.1002/14651858.CD012202.pub2
- Charlesworth, S., Foulds, H. J., Burr, J. F., & Bredin, S. S. (2011). Evidence-based risk assessment and recommendations for physical activity clearance: pregnancy. *Appl Physiol Nutr Metab*, *36 Suppl 1*, S33-48. doi:10.1139/h11-061
- Clausen, T. D., Mathiesen, E. R., Hansen, T., Pedersen, O., Jensen, D. M., Lauenborg, J., & Damm, P. (2008). High prevalence of type 2 diabetes and pre-diabetes in adult offspring of women with gestational diabetes mellitus or type 1 diabetes: the role of intrauterine hyperglycemia. *Diabetes Care*, *31*(2), 340-346. doi:10.2337/dc07-1596
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjoström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., . . . Oja, P. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*, *35*(8), 1381-1395. doi:10.1249/01.Mss.0000078924.61453.Fb
- Crowther, C. A., Hiller, J. E., Moss, J. R., McPhee, A. J., Jeffries, W. S., & Robinson, J. S. (2005). Effect of treatment of gestational diabetes mellitus on pregnancy outcomes. *N Engl J Med*, *352*(24), 2477-2486. doi:10.1056/NEJMoa042973
- Crume, T. L., Ogden, L., Daniels, S., Hamman, R. F., Norris, J. M., & Dabelea, D. (2011). The impact of in utero exposure to diabetes on childhood body mass index growth trajectories: the EPOCH study. *J Pediatr*, *158*(6), 941-946. doi:10.1016/j.jpeds.2010.12.007

- Dempsey, J. C., Butler, C. L., & Williams, M. A. (2005). No need for a pregnant pause: physical activity may reduce the occurrence of gestational diabetes mellitus and preeclampsia. *Exerc Sport Sci Rev*, 33(3), 141-149.
- Di Cianni, G., Volpe, L., Lencioni, C., Miccoli, R., Cuccuru, I., Ghio, A., . . . Benzi, L. (2003). Prevalence and risk factors for gestational diabetes assessed by universal screening. *Diabetes Res Clin Pract*, 62(2), 131-137.
- Dodd, J. M., Crowther, C. A., Antoniou, G., Baghurst, P., & Robinson, J. S. (2007). Screening for gestational diabetes: the effect of varying blood glucose definitions in the prediction of adverse maternal and infant health outcomes. *Aust N Z J Obstet Gynaecol*, 47(4), 307-312. doi:10.1111/j.1479-828X.2007.00743.x
- Doubilet, P. M., Benson, C. B., Nadel, A. S., & Ringer, S. A. (1997). Improved birth weight table for neonates developed from gestations dated by early ultrasonography. *J Ultrasound Med*, 16(4), 241-249.
- Enright, P. L., & Sherrill, D. L. (1998). Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med*, 158(5 Pt 1), 1384-1387. doi:10.1164/ajrccm.158.5.9710086
- Eriksson, J. G., Forsén, T., Tuomilehto, J., Jaddoe, V. W., Osmond, C., & Barker, D. J. (2002). Effects of size at birth and childhood growth on the insulin resistance syndrome in elderly individuals. *Diabetologia*, 45(3), 342-348. doi:10.1007/s00125-001-0757-6
- Feig, D. S., Zinman, B., Wang, X., & Hux, J. E. (2008). Risk of development of diabetes mellitus after diagnosis of gestational diabetes. *Cmaj*, 179(3), 229-234. doi:10.1503/cmaj.080012
- Friedman, J. E., Kirwan, J. P., Jing, M., Presley, L., & Catalano, P. M. (2008). Increased skeletal muscle tumor necrosis factor-alpha and impaired insulin signaling persist in obese women with gestational diabetes mellitus 1 year postpartum. *Diabetes*, 57(3), 606-613. doi:10.2337/db07-1356
- Gorgal, R., Goncalves, E., Barros, M., Namora, G., Magalhaes, A., Rodrigues, T., & Montenegro, N. (2012). Gestational diabetes mellitus: a risk factor for non-elective cesarean section. *J Obstet Gynaecol Res*, 38(1), 154-159. doi:10.1111/j.1447-0756.2011.01659.x
- Guariguata, L., Linnenkamp, U., Beagley, J., Whiting, D. R., & Cho, N. H. (2014). Global estimates of the prevalence of hyperglycaemia in pregnancy. *Diabetes Res Clin Pract*, 103(2), 176-185. doi:10.1016/j.diabres.2013.11.003
- Haakstad, L. A., Voldner, N., Henriksen, T., & Bo, K. (2007). Physical activity level and weight gain in a cohort of pregnant Norwegian women. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 86(5), 559-564. doi:10.1080/00016340601185301
- Harrison, A. L., Shields, N., Taylor, N. F., & Frawley, H. C. (2016). Exercise improves glycaemic control in women diagnosed with gestational diabetes mellitus: a systematic review. *J Physiother*, 62(4), 188-196. doi:10.1016/j.jphys.2016.08.003
- Hartmann, S., & Bung, P. (1999). Physical exercise during pregnancy--physiological considerations and recommendations. *J Perinat Med*, 27(3), 204-215. doi:10.1515/jpm.1999.029
- Hayashi, A., Oguchi, H., Kozawa, Y., Ban, Y., Shinoda, J., & Suganuma, N. (2018). Daily walking is effective for the management of pregnant women with gestational diabetes mellitus. *J Obstet Gynaecol Res*, 44(9), 1731-1738. doi:10.1111/jog.13698
- Hedderson, M., Ehrlich, S., Sridhar, S., Darbinian, J., Moore, S., & Ferrara, A. (2012). Racial/ethnic disparities in the prevalence of gestational diabetes mellitus by BMI. *Diabetes Care*, 35(7), 1492-1498. doi:10.2337/dc11-2267
- Helseth, R., Salvesen, O., Stafne, S. N., Morkved, S., Salvesen, K. A., & Carlsen, S. M. (2014). Gestational diabetes mellitus among Nordic Caucasian women: prevalence and risk

- factors according to WHO and simplified IADPSG criteria. *Scand J Clin Lab Invest*, 74(7), 620-628. doi:10.3109/00365513.2014.928942
- Hruby, A., & Hu, F. B. (2015). The Epidemiology of Obesity: A Big Picture. *Pharmacoeconomics*, 33(7), 673-689. doi:10.1007/s40273-014-0243-x
- Hunter, S., & Robson, S. C. (1992). Adaptation of the maternal heart in pregnancy. *Br Heart J*, 68(6), 540-543.
- Ignell, C., Claesson, R., Anderberg, E., & Berntorp, K. (2014). Trends in the prevalence of gestational diabetes mellitus in southern Sweden, 2003-2012. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 93(4), 420-424. doi:10.1111/aogs.12340
- Inoue, H., Ishikawa, K., Takeda, K., Kobayashi, A., Kurita, K., Kumagai, J., . . . Yokote, K. (2018). Postpartum risk of diabetes and predictive factors for glucose intolerance in East Asian women with gestational diabetes. *Diabetes Res Clin Pract*, 140, 1-8. doi:10.1016/j.diabres.2018.03.031
- Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG). (2018). Schwangerschaft und Geburt. *gesundheitsinformation.de*, 4.
- Institute of Medicine, & National Research Council Committee to Reexamine, I. O. M. P. W. G. (2009). Weight Gain During Pregnancy: Reexamining the Guidelines. In K. M. Rasmussen & A. L. Yaktine (Eds.), *The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health* (pp. 254). Washington (DC): National Academies Press (US)
- National Academy of Sciences.
- IQTIG – Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen. (2018). Bundesauswertung zum Erfassungsjahr 2017 Geburtshilfe Qualitätsindikatoren.
- Ju, H., Rumbold, A. R., Willson, K. J., & Crowther, C. A. (2008). Borderline gestational diabetes mellitus and pregnancy outcomes. *BMC Pregnancy Childbirth*, 8, 31. doi:10.1186/1471-2393-8-31
- Jukic, A. M., Baird, D. D., Weinberg, C. R., McConaughey, D. R., & Wilcox, A. J. (2013). Length of human pregnancy and contributors to its natural variation. *Hum Reprod*, 28(10), 2848-2855. doi:10.1093/humrep/det297
- Kagan, K. O., & Kuhn, U. (2004). [Sports and pregnancy]. *Herz*, 29(4), 426-434. doi:10.1007/s00059-004-2590-4
- Kautzky-Willer, A., Prager, R., Waldhausl, W., Pacini, G., Thomaseth, K., Wagner, O. F., . . . Ludvik, B. (1997). Pronounced insulin resistance and inadequate beta-cell secretion characterize lean gestational diabetes during and after pregnancy. *Diabetes Care*, 20(11), 1717-1723.
- Kelstrup, L., Damm, P., Mathiesen, E. R., Hansen, T., Vaag, A. A., Pedersen, O., & Clausen, T. D. (2013). Insulin resistance and impaired pancreatic beta-cell function in adult offspring of women with diabetes in pregnancy. *J Clin Endocrinol Metab*, 98(9), 3793-3801. doi:10.1210/jc.2013-1536
- Kim, C., Newton, K. M., & Knopp, R. H. (2002). Gestational diabetes and the incidence of type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Care*, 25(10), 1862-1868.
- Kleinwechter, H., Schäfer-Graf, U., Bühner, C., Hoesli, I., Kainer, F., Kautzky-Willer, A., . . . Sorger, M. (2011). Gestationsdiabetes mellitus (GDM), Evidenzbasierte Leitlinie zu Diagnostik, Therapie und Nachsorge der deutschen Diabetes-Gesellschaft (DDG) und der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe (DGGG).
- Korsten-Reck, U., Marquard, K., & Wurster, K. G. (2009). Schwangerschaft und Sport. *Dtsch Z Sportmed*, 60, 117-121.
- Krug, S., Jordan, S., Mensink, G. B., Muters, S., Finger, J., & Lampert, T. (2013). [Physical activity: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 56(5-6), 765-771. doi:10.1007/s00103-012-1661-6

- Kun, A., Tornoczky, J., & Tabak, A. G. (2011). The prevalence and predictors of gestational diabetes mellitus in Hungary. *Horm Metab Res*, 43(11), 788-793. doi:10.1055/s-0031-1287795
- Lacaria, E., Lencioni, C., Russo, L., Romano, M., Lemmi, P., Battini, L., . . . Di Cianni, G. (2015). Selective screening for GDM in Italy: application and effectiveness of National Guidelines. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 28(15), 1842-1844. doi:10.3109/14767058.2014.969701
- Lauenborg, J., Mathiesen, E., Hansen, T., Glumer, C., Jorgensen, T., Borch-Johnsen, K., . . . Damm, P. (2005). The prevalence of the metabolic syndrome in a danish population of women with previous gestational diabetes mellitus is three-fold higher than in the general population. *J Clin Endocrinol Metab*, 90(7), 4004-4010. doi:10.1210/jc.2004-1713
- Lokey, E. A., Tran, Z. V., Wells, C. L., Myers, B. C., & Tran, A. C. (1991). Effects of physical exercise on pregnancy outcomes: a meta-analytic review. *Med Sci Sports Exerc*, 23(11), 1234-1239.
- Mathiowetz, V., Weber, K., Volland, G., & Kashman, N. (1984). Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am*, 9(2), 222-226.
- May, L. E., Knowlton, J., Hanson, J., Suminski, R., Paynter, C., Fang, X., & Gustafson, K. M. (2016). Effects of Exercise During Pregnancy on Maternal Heart Rate and Heart Rate Variability. *Pm r*, 8(7), 611-617. doi:10.1016/j.pmrj.2015.11.006
- Metzger, B. E., Gabbe, S. G., Persson, B., Buchanan, T. A., Catalano, P. A., Damm, P., . . . Schmidt, M. I. (2010). International association of diabetes and pregnancy study groups recommendations on the diagnosis and classification of hyperglycemia in pregnancy. *Diabetes Care*, 33(3), 676-682. doi:10.2337/dc09-1848
- Metzger, B. E., Lowe, L. P., Dyer, A. R., Trimble, E. R., Chaovarindr, U., Coustan, D. R., . . . Sacks, D. A. (2008). Hyperglycemia and adverse pregnancy outcomes. *N Engl J Med*, 358(19), 1991-2002. doi:10.1056/NEJMoa0707943
- Meyle, K., Wagner, M., Oberhoffer, R., Lobmaier, S., Graupner, O., Wildner, N., . . . Wacker-Gussmann, A. (2017). *Gestational diabetes – The Impact of physical activity on the perinatal vascular health of mother and child*. Institute of Preventive Pediatrics, Faculty of Sport and Health Sciences, TU Munich, Germany. Unpublished manuskript.
- Moyer, C., Reoyo, O. R., & May, L. (2016). The Influence of Prenatal Exercise on Offspring Health: A Review. *Clin Med Insights Womens Health*, 9, 37-42. doi:10.4137/cmwh.S34670
- Muster, M., Zielinski, R., & Meyer, K. (2006). *Bewegung und Gesundheit : Gesicherte Effekte von körperlicher Aktivität und Ausdauertraining*. Heidelberg, GERMANY: Steinkopff.
- Mwanri, A. W., Kinabo, J., Ramaiya, K., & Feskens, E. J. (2015). Gestational diabetes mellitus in sub-Saharan Africa: systematic review and metaregression on prevalence and risk factors. *Trop Med Int Health*, 20(8), 983-1002. doi:10.1111/tmi.12521
- Oken, E., & Gillman, M. W. (2003). Fetal origins of obesity. *Obes Res*, 11(4), 496-506. doi:10.1038/oby.2003.69
- Paprott, R., Mensink, G. B. M., Schulze, M. B., Thiele, S., Muhlenbruch, K., Scheidt-Nave, C., & Heidemann, C. (2017). Temporal changes in predicted risk of type 2 diabetes in Germany: findings from the German Health Interview and Examination Surveys 1997-1999 and 2008-2011. *BMJ Open*, 7(7), e013058. doi:10.1136/bmjopen-2016-013058
- Pivarnik, J. M. (1996). Cardiovascular responses to aerobic exercise during pregnancy and postpartum. *Semin Perinatol*, 20(4), 242-249.
- Pivarnik, J. M., Chambliss, H. O., Clapp, J. F., Dugan, S. A., Hatch, M. C., Lovelady, C. A., . . . Williams, M. A. (2006). Impact of physical activity during pregnancy and postpartum on chronic disease risk. *Medicine & Science in Sports & Excercise*, 38(5), 989-1006. doi:10.1249/01.mss.0000218147.51025.8a

- Poulakos, P., Mintziori, G., Tsirou, E., Taousani, E., Savvaki, D., Harizopoulou, V., & Goulis, D. G. (2015). Comments on gestational diabetes mellitus: from pathophysiology to clinical practice. *Hormones (Athens)*, *14*(3), 335-344. doi:10.14310/horm.2002.1570
- Ritchie, J. R. (2003). Orthopedic considerations during pregnancy. *Clin Obstet Gynecol*, *46*(2), 456-466.
- Ruchat, S. M., & Mottola, M. F. (2013). The important role of physical activity in the prevention and management of gestational diabetes mellitus. *Diabetes Metab Res Rev*, *29*(5), 334-346. doi:10.1002/dmrr.2402
- Sacks, D. A., Hadden, D. R., Maresh, M., Deerochanawong, C., Dyer, A. R., Metzger, B. E., . . . Trimble, E. R. (2012). Frequency of gestational diabetes mellitus at collaborating centers based on IADPSG consensus panel-recommended criteria: the Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcome (HAPO) Study. *Diabetes Care*, *35*(3), 526-528. doi:10.2337/dc11-1641
- Sanda, B., Vistad, I., Haakstad, L. A. H., Berntsen, S., Sagedal, L. R., Lohne-Seiler, H., & Torstveit, M. K. (2017). Reliability and concurrent validity of the International Physical Activity Questionnaire short form among pregnant women. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, *9*, 7. doi:10.1186/s13102-017-0070-4
- Schwartz, N., Nachum, Z., & Green, M. S. (2015). The prevalence of gestational diabetes mellitus recurrence--effect of ethnicity and parity: a metaanalysis. *Am J Obstet Gynecol*, *213*(3), 310-317. doi:10.1016/j.ajog.2015.03.011
- Shah, B. R., Retnakaran, R., & Booth, G. L. (2008). Increased risk of cardiovascular disease in young women following gestational diabetes mellitus. *Diabetes Care*, *31*(8), 1668-1669. doi:10.2337/dc08-0706
- Sitzberger, C., Oberhoffer-Fritz, R., Meyle, K., Wagner, M., Lienert, N., Graupner, O., . . . Wacker-Gußmann, A. (2020). Gestational Diabetes: Physical Activity Before Pregnancy and Its Influence on the Cardiovascular System. *Front Pediatr*, *8*, 465. doi:10.3389/fped.2020.00465
- Statistisches Bundesamt. (01.08.2018). Gesundheitsberichterstattung des Bundes - Body-Mass-Index. Retrieved from http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=3&p_aid=7509413&nummer=434&p_sprache=D&p_indsp=-&p_aid=13729145
- Sternfeld, B., Quesenberry, C. P., Jr., Eskenazi, B., & Newman, L. A. (1995). Exercise during pregnancy and pregnancy outcome. *Med Sci Sports Exerc*, *27*(5), 634-640.
- Teede, H. J., Harrison, C. L., Teh, W. T., Paul, E., & Allan, C. A. (2011). Gestational diabetes: development of an early risk prediction tool to facilitate opportunities for prevention. *Aust N Z J Obstet Gynaecol*, *51*(6), 499-504. doi:10.1111/j.1479-828X.2011.01356.x
- Tinloy, J., Chuang, C. H., Zhu, J., Pauli, J., Kraschnewski, J. L., & Kjerulff, K. H. (2014). Exercise during pregnancy and risk of late preterm birth, cesarean delivery, and hospitalizations. *Womens Health Issues*, *24*(1), e99-e104. doi:10.1016/j.whi.2013.11.003
- Torloni, M. R., Betran, A. P., Horta, B. L., Nakamura, M. U., Atallah, A. N., Moron, A. F., & Valente, O. (2009). Prepregnancy BMI and the risk of gestational diabetes: a systematic review of the literature with meta-analysis. *Obes Rev*, *10*(2), 194-203. doi:10.1111/j.1467-789X.2008.00541.x
- Troosters, T., Gosselink, R., & Decramer, M. (1999). *Six minute distance walked in healthy elderly subjects* (Vol. 14).
- Wang, C., Zhu, W., Wei, Y., Feng, H., Su, R., & Yang, H. (2015). Exercise intervention during pregnancy can be used to manage weight gain and improve pregnancy outcomes in women with gestational diabetes mellitus. *BMC Pregnancy Childbirth*, *15*, 255. doi:10.1186/s12884-015-0682-1

- Watanabe, R. M., Black, M. H., Xiang, A. H., Allayee, H., Lawrence, J. M., & Buchanan, T. A. (2007). Genetics of gestational diabetes mellitus and type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *30 Suppl 2*, S134-140. doi:10.2337/dc07-s205
- WHO, R. H. L. (2016). WHO recommendation on counselling on healthy eating and physical activity during pregnancy. *The WHO Reproductive Health Library; Geneva: World Health Organization*.
- Worda, C., Leipold, H., Gruber, C., Kautzky-Willer, A., Knofler, M., & Bancher-Todesca, D. (2004). Decreased plasma adiponectin concentrations in women with gestational diabetes mellitus. *Am J Obstet Gynecol*, *191*(6), 2120-2124. doi:10.1016/j.ajog.2004.04.038
- World Health Organization. (2020). Guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Geneva: World Health Organization*.
- Yajnik, C. S. (2004). Early life origins of insulin resistance and type 2 diabetes in India and other Asian countries. *J Nutr*, *134*(1), 205-210. doi:10.1093/jn/134.1.205

7 Verzeichnis der Abbildungen

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: GDM Prävalenz in Deutschland - Relative Häufigkeiten in den Jahren von 2002 bis 2017, Datenquelle: Institut IQTIG und DGG, DGGG-AGG (DDG, DGGG-AGG, 2018; IQTIG – Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen, 2018)..... | 5 |
| Abbildung 2: Aufbau der Studie (Meyle et al., 2017)..... | 21 |
| Abbildung 3: Aufteilung der Patientinnen in verschiedene Kollektive bezüglich Therapie.... | 25 |
| Abbildung 4: Herzfrequenz während des Gehtests, Unterscheidung in GDM-Gruppe und Kontrollkollektiv. Modifiziert und veröffentlicht von Sitzberger et al. (2020)..... | 27 |
| Abbildung 5: Absolvierte Meter im Vergleich der zwei Gruppen (Gestationsdiabetes und Kontrollgruppe)..... | 28 |
| Abbildung 6: Vergleich der Ergebnisse des Krafttestes zwischen Gestationsdiabetes und Kontrollgruppe..... | 28 |
| Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten vor der Schwangerschaft - GDM vs. Kontrolle. Modifiziert und veröffentlicht von Sitzberger, Meyle et al. (2020) | 30 |
| Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten während der Schwangerschaft - GDM vs. Kontrolle. Modifiziert und veröffentlicht durch Sitzberger et al. (2020)..... | 31 |
| Abbildung 9: Vergleich der körperlichen Aktivitäten im Alltag der letzten Woche zwischen Gestationsdiabetikerinnen und Kontrollen | 32 |
| Abbildung 10: Herzfrequenz während des Gehtests, Unterscheidung in diätetisch eingestellten und insulinpflichtigen GDM..... | 34 |
| Abbildung 11: Absolvierte Meter der zwei Therapiesubgruppen (dGDM vs. iGDM) | 35 |
| Abbildung 12: Vergleich der Ergebnisse des Krafttestes zwischen dGDM und iGDM | 35 |
| Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten vor der Schwangerschaft - dGDM vs. iGDM..... | 37 |
| Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten während der Schwangerschaft - dGDM vs. iGDM..... | 38 |
| Abbildung 15: Vergleich der körperlichen Aktivitäten im Alltag der letzten Woche zwischen iGDM und dGDM..... | 39 |
| Abbildung 16: Aufteilung der Patientinnen in verschiedene Kollektive bezüglich sportlicher Aktivitäten während der Schwangerschaft..... | 40 |
| Abbildung 17: Herzfrequenz während des Gehtests, Unterscheidung in Sport und kein Sport während der Schwangerschaft..... | 42 |
| Abbildung 18: Absolvierte Meter im Vergleich der zwei Therapiesubgruppen (Sport vs. kein Sport) | 43 |
| Abbildung 19: Vergleich der Ergebnisse des Krafttestes zwischen Sport und kein Sport.... | 43 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung bezüglich sportlicher Aktivitäten vor der Schwangerschaft - Sport vs. kein Sport in der Schwangerschaft | 45 |
| Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung der sportlichen Aktivitäten vor bzw. während der Schwangerschaft bei der Sporttreibenden-Gruppe | 46 |
| Abbildung 22: Vergleich der körperlichen Aktivitäten im Alltag der letzten Woche zwischen sporttreibenden Frauen und jenen die keinen Sport während der Schwangerschaft angeben | 47 |

8 Verzeichnis der Tabellen

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Prävalenzen und Odds Ratio für klinische Risikofaktoren. Datenquelle modifiziert nach Teede et al. (Teede et al., 2011)..... | 7 |
| Tabelle 2: Empfehlung bezüglich der Gewichtszunahme in der Schwangerschaft in Abhängigkeit des präkonzeptionellen BMI nach Daten des (Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG), 2018, p. 254) | 13 |
| Tabelle 3: Übersicht der anthropometrischen Daten von GDM-Kollektiv und Kontroll-Kollektiv. Modifiziert und veröffentlicht von Sitzberger, Meyle et al. (2020) | 26 |
| Tabelle 4: Vergleich der sportlichen Untersuchung von GDM-Kollektiv mit Kontroll-Kollektiv | 26 |
| Tabelle 5: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens vor der Schwangerschaft zwischen GDM-Gruppe und Kontrollkollektiv | 29 |
| Tabelle 6: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens während der Schwangerschaft zwischen GDM-Gruppe und Kontrollkollektiv..... | 30 |
| Tabelle 7: Übersicht der anthropometrischen Daten innerhalb der Therapiesubgruppen (dGDM vs. iGDM)..... | 33 |
| Tabelle 8: Vergleich der sportlichen Untersuchung zwischen dGDM und iGDM..... | 34 |
| Tabelle 9: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens vor der Schwangerschaft zwischen dGDM-Gruppe und iGDM-Kollektiv..... | 36 |
| Tabelle 10: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens während der Schwangerschaft zwischen dGDM-Gruppe und iGDM-Kollektiv | 37 |
| Tabelle 11: Übersicht der anthropometrischen Daten innerhalb der Sportsgruppen (Sport vs. Kein Sport)..... | 41 |
| Tabelle 12: Vergleich der sportlichen Untersuchung zwischen Sport und kein Sport während der Schwangerschaft..... | 41 |
| Tabelle 13: Vergleich der Ergebnisse des Fragebogens vor der Schwangerschaft zwischen der Sport-Gruppe und der Nicht-Sport-Gruppe | 44 |

9 Verzeichnis der Abkürzungen

| | | | |
|-------------|--|--------|---|
| Abb | Abbildung | ICD-10 | International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, 10th revision |
| APGAR-Score | Appearance, Pulse, Grimace, Activity, and Respiration-Score | iGDM | insulinpflichtiger Gestationsdiabetes |
| BMI | Body-Mass-Index | IMT | Intima Media Thickness |
| CTG | Cardiotocography | INSR | Insulinrezeptor |
| dGDM | diätetisch eingestellter Gestationsdiabetes | IQTIG | Institut für Qualität und Transparenz im Gesundheitswesen |
| ECG | Echokardiographie | IQWIG | Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen |
| EKG | Elektrokardiogramm | KI | Konfidenzintervall |
| FIGO | International Federation of Gynecology and Obstetrics | LGA | Large for gestational age |
| GCK | Glukokinase | OGTT | 75-g-oraler Glukosetoleranztest |
| GDM | Gestationsdiabetes | OR | Odds Ratio |
| HAPO | Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcome | PWV | Pulswellengeschwindigkeit |
| HbA1C | Hämoglobin A1C | SGA | Small for gestational age |
| IADPSG | International Association of the Diabetes and Pregnancy Study Groups | SS | Schwangerschaft |
| | | WHO | World Health Organisation |
| | | Z. n. | Zustand nach |

10 Posterpräsentation auf dem 3rd Munich Symposium on Fetal Cardiology vom 24.-26.11.2017



Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München



Technische Universität München

Gestational diabetes – The Impact of physical activity on the perinatal vascular health of mother and child

K. Meyle¹, Wagner M¹, R. Oberhoffer^{1,2}, S.M. Lobmaier³, O. Graupner³, N. Wildner³, R. Ensenauer^{4,5}, J. Vähä⁴, A. Wacker-Gusmann^{1,2}

¹Institute of Preventive Pediatrics, Faculty of Sport and Health Sciences, TU Munich, Germany
²Department of Pediatric Cardiology and Congenital Heart Defects, German Heart Centre, Munich, Germany
³Department of Obstetrics and Gynecology, Klinikum rechts der Isar, TU Munich, Germany
⁴Research Center, Dr. von Hauner Children's Hospital, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany
⁵Experimental Pediatrics, Department of General Pediatrics, Neonatology and Pediatric Cardiology, University Children's Hospital, Heinrich Heine University Düsseldorf, Düsseldorf, Germany

INTRODUCTION

- Gestational diabetes mellitus (GDM) is defined as **glucose intolerance** of varying severity and is one of the most common pregnancy disorders
- The **prevalence** of GDM is drastically **increasing** – up to 14% - due to growing obesity, delayed childbearing and multiple gestations.
- Consequences** of GDM
 - for the **mother** could be:
 - **during pregnancy**: higher risk for arterial hypertension, preeclampsia
 - **after pregnancy**: increased risk of developing type 2 diabetes later in life
 - for the **newborn** could be hyperglycemia, hyperinsulinism, higher birth weight, intrauterine death



AIM of the study

- Observation of the **physical activity level** of the pregnant women
- Evaluation cardiovascular outcomes (mother and child)

STUDY DESIGN & METHODS of the whole study

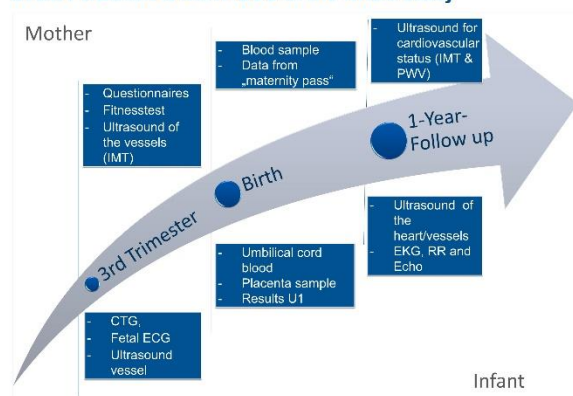


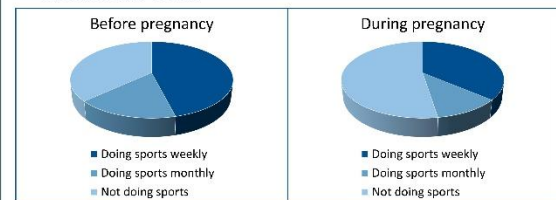
Fig. 1: GEDIVA prospective study design. CTO = Cardiotocogram, ECG = electrocardiogram

- Prospective controlled observational study
- The study will include **200 pregnant women**:
 - 100 Women with GDM
 - 100 Healthy pregnant women serve as controls
- All participants will be recruited after the 2nd Trimenon

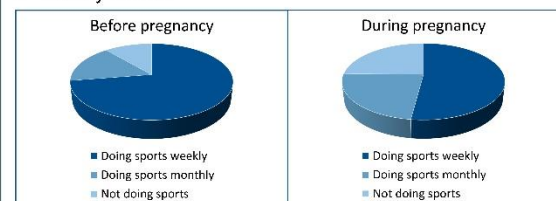
RESULTS SO FAR

Questionnaires

- Women with GDM

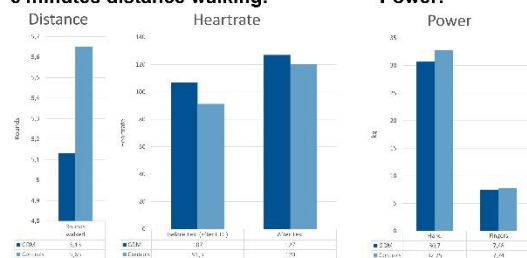


- Healthy women



Fitness tests:

- 6 minutes distance walking:



WORK IN PROGRESS

- Ongoing recruitment** of GDM-positive and healthy pregnant women at the Klinikum rechts der Isar TU München
- Statistical analysis**

CONCLUSION

- Women with **GDM are less active** and have a higher heart rate during pregnancy
- Women with **GDM have a lower physical activity level** in the fitness tests.
- Not being sporty could be a risk factor to develop GDM

For further information please contact:
kristina.meyle@tum.de

11 Posterpräsentation auf der AEPC 2019 - 53rd Annual Meeting for European Pediatric and Congenital Cardiology vom 15.-18.05.2019



Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München



Deutsches Herzzentrum München
des Freistaates Bayern
Klinik an der Technischen Universität München



Technische Universität München



Gestational diabetes: Influence of physical activity on the mother and her newborn

K. Meyle¹, R. Oberhoffer^{1,2}, M. Wagner¹, C. Sitzberger¹, N. Lienert¹, O. Graupner³,
R. Ensenauer^{4,5}, S. Lobmaier³, A. Wacker-Gußmann^{1,2}

¹Institute of Preventive Pediatrics, Faculty of Sport and Health Sciences, TU Munich, Germany

²Department of Pediatric Cardiology and Congenital Heart Defects, German Heart Center, Munich, Germany

³Department of Obstetrics and Gynecology, Klinikum rechts der Isar, TU Munich, Germany

⁴Research Center, Dr. von Hauner Children's Hospital, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany;

⁵Experimental Pediatrics, Department of General Pediatrics, Neonatology and Pediatric Cardiology, University Children's Hospital, Heinrich Heine University Düsseldorf, Düsseldorf, Germany

The last two authors equally contributed to the manuscript

INTRODUCTION

The prevalence of Gestational diabetes (GDM) is currently increasing to 7-14% of all pregnancies. GDM has several effects on the cardiovascular health of the mother and her child. These include pregnancy risks such as arterial hypertension, pre-eclampsia or diabetes after birth, as well as risks for the newborn such as congenital abnormalities, neonatal hypoglycemia and macrosomia.

AIMS Concerning Physical Activity of the GEDIVA Study

- Observation of physical activity levels of pregnant women with GDM
- Measure the impact of physical activity on the health of the mother and her newborn

STUDY DESIGN & METHODS of the complete GEDIVA study

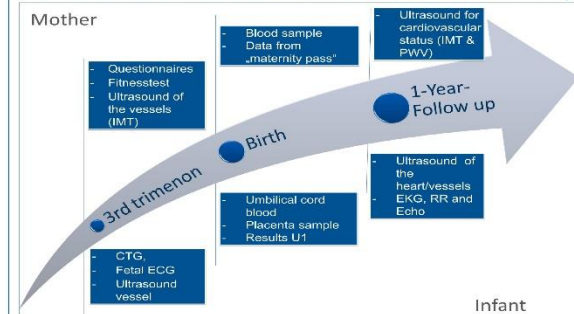


Fig. 1: GEDIVA study

CTG = Cardioclogram, ECG = electrocardiogram

- Prospective controlled observational study
- **206 pregnant women:**
99 pregnant women with GDM
107 healthy pregnant women served as healthy controls
- All participants were recruited from 2nd trimester onwards

RESULTS

| | Study group (GDM) | Control group | P- value |
|---|-------------------|---------------|----------|
| Maternal age [years] | 34,41 ± 4,64 | 32,96 ± 4,27 | 0,021 |
| Maternal weight before pregnancy [kg] | 72,75 ± 20,40 | 61,83 ± 9,47 | <0,001 |
| BMI before pregnancy [kg/m ²] | 26,24 ± 6,69 | 21,61 ± 4,28 | <0,001 |
| Weight gain during pregnancy [kg] | 11,45 ± 6,85 | 15,30 ± 5,39 | <0,001 |
| Gestational age at delivery | 39,07 ± 1,20 | 39,98 ± 0,98 | <0,001 |
| Birth weight [g] | 3348 ± 375 | 3496 ± 379 | 0,018 |
| Birth percentile | 45 ± 26 | 48 ± 26 | 0,424 |

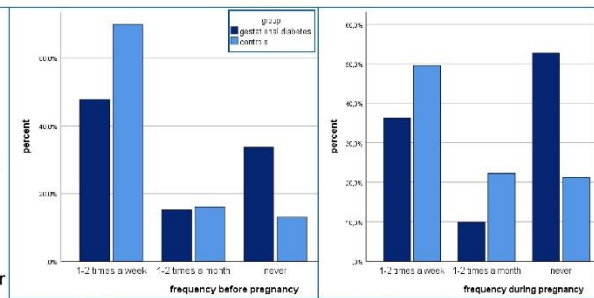


Fig. 2: The frequency of physical activities before and during pregnancy in the gestational diabetes and control group

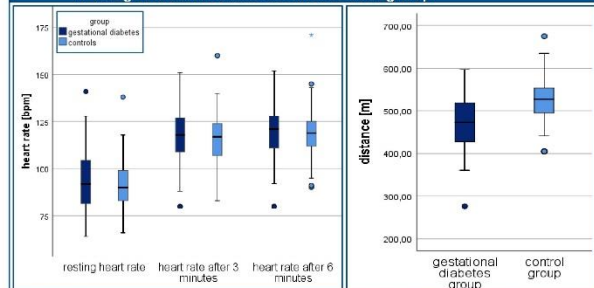


Fig. 3: Heart rates and completed distance during Six-Minutes Walking Test

Subgroup analysis:

GDM group with above average physical activity level and below average physical activity group

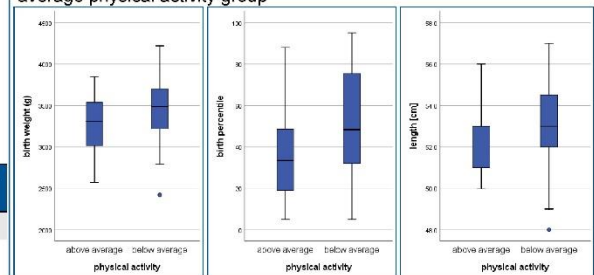


Fig. 4: Birth weight, percentile and length in the subgroups

CONCLUSION

- Women with GDM are less active
- Women with GDM have a lower physical activity level in fitness tests
- Women with GDM and above average physical activity level have lower birth weight and birth percentile
- Not being sporty could be a risk factor to develop GDM

12 Veröffentlichtes Paper - Gestational Diabetes: Physical Activity Before Pregnancy and Its Influence on the Cardiovascular System



Gestational Diabetes: Physical Activity Before Pregnancy and Its Influence on the Cardiovascular System

Christina Sitzberger^{1*}, Renate Oberhoffer-Fritz^{1,2}, Kristina Meyle¹, Maike Wagner¹, Nadine Lienert¹, Oliver Graupner³, Regina Ensenauer^{4,5}, Silvia M. Lobmaier³ and Annette Wacker-Gußmann^{1,2}

¹ Faculty of Sports and Health Sciences Technische Universität München, Institute of Preventive Paediatric, Munich, Germany, ² German Heart Centre Department of Paediatric Cardiology and Congenital Heart Defects, Munich, Germany, ³ Klinikum rechts der Isar, Department of Gynaecology and Obstetrics, Munich, Germany, ⁴ Research Centre, Dr. von Hauner Children's Hospital, Ludwig-Maximilians-Universität München, Munich, Germany, ⁵ Experimental Paediatrics, Department of General Paediatrics, Neonatology and Paediatric Cardiology, University Children's Hospital, Heinrich Heine University Düsseldorf, Düsseldorf, Germany

OPEN ACCESS

Edited by:

Andrew Landstrom,
School of Medicine, Duke University,
United States

Reviewed by:

Victoria Ordonez,
University of Bristol, United Kingdom
Ilana Shoham-vardi,
Ben-Gurion University of the
Negev, Israel

*Correspondence:

Christina Sitzberger
Christina.sitzberger@tum.de

Specialty section:

This article was submitted to
Pediatric Cardiology,
a section of the journal
Frontiers in Pediatrics

Received: 23 September 2019

Accepted: 03 July 2020

Published: 14 August 2020

Citation:

Sitzberger C, Oberhoffer-Fritz R,
Meyle K, Wagner M, Lienert N,
Graupner O, Ensenauer R,
Lobmaier SM and
Wacker-Gußmann A (2020)
Gestational Diabetes: Physical Activity
Before Pregnancy and Its Influence on
the Cardiovascular System.
Front. Pediatr. 8:465.
doi: 10.3389/fped.2020.00465

Objectives: Gestational diabetes mellitus (GDM) is a common complication in pregnancy, affecting around 14% of all pregnancies each year. It will likely further increase, as obesity becomes more prevalent. The impact of GDM on cardiovascular changes in pregnant women and her child is still unclear. The aim of the study was to measure the effects of physical activity before pregnancy on the cardiovascular system in patients with GDM in pregnancy.

Methods: Two hundred and six pregnant women were included in this observational study. All participants were recruited at the tertiary level teaching University Hospital "Klinikum rechts der Isar" between 28 and 32 weeks gestation. Questionnaires dealing with pre-pregnancy daily and physical activity (PA) were evaluated. The cardiovascular status of the mothers included measurements of the intima-media thickness (IMT) of the carotid arteries. PA level was performed with a standardized 6-min-walking-test.

Results: Ninety-nine women with GDM with a mean age of 33.84 (\pm 4.7) years were examined. One hundred seven healthy pregnant women aged 32.6 (\pm 4.2) years served as controls. The mean weight in the study group was 73.0 (\pm 20.3) kg and 61.7 (\pm 9.5) kg in the control group. Based on the higher weight in the study group, the Body Mass Index (BMI) was also significantly higher than in the control group (26.3 \pm 7.1 vs. 21.6 \pm 3; p < 0.001). The frequency of PA was significantly higher in the control group (p < 0.001). The objective fitness level was worse in pregnant women with GDM compared to healthy controls (472 vs. 523 m, p < 0.001). PA before and during pregnancy was less performed in the study group (86 vs. 64.5%, p = 0.002; 69 vs. 45.7%, p = 0.003). Women who were physically inactive before pregnancy had a 3-times higher risk to develop GDM compared to active women (OR = 2.67). The IMT was significantly thicker in the study group (0.48 \pm 0.042 mm vs. 0.45 \pm 0.042) mm; p = 0.006).

Conclusion: Physical activity before pregnancy and a lower initial weight reduces the risk of developing GDM and cardiovascular risk factors in pregnancy. The development of prevention programs is certainly necessary.

Keywords: gestational diabetes, physical activity, cardiovascular system, pregnancy, intima media thickness

INTRODUCTION

The increasing wealth of industrial states in Europe leads to health problems such as obesity. In consequence, dyslipidemia, high blood pressure, and diabetes mellitus is much more common. In Europe, these diseases are responsible for ~1.9 million deaths per year (1). Due to the increasing affluence, the number of pregnant women with obesity, and gestational diabetes is also increasing rapidly. In addition, new and improved screening tools over the last years resulted in significantly more women being diagnosed with gestational diabetes (2–4).

Scientific studies, suggest that pregnant women with gestational diabetes have an increased risk of maternal and fetal morbidity during pregnancy and childbirth (5, 6). These women may also develop long-term risk conditions such as severe obesity and diabetes mellitus (type 2) (7, 8). Therefore, the number of cardiovascular sequelae such as disorders of the lipid metabolism, high blood pressure, myocardial infarction, stroke etc. in these mothers will increase rapidly in the future (4).

It is still unclear how and at which age gestational diabetes affects the child in the context of the so-called “fetal programming,” acquired to the first influence (9).

The “Barker hypothesis” postulates that “programming during embryonic and fetal life,” determines the set point of physiological and metabolic responses that carry into adulthood. Any stimulus at a critical period of embryonic and fetal development can result in developmental adaptations that produce permanent structural, physiological, and metabolic changes, predisposing an individual to cardiovascular, metabolic, and endocrine disease in adult life (10). Initial studies show that children after pregnancy with gestational diabetes can develop hypertension early on (11, 12).

A first starting point for primary prevention can be a simple and cost-effective method: physical exercise. The benefit of physical activity in healthy pregnant women has been demonstrated in several studies (13–15). However, in most of the studies, physical activity was only evaluated by questionnaires or only gave sports recommendations to the pregnant women and thus lacked a guided sports program (16–18). A few studies included a controlled aerobic exercise program and showed that it is associated with significant reduce of gestational diabetes (GDM) in overweight and obese pregnant women. These results are from a large prospective randomized clinical trial recruiting 300 singleton women with a mean pre-pregnancy body mass index of 26.8 kg/m² (19). In contrast, the systematic review and meta-analysis by Malosso et al. showed a significant reduction of GDM with a controlled exercise programme in overweight and obese pregnant women (20). In contrast the study group of Poston et al. found, that mainly obese women were

examined with regard to their risk of contracting GDM. No significant difference was found between the intervention group and the control group concerning dietary and activity-enhancing recommendations. With regard to the assumption that the year before pregnancy is the most important one for the development of GDM, obese women have an advance risk (21). However, these studies focused on obese women in general only and not on the cardiovascular outcome in particular. The systematic review by Shepard et al. also found a difference between the intervention group and the control group in the number of women suffering from GDM (15). Most studies in the review by Shepard et al., only gave recommendations for an active lifestyle for these women. Only in eight studies a controlled sports programme was provided to the women (15). In addition, to our knowledge there are no controlled studies that have systematically studied the effects of physical activity in patients with GDM on the maternal and infant cardiovascular system. Therefore, the aim of this study was to evaluate the influence of physical activity before pregnancy on the development of GDM and the risks to the cardiovascular system.

MATERIALS AND METHODS

Pregnant women with gestational diabetes were included in the prospective controlled observational study between August 2015 and December 2018. Healthy pregnant women served as controls. All participants were recruited at the tertiary level teaching University Hospital “Klinikum rechts der Isar” of the Technical University of Munich between 28 and 37 weeks gestation. Recruitment was carried out by the research team. The pregnant women, both for the study groups and the control group, were addressed during their routine examination. The suitability for this study, with regard to the inclusion and exclusion criteria, was checked in advance on the basis of the existing files. Gestational diabetes was diagnosed according to the German guidelines of AG-Diabetes and DGG 2003 (22). All women had a 75 g oral glucose tolerance test (oGTT). GDM was diagnosed if one criterion was found: fasting glucose >92 mg/dl, 1 h glucose >180 mg/dl and 2 h glucose level > 155 mg/dl.

Patients were recruited from the second trimester of pregnancy onwards, as gestational diabetes was mainly diagnosed beyond 24 weeks of gestational age. Inclusion criteria were full age and no pre-existing conditions of cardiovascular diseases. Exclusion criteria were additional cardiovascular or nephropathic diseases, multiple pregnancies, acute illness including infectious diseases, and premature labor.

The pregnant women were examined according to a predefined protocol. This included general health data (weight,

TABLE 1 | Characteristics of the study (GDM) and control (healthy) group.

| | Study group (GDM) | | | Control group | | | P-value |
|---|-------------------|------------------------|----------|---------------|------------------------|----------|------------------|
| | No | Mean ± SD | Median | No | mean ± SD | median | |
| Maternal age[years] | 98 | 34.41 ± 4.64 | 34.23 | 107 | 32.96 ± 4.27 | 32.83 | 0.021 |
| Maternal height [cm] | 99 | 166.34 ± 6.19 | 167.00 | 107 | 167.75 ± 5.75 | 168.00 | 0.093 |
| Maternal weight before pregnancy [kg] | 98 | 72.75 ± 20.40 | 67.00 | 105 | 61.83 ± 9.47 | 59.00 | <0.001 |
| Body mass index before pregnancy [kg/m ²] | 96 | 26.24 ± 6.69 | 24.17 | 107 | 21.61 ± 4.28 | 21.09 | <0.001 |
| Weight gain during pregnancy [kg] | 81 | 11.45 ± 6.85 | 11.60 | 89 | 15.30 ± 5.39 | 14.60 | <0.001 |
| Systolic blood pressure during pregnancy [mmHg] | 88 | 111.82 ± 12.29 | | 89 | 109.73 ± 11.5 | | 0.574 |
| Diastolic blood pressure during pregnancy [mmHg] | 88 | 70.84 ± 10.94 | | 89 | 68.26 ± 9.86 | | <0.103 |
| Systolic blood pressure during pregnancy [mmHg] on release | 81 | 117.91 ± 11.76 | | 81 | 116.88 ± 16.69 | | <0.805 |
| Diastolic blood pressure during pregnancy [mmHg] on release | 81 | 76.1 ± 9.44 | | 81 | 76.72 ± 9.65 | | <0.574 |
| Gravida | 88 | 2,34 ± 1,52 | 2,00 | 92 | 1,86 ± 0,97 | 2,00 | 0.017 |
| Para | 88 | 1,69 ± 0,98 | 1,00 | 92 | 1,46 ± 0,60 | 1,00 | 0.174 |
| | | No. of patients | % | | No. of patients | % | |
| GDM in a previous pregnancy | * | 32 | * | * | 4 | * | * |
| Family history of diabetes | 92 | 56 | 60,9 | 100 | 44 | 44,0 | 0.019 |
| Insulin therapy | 99 | 52 | 52,5 | | | | |
| Smoking | 96 | 6 | 6,3 | 105 | 4 | 3,8 | 0.454 |

*The questionnaire determined that GDM was present in a previous pregnancy, but not in how many pregnancies (in case of multiple pregnancies of a woman). Therefore, the percentage and the p-value cannot be calculated. The bold values indicate a significant difference.

height, BMI, oGTT, gestational age, gravida, para, blood pressure, food questionnaire) of the mother. The cardiovascular status of the mother included measurements of the intima-media thickness of the carotid arteries. Carotid scans were obtained with Aloka pro sound 6 Ultrasound by a trained operator. Left and right common carotids were examined in antero-lateral, postero-lateral directions. Only longitudinal images in which the intercasses were very clear, were obtained (23). Four measurements in total were performed and the average was taken. Parameters of vascular stiffness were evaluated at the level of the common carotid artery just before bifurcation. The observation of the physical activity level of the mother before and during pregnancy was evaluated with a standardized questionnaire and a 6-min walking test. Activities were separated into four different groups: endurance sports, athletic sports, combined sports and light sports. **Table 1** shows the classification. The individual sports were assigned with the corresponding metabolic equivalent (MET) according to the compendium of physical activities. The MET indicate how intense an activity is, in order to measure and classify the physical activity. A MET unit indicates how much oxygen the body uses at rest. $MET = 3.5 \text{ ml O}_2/\text{kg} \times \text{min}$ or $\sim 1 \text{ kcal}/\text{kg} \times \text{h}$.

Through the MET's, the load tolerance, functionality and training capacity of individuals can be efficiently and consistently determined, regardless of their body composition. The classification of consumption is divided as follows: light: <3.0 METs, moderate: 3.0–6.0 METs, intensive: >6.0 METs (24).

The 6-min walking test was performed according to the guidelines of the American Thoracic Society (25). First a Polar® chest strap was attached to measure the maternal heart rate, then the patient rested for 10 min. The resting heart rate was

quantified, and then the women began to walk. A walking round contained 90 m. All women were accompanied by an instructor and had to walk the round as often as they could within a time frame of 6 min. The heart rate was noted 3 and 6 min after beginning. The instructor stopped or told them to slow down if the heart rate was above a predefined limit. The limit was set with following equation: $(220 - \text{age}) \times 0.7$ (26). If the pregnant woman had any pain, shortage of breath or any sort of malaise, they paused while the time was running or—depending on severity—even stopped. Each pregnant woman was examined with a carotid scan and a physical activity test according to a predefined protocol. These examinations were done at the beginning of the study. The power analysis calculated a total sample size of $n = 66$ subjects.

Statistical Analysis

The statistical analysis was done with SPSS version 25. Continuous variables were presented with mean ± standard deviation. For categorical variables of the study, numbers and percentages were determined. To evaluate the difference between the mean the independent samples *T*-test and Mann – Whitney – *U*-Test were performed. Pearson's chi-square test was used for categorical variables. Odds ratio was performed to indicate the strength of the relationship between developing GDM and physical activity. In a further multivariate logistic model, we analyzed the relationship of the parameters "age, family history of diabetes, physical activity, and BMI" on the development of gestational diabetes to find the strongest predictive parameter. A linear regression was performed to show the predictors for the changes in the IMT. The level of statistical significance was defined as $p = 0.05$. Subgroup analysis was done.

RESULTS

Overall 206 pregnant women were included in the study. 99 (47.8%) patients had gestational diabetes and 107 (52.2%) patients served as healthy controls. Fifty-two of all women with gestational diabetes were treated with insulin and 47 with dietary advices only. The mean gestational age at enrolment was 35.14 (SD \pm 2.42) in the study group and 34.12 (SD \pm 3.10) in the control group. The women in study group were more often pregnant and had more children than those of the control group (gravida: 2.34 \pm 1.52; para: 1.69 \pm 0.98 vs. gravida: 1.86 \pm 0.97; para: 1.46 \pm 0.60).

Anthropometric Data of the Mother

The mean age of the two groups showed a difference of \sim 1.5 years (GDM = 34.31 \pm 4.64 years, controls = 32.96 \pm 4.64 years, p = 0.021). Before pregnancy, the study group had a significant higher weight (72.75 \pm 20.40 vs. 61.83 \pm 9.47 kg, p < 0.001) and a significant higher Body-Mass-Index (26.24 \pm 6.69 vs. 21.61 \pm 4.28, p < 0.001). None of the patients had arterial hypertension (RR > 140/90 mmHg) at the time of measurement. There was no significant difference in systolic (syst: 111.82 \pm 12.29 mmHg

study group vs. syst. 109.73 \pm 11.52 mmHg control group) and diastolic blood pressure between the study and control group (syst: p = 0.224, dia: p = < 0.103). At release there was also found no significance in between the two groups (syst.: p = 0.805; dia: p = < 0.574). The weight gain during pregnancy in the study group was less than in the control group (GDM 11.45 \pm 6.85 kg vs. control group 15.30 \pm 5.39 kg). Thirty-two women in the study group and four women in the control group were diagnosed with gestational diabetes in a previous pregnancy. A positive family history of diabetes was found in more patients with GDM (60.9 vs. 44%, p = 0.019). Anthropometric data is summarized in **Table 1**.

Vascular Diagnostics

The average IMT was significantly higher in the study group than in the control group (0.45 \pm 0.42 vs. 0.48 \pm 0.42; p = 0.005). There was a significant correlation between BMI and IMT (β = 0.00; p = 0.001; 95% CI: 0.00; 0.001). The general data is summarized with **Table 2**.

Blood Sugar Values

The mean fasting blood glucose value of the study group was 91.83 \pm 8.34 mg/dl. The mean values of 1 and 2 h oGTT were 168.61 \pm 30.25 and 137.42 \pm 32.77 mg/dl in the study group. The values of the control group were all within the normal range.

Physical Activity: Six-Minutes Walking Test

Regarding the results of the 6-min walking test, the objective fitness level was lower in pregnant women with gestational diabetes compared to healthy controls. The resting heart rate was slightly higher in the study group (94 \pm 17 vs. 91 \pm 13 bpm, p = 0.178), just as the heart rate after 3 min (118 \pm 14 bpm vs. 116 \pm 13, p = 0.295). The heart rate after 6 min was equal in both groups (119 \pm 14 bpm, p = 0.813). The completed distance

TABLE 2 | Vascular diagnostic results in the study (GDM) and control (healthy woman) groups.

| | Study group (GDM) | | | Control group | | | P-value |
|---------------------------------------|-------------------|------------------|--------|---------------|------------------|--------|--------------|
| | No | Mean \pm SD | Median | No | Mean \pm SD | Median | |
| Intima media thickness avg.(mm) total | 96 | 0.48 \pm 0.042 | 0.49 | 104 | 0.45 \pm 0.042 | 0.46 | 0.005 |

The bold values indicate a significant difference.

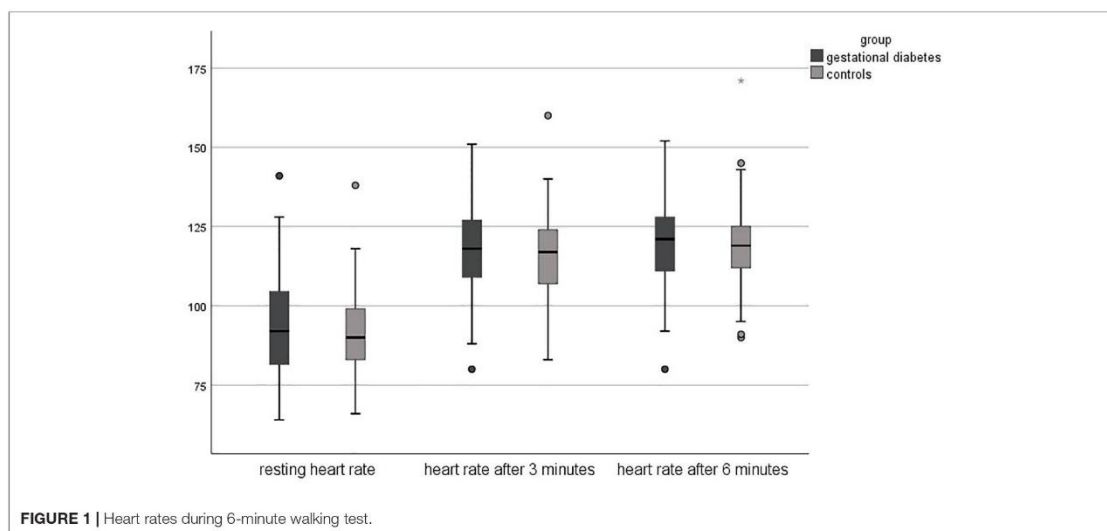


FIGURE 1 | Heart rates during 6-minute walking test.

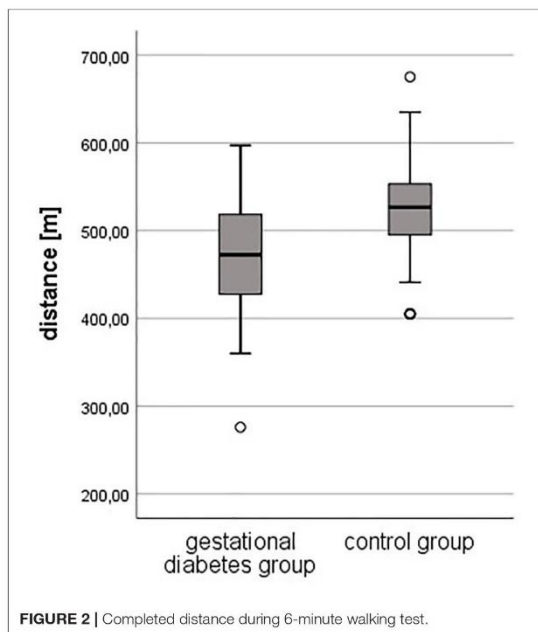


FIGURE 2 | Completed distance during 6-minute walking test.

was significantly lower in the study group (472 meters vs. 523 m, $p < 0.001$).

Figures 1, 2 shows the differences in the 6-min walking test.

Physical Activity

Physical activity before pregnancy was performed less in the study group (64.5 vs. 86%, $p = 0.002$). The number of women with endurance sports was significantly lower in the GDM-Group (60.7 vs. 83.7%, $p = 0.002$). The number of patients participating in athletic (34.3 vs. 34.9%, $p = 0.954$) and combined sports (18.0 vs. 19.8%, $p = 0.792$) was equal. However, more women with gestational diabetes attended lighter sports (31.1 vs. 24.4%, $p = 0.366$). The classifications are summarized in Table 3. The frequency of doing physical activities was significantly lower in the study group (1-2x per week: 47.8 vs. 70%, 1-2x per month: 15.2 vs. 16%, $p = 0.003$). The average physical activity was divided according to the Compendium of Physical Activities (MET values) (27). The results showed a significant difference in MET values between both groups (3.34 ± 2.85 vs. 4.73 ± 2.55 ; $p = 0.002$). Figures 3, 4 show the different frequencies of physical activities before and during pregnancy.

Physical activities were less performed during pregnancy in the study group (46.2 vs. 69.0%, $p = 0.003$). The number of patients doing endurance sports decreased in the study group from 60.7% before pregnancy to 43.2% during pregnancy and in the control group from 83.7% before pregnancy to 63.4% during pregnancy. In athletic (15.9 vs. 18.3%, $p = 0.741$), combined (6.8 vs. 8.5%, $p = 0.751$) and light sports (54.5 vs. 56.3%, $p = 0.851$), the differences were slight within the two groups. The

TABLE 3 | Classification of the different sports.

| Endurance | Athletic sports | Combined sports | Light sports |
|----------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| Aerobic | EMS | Badminton | Aqua gymnastics |
| Endurance | Fitness | Ballet | Gymnastics |
| Speed ice-skating | defined back training | CrossFit | Pilates |
| Inline skating | Climbing | Figure skating | Back gym |
| Jogging | | Soccer | Walking |
| Cross-country skiing | | Handball | Yoga |
| Treadmill | | Horseback riding | |
| Running | | Skiing | |
| Biking | | Squash | |
| Rowering | | Dancing | |
| Swimming | | Table tennis | |
| Spinning | | Volleyball | |
| Hiking | | Wakeboard | |
| Zumba | | | |

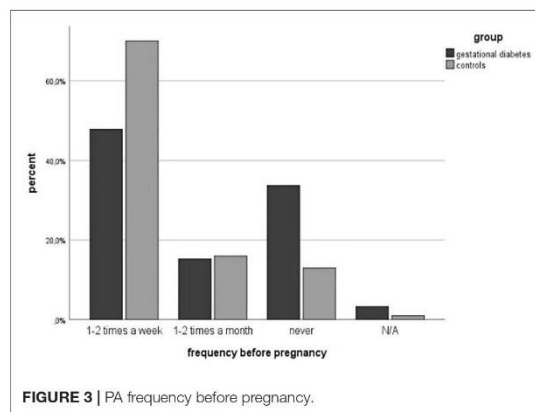


FIGURE 3 | PA frequency before pregnancy.

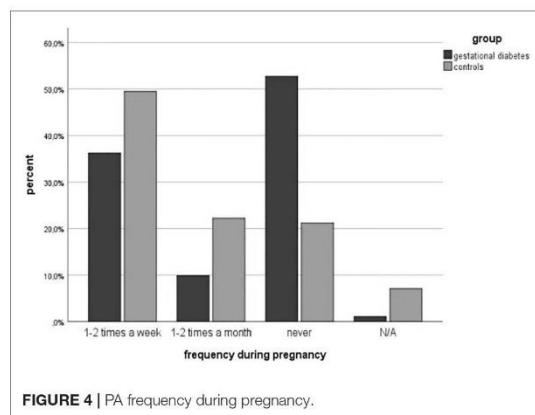


FIGURE 4 | PA frequency during pregnancy.

frequency of doing sports was comparable to the frequency before pregnancy. The gestational diabetes group did less exercise (1-2x a week: 36.3 vs. 49.5%, 1-2x a month: 9.9 vs. 22.2%, $p < 0.001$).

This also corresponds to less daily activity in the study group (walking 53 vs. 69 min per day, $p = 0.144$). Before pregnancy 58 patients were active and 41 did not do any physical activity at all in the study group, whereas 85 were active in the healthy control group. Comparing the activity level before pregnancy to the development of GDM in pregnancy, the results show that inactive women have a three times higher risk to develop GDM compared to active women (OR = 2.67). The result was statistically significant ($p = 0.02$). The multivariate logistic model indicated the well-known significant impact of the BMI ($\beta = 0.17$; $p < 0.00$; 95% CI 1.09; 1.30 OR = 1.19) and age ($\beta = 0.11$; $p = 0.03$; 95% CI 1.04; 1.21; OR = 1.21) on the development of gestational diabetes. We further found that PA before pregnancy has a significant influence on the development of gestational diabetes ($\beta = -1.14$; $p = 0.04$; 95% CI 0.14; 0.69; OR = 0.31). The family history of diabetes didn't show any significance ($\beta = 0.16$; $p = 0.62$; 95% CI 0.59; 2.34; OR = 1.18).

Subgroup Analysis of the Physical Activity Level

Subgroup analysis of the gestational diabetes group was made by separating the group into two different physical activity levels (above and below average) concerning the 6-min walking test (distance 472 vs. 523 m, $p < 0.001$).

Concerning treatment strategies woman with an above-average physical activity had less insulin (41.2 vs. 57.9%, $p = 0.157$) and more dietary advices (58.8 vs. 42.1%).

The group with above-average physical activity level resulted in a lower birth weight ($3,266 \pm 324$ vs. $3,449 \pm 398$ g, $p = 0.056$) compared to those with a below average activity level in the same group. The birth percentile was significantly lower in the above-average group (36.6 ± 22.0 vs. 52.4 ± 25.4 , $p = 0.013$).

DISCUSSION

The main point of this study was that there is a link between physical activity in the year before pregnancy and the onset of gestational diabetes. Women who were physically inactive before pregnancy had a nearly 3-times higher risk to develop GDM compared to active women (OR = 2.67). We also found that the intima media thickness of the carotid arteries in women with GDM was significantly higher. Almost half of the women were diagnosed with GDM in an earlier pregnancy. The negative influence of GDM could indicate impaired vascular health. However, further controlled studies are needed to assess the vascular status before pregnancy.

The overall benefit of physical activity in healthy pregnant women has been demonstrated in several studies (27, 28). For example, Kihlstrand et al. proofed a positive effect of aqua gym during pregnancy on the occurrence of back pain (29). Kagan and Kuhn, showed that suitable sports for women during pregnancy and after birth are aerobic endurance sports with the components running, walking and rhythmic movements, as well as the stabilization of certain body positions, especially under the stress of the major muscle groups (30). Guelfi et al. demonstrated also the significant effect of maternal fitness between a 14 weeks

supervised home—based exercise intervention vs. standard care on cardiovascular risk factors (31). Dye et al. found similar results (32). Our study agree with the already existing literature and also shows that physical activity has a positive influence on pregnancy.

Further it is stated that women who are active before pregnancy have a reduced risk of developing GDM, although cardiovascular changes were not examined in detail (16). A review by Russo et al. for example showed that physical activity can reduce the risk of developing GDM up to 28%. Sport reduces the risk of getting GDM even unaffected of other health factors (33). A higher physical activity level before and during early pregnancy shows a lower prevalence of GDM, which was also evident in our study. Women with GDM do less or no exercise per week. Our study showed that women with GDM achieved lower METs per week, and that these women had a lower level of fitness in an objective fitness test: the 6-min run. Zavorsky et al. showed that it is necessary to have at least 16 Mets hours per week to reduce the risk of GDM (34). The systematic review and meta-analysis by Davenport et al. found that being physically active for at least 600 Mets minutes per week to reduce the possibility of developing GDM by 25% (35). Therefore, it might be possible and useful to motivate pregnant women, based on the METs per week, obtained from data of our study and others. Sports with METs of 3 (moderate intensity) or more (vigorous intensity) according to the Compendium of physical activities might be: Exercise at least 5 times a week for at least 30 min before pregnancy to reduce the risk of gestational diabetes in pregnancy (24). In summary it depends on how long a sport is performed and not on which type of physical activity. However, controlled studies are further needed to re-evaluate these results. The intima media thickness of the A. carotis and the change of arterial stiffness might be a useful tool to monitor women's cardiovascular health.

It has to be considered, that women with GDM have a high risk of hypertensive disorders, which in turn is also associated with increased maternal arterial stiffness (36). In addition, the mechanisms that could increase arterial stiffness and IMT are complex. These include, for example, the arterial remodeling, oxidative stressor, and endothelial dysfunctional (37). Nevertheless, in this study, the results of the cardiovascular examinations showed that women with GDM had a significantly higher intima media thickness. None of the patients had arterial hypertension history or hypertension at the time of measurements. Women with gestational diabetes tend to be older and have a higher body mass index (BMI) than healthy women. The multivariate logistic model indicated the well-known significant impact of the BMI and age on the development of gestational diabetes. We further found that PA before pregnancy has a significant influence on the development of gestational diabetes. Women with a higher BMI are usually, physically less active and tend to have a higher BMI. To reduce the risk of developing gestational diabetes, physical activity before pregnancy could be an additional valuable tool to improve the health of the mother. Due to the close supervision of pregnant women with GDM by nutritionists and diabetologists the weight gain during pregnancy in the study group was less than in the control group.

A clear understanding of the relationship between GDM and cardiovascular changes is important and must have an impact on future research, lifestyle and health risks, as gestational diabetes is already the most common metabolic disorder in pregnancy. The frequency of the metabolic syndrome and its sequelae will increase significantly and make our already aging society even more morbid. The question increasingly arises of how to counteract this rapid development of health problems. Our study shows that physical activity before pregnancy could improve the health of these women.

Limitations

There were some limitations in this study. First, it was just an observational study and not an interventional study. The physical activity of the participants was only surveyed and could not be checked for obvious correctness. The pregnant women were recruited in the second trimester in pregnancy as part of their check-up at the obstetrical department. Therefore, no specific cardiovascular data could be obtained before pregnancy. Thus, no conclusions can be drawn on the physical activity and the cardiovascular parameters such PWV and IMT before the study.

CONCLUSION

Physical activity could be a very helpful tool to improve health problems in pregnancy. The activity should be measured by an objective fitness tests, and cardiovascular changes should be ideally measured before, in and after pregnancy. We found that the intima media thickness might be a useful tool to monitor cardiovascular changes for women with gestational diabetes. However, further controlled studies are needed to prove these results. Counseling parents and long-term care for the health of both, the mother and her child, should be improved and prevention strategies including controlled fitness programs should be developed.

REFERENCES

1. Steffel J, Lüscher TF. *Herz-Kreislauf*. 2nd ed. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch Module Innere Medizin). (2014). p. 209. Available online at: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-55112-3>.
2. Groten T. *Update Gestationsdiabetes*. gynäkologie + geburtshilfe. Vol. 23 (2018). p. 32–9. doi: 10.1007/s15013-018-1306-4
3. Black MH, Sacks DA, Xiang AH, Lawrence JM. The relative contribution of prepregnancy overweight and obesity, gestational weight gain, and IADPSG-defined gestational diabetes mellitus to fetal overgrowth. *Diabetes Care*. (2013) 36:56–62. doi: 10.2337/dc12-0741
4. Volpe L, Di Cianni G, Lencioni C, Cuccuru I, Benzi L, Del Prato S. Gestational diabetes, inflammation, and late vascular disease. *J Endocrinol Invest*. (2007) 30:873–9. doi: 10.1007/BF03349231
5. Tallarigo L, Giampietro O, Penno G, Miccoli R, Gregori G, Navalesi R. Relation of glucose tolerance to complications of pregnancy in nondiabetic women. *N Engl J Med*. (1986) 315:989–92. doi: 10.1056/NEJM198610163151603
6. Sermer M, Naylor CD, Gare JD, Kenshole AB, Ritchi JW, Farine D, et al. Impact of increasing carbohydrate intolerance on maternal-fetal outcomes in 3637 women without gestational diabetes: the Toronto tri-hospital

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The datasets generated for this study are available on request to the corresponding author.

ETHICS STATEMENT

The studies involving human participants were reviewed and approved by Ethics Committee of the School of Medicine of the Technical University of Munich (464/15s). The patients/participants provided their written informed consent to participate in this study. Written informed consent was obtained from the individual(s) for the publication of any potentially identifiable images or data included in this article.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

CS and AW-G study concept and design, analysis and interpretation, drafting of the manuscript, and final approval of the version to be published. RO-F supervision, and final approval of the version to be published and agreement with all aspects of the work. KM, MW, NL, OG, RE, and SL substantial contributions to data acquisition. All authors critically revised the manuscript and approved it for publication.

FUNDING

This study was funded by the Technical University Munich (TUM-IAS).

ACKNOWLEDGMENTS

Parts of the study were presented as a poster on the 53rd Annual Meeting of the Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPCC) Fibes-Conference and Exhibition Centre, Seville, Spain|May 15–18, 2019.

gestational diabetes project. *Am J Obstet Gynecol*. (1995) 173:146–56. doi: 10.1016/0002-9378(95)90183-3

7. ACOG Practice Bulletin No. 190: Gestational diabetes mellitus. *Obstet Gynecol*. (2018) 131:e49–64. doi: 10.1097/AOG.0000000000002501
8. Oken E, Ning Y, Rifas-Shiman SL, Radesky JS, Rich-Edwards JW, Gillman MW. Associations of physical activity and inactivity before and during pregnancy with glucose tolerance. *Obstet Gynecol*. (2006) 108:1200–7. doi: 10.1097/01.AOG.0000241088.60745.70
9. Scholl TO, Sowers M, Chen X, Lenders C. Maternal glucose concentration influences fetal growth, gestation, and pregnancy complications. *Am J Epidemiol*. (2001) 154:514–20. doi: 10.1093/aje/154.6.514
10. Kwon EJ, Kim YJ. What is fetal programming?: a lifetime health is under the control of in utero health. *Obstet Gynecol Sci*. (2017) 60:506–19. doi: 10.5468/ogs.2017.60.6.506
11. Robel-Tillig E. *Dopplersonographie in der Neonatologie*. 2nd ed. Berlin; Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (2017). p. 229. Available online at: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-50484-0>.
12. Plagemann A, Harder T, Schellong K, Rodekamp E, Dudenhausen JW. Fetale Programmierung bei intrauteriner Milieustörung - grundlegende Mechanismen am Beispiel der Körpergewichts- und Stoffwechselregulation [Fetal programming by disturbed intrauterine environment - fundamental

- mechanisms exemplified by the regulation of body weight and metabolism]. *Gynäkologisch-geburtshilfliche Rundschau*. (2008) 48:215–24. doi: 10.1159/000154805
13. Barakat R, Refoyo I, Coteron J, Franco E. Exercise during pregnancy has a preventative effect on excessive maternal weight gain and gestational diabetes. a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther*. (2019) 23:148–55. doi: 10.1016/j.bjpt.2018.11.005
 14. Cordero Y, Mottola MF, Vargas J, Blanco M, Barakat R. Exercise is associated with a reduction in gestational diabetes mellitus. *Med Sci Sports Exerc*. (2015) 47:1328–33. doi: 10.1249/MSS.0000000000000547
 15. Shepherd E, Gomersall JC, Tieu J, Han S, Crowther CA, Middleton P. Combined diet and exercise interventions for preventing gestational diabetes mellitus. *Cochrane Database Syst Rev*. (2017) 11:CD010443. doi: 10.1002/14651858.CD010443.pub3
 16. Dempsey JC. Prospective study of gestational diabetes mellitus risk in relation to maternal recreational physical activity before and during pregnancy. *Am J Epidemiol*. (2004) 159:663–70. doi: 10.1093/aje/kwh091
 17. Takito MY, D'Aquino Benico MH. Physical activity during pregnancy and fetal outcomes: a case-control study. *Rev Saude Pública*. (2010) 44:90–101. doi: 10.1590/S0034-89102010000100010
 18. Liu J, Laditka J N, Mayer-Davis EJ, Pate RR. Does physical activity during pregnancy reduce the risk of gestational diabetes among previously inactive women? *Birth*. (2008) 35:188–95. doi: 10.1111/j.1523-536X.2008.00239.x
 19. Wang C, Wei Y, Zhang X, Zhang Y, Xu Q, Sun Y, et al. A randomized clinical trial of exercise during pregnancy to prevent gestational diabetes mellitus and improve pregnancy outcome in overweight and obese pregnant women. *Am J Obstet Gynecol*. (2017) 216:340–51. doi: 10.1016/j.ajog.2017.01.037
 20. Magro-Malosso ER, Saccone G, Di Mascio D, Di Tommaso M, Berghella V. Exercise during pregnancy and risk of preterm birth in overweight and obese women: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta obstet et Gynecol Scandinavica*. (2017) 96:263–73. doi: 10.1111/aogs.13087
 21. Poston L, Bell R, Croker H, Flynn AC, Godfrey KM, Goff L, et al. Effect of a behavioural intervention in obese pregnant women (the UPBEAT study): a multicentre, randomised controlled trial. *Lancet Diabetes Endocrinol*. (2015) 3:767–77. doi: 10.1016/S2213-8587(15)00227-2
 22. Kleinwechter, H., Schäfer-Graf, U. Diabetes und schwangerschaft. *Diabetologie*. (2006) 2:351–66. doi: 10.1007/s11428-006-0051-9
 23. Giannarelli C, Bianchini E, Bruno RM, Magagna A, Landini L, Fatta Fet al. Local carotid stiffness and intima-media thickness assessment by a novel ultrasound-based system in essential hypertension. *Atherosclerosis*. (2012) 223:372–7. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2012.05.027
 24. Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR Jr, Montoye HJ, Sallis JF, et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc*. (1993) 25:71–80. doi: 10.1249/00005768-199301000-00011
 25. American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. (2002) 166: 111–7. doi: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102
 26. Löllgen H. Herzfrequenz und Blutdruck. In: Niebauer J, editor. *Sportkardiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (2015). p. 87–105. doi: 10.1007/978-3-662-43711-7_9
 27. Phelan S. Windows of opportunity for lifestyle interventions to prevent gestational diabetes mellitus. *Am J Perinatol*. (2016) 33:1291–9. doi: 10.1055/s-0036-1586504
 28. Sanabria-Martínez G, García-Hermoso A, Poyatos-León R, Álvarez-Bueno C, Sánchez-López M, Martínez-Vizcaino V. Effectiveness of physical activity interventions on preventing gestational diabetes mellitus and excessive maternal weight gain: a meta-analysis. *BJOG*. (2015) 122:1167–74. doi: 10.1111/1471-0528.13429
 29. Kihlstrand M, Stenman B, Nilsson S, Axelsson O. Water-gymnastics reduced the intensity of back/low back pain in pregnant women. *Acta Obstet Gynecol Scand*. (1999) 78:180–5. doi: 10.1034/j.1600-0412.1999.780302.x
 30. Kagan KO, Kuhn U. Sport und Schwangerschaft [Sports and pregnancy]. *Herz*. (2004) 29:426–34. doi: 10.1007/s00059-004-2590-4
 31. Guelfi KJ, Ong MJ, Crisp NA, Fournier PA, Wallman KE, Grove JR, et al. Regular exercise to prevent the recurrence of gestational diabetes mellitus: a randomized controlled trial. *Obstet Gynecol*. (2016) 128:819–27. doi: 10.1097/AOG.0000000000001632
 32. Dye TD, Knox KL, Artal R, Aubry RH, Wojtowycz MA. Physical activity, obesity, and diabetes in pregnancy. *Am J Epidemiol*. (1997) 146:961–5. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a009223
 33. Russo LM, Nobles C, Ertel KA, Chasan-Taber L, Whitcomb BW. Physical activity interventions in pregnancy and risk of gestational diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Obstet Gynecol*. (2015) 125:576–82. doi: 10.1097/AOG.0000000000000691
 34. Zavorsky GS, Longo LD. Exercise guidelines in pregnancy: new perspectives. *Sports Med*. (2011) 41:345–60. doi: 10.2165/11583930-000000000-00000
 35. Davenport MH, Ruchat S-M, Poitras VJ, Jaramillo Garcia A, Gray CE, Barrowman N, et al. Prenatal exercise for the prevention of gestational diabetes mellitus and hypertensive disorders of pregnancy: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. (2018) 52:1367–75. doi: 10.1136/bjsports-2018-099355
 36. Savvidou MD, Anderson JM, Kaihura C, Nicolaides KH. Maternal arterial stiffness in pregnancies complicated by gestational and type 2 diabetes mellitus. *Am J Obstet Gynecol*. (2010) 203:274.e1–7. doi: 10.1016/j.ajog.2010.06.021
 37. Eckel RH, Wassef M, Chait A, Sobel B, Barrett E, King G, et al. Prevention conference VI: diabetes and cardiovascular disease: writing Group II: pathogenesis of atherosclerosis in diabetes. *Circulation*. (2002) 105:e138–43. doi: 10.1161/01.CIR.0000013954.65303.C5
- Conflict of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.
- Copyright © 2020 Sitzberger, Oberhoffer-Fritz, Meyle, Wagner, Lienert, Graupner, Ensenauer, Lobmaier and Wacker-Gußmann. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.