

Aus der Klinik für Geburtsmedizin
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Einflussfaktoren auf das sonografisch ermittelte Schätzwicht
in Terminnähe bei Schwangeren mit hohem Anteil an Übergewicht
und Diabetes

Accuracy of estimates of fetal weight at term in pregnancies
with high rate of obesity and diabetes

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Luisa Dittkrist

Datum der Promotion: 29.11.2024

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	v
Zusammenfassung	1-2
Abstract.....	I-II
1 Einleitung.....	3
1.1 Gesellschaft im Wandel.....	3
1.2 Stand der Forschung.....	3
1.2.1 Diabetes mellitus.....	3
1.2.2 Gestationsdiabetes.....	3
1.2.3 Bedeutung des sonografisch ermittelten Schätzwertes.....	4
1.3 Fragestellung.....	4
2 Methodik.....	5
2.1 Beschreibung der Stichprobe.....	5
2.2 Erhebung der Untersuchungsparameter.....	5
2.2.1 Beschreibung der Stammdatenbank.....	8
2.2.1.1 Maternale Daten.....	8
2.2.1.2 Geburts- und Schwangerschaftsanamnese.....	8
2.2.1.3 Sonografische Daten.....	9
2.2.1.4 Geburtshilfliche Daten.....	10
2.3 Statistische Auswertung.....	10
3 Ergebnisse.....	12-23
4 Diskussion.....	24
4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	24
4.2 Interpretation der Ergebnisse mit Einbettung in den bisherigen Forschungsstand.....	24
4.2.1 Diabetes.....	24
4.2.2 Adipositas.....	25
4.2.3 Geburtsgewicht.....	25
4.3 Stärken und Schwächen.....	26

4.3.1 Sonografische Limitationen.....	26
4.4 Implikationen für die Praxis und/oder zukünftige Forschung.....	27
5 Schlussfolgerungen.....	28
Literaturverzeichnis.....	29-32
Eidesstattliche Versicherung.....	33
Anteilerklärung an der erfolgten Publikation.....	34
Druckexemplar der Publikation: Percent error of ultrasound examination to estimate fetal weight at term in different categories of birth weight with focus on maternal diabetes and obesity.....	35-42
Lebenslauf.....	43
Komplette Publikationsliste.....	44
Danksagung.....	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Maternale, fetale und neonatale Parameter mit genauem EFW ($\leq \pm 10\%$) vs. EFW $> \pm 10\%$ (modifiziert nach Table 1, Dittkrist et al., 2022, [19]).....	13
Tabelle 2: Patientinnen mit DM vs. ohne DM (eigene Tabelle: Dittkrist).....	14-15
Tabelle 3: Patientinnen mit BMI $< 30 \text{ kg/m}^2$ vs. BMI $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ (eigene Tabelle: Dittkrist)	16
Tabelle 4: Maternale, fetale und neonatale Parameter mit genauem EFW ($\leq \pm 10\%$) vs. EFW $> \pm 10\%$ bei Schwangeren mit DM (eigene Tabelle: Dittkrist).....	17-18
Tabelle 5: Maternale, fetale und neonatale Parameter mit genauem EFW ($\leq \pm 10\%$) vs. EFW $> \pm 10\%$ bei Schwangeren mit BMI $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ (eigene Tabelle: Dittkrist).....	18-19
Tabelle 6: Durchschnittlicher EFW entsprechend der unterschiedlichen Geburtsgewichtsklassen (modifiziert nach Table 2, Dittkrist et al., 2022, [19]).....	20-21
Tabelle 7: Risikofaktoren mit Einfluss auf genaues EFW $> \pm 10\%$ (modifiziert nach Table 3, Dittkrist et al., 2022, [19])	22-23

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Datenerhebungsbogen, eigene Abbildung: Dittkrist	6-7
Abbildung 2: Verteilung des EFW in Prozent, eigene Abbildung: Dittkrist	12
Abbildung 3: Schätzwichtsfehlerverteilung entsprechend der Geburtsgewichtsklassen, modifiziert nach Figure 1, Dittkrist et al., 2022, [19].....	20
Abbildung 4: Sonografische Schätzwichtsfehler entsprechend der Geburtsgewichtspersentile, modifiziert nach Figure 2, Dittkrist et al., 2022, [19].....	21
Abbildung 5: Sonografische Schätzwichtsfehler entsprechend des Geburtsgewichts, modifiziert nach Figure 3, Dittkrist et al., 2022, [19].....	22

Abkürzungsverzeichnis

DM	Diabetes mellitus
OBS	Übergewicht
EWG	exceeded weight gain/ übermäßige Gewichtszunahme
BMI	Body-Mass-Index
IOM	Institute of Medicine
SSW	Schwangerschaftswoche
IADPSG	International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups
bzw.	beziehungsweise
BPD	Biparietaler Durchmesser
KU	Kopfumfang
AU	Abdominaldurchmesser
FL	Femurlänge
EFW	Schätzwicht
LGA	Large for gestational age
SGA	Small for gestational age
ANOVA	analysis of variance
CI	Konfidenzintervall
cOR	nicht-adjustierte Odds Ratio
aOR	adjustierte Odds Ratio

Zusammenfassung

Hintergrund

Ein wesentliches Instrument für die Geburtsplanung ist das sonografisch ermittelte Schätzwicht. Ziel der Studie war es, mögliche Einflussfaktoren auf das Schätzwicht wie Diabetes (DM), Übergewicht (OBS), übermäßige Gewichtszunahme (EWG) sowie fetale und neonatale Parameter zu identifizieren und den Schätzwichtsfehler entsprechend unterschiedlicher Gewichtsklassen zu bestimmen.

Methoden

Die retrospektive Datenanalyse umfasste 11.049 Fälle mit vollständigen Ultraschalldaten erhoben ≤ 14 Tage vor der Geburt. Das Schätzwicht wurde mit der Hadlock IV Formel berechnet. Der Schätzwichtsfehler wurde vom Geburtsgewicht ermittelt und zwischen 2.500g und 4.500g in 250g Schritten unterteilt. Ein negatives Vorzeichen steht für eine Unter-, ein Positives für eine Überschätzung des Geburtsgewichtes. Dabei wurde in fünf Gruppen unterteilt: $\pm \leq 10\%$ sowie jeweils die Gewichtsunter- und -überschätzung von $> \pm 10\% - \pm 20\%$ und $> 20\%$. Mit Hilfe der multimodalen Regressionsanalyse wurden die unabhängigen Parameter mit positivem Einfluss auf die Schätzwichtsgenauigkeit identifiziert. Das genaue Schätzwicht mit Abweichung von maximal $\pm 10\%$ wurde als abhängige Variable definiert.

Ergebnisse

DM wurde in 12,5%, OBS in 12,6% der Fälle festgestellt. EWG nach den Empfehlungen des Institutes of Medicine (IOM) trat in 49,1% der Fälle auf. Der Schätzwichtsfehler wurde trotz DM (70,0% vs. 71,8%, $p=0,17$) oder OBS (69,6% vs. 71,9%, $p=0,08$) oder EWG (71,2% vs. 72,0%, $p=0,352$) nicht gemindert. Eine Ausnahme stellt hierbei der prä-existente DM dar (61,1% vs. 71,7%; $p=0,007$). In dieser Untergruppe wurde die höchste Rate makrosomer Neugeborener festgestellt (26,9%). Das Geburtsgewicht $> 4.000g$, Tage des letzten Ultraschalls bis Geburt $> 7-14d$, Large for gestational age (LGA) und Small for gestational age (SGA) wurden als signifikante unabhängige Risikofaktoren für verbesserte Schätzwichtsgenauigkeit identifiziert. Der durchschnittliche Schätzwichtsfehler lag bei $2,39\% \pm 9,13\%$. Der Schätzwichtsfehler variierte in den Gewichts-

kategorien und zeigte die niedrigsten Raten in der Gruppe von 3.000g–3.249g. Bei niedrigeren Geburtsgewichten zeigten sich die höchsten Raten an Überschätzungen mit $5\% \pm 11\%$ und bei hohen Geburtsgewichten Unterschätzungen bis $12\% \pm 8\%$.

Schlussfolgerung

DM, OBS und EWG sind entgegen klinischer Bedenken keine negativen Einflussfaktoren von einem genauen Schätzwicht. Das Geburtsgewicht stellt den einflussreichsten Parameter für genaue Werte des Schätzwichtes dar, wobei die größten Über- und Unterschätzungen an beiden Extremen lagen. Zudem stellt diese Studie Daten zur Verfügung, die die zu erwartenden Schätzwichtsfehler entsprechend der Gewichtsklassen vorher sagt. Das bietet die Möglichkeit die Geburtsplanung zu verbessern und damit sicherer zu machen.

Abstract

Background

Increasing rates of obesity and diabetes in women in reproductive age and pregnancies are challenges for obstetric medicine. High birth weight is causing emergencies like shoulder dystocia or birth arrest caused by cephalopelvine mismatch. Sonography-based estimated fetal weight is the essential tool for delivery planning. Good knowledge of parameters that influence estimated fetal weight accuracy are needed to avoid emergencies.

Methods

The retrospective multicenter study includes 11,049 singleton pregnancies and deliveries with gestational age ≥ 37 weeks and last ultrasound examination with complete fetal biometry within 14 days. Estimated fetal weight was calculated by Hadlock IV formula. Estimated fetal weight was categorized in accurate estimates within $\pm 10\%$, $>/\leq 10\%$ – 20% and 20% under- and overestimation. A negative sign indicates underestimation, a positive sign overestimation. Birth weight was categorized in 250g increments within 2500g and 4500g. Multimodal regression analysis was performed to identify independent risk factors for accurate estimated fetal weight $\pm 10\%$ of actual birth weight. P-values <0.05 were significant.

Results

12.5% of the woman had diabetes, 12.6% were obese. In 71.6% cases estimated fetal weight was accurate. The mean percent error of estimated fetal weight to birth weight was $2.39\% \pm 9.13\%$. Highest estimated fetal weight accuracy rates with 79.6% ($n = 8,795$) were reached in the subgroup with birth weight 3000g–3249g. Newborn with birth weight $> 4,000$ g were underestimated in 43.4%. Estimated fetal weight accuracy was lower with preexisting diabetes (61.1% vs. 71.7%, crude Odds ratio (cOR) 1.615, CI 95% 1.126–2.316, $p=0.009$) but not with gestational diabetes (71.1% vs. 71.7%, cOR 1.028 CI 0.903–1.179, $p=0.678$). Birth weight $>4,000$ g was significantly higher in pregnancies with diabetes (16.4% vs. 11.6%; $p<0.001$). Obesity did not influence estimated fetal weight accuracy significantly (69.6% vs. 71.9%, cOR 1.116 CI 0.987–1.262, $p=0.08$). Obese woman showed higher rate of gestational diabetes (28.2% vs. 9.0%; $p<0.001$) and preexisting

diabetes (3.8% vs. 0.8%; $p < 0.001$). Birth weight $>4,000\text{g}$ was significantly higher in pregnancies with obesity (18.6% vs. 11.3%; $p < 0.001$). Regression analysis revealed birth weight $>4,000\text{g}$, days of last ultrasound $>7-14$, large and small for gestational age as independent parameters of estimated fetal weight accuracy above 10% error.

Conclusion

The data with high rates of diabetes and obesity identified parameters with impact on estimated fetal weight accuracy. Diabetes or obesity per se did not decrease the estimated fetal weight accuracy rate. Birth weight $>4,000\text{g}$, days of last ultrasound $>7-14$, large and small for gestational age seemed to be the parameters with the most impact on estimated fetal weight. The study provides data for the expected sonography-based estimated fetal weight for different birth weight categories in order to find the safest way for woman and child for delivery.

1 Einleitung

1.1 Gesellschaft im Wandel

„Nichts ist so beständig wie der Wandel.“ (Heraklit)

Bereits vor circa 2500 Jahren fasste Heraklit schon das zusammen, was wir immer wieder schmerzlich vor Augen geführt bekommen. So stehen die aktuelle Welt und die gesellschaftliche Ordnung vor dem wohl größten Wandel seit Generationen. Wir als Mediziner:innen müssen die sich verändernden Lebensumstände mit den einhergehenden Krankheiten in der Betreuung unserer Patient:innen mitberücksichtigen. Dadurch hat sich auch die perinatale Betreuung schwangerer Frauen in Deutschland strukturell verändert und sollte sich auch weiterhin anpassen, um neue Ressourcen in den Dienst größtmöglicher Sicherheit für Mutter und Kind zu stellen. Dieser Wandel bringt zum Beispiel die Zunahme von Adipositas oder Diabetes (DM) von Schwangeren mit sich, die erheblichen Einfluss auf die Entwicklung des Kindes und schließlich auf die Geburt und den Geburtsmodus mit den dadurch auftretenden Komplikationen haben.

1.2 Stand der Forschung

1.2.1 Diabetes mellitus

DM ist in Deutschland eine weit verbreitete chronische Erkrankung. Im Jahr 2015 wurde bei in etwa 7 Millionen Personen ein diagnostizierter Typ 2 Diabetes sowie 32.000 Kinder und Jugendliche bzw. 340.000 Erwachsene mit einem Typ 1 Diabetes dokumentiert [1,2]. Mit steigender Prävalenz, die je nach Kollektiv sehr unterschiedlich angegeben wird, und einer Dunkelziffer von weiteren geschätzten 2 Millionen Betroffenen nehmen die klinische Relevanz mit im Jahr 2022 vermutlich 8,7 Millionen Erkrankten und die damit einhergehenden gesundheitsökonomischen Probleme zu [3,4,5,6].

1.2.2 Gestationsdiabetes

Gestationsdiabetes ist ein großer Risikofaktor für die Manifestation eines Typ 2 Diabetes. Jede sechste Frau entwickelte im Verlauf von durchschnittlich 3,5 Jahren nach einer Schwangerschaft, in der Gestationsdiabetes vorlag, einen manifesten DM [7]. Die Prävalenz ist steigend und liegt in Deutschland bei 6,8% [8]. Wenn der Gestationsdiabetes

undiagnostiziert oder unzureichend behandelt bleibt, hat das weitreichende Konsequenzen für die Entwicklung des Fetus mit unter Anderem Ausbildung einer fetalen Makrosomie [9]. Ein hohes Geburtsgewicht gilt als einer der Hauptrisikofaktoren für eine Schulterdystokie oder einen Geburtsstillstand aufgrund eines relativen oder absoluten cephalopelvinen Missverhältnisses [10,11].

1.2.3 Bedeutung des sonografisch ermittelten Schätzwichtes

Das sonografisch ermittelte Schätzwicht ist für die Geburtsplanung oft ausschlaggebend für die Empfehlung des Geburtsmodus oder entsprechende vorzeitige Geburtseinleitung bei Schätzungen in den Gewichtsextremen. Jedoch ist die Validität der Schätzwichte insbesondere bei makrosomen oder wachstumsretardierten Feten eingeschränkt [12]. Ungenauigkeiten an beiden Gewichtsextremen können in geburtshilfliche Maßnahmen resultieren, die für Mutter und Kind schwerwiegende Konsequenzen haben. Zum einen soll die Möglichkeit der spontanen Geburt den Eltern ermöglicht werden. Andererseits sollen geburtshilfliche Notfälle, wie Schulterdystokien vermieden werden.

1.3 Fragestellung

Die Frage, wie die Genauigkeit des sonografisch ermittelten Schätzwichtes verbessert werden kann, wurde bereits in unterschiedlichen Studien untersucht, die kontroverse Ergebnisse erbrachten. Potentielle maternale Risikofaktoren, wie Adipositas, DM oder Überschreitens des empfohlenen Gewichtes nach IOM-Empfehlungen wurden an kleinen, den Studien angepasst ausgewählten Kollektiven untersucht und ergaben widersprüchliche Resultate. Für die individuelle sicherste Geburtsplanung, insbesondere für Frauen mit vermeintlichen Risikofaktoren für ein ungenaues Schätzwicht, brauchten wir verlässliche Daten mit unselektierten, großen Datensätzen mit einem hohen Anteil an Frauen mit Adipositas und DM, die die aktuelle Bevölkerung repräsentieren.

Ziel der Studie war es daher zunächst Risikofaktoren mit negativem Einfluss auf die Genauigkeit des Schätzwichtes zu identifizieren und konkrete Daten, die die Schätzwichtsfehler in den unterschiedlichen Gewichtskategorien darstellen, zu bestimmen.

2 Methodik

2.1 Beschreibung der Stichprobe

Die Daten der Studie wurden retrospektiv an drei Perinatalzentren Berlins: der Charité Campus Virchowklinikum, dem Vivantes Neukölln und dem St. Joseph Krankenhaus in Tempelhof erhoben. Insgesamt 19.196 Geburten wurden im Zeitraum zwischen dem 1. Januar 2014 und dem 1. Januar 2017 in den jeweiligen Kliniken dokumentiert. Die ethnische als auch soziale Zusammensetzung des Patientinnenkollektivs sowie klinische Standards waren in den drei Zentren vergleichbar. Sie beinhalteten eine hohe Prozentzahl an Patientinnen mit Gestationsdiabetes und Adipositas. Diese Studie mit Erhebung der anonymisierten Daten wurde von der Ethikkommission genehmigt und im Konsens des Antrags Eth-33/16 vom 04.08.2016 durchgeführt. Aus dem vorliegenden Patientinnenkollektiv wurden 11.049 Frauen ausgewählt, die folgende Einschlusskriterien erfüllten:

- Volljährigkeit der Patientinnen
- Einlingsschwangerschaft
- mindestens eine Ultraschalluntersuchung vor der 20. SSW zur Festlegung des definitiven Gestationsalters
- ein Gestationsalter ≥ 37 SSW bei Geburt
- Vollständigkeit des Datenerhebungsbogens
- vollständige ultrasonografische fetale Biometrie nicht älter als 14 Tage vor Geburt.

2.2 Erhebung der Untersuchungsparameter

Die Untersuchungsparameter setzten sich aus prä- und postpartalen Parametern des Neugeborenen sowie Parameter der Mutter zusammen. Die Patientinnendaten wurden retrospektiv aus den Geburtenbüchern sowie aus den elektronischen Patientinnenakten und dem Ultraschallsystem ViewPoint der jeweiligen Kliniken entnommen. Diese Datenbank enthielten Angaben, die in den folgenden Kapiteln näher erläutert werden. Die Parameter eines erhobenen Datensatzes zeigt der folgende Datenerhebungsbogen.

**Datenerhebungsbogen
Schulterdystokie und Genauigkeit US-Schätzwert**

Geburtsklinik	1=SJK	2=NK	3=CVK
Geburtsjahr			
Patientenstamm#			
Geburten#			
Datum der Entbindung			
Alter			
Gravidität			
Parität			
Geb. Anamnese	0=Z.n.Spp 2=Z.n. Sectio 3=Z.n.VE	1=Z.n. SD	(Falls k.A. zur letzten Lebendgeburt im BQS vorhanden ist, wird das Feld leer gelassen)
Diabetes	0= kein GDM/DM Dokumentation)	1= GDM Diät	2=GDM Insulin 3=Typ 1 4= Typ 2 5=GDM (ohne weitere
Körpergröße	cm		
Gewicht vor SS	kg		
Gewicht vor Entb.	kg		
BMI	wird ausgerechnet		
SSW (W+Tage)			
Letzter US: Datum			
SSW (W+Tage)	Wochen		
Schätzwert	Gramm		Perz.
Abdominalumfang	cm		Perz.
Kopfumfang	cm		Perz.
Einleitung	0=nein		1=ja
Einleitungsgrund (falls vorhanden, 2 Indikationen angeben)	0=keine Einleitung 3=Termin- überschreitung 6=Insulin/präexistenter Diabetes/GDM 9=instabile Lage 12=Hypotrophie (SGA/IUGR) 16=sonstiges 19= abnehmende Kindsbewegungen	1=Blasensprung 4=suspektes CTG 7=Präeklampsie/ SIH/Proteinurie/ beginn. HELLP/ HELLP 10=subjektive Beschwerden (mat. Erschöpfung) 18=mütterliche Erkrankung	2= V.a. Makrosomie 5=schlechte BZ-Einstellung 15=protrahierter Verlauf 11=Oligohydramnion, Plazenta-insuffizienz

Entbindungsmodus	1=spontan 4= primäre Sectio	2= spontan aus BEL 5=sekundäre Sectio	3=vaginale operativ (VE, Kiwi, Forceps) 6=Notsectio
Indikation für operative Entbindung:	0=keine operative Entbindung 3=V.a. Makrosomie 6= Fetal Distress (13= abs./relat. Missverhältnis) (16=Einstellungs-anomalie) 18=IUGR/SGA/path. Doppler	1= Z.n.Sectio(oder anderen Uterusoperationen) 4=Plazenta prävia 7=AIS Vorerkrankungen 17= Sonstige 19 = frustrane EL	2=Geburststillstand 5=Lageanomalie 10 =Erschöpfung d. Mutter 15=Nabelschnur-vorfall 20= Präeklampsie/ Eklampsie / HELLP 21= vorz. Plazentalösung / Blutung
Geschlecht:	1=männlich	2=weiblich	
Anthropometrische Daten zum Kind	Geb.Gewicht: Geburtslänge:	Geb.gewicht Perzentile Kopfumfang:	
Nabelschnur-pH-Wert (arteriell)			
(Reanimation)	0=nicht notwendig	1=notwendig	
(Beatmung)	0=keine 1=Maske 2=Intubation)		
Verlegung ins Kinder KH:	0=nein	1=ja (alle Verlegungen werden erfasst unabhängig vom Zeitpunkt der Verlegung)	
APGAR:	nach 1 min:	nach 5 min:	nach 10 min:
Schulterdystokie	0=nein	1= ja	
Manoeuvr	1=McRoberts-Manöver 2=kombiniert mit Walcher-Hängelage 3=Gaskin-Manöver 4=Manöver nach Rubin 5=Manöver nach Woods 6=Lösung des hinteren Armes nach Jacquemier 7=Hinterer Achselzug nach Menticoglou		

Erklärung zu den Manövern

1=McRoberts-Manöver 2=kombiniert mit Walcher-Hängelage 3=Gaskin-Manöver (die Mutter geht in den Vierfüßlerstand) 4=Manöver nach Rubin: Der Geburtshelfer versucht, die vordere Schulter des Kindes in den schrägen Durchmesser unterhalb der Symphyse zu drücken 5=Manöver nach Woods: Der Geburtshelfer versucht, die hintere Schulter des Kindes in den queren Durchmesser zu bringen. 6=Lösung des hinteren Armes nach Jacquemier: Der Geburtshelfer versucht, den hinteren Oberarm des Kindes über den Thorax zu luxieren 7=Hinterer Achselzug nach Menticoglou: Anheben des kindlichen Kopfes, von hinten über die Sacralhöhle eingehen in die Achselhöhle und kräftiger Zug nach dorsal, dadurch kann der hintere Arm hervorluxiert werden und die Schulter kommt frei.

Abbildung 1: Datenerhebungsbogen, eigene Abbildung: Dittkrist

2.2.1 Beschreibung der Stammdatenbank

2.2.1.1 Maternale Daten

Die erhobenen maternalen Parameter umfassten: Alter, Größe, Gewicht vor der Schwangerschaft und Body-Mass-Index (BMI), Diabetesstatus, Gewichtszunahme während der Schwangerschaft. Eine übermäßige Gewichtszunahme (EWG) wurde als Überschreiten der Empfehlungen zur Gewichtszunahme des Institute of Medicine (IOM) in den unterschiedlichen BMI-Klassen definiert [13]. Der BMI wurde mittels der Statistik-Software SPSS entsprechend der folgenden Formel berechnet:

$$\frac{\text{Gewicht [kg]}}{\text{Größe}^2 [\text{m}^2]}.$$

Beim Erheben des Diabetesstatus wurde zwischen präexistentem DM Typ 1 und 2 sowie Gestationsdiabetes unterschieden. Eine Unterteilung der Art der Therapie wurde zwischen einer medikamentösen und diätetischen Einstellung des Blutzuckers vorgenommen. Gestationsdiabetes wurde mittels des oralen Glukosetoleranztests ermittelt, den die Schwangeren im Zeitraum zwischen 24 und 28 Schwangerschaftswochen (SSW) durchführten. Zur Beurteilung, ob ein Schwangerschaftsdiabetes vorlag, wurden die Kriterien der International Association of Diabetes and Pregnancy Study Groups (IADPSG) angewandt [14].

2.2.1.2 Geburts- und Schwangerschaftsanamnese

Die Erhebung der Daten zur Geburts- und Schwangerschaftsanamnese erfolgte aus den Akten der Kliniken.

Hierbei wurden folgende Angaben berücksichtigt:

- Gravidität
- Parität
- Geburtstermin mit Gestationsalter

Das Gestationsalter wurde, entsprechend der erweiterten Naegele-Regel, vom ersten Tag der letzten Menstruationsblutung berechnet. Nur bei einer Devianz der sonografischen und rechnerischen Scheitelsteißlänge bis zum ersten Trimester von über sieben Tagen wurde eine Korrektur zugunsten der sonografischen Messung vorgenommen.

2.2.1.3 Sonografische Daten

Bei jeder Schwangeren wurde bei der Erstvorstellung in der Klinik eine standardisierte Ultraschalluntersuchung mit den Geräten Voluson E8 oder E10 (General Electric Healthcare, Milwaukee, WI, USA), Xario SSA-66A (Toshiba) oder Acuson X300 (Siemens) mittels eines drei Megahertz-Schallkopfes durchgeführt. Größtenteils wurden die sonografischen Untersuchungen von Assistenzärzt:innen mit über drei Jahren klinischer Erfahrung durchgeführt, dabei wurden Ergebnisse an beiden Gewichtsextremen mit Perzentilen ≤ 10 . bzw. ≥ 90 . von Fach- bzw. Oberärzt:innen supervidiert. Dabei wurden folgende sonografische Daten entsprechend von Hansmann et al. erhoben:

- Biparietaler Durchmesser (BPD)
- Kopfumfang (KU)
- Abdominaldurchmesser (AU)
- Femurlänge (FL)
- Lage
- Schätzwert (EFW) [15].

Die kranialen Maße wurden auf horizontaler Schnittebene auf Höhe der Ebene, die die beiden Thalami und das Cavum septum pellucidum zeigen, gemessen. Der biparietale Durchmesser wurde als Maß zwischen den beiden äußeren proximalen und distalen Begrenzungen des Kраниums gemessen. Zur Bestimmung des Kopfumfanges wurde die angepasste ellipsoide Funktion angewandt, die die äußeren Begrenzungen des Kраниums einschließen. Der abdominale Umfang wurde als angepasste Ellipse auf der Höhe des Eintritts der Umbilikalvene in den Sinus venae portae sowie mit Darstellung des Magens gemessen. Das Femur wurde in longitudinaler Richtung abgebildet mit Einschluss der Epiphysen. Die Femurlänge wurde als Maß zwischen den jeweiligen Enden der Diaphysen gemessen. Die Perzentile wurden entsprechend den Daten von Snijder et al. berechnet [16]. Die Messwerte des AU wurden dem Gestationsalter entsprechend in Perzentile nach Hadlock et al. umgerechnet. Das Schätzwert sowie die entsprechenden Perzentile wurde einheitlich über die Hadlock IV Formel bestimmt, diese beinhaltet alle vorab bestimmten sonografischen Größen [17]. Geburtsgewichte $> 4000\text{g}$ wurden als fetale Makrosomie definiert. Die Differenz von Abdomen- zu Kopfumfang sowie der Quotient aus Kopf- und Abdomenumfang wurden berechnet, beides Parameter, um ein asymmetrisches Wachstum des Ungeborenen aufzuzeigen. Der Schätzwertfehler wurde über folgende Formel berechnet:

$$\frac{(EFW-BW)}{[BW \times 100]}$$

Ein negatives Vorzeichen kennzeichnete eine Unterschätzung, ein Positives eine Überschätzung des eigentlichen Geburtsgewichtes. Die Genauigkeit des Schätzwichtsfehlers im Bereich der Über- und Überschätzung wurde jeweils in folgende Bereiche eingeteilt: $>20\%$, $>/\leq 10\%$ – 20% und $\leq \pm 10\%$. Das Schätzwicht mit Schätzwichtsfehler $\leq \pm 10\%$ wurde als genau definiert.

2.2.1.4 Geburtshilfliche Daten

Die Daten zum Geburtsverlauf wurden der Perinatalerhebung entnommen, die geburtszeitnah eingegeben werden. Sie umfassten Geburtseinleitung mit Grund und Modus, Geburtsmodus und Geburtsverlauf und Indikationen für ein operatives Vorgehen bei Entbindung. Die neonatalen Daten umfassten das kindliche Geschlecht, Länge, Kopfumfang und Geburtsgewicht. Die Perzentile des Geburtsgewichtes wurden entsprechend der Daten von Voigt et al. bestimmt, die 2014 aktualisiert wurden [18].

„Large for gestational age“ (LGA) ist als Überschreiten der 90. Perzentile definiert, „Small for gestational age“ (SGA) als Unterschreiten der 10. Perzentile.

2.3 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden mit dem Betriebssystem IBM SPSS Version 25 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) organisiert sowie analysiert. Unvollständige Datensätze wurden ausgeschlossen. Es wurden deskriptive Werte, wie Mittelwerte mit Standardabweichung von metrischen Parametern bestimmt. Durch den Student's t-test wurden die Mittelwerte der kontinuierlichen Parameter mit einem genauen und ungenauen Schätzwicht gegenübergestellt. Der Chi-Square-Test wurde genutzt, um signifikante Verhältnisse kategorialer Parameter zu zeigen. Die Geburtsgewichte der einzelnen Fälle wurden in 250g Schritten im Bereich 2500g bis 4500g unterteilt. Fälle, die die beiden Extreme unter- bzw. überschritten, wurden als jeweils einzelne Gruppe zusammengefasst. Die One-way ANOVA wurde genutzt, um die Mittelwerte der Schätzwichtsfehler in diesen Untergruppen zu vergleichen. Die logistische Regressionsanalyse wurde genutzt, um unabhängige Parameter für die Verbesserung der Genauigkeit des Schätzwichts zu identifizieren. Die abhängige Variable war das Schätzwicht mit einem Schätzwichtsfehler von \leq

±10%. Schrittweise vorwärts wurden die folgenden kategorialen Variablen in die Analyse eingeschlossen: Adipositas ($\text{BMI} \geq 30 \text{ kg/m}^2$), Vorhandensein von Gestationsdiabetes, vorbestehender DM I/II, übermäßige Gewichtszunahme, LGA, Geburtsgewicht $>4000\text{g}$, SGA sowie Tage der Geburt bis zur letzten sonografischen Untersuchung $>7-14$. Das Konfidenzintervall (CI) entsprach 95%. P-Werte $<0,05$ galten als signifikant.

3. Ergebnisse

Insgesamt erfüllten 11.049 Fälle die Einschlusskriterien und wurden für die Analyse herangezogen. Ein genaues Schätzwicht wurde in 71,6% (n = 7.912) erzielt. 2,2% (n = 248) der Fälle wurden mit >20%, 17,7% (n = 1.959) zwischen 10% und 20% unterschätzt. Hingegen wurden 1,1% (n = 117) mit >20% und 7,4% (n = 818) zwischen 10% und 20% überschätzt.

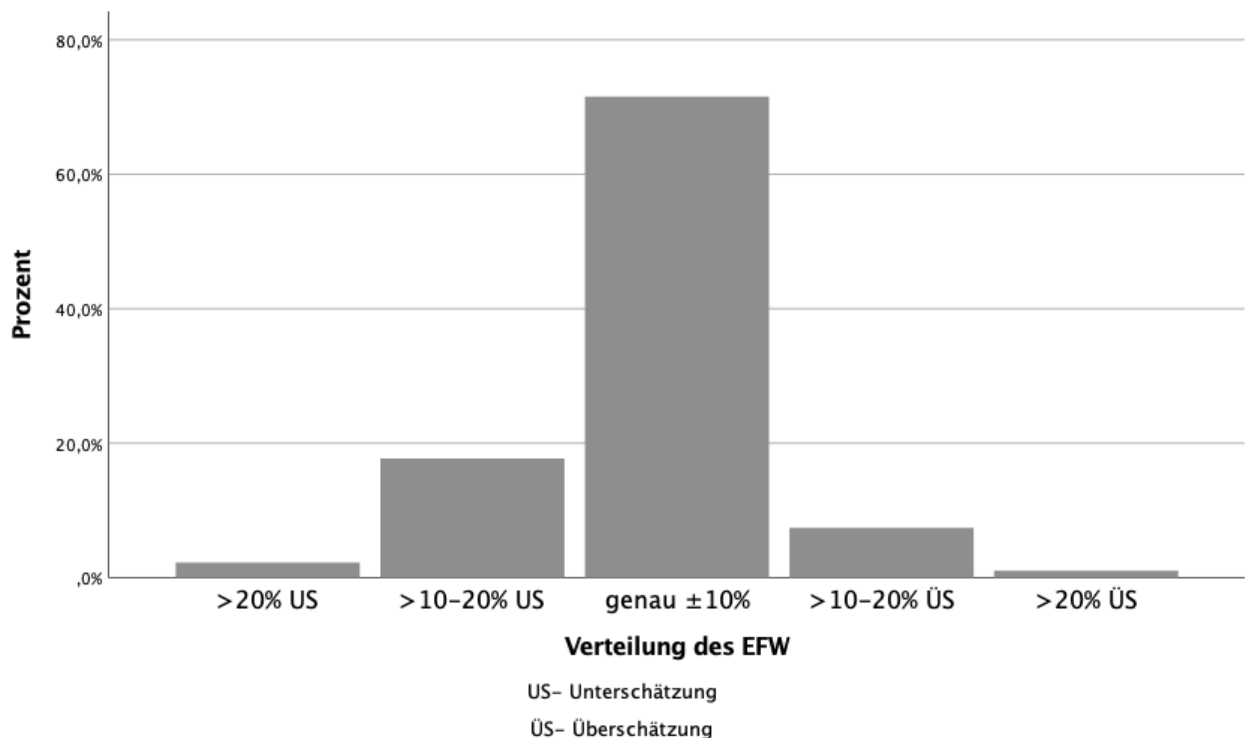


Abbildung 2: Verteilung des EFW in Prozent, eigene Abbildung: Dittkrist

Abbildung 2 visualisiert die genaue Verteilung. Die mittlere Zeit zwischen Geburt und letzter vollständiger sonografischer Untersuchung war $4,1 \pm 3,9$ Tage. Dabei wurden 79,1% (n = 8.737) innerhalb einer Woche zur Geburt erhoben. Tabelle 1 fasst die erhobenen Variablen zusammen. Dabei wurden Fälle mit genauem ($\leq \pm 10\%$) und ungenauem ($> \pm 10\%$) Schätzwicht gegenübergestellt. Sonografische Schätzwichte, die zwischen dem 7. und 14. Tag zur Geburt erhoben wurden, zeigten ein höheres Abweichen zum Geburtsgewicht, als diese, die innerhalb einer Woche zur Geburt bestimmt wurden, 27,7% vs. 18,2%, $p < 0,001$.

Tabelle 1: Maternale, fetale und neonatale Parameter mit genauem EFW ($\leq \pm 10\%$) vs. EFW ($> \pm 10\%$) (modifiziert nach Table 1, Dittkrist et al., 2022, [19])

	EFW $\leq \pm 10\%$ N=7.912	EFW $> \pm 10\%$ N=3.137	p-Wert
Maternale Parameter			
Alter (Jahre)	30,8 \pm 5,5	30,9 \pm 5,6	0,226 ^b
Parität	1,76 \pm 1,1	1,82 \pm 1,1	0,737 ^b
DM	12,3% (973)	13,2% (413)	0,208 ^a
Gestationsdiabetes(diät./med.)	11,3% (896)	11,6% (1.260)	0,678 ^a
Vorbestehender DM	1,0% (77)	1,6% (49)	0,009 ^a
Ø BMI präkonzeptionell (kg/m²)	24,3 \pm 5,0	24,5 \pm 5,1	0,136 ^b
Präkonzeptioneller BMI ≥ 30 kg/m²	12,4% (966)	13,7% (421)	0,188 ^a
Gewichtszunahme (kg)	14,3 \pm 6,0	14,2 \pm 6,2	0,55 ^b
EWG (IOM)	49,1% (3.520)	49,7% (1.425)	0,602 ^a
Tage bis zum letzten Ultraschall	3,7 \pm 3,7	4,7 \pm 4,3	<0,001 ^b
Tage bis zum letzten Ultraschall >7-14	18,2% (1.439)	27,7% (870)	<0,001 ^a
Fetale Parameter			
SGA	11,11% (879)	13,42% (421)	0,001 ^a
LGA	7,18% (568)	17,25% (541)	<0,001 ^a
Geburtsgewicht ≥ 4.000g	9,4% (743)	19,3% (607)	<0,001 ^a
AU-Perzentile	46,1 \pm 24,3	41,7 \pm 25,1	0,025 ^b
AU-KU (cm)	0,69 \pm 1,83	0,40 \pm 2,0	<0,001 ^b
KU/AU-Ratio	0,98 \pm 0,05	0,99 \pm 0,06	<0,001 ^b
Neonatale Parameter			
Geburtsgewicht (g)	3.416,5 \pm 451,6	3.522,2 \pm 554,9	<0,001 ^b
Geburtsgewichtspersentile	46,57 \pm 27,69	53,62 \pm 32,01	<0,001 ^b
Schulterdystokie (Vaginale Geburt; N= 8.161)	0,7% (44)	1,3% (28)	0,026 ^a
Sectionesrate	24,9% (1.974)	29,1% (914)	<0,001 ^a
^a Chi-square Test, ^b Student T-Test			

12,5% (n = 1.386) der Patientinnen wiesen einen DM auf, 12,6% (n = 1.387) waren präkonzeptionell adipös (BMI ≥ 30 kg/m²) und 44,8% (n = 4.945) hatten entsprechend der IOM- Empfehlungen eine zu hohe Gewichtszunahme. Die Genauigkeit des Schätzwertes nahm bei Vorliegen eines präexistenten DM ab (61,1% vs. 71,7%, nicht-adjustierte Odds ratio (cOR) 1,615, CI 95% 1,126-2,316, p = 0,009), kein Unterschied ergab

sich hingegen mit oder ohne Gestationsdiabetes (71,1% vs. 71,7%, cOR 1,028 CI 0,903-1,179, $p = 0,678$). Schwangere mit DM wiesen eine um fast vierfach erhöhte Adipositasrate auf (32,1 % vs. 9,8%; $p < 0,001$). Schwangere mit DM nahmen durchschnittlich 2,58 kg weniger an Gewicht zu als die Patientinnen der Kontrollgruppe ohne DM ($11,98 \pm 6,5$ vs. $14,6 \pm 5,86$; $p < 0,001$). Es überstiegen signifikant weniger Schwangere mit DM die empfohlene Gewichtszunahme nach IOM-Kriterien (39,7 % vs. 45,5%; $p < 0,001$). Der Anteil der letzten Ultraschalluntersuchung über 7 Tage lag bei Schwangeren mit DM signifikant höher als bei denen ohne DM (32,5% vs. 19,2%; $p < 0,001$). Hingegen konnte kein Unterschied zwischen dem durchschnittlichen Gestationsalter mit bzw. ohne DM festgestellt werden ($276,66 \pm 8,25$ vs. $279,47 \pm 8,49$; $p = 0,477$). Der Anteil der makrosomen Neugeborenen war bei Müttern mit DM signifikant erhöht (16,4% vs. 11,6%; $p < 0,001$). Zudem stieg signifikant die Schulterdystokie rate (1,7% vs. 0,8%; $p = 0,004$) sowie die Sectionesrate (33,1% vs. 25,1%; $p < 0,001$). Tabelle 2 zeigt die Charakteristika im Vergleich zwischen Patientinnen mit DM vs. ohne DM.

Tabelle 2: Patientinnen mit DM vs. ohne DM (eigene Tabelle: Dittkrist)

	Kein DM N= 9.505	DM N=1.371	p-Wert
Maternale Parameter			
Alter (Jahre)	30,6 ± 5,52	32,3 ± 5,48	0,721 ^b
Parität	1,74 ± 1,06	2,01 ± 1,27	<0,001 ^b
Gestationsdiabetes(diät./med.)	0% (0)	90,9% (1.260)	<0,001 ^a
Vorbestehender DM	0% (0))	9,1% (126)	<0,001 ^a
Ø BMI präkonzeptionell (kg/m²)	23,86 ± 4,58	27,82 ± 6,34	<0,001 ^b
Präkonzeptioneller BMI ≥30 kg/m²	9,8% (944)	32,1% (445)	<0,001 ^a
Gewichtszunahme (kg)	14,56 ± 5,86	11,98 ± 6,5	<0,001 ^b
EWG (IOM)	45,5% (4.395)	39,7% (550)	<0,001 ^a
Tage bis zum letzten Ultraschall	3,87 ± 3,87	5,4 ± 4,1	<0,001 ^b
Tage bis zum letzten Ultraschall >7-14	19,2% (1.859)	32,5% (450)	<0,001 ^a
Gestationsalter bei Geburt (d)	279,47 ± 8,49	276,66 ± 8,25	0,477 ^b
Genaues Schätzwert (≤ ±10%)	71,8% (6.939)	70,2% (973)	0,214 ^a
Fetale Parameter			
SGA	12,6% (1.216)	8,8% (122)	<0,001 ^a
LGA	9,2% (889)	17,0% (236)	<0,001 ^a
Geburtsgewicht ≥ 4000g	11,6% (1.123)	16,4% (227)	<0,001 ^a

	Kein DM N= 9.505	DM N=1.371	p-Wert
Maternale Parameter			
AU-Perzentile	43,66 ± 24,25	53,2 ± 25,45	0,004 ^b
AU-KU (cm)	0,56 ± 1,88	0,88 ± 1,91	0,882 ^b
KU/AU-Ratio	0,98 ± 0,05	0,97 ± 0,05	0,016 ^b
Neonatale Parameter			
Geburtsgewicht (g)	3.435,5 ± 481,43	3.522,8 ± 506,7	0,005 ^b
Geburtsgewichtsporzente	47,56 ± 28,88	55,65 ± 30,06	0,002 ^b
Schulterdystokie (Vaginale Geburt)	0,8% (56) N= 7.209	1,7% (16) N= 926	0,004 ^a
Sectionesrate	25,1% (2.429)	33,1% (459)	<0,001 ^a
^a Chi-square Test, ^b Student T-Test			

Bei Adipositas konnte eine leicht höhere Fehlerrate des sonografischen Schätzwertes festgestellt werden, jedoch ohne signifikanten Unterschied (69,6% vs. 71,9%, cOR 1,116 CI 0,987- 1,262, p = 0,08). Die Mittelwerte der Schätzwertsfehler von normalgewichtigen zu adipösen Schwangeren zeigten ebenfalls keinen signifikanten Unterschied. (-2,23 ± 9,1 vs. -2,40 ± 9,38, p = 0,18).

Schwangere mit einem präkonzeptionellen BMI ≥ 30 kg/m² wiesen einen signifikant höheren Anteil an Gestationsdiabetes (28,2% vs. 9,0%; p<0,001) sowie vorbestehendem DM auf (3,8% vs. 0,8%; p<0,001). Adipöse Schwangere nahmen durchschnittlich 3,6 kg Gewicht weniger während der Schwangerschaft zu (11,09 ± 7,29 vs. 14,69 ± 5,66; p.<0,001), überschritten jedoch die Empfehlungen der Gewichtszunahme nach IOM um ein Vielfaches (54,8% vs. 44,1%; p<0,001). Der Anteil an makrosomen Kindern bei adipösen Schwangeren war signifikant erhöht (18,6% vs. 11,3%; p <0,001) sowie die LGA-Rate (17,4% vs. 9,1%; p<0,001). Schulterdystokien komplizierten die Geburten bei adipösen Schwangeren nicht signifikant häufiger (1,2% vs. 0,8%; p=0,262). Die Sectionesrate nahm signifikant um 8,7% (33,8% vs. 25,1%; p<0,001) zu. Tabelle 3 stellt die Daten der Patientinnen von adipösen Schwangeren und Schwangeren mit BMI < 30 kg/m² gegenüber.

Tabelle 3: Patientinnen mit BMI < 30 kg/m² vs. BMI ≥ 30 kg/m² (eigene Tabelle: Dittkrist)

	BMI < 30 kg/m² N= 9.487	BMI ≥ 30 kg/m² N= 1.389	p-Wert
Maternale Parameter			
Alter (Jahre)	30,82 ± 5,5	30,94 ± 5,76	0,005 ^b
Parität	1,7 ± 1,001	2,22 ± 1,45	<0,001 ^b
Gestationsdiabetes(diät./med.)	9,0% (853)	28,2% (392)	<0,001 ^a
Vorbestehender DM	0,8% (73)	3,8% (53)	<0,001 ^a
Ø BMI präkonzeptionell (kg/m²)	22,89 ± 3,02	34,44 ± 4,19	<0,001 ^b
Gewichtszunahme (kg)	14,69 ± 5,66	11,09 ± 7,29	<0,001 ^b
EWG (IOM)	44,1% (4.184)	54,8 % (761)	<0,001 ^a
Tage bis zum letzten Ultraschall	3,96 ± 3,9	4,79 ± 4,07	<0,001 ^b
Tage bis zum letzten Ultraschall >7-14	20,1% (1.903)	27,2% (378)	<0,001 ^a
Gestationsalter bei Geburt (d)	279,34 ± 8,46	277,82 ± 8,7	0,029 ^b
Genaueres Schätzwert (<math>\leq \pm 10\%</math>)	71,9% (6.820)	69,6% (967)	0,08 ^a
Fetale Parameter			
SGA	12,4% (1.180)	9,4% (130)	0,001 ^a
LGA	9,1% (866)	17,4% (242)	<0,001 ^a
Geburtsgewicht ≥ 4.000g	11,3% (1.075)	18,6% (259)	<0,001 ^a
AU-Perzentile	43,65 ± 24,32	53,2 ± 24,98	0,105 ^b
AU-KU (cm)	0,55 ± 1,87	0,96 ± 1,88	0,980 ^b
KU/AU-Ratio	0,98 ± 0,05	0,97 ± 0,05	0,289 ^b
Neonatale Parameter			
Geburtsgewicht (g)	3.435,2 ± 480,18	3.533,4 ± 509,2	<0,001 ^b
Geburtsgewichtspersentile	49,81 ± 28,76	56,7 ± 29,43	0,105 ^b
Schulterdystokie (Vaginale Geburt)	0,8% (59) N= 7.025	1,2% (11) N= 906	0,262 ^a
Sectionesrate	25,1% (2.380)	33,8% (469)	<0,001 ^a
^a Chi-square Test, ^b Student T-Test			

Der durchschnittliche präkonzeptionelle BMI des Patientinnenkollektivs mit DM war signifikant höher als bei denen ohne DM (27,82 ± 6,3 vs. 23,86 ± 4,5, p < 0,001). 32,1% der Frauen mit DM waren adipös. Adipöse Frauen überschritten die von der IOM empfohlenen Gewichtszunahmen während der Schwangerschaft häufiger, als nicht-adipöse Frauen (54,7% vs. 43,3%, p < 0,001). Insgesamt hatte das Überschreiten der Gewichtszunahme nach den empfohlenen IOM-Kriterien aber keinen signifikanten Einfluss auf die

Genauigkeit des Schätzwichtes (71,2% vs. 72%, cOR 1,040 CI 0,957-1,133, $p = 0,328$).

Bei DM bestanden bei dem Vergleich der genau vs. ungenau geschätzten sonografischen Schätzwichte, wie in Tabelle 4 zusammengefasst, keine signifikanten Unterschiede bei dem durchschnittlichen präkonzeptionellen BMI (27,75 kg/m² vs. 27,99 kg/m²; $p = 0,603$) oder der Adipositasrate (31,2% vs. 34,1% $p = 0,280$). Die Tage des letzten Ultraschalls von Schwangeren mit genauem vs. ungenauem Schätzwicht in dieser Untergruppe variierten signifikant ($4,97 \pm 3,98$ vs. $6,4 \pm 4,3$; $p = 0,003$). Das durchschnittliche Gestationsalter in Tagen bei Geburt differierte hingegen nicht ($276,88 \pm 8,17$ vs. $276,15 \pm 8,4$; $p = 0,122$). Es zeigte sich eine verdoppelte Makrosomierate (12,4% vs. 25,7%; $p < 0,001$) und eine fast verdreifachte LGA-Rate, wenn das Schätzwicht ungenau ermittelt wurde (11,6% vs. 29,8%; $p < 0,001$). Bei ungenauem Schätzwicht und DM stieg signifikant die Schulterdystokierate (3,2% vs. 1,2%; $p = 0,039$) und die Sectionesrate (39,0% vs. 30,6%; $p = 0,003$) an.

Tabelle 4: Maternale, fetale und neonatale Parameter mit genauem EFW ($\leq \pm 10\%$) vs. EFW ($> \pm 10\%$) bei Schwangeren mit DM (eigene Tabelle: Dittkrist)

	EFW $\leq \pm 10\%$ N= 973	EFW $> \pm 10\%$ N=413	p-Wert
Maternale Parameter			
Alter (Jahre)	32,32 \pm 5,51	32,4 \pm 5,45	0,510 ^b
Parität	1,99 \pm 1,24	2,05 \pm 1,34	0,430 ^b
Gestationsdiabetes (diät./med.)	92,1% (896)	88,1% (364)	0,019 ^a
Vorbestehender DM	7,9% (77)	11,9% (49)	0,019 ^a
Ø BMI präkonzeptionell (kg/m²)	27,75 \pm 6,33	27,99 \pm 6,4	0,603 ^b
Präkonzeptioneller BMI ≥ 30 kg/m²	31,2% (304)	34,1% (141)	0,280 ^a
Gewichtszunahme (kg)	11,97 \pm 6,49	12,02 \pm 6,6	0,72 ^b
EWG (IOM)	39,6% (385)	40,0% (165)	0,894 ^a
Tage bis zum letzten Ultraschall	4,97 \pm 3,98	6,4 \pm 4,3	0,003 ^b
Tage bis zum letzten Ultraschall $>7-14$	28,1% (273)	42,9% (177)	$<0,001$ ^a
Gestationsalter bei Geburt (d)	276,88 \pm 8,17	276,15 \pm 8,40	0,122 ^b
Fetale Parameter			
SGA	8,1% (79)	10,4% (43)	0,168 ^a
LGA	11,6% (113)	29,8% (123)	$<0,001$ ^a
Geburtsgewicht ≥ 4.000g	12,4% (121)	25,7% (106)	$<0,001$ ^a

	EFW $\leq \pm 10\%$ N= 973	EFW $> \pm 10\%$ N=413	p-Wert
Maternale Parameter			
AU-Perzentile	54,17 \pm 25,1	50,92 \pm 26,26	0,115 ^b
AU-KU (cm)	0,96 \pm 1,84	0,7 \pm 2,07	0,014 ^b
KU/AU-Ratio	0,97 \pm 0,05	0,98 \pm 0,06	0,005 ^b
Neonatale Parameter			
Geburtsgewicht (g)	3.480,06 \pm 465,61	3.623,54 \pm 580,6	<0,001 ^b
Geburtsgewichtspersentile	53,07 \pm 28,44	61,72 \pm 32,82	<0,001 ^b
Schulterdystokie (Vaginale Geburt)	1,2% (8) N= 674	3,2% (8) N= 252	0,039 ^a
Sectionesrate	30,6% (298)	39,0% (161)	0,003 ^a
^a Chi-square Test, ^b Student T-Test			

Bei Vorliegen von Adipositas ergab sich in Hinblick auf die Genauigkeit des Schätzwertes keine signifikanten Unterschiede, wenn zusätzlich DM die Schwangerschaft komplizierte (31,6% vs. 33,3%; $p = 0,468$).

Bei ungenauen Schätzwerten fiel ein signifikant größerer zeitlicher Abstand des zuletzt erhobenen sonografischen Schätzwertes zur Geburt auf ($5,33 \pm 4,33$ vs. $4,55 \pm 3,93$; $p = 0,001$). Das Gestationsalter bei Geburt unterschied sich dabei nicht signifikant ($278,02 \pm 8,67$ vs. $277,37 \pm 8,79$; $p = 0,353$) voneinander. Mit ungenauem Schätzwert stieg die LGA-Rate um mehr als das Doppelte (27,7% vs. 12,9%; $p < 0,001$) und die Makrosomierate auf 24,6% vs. 16%; $p < 0,001$. Signifikante Unterschiede für das Auftreten einer Schulterdystokie (0,9% vs. 1,9%; $p = 0,264$) oder einer Sectio (33,5% vs. 34,4%; $p = 0,096$), wenn ungenaue Schätzwerte in der Untergruppe der adipösen Schwangeren auftraten, ergaben sich nicht. Tabelle 5 ergänzt die fehlenden Parameter als Gegenüberstellung der genauen vs. ungenauen Schätzwerten bei adipösen Schwangeren.

Tabelle 5: Maternale, fetale und neonatale Parameter mit genauem EFW ($\leq \pm 10\%$) vs. EFW ($> \pm 10\%$) bei Schwangeren mit BMI ≥ 30 kg/m² (eigene Tabelle: Dittkrist)

	EFW $\leq \pm 10\%$ N= 966	EFW $> \pm 10\%$ N= 421	p-Wert
Maternale Parameter			
Alter (Jahre)	30,8 \pm 5,78	31,24 \pm 5,71	0,631 ^b
Parität	2,2 \pm 1,48	2,27 \pm 1,38	0,872 ^b

	EFW $\leq \pm 10\%$ N= 966	EFW $> \pm 10\%$ N= 421	p-Wert
Maternale Parameter			
DM	31,6% (304)	33,3% (141)	0,468 ^a
Gestationsdiabetes(diät./med.)	28,1% (272)	28,4% (120)	0,907 ^a
Vorbestehender DM	3,3% (32)	4,9% (21)	0,136 ^a
Ø BMI präkonzeptionell (kg/m²)	34,48 ± 4,24	34,35 ± 4,1	0,655 ^b
Gewichtszunahme (kg)	11,2 ± 7,34	10,86 ± 7,2	0,205 ^b
EWG (IOM)	54,1% (523)	56,4% (238)	0,426 ^a
Tage bis zum letzten Ultraschall	4,55 ± 3,93	5,33 ± 4,33	0,001 ^b
Tage bis zum letzten Ultraschall >7-14	24,3% (235)	33,9% (143)	<0,001 ^a
Gestationsalter bei Geburt (d)	278,02 ± 8,67	277,37 ± 8,79	0,353 ^b
Fetale Parameter			
SGA	8,3% (80)	11,8% (50)	0,035 ^a
LGA	12,9% (125)	27,7% (117)	<0,001 ^a
Geburtsgewicht $\geq 4.000g$	16% (155)	24,6% (104)	<0,001 ^a
AU-Perzentile	54,41 ± 25,1	50,39 ± 24,56	0,550 ^b
AU-KU (cm)	1,03 ± 1,84	0,81 ± 1,99	0,392 ^b
KU/AU-Ratio	0,97 ± 0,05	0,97 ± 0,59	0,138 ^b
Neonatale Parameter			
Geburtsgewicht (g)	3.509,46 ± 473,55	3.588,1 ± 579,6	<0,001 ^b
Geburtsgewichtsporzente	53,49 ± 28,86	59,01 ± 32,96	<0,001 ^b
Schulterdystokie (Vaginale Geburt)	0,9% (6) N= 641	1,8% (5) N= 276	0,264 ^a
Sectionesrate	33,5% (324)	34,4% (145)	0,096 ^a
^a Chi-square Test, ^b Student T-Test			

12,6% (n = 1.394) der geborenen Kinder waren makrosom. In dieser Untergruppe zeigte sich ein maternaler DM von 16,5% (n = 230) und eine Adipositasrate von 19,1% (n = 266). Makrosome Kinder entstanden in 12,04% bei Schwangeren ohne DM in 15,44% mit Gestationsdiabetes und in 26,98% mit präexistentiellem DM (p < 0,001). Mit unterschiedlichen Geburtsgewichten zeigten sich große Unterschiede in den Verteilungen an Unter- bzw. Überschätzungen der Geburtsgewichte. Die höchste Rate mit 79,6% (n= 8.795) der genau geschätzten Geburtsgewichte ergab sich in der Untergruppe der 3.000g bis 3.249g schweren Kinder. Diese sank sukzessiv mit steigenden Geburtsgewichten auf 55,45% (n=773), 44,99% (n = 211) und 36,36% (n = 76) bei Geburtsgewichten von

≥4.000g, ≥4.250g bzw. ≥4.500g. Abbildung 3 visualisiert die Unterschiede in den Geburtsgewichtsuntergruppen. Bei makrosomen Kindern zeigte sich eine Rate an Unterschätzungen von insgesamt 43,4%, darunter 36,0%, die 10%-20% und 7,4%, die >20% unterschätzt wurden. Im Bereich der Kinder mit einem Geburtsgewicht < 2.500g wurden 17,4% der Kinder um 10%-20% bzw. 8,3% >20% gewichtsüberschätzt.

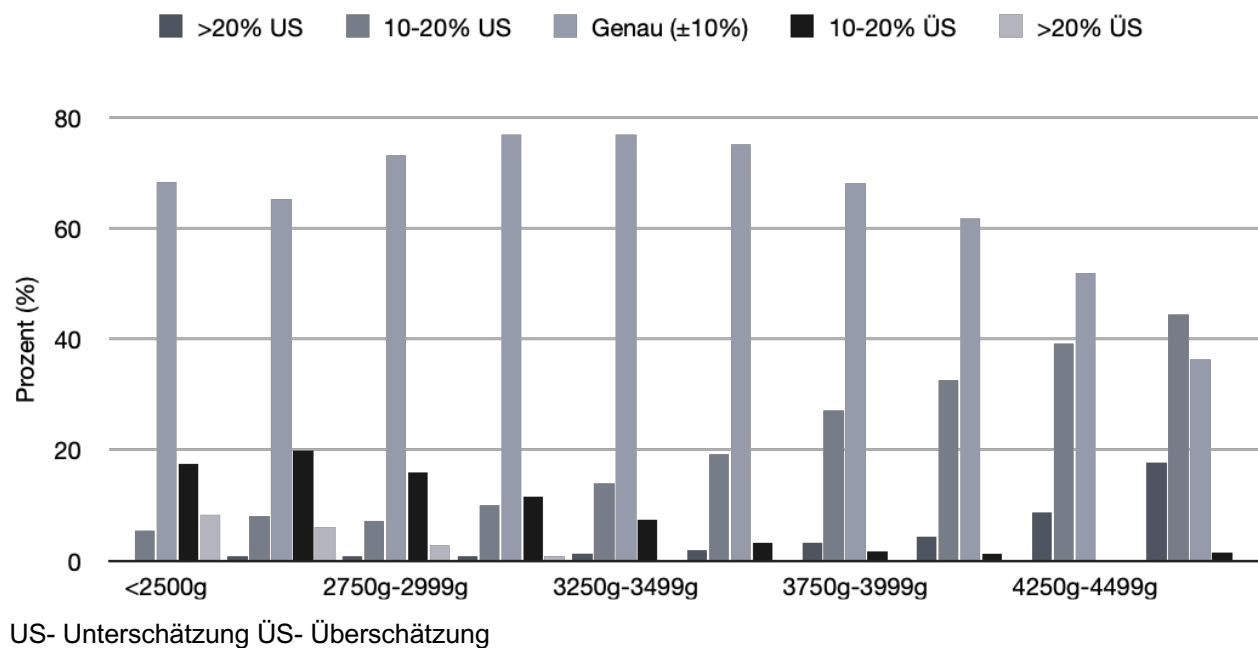


Abbildung 3: Schätzgewichtsfehlerverteilung entsprechend der Geburtsgewichtsklassen, modifiziert nach Figure 1, Dittkrist et al., 2022, [19]

Der mittlere Schätzgewichtsfehler aller Gewichtsklassen betrug $-2,39\% \pm 9,13\%$, (CI $-2,56; -2,22$; min., $-36,03\%$; max., $61,28\%$). Die Tabelle 6 ergänzt die mittleren Schätzfehler aller Geburtsgewichtsuntergruppen. Die kleinste Fehlerrate ($0,28\% \pm 8,45\%$) zeigte sich in der Untergruppe der 3.000g-3.249g schweren Kinder. ANOVA bestätigte die signifikanten Unterschiede in den Untergruppen.

Tabelle 6: Durchschnittlicher EFW entsprechend der unterschiedlichen Geburtsgewichtsklassen (modifiziert nach Table 2, Dittkrist et al., 2022, [19])

Sonografischer Schätzgewichtsfehler			
Gewicht	N	$\bar{x} \pm SD$	CI
<2.500g	278	$5,11 \pm 10,95$	3,81 – 6,40
2.500g-2.749g	519	$3,89 \pm 10,27$	3,01 – 4,78
2.750g-2.999g	1.054	$2,40 \pm 9,10$	1,85 – 2,95

Sonografischer Schätzwichtsfehler			
Gewicht	N	$\bar{x} \pm SD$	CI
3.000g-3.249g	1.883	0,28 ± 8,45	-0,10 – 0,66
3.250g-3.499g	2.346	-1,55 ± 8,17	-1,89 – (-1,22)
3.500g-3.749g	2.027	-3,83 ± 7,84	-4,17 – (-3,49)
3.750g-3.999g	1.548	-6,15 ± 7,56	-6,52 – (-5,77)
4.000g-4.249g	830	-7,28 ± 7,72	-7,80 – (-6,75)
4.250g-4.499g	355	-9,57 ± 7,45	-10,35 – (-8,73)
>4.500g	209	-12,44 ± 7,97	-13,53 – (-11,36)
p-value ^c		< 0,001	

^c Oneway ANOVA

Die Abbildungen 4 und 5 visualisieren den Schätzfehler entsprechend der Geburtsgewichtspersentilen bzw. des Geburtsgewichts.

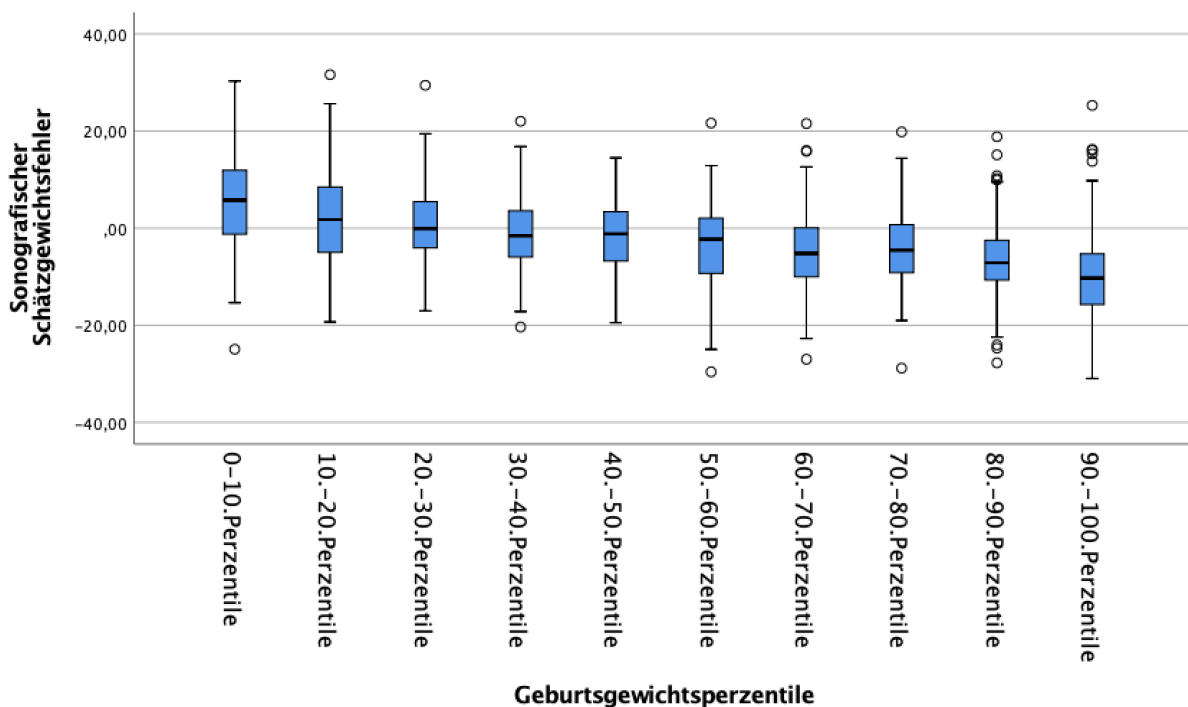


Abbildung 4: Sonografische Schätzwichtsfehler entsprechend der Geburtsgewichtspersentile, modifiziert nach Figure 2, Dittkrist et al., 2022, [19]

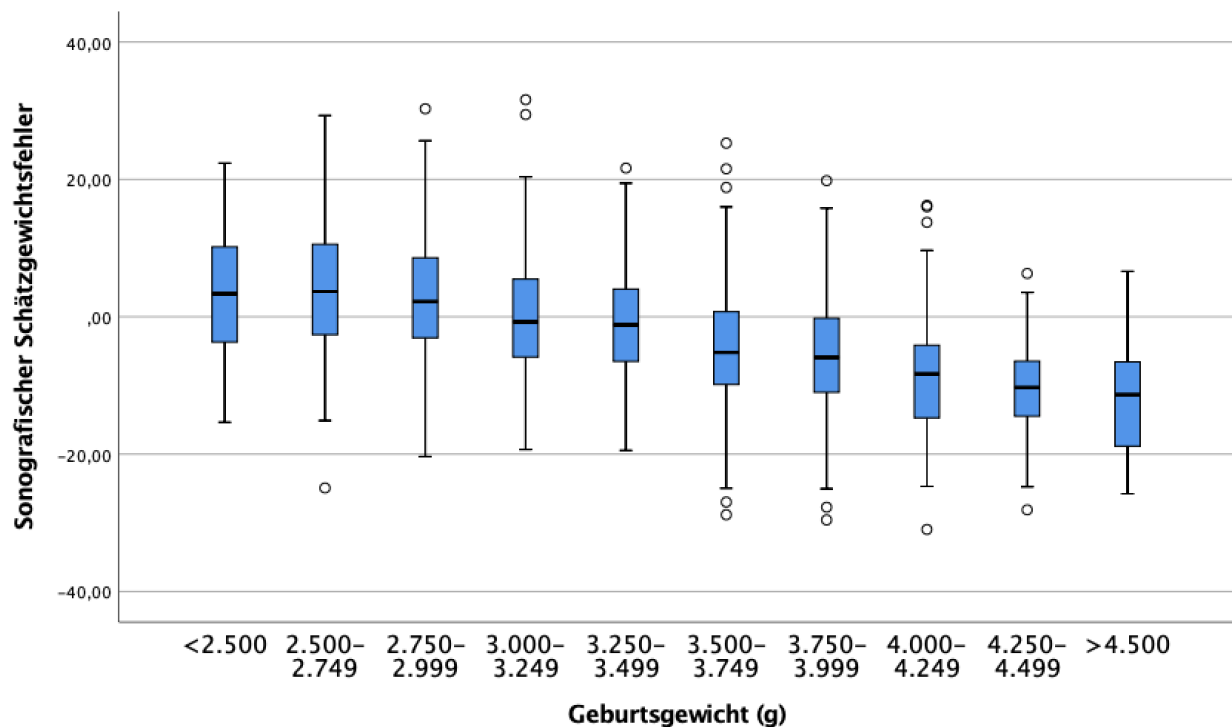


Abbildung 5: Sonografische Schätzwichtsfehler entsprechend des Geburtsgewichts, modifiziert nach Figure 3, Dittkrist et al., 2022, [19]

Die univariate als auch multivariate Regressionsanalyse ergab, dass das Geburtsgewicht >4.000g, Tage des letzten Ultraschalls bis Geburt >7-14d, LGA und SGA signifikante, unabhängige Risikofaktoren sind, für den sonografischen Schätzwichtsfehler mit einer maximalen Abweichung von $\pm \leq 10\%$. Tabelle 7 zeigt die untersuchten Einflussfaktoren auf das sonografische Schätzwicht mit nicht-adjustierter und adjustierter OR.

Tabelle 7: Risikofaktoren mit Einfluss auf genaues EFW $\leq \pm 10\%$ (modifiziert nach Table 3, Dittkrist et al., 2022, [19])

	cOR	CI	aOR	CI	p-value
BMI ≥ 30 kg/m² (12,8%; N=1.389)	1,116	0,987- 1,262	1,002	0,879-1,141	0,978
Gestationsdiabetes (11,4%; N=1.260)	1,028	0,903-1,170	0,913	0,796-1,048	0,197
Vorbestehender DM (1,1%; N=126)	1,615	1,126-2,316	1,145	0,785-1,672	0,482
Tage bis Geburt >7-14 (20,9%; N=2.309)	1,727	1,567-1,902	1,711	1,549-1,890	<0,001

	cOR	CI	aOR	CI	p-value
EWG (IOM) (44,8%; N=4.945)	1,040	0,957-1,133	0,964	0,883-1,052	0,411
LGA (\geq 90. Perz.) (10,2%; N=1.125)	2,705	2,386-3,062	2,085	1,729-2,513	<0,001
Gewicht \geq 4.000g (12,2%; N=1.350)	2,315	2,061-2,601	1,499	1,258-1,786	<0,001
SGA (\leq 10.Perc.) (12,1%; N=1.338)	1,231	1,089-1,392	1,464	1,289-1,664	<0,001

cOR- nicht-adjustierte Odds Ratio, aOR- adjustierte Odds Ratio

4. Diskussion

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die retrospektive Datenanalyse von insgesamt 11.049 Fällen, die für die Analyse herangezogen worden sind, umfasste eine große Prozentzahl von Schwangeren mit DM und präkonzeptioneller Adipositas der werdenden Mütter. Der Frage nachgehend, welche Parameter die Genauigkeit des sonografisch ermittelten Schätzwichtes verbessern, zeigte sich, dass bei adipösen Schwangeren der Schätzwichtsfehler zunahm. In der multivariablen Regressionsanalyse zeigten sich jedoch keine signifikanten P-Werte mehr, was darauf schließen lässt, dass eher das hohe Geburtsgewicht der Neugeborenen ursächlich dafür ist. Andere maternalen Parameter, wie DM und übermäßige Gewichtszunahme während der Schwangerschaft hatten keinen signifikanten Einfluss auf den Schätzwichtsfehler. Das Geburtsgewicht hingegen hatte signifikanten Einfluss auf die Genauigkeit des Schätzwichtes, insbesondere bei Neugeborenen mit einem Geburtsgewicht > 4.000g. Diese Untergruppe wurde mit kumulativ 43,4% gewichtsunterschätzt. Ultraschalluntersuchungen, die nah am Geburtstermin bis <7 Tage durchgeführt worden sind, zeigten höhere Schätzwichtsgenauigkeiten verglichen mit denen, die 7-14 Tage vor Geburt eine Ultraschalluntersuchung hatten. Zudem wurde das Kollektiv entsprechend der Geburtsgewichte in 250g Schritten unterteilt. In diesen wurde der zu erwartende Schätzfehler der entsprechenden Geburtsgewichte ermittelt.

4.2 Interpretation der Ergebnisse mit Einbettung in den bisherigen Forschungsstand

4.2.1 Diabetes

Entgegen der häufig bestehenden klinischen Einschätzung, dass DM einen negativen Einfluss auf die Genauigkeit des Schätzwichtes hat, zeigte sich dieser Einflussfaktor in der Studie als nicht signifikanter Parameter mit Ausnahme des präexistenten DM. Frühere Studien ergaben ähnliche Ergebnisse. In der Studie von Pretscher et al. zeigten sich leicht erhöhte, aber dennoch insignifikante Verschlechterungen der Genauigkeit des sonografisch ermittelten Schätzwichtes bei DM [20]. Valent et al. fand trotz signifikanter Unterschiede der absoluten Schätzwichte keine signifikanten Unterschiede der prozentualen Schätzwichtsfehler [21]. Wie auch in der Studie von Meyer et al. verblieb der

präexistente DM als signifikanter Einflussfaktor für die Genauigkeit des sonografischen Schätzwichts [22]. In dieser Studie zeigten sich vor allem makrosome Kinder bei Frauen mit DM. Geburtsgewichte $>4.000\text{g}$ waren fast doppelt so hoch bei Frauen mit präexistentem DM, verglichen zu Frauen mit Gestationsdiabetes (26,9% vs. 15,4%). Nur mäßig nachweisbare Hyperglykämien lassen das Geburtsgewicht bei schlecht eingestelltem DM steigen, womit sich die signifikant niedrigeren Werte der genau geschätzten Geburtsgewichte bei Frauen mit präexistentem DM erklären lassen [23]. Der Einfluss von DM ist folglich eng mit dem fetalen Wachstum verknüpft. In der multivariablen Regressionsanalyse mit Einschluss beider Faktoren zeigte sich DM als insignifikanter Parameter. Zudem trat DM Typ II und Gestationsdiabetes gehäuft in Zusammenhang mit Adipositas auf.

4.2.2 Adipositas

Frauen mit Adipositas hatten eine geringe Rate an höherer Schätzwichtsgenauigkeit, die jedoch keine Relevanz in der multimodalen Regressionsanalyse zeigte. Bei dem Einflussfaktor Adipositas ist die Studienlage kontrovers. Gonzales et al. fand, den Ergebnissen dieser Studie folgend, mit seinen Daten keinen Einfluss des maternalen Gewichtes auf das sonografische Schätzwicht [24]. Andere Studien zeigten eine höhere Schätzwichtsgenauigkeit mit höheren BMI-Werten der Frauen [25,26]. Ein Erklärungsansatz für die unterschiedlichen Ergebnisse könnten die fehlende Untergruppierung mit Unterscheidung von Übergewicht und Adipositas, sowie die niedrigen Fallzahlen sein, die im Vergleich nur etwa ein Zehntel der Fälle unserer Studie einschlossen. Weder DM noch Adipositas können, anhand unserer Daten, als Einflussfaktoren für die Genauigkeit des sonografischen Schätzwichtes angesehen werden.

4.2.3 Geburtsgewicht

Unterschiedliche Geburtsgewichte insbesondere an beiden Extremen reduzierten signifikant die Schätzwichtsgenauigkeit. Die bestehende Studienlage bestätigt, dass Feten mit SGA gewichtsüberschätzt und Feten mit LGA tendenziell sonografisch gewichtsunterschätzt werden [27, 28]. Die sonografischen Schätzwichte könnten durch das unbewusste Bestreben des Untersuchenden dahingegen beeinflusst werden, mögliche Interventionen zu vermeiden. Neben diesem psychologischen Erklärungsansatz erschwert sich die akkurate Messung des Abdomenumfangs mit vermehrtem subkutanen Gewebe der Feten. Die Gefahr bei der sonografischen Unterschätzung von Geburtsgewichten,

insbesondere bei makrosomen Feten, liegt in der Zunahme der Schulterdystokieraten sowie bei den Geburtsstillständen aufgrund eines relativen oder absoluten cephalopelvinen Missverhältnisses.

4.3 Stärken und Schwächen der Studie

Als große Stärke dieser Studie können die hohen Fallzahlen mit dem hohen Anteil an DM und Adipositas, die an drei Perinatalzentren erhoben worden sind, angesehen werden, die die allgemeine Anwendbarkeit erlaubt. Die Retrospektivität des Studiendesigns birgt hingegen Limitationen. Die variierenden Erfahrungen der Untersuchenden lassen sich in der Studie nicht genau bestimmen. Als Vorteil dieser Studie wurden die ausreißenden Schätzwerte über der 90. und unter der 10. Perzentile von erfahrenen Fachärzt:innen geprüft und gegebenenfalls korrigiert. Die Arbeitsgruppe um Stubert et al. kam zu dem Ergebnis, dass Berufserfahrene im Vergleich zu Berufsanfänger:innen eine signifikant höhere genaue Schätzwertgenauigkeit erzielen, insbesondere bei Geburtsgewichten $\geq 4.000\text{g}$ [29]. Aufgrund möglicher besserer Ausstattung oder auch höher qualifizierter Personalschulung der teilnehmenden Studienzentren können die Daten gegebenenfalls nicht auf periphere Geburtskliniken angewandt werden. Die drei Perinatalzentren sind spezialisierte Geburtsabteilungen, die insbesondere Schwangere mit DM standardisiert behandeln. Dies begründet die niedrigeren Makrosomieraten mit niedrigeren Gewichtszunahmen. Diese hochspezialisierte Perinatalmedizin mit der hohen Prozentrate an übergewichtigen Schwangeren mit oder ohne DM kann aber auch als große Stärke der Studie gesehen werden.

4.3.1 Sonografische Limitationen

Das sonografisch ermittelte Schätzwert wird über eine mathematische Formel, die die Größen von Kopf- und Bauchumfang, biparietaler Durchmesser sowie Femurlänge des Fetus beinhaltet, berechnet. Seit Beginn der Sonografie wurden verschiedene Formeln entwickelt, die durch die Arbeitsgruppe um Hoopmann et al. miteinander verglichen wurden und im Grunde ähnliche Probleme aufweisen [30]. Eine Formel, entwickelt von Hart et al., zeigt einen deutlichen Vorteil mit signifikant höheren Genauigkeiten, insbesondere bei Schätzwerten von $> 4.000\text{g}$ [31].

4.4 Implikationen für Praxis und/oder zukünftige Forschung

Die aktuellen Formeln zur Bestimmung des sonografischen Schätzwichtes mit Parametern des 2D-Ultraschalls kommen an ihre Grenzen, insbesondere bei den entscheidenden Messungen bei Schätzwichten $>4.000\text{g}$, die schließlich eine geburtsplanmäßige Konsequenz mit sich bringen würden. Inwieweit die 3D-Technologie Einzug in der routinemäßigen sonografischen Gewichtsbestimmung finden wird, bleibt abzuwarten. Da weiterhin eine große klinische Lücke ohne genaue Schätzung bleibt, ist der Bedarf hier sehr groß. Da aktuell noch keine Lösung für die Bestimmung der genauen Schätzung des Geburtsgewichtes gefunden wurde, war es ein Anliegen dieser Studie, Daten für den zu erwartenden Schätzfehler entsprechend der Geburts- und Schätzwichte zu bestimmen. Diese umfasst 1.394 Fälle mit Geburtsgewichten über 4.000g . Durch diese Daten kann die Geburtsplanung, in denen die zur Verfügung stehenden Maße wesentlich limitiert sind, individuell und sicherer werden.

5. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend bestimmt die Studie maternale und neonatale Einflussgrößen der Genauigkeit des sonografisch ermittelten Schätzwichtes. Dies wurde an einem Patientinnenkollektiv ermittelt, dass eine hohe Rate an DM und Übergewicht aufwies, repräsentativ für die aktuelle Gesellschaft weltweit. Dabei zeigte sich, dass insbesondere DM und Übergewicht per se die Genauigkeit des Schätzwichtes nicht beeinflussen. Hohe Geburtsgewichte sind mit ungenauen Schätzwichten assoziiert und treten gehäuft in Schwangerschaften mit DM und Übergewicht auf. Um die Geburtsplanung sicherer zu machen, stellt diese Studie Daten zur Verfügung, die konkret die mutmaßlichen Schätzwichtsfehler entsprechend der Gewichtskategorien wiedergeben. Diese können bei der Geburtsplanung berücksichtigt werden, um den bestmöglichen und sichersten Weg für Mutter und Kind vorgeburtlich zu finden.

Literaturverzeichnis

- 1 Heidemann C, Scheidt-Nave C (2017) Prevalence, incidence and mortality of diabetes mellitus in adults in Germany – A review in the framework of the Diabetes Surveillance. *Journal of Health Monitoring* 2: 98-121
- 2 Jacobs E, Rathmann W (2017) Epidemiologie des Diabetes. *Diabetologie und Stoffwechsel* 12: 437-446
- 3 Schmidt C, Reitzle L, Dreß J, Rommel A, Ziese T, Heidemann C (2020) Prävalenz und Inzidenz des dokumentierten Diabetes mellitus – Referenzauswertung für die Diabetes-Surveillance auf Basis von Daten aller gesetzlich Krankenversicherten. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 63: 93-102
- 4 Heidemann C, Du Y, Paprott R, Haftenberger M, Rathmann W, Scheidt-Nave C (2016) Temporal changes in the prevalence of diagnosed diabetes, undiagnosed diabetes and prediabetes: findings from the German Health Interview and Examination Surveys in 1997–1999 and 2008–2011. *Diabet Med* 33: 1406-1414
- 5 Kleinwechter H, Schafer-Graf U, Buhrer C, Hoesli I, Kainer F, Kautzky-Willer A, Pawlowski B, Schunck K, Somville T, Sorger M. Gestational diabetes mellitus (GDM) diagnosis, therapy and follow-up care: Practice Guideline of the German Diabetes Association (DDG) and the German Association for Gynaecology and Obstetrics (DGGG). *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2014;122(7):395-405. doi: 10.1055/s-0034-1366412
- 6 Tönnies T, Röckl S, Hoyer A, Heidemann C, Baumert J, Du Y, Scheidt-Nave C, Brinks R Projected number of people with diagnosed type 2 diabetes in Germany in 2040. *Diabet Med* 2019; 36: 1217-1225
- 7 Walker E, Flannery O, Mackillop L. Gestational diabetes and progression to type two diabetes mellitus: missed opportunities of follow up and prevention? *Prim Care Diabetes*. 2020 Dec;14(6):698-702. doi: 10.1016/j.pcd.2020.05.010. Epub 2020 Jun 10. Erratum in: *Prim Care Diabetes*. 2021 Aug;15(4):740. PMID: 32535090.
- 8 Reitzle L, Schmidt C, Heidemann C, Icks A, Kalthener M, Ziese T, Scheidt-Nave C. Gestational diabetes in Germany: Development of screening participation and prevalence. *J Health Monit*. 2021 Jun 16;6(2):3-18. doi: 10.25646/8325. PMID: 35146306; PMCID: PMC8734204.
- 9 Kc K, Shakya S, Zhang H. Gestational diabetes mellitus and macrosomia: a literature review. *Ann Nutr Metab*. 2015;66 Suppl 2:14-20. doi: 10.1159/000371628. Epub 2015 Jun 2. PMID: 26045324.

- 10 Turkmen S, Johansson S, Dahmoun M. Foetal Macrosomia and Foetal-Maternal Outcomes at Birth. *J Pregnancy* 2018; 2018: 4790136. doi:10.1155/2018/4790136
- 11 Schmitz T. Delivery management for the prevention of shoulder dystocia in case of identified risk factors. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)* 2015; 44: 1261–1271. doi:10.1016/j.jgyn.2015.09.051
- 12 Chen P, Yu J, Li X, Wang Y, Chang C Weight estimation for low birth weight fetuses and macrosomic fetuses in Chinese population. *Arch. Gynecol. Obstet.* 2011; 284: 599–606. doi:10.1007/s00404-010-1730-8
- 13 Rasmussen KM, Catalano PM, Yaktine AL. New guidelines for weight gain during pregnancy: what obstetrician/gynecologists should know. *Curr. Opin. Obstet. Gynecol.* 2009; 21: 521–526. doi:10.1097/gco.0b013e328332d24e
- 14 Metzger BE, Gabbe SG, Persson B, Buchanan TA, Catalano PD, Dyer AR, de Leiva A, Hod M, Kitzmiller JL, Lowe LP, McIntyre HD, Oats JJN, Omori Y, Schmidt MI International association of diabetes and pregnancy study groups recommendations on the diagnosis and classification of hyperglycemia in pregnancy. *Diabetes Care* 2010; 33: 676–682. doi:10.2337/dc09-1848
- 15 Hansmann M, Hackelöer BJ, Staudach A. (1985) *Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie Lehrbuch und Atlas (1.Aufl.)* Springer-Verlag Berlin
- 16 Snijders RJM, Nicolaidis KH. Fetal biometry at 14–40 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 1994. doi:10.1046/j.1469-0705.1994.04010034.x
- 17 Hadlock FP, Harrist RB, Sharman RS, Deter RL, Parl SK Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements-A prospective study. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 1985; 151: 333–337. doi:10.1016/0002-9378(85)90298-4
- 18 Voigt M, Rochow N, Schneider KTM, Hagenah HP, Scholz R, Hesse V, Wittwer-Backofen U, Straube S, Olbertz D New percentile values for the anthropometric dimensions of singleton neonates: analysis of perinatal survey data of 2007-2011 from all 16 states of Germany. *Geburtshilfe Frauenheilkd* 2014; 218: 210–217. doi:10.1055/s-0034-1385857
- 19 Dittkrist L, Vetterlein J, Henrich W, Ramsauer B, Schlembach D, Abou-Dakn M, Gembruch U, Schild RL, Duewal A, Schaefer-Graf UM. Percent error of ultrasound examination to estimate fetal weight at term in different categories of birth weight with focus on maternal diabetes and obesity. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2022 Mar 23;22(1):241. doi:10.1186/s12884-022-04519-z. PMID: 35321691; PMCID: PMC8944112.

- 20 Pretscher J, Kehl S, Stumpfe FM, Mayr A, Schmid M, Schild RL, Beckmann MW, Faschinbauer F Ultrasound Fetal Weight Estimation in Diabetic Pregnancies. *J Ultrasound Med* 2020; 39: 341–350. doi:10.1002/jum.15112
- 21 Valent AM, Newman T, Kritzer S, Magner K, Warshak CR Accuracy of Sonographically Estimated Fetal Weight Near Delivery in Pregnancies Complicated With Diabetes Mellitus. *J Ultrasound Med* 2017; 36: 593–599. doi:10.7863/ultra.15.12021
- 22 Meyer R, Rottenstreich A, Tsur A, Cahan T, Shai D, Ilan H, Levin G The effect of fetal weight on the accuracy of sonographic weight estimation among women with diabetes. *J. Matern.-Fetal Neonatal Med.* 2020, doi:10.1080/14767058.2020.1769592
- 23 Rekawek P, Liu L, Getrajdman C, Brooks C, Pan S, Overbey J, Wagner B Large-for-gestational age diagnosed during second-trimester anatomy ultrasound and association with gestational diabetes and large-for-gestational age at birth. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2020; doi:doi:10.1002/uog.21930
- 24 Gonzalez MG, Reed KL, Center KE, Hill MG Does Maternal Body Mass Index Have an Effect on the Accuracy of Ultrasound-Derived Estimated Birth Weight?: A Retrospective Study. *J Ultrasound Med* 2017; 36: 1009–1014. doi:10.7863/ultra.16.02073
- 25 Kritzer S, Magner K, Warshak CR. Increasing maternal body mass index and the accuracy of sonographic estimation of fetal weight near delivery. *J Ultrasound Med* 2014; 33: 2173–2179. doi:10.7863/ultra.33.12.2173
- 26 Aksoy H, Aksoy Ü, Karadağ Öİ, Yücel B, Aydin T, Babayigit MA Influence of maternal body mass index on sonographic fetal weight estimation prior to scheduled delivery. *J. Obstet. Gynaecol. Res.* 2015; 41: 1556–1561. doi:10.1111/jog.12755
- 27 Dammer U, Raabe E, Kehl S, Schmid M, Mayr A, Schild RL, Beckmann MW, Faschingbauer F Sonographic Weight Estimation in Small-for-Gestational-Age Fetuses. *Ultraschall in Med* 2015; 36: 630–636. doi:10.1055/s-0034-1366754
- 28 Coomarasamy A, Connock M, Thornton J, Khan KS Accuracy of ultrasound biometry in the prediction of macrosomia: A systematic quantitative review. *BJOG* 2005; 112: 1461–1466. doi:10.1111/j.1471-0528.2005.00702.x.
- 29 Stubert J, Peschel A, Bolz M, Glass Ä, Gerber B Accuracy of immediate antepartum ultrasound estimated fetal weight and its impact on mode of delivery and outcome - a cohort analysis. *BMC Pregnancy Childbirth* 2018; 18: 1–8. doi:10.1186/s12884-018-1772-7

- 30 Hoopmann M, Abele H, Wagner N, Wallwiener D, Kagan KO Performance of 36 different weight estimation formulae in fetuses with macrosomia. *Fetal. Diagn. Ther.* 2010; 27: 204–213. doi:10.1159/000299475
- 31 Hart NC, Hilbert A, Meurer B, Schrauder M, Schmid M, Siemer J, Voigt M, Schild RL Macrosomia: a new formula for optimized fetal weight estimation. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2010; 35: 42–47. doi:10.1002/uog.7493

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Luisa Dittkrist, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Einflussfaktoren auf das sonografisch ermittelte Schätzwicht in Terminnähe bei Schwangeren mit hohem Anteil an Übergewicht und Diabetes, Accuracy of estimates of fetal weight at term in pregnancies with high rate of obesity and diabetes“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren:innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Anteilerklärung an der erfolgten Publikation

Luisa Dittkrist hatte folgenden Anteil an der folgenden Publikation:

Publikation: Dittkrist L, Vetterlein J, Henrich W, Ramsauer B, Schlembach D, Abou-Dakn M, Gembruch U, Schild RL, Duewal A, Schaefer-Graf UM. Percent error of ultrasound examination to estimate fetal weight at term in different categories of birth weight with focus on maternal diabetes and obesity. BMC Pregnancy and Childbirth. 2022;;22(1):241. doi: 10.1186/s12884-022-04519-z.

Beitrag im Einzelnen:

Ich entwickelte die Fragestellung mithilfe der erstbetreuenden Hochschullehrerin Frau Prof. Dr. U.M. Schäfer-Graf und konzipierte gemeinsam mit ihr das Studiendesign. Die Literaturrecherche führt ich eigenständig durch. Von den maternalen, fetalen, neonatalen Primärdaten sowie den benötigten Informationen zu peripartalen Daten erhob ich 4321 von 11049 Datensätze, die für die Studie eingeschlossenen Geburten anhand der Geburtenregister, der elektronischen Perinataldatenbank, der Dokumentation in den Ultraschallprogrammen sowie der medizinischen Akten in den Studienzentren St. Joseph Krankenhaus Berlin Tempelhof und Charité Berlin Virchowklinikum. Die Auswahl der erforderlichen statistischen Methodik zur Datenanalyse erfolgte gemeinsam mit der erstbetreuenden Hochschullehrerin Frau Prof. Dr. U.M. Schäfer-Graf. Alle statistischen Analysen wurden von mir mithilfe des Programms IBM SPSS Statistics Version 25 eigenständig durchgeführt. Nach zunächst eigenständiger kritischer Interpretation der Ergebnisse erfolgte die Überprüfung durch die erstbetreuende Hochschullehrerin Frau Prof. Dr. U.M. Schäfer-Graf sowie den Coautor:innen. Alle Tabellen und Abbildungen wurden von mir eigenständig erstellt. Der Artikel wurde von mir eigenständig verfasst. Im Anschluss erfolgten kritische Revisionen des Artikels durch die erstbetreuende Hochschullehrerin Frau Prof. Dr. U.M. Schäfer-Graf sowie den Coautor:innen. Der Artikel wurde den Revisionen entsprechend von mir überarbeitet.

Unterschrift, Datum und Stempel der erstbetreuenden Hochschullehrerin

Unterschrift der Doktorandin

Druckexemplar der Publikation

Dittkrist et al. *BMC Pregnancy and Childbirth* (2022) 22:241
<https://doi.org/10.1186/s12884-022-04519-z>

BMC Pregnancy and Childbirth

RESEARCH

Open Access



Percent error of ultrasound examination to estimate fetal weight at term in different categories of birth weight with focus on maternal diabetes and obesity

Luisa Dittkrist^{1*}, Julia Vetterlein², Wolfgang Henrich¹, Babett Ramsauer³, Dietmar Schlembach³, Michael Abou-Dakn², Ulrich Gembruch⁴, Ralf L. Schild⁵, Antonia Duewal¹ and Ute M. Schaefer-Graf^{2,1*}

Abstract

Background: Sonography based estimate of fetal weight is a considerable issue for delivery planning. The study evaluated the influence of diabetes, obesity, excess weight gain, fetal and neonatal anthropometrics on accuracy of estimated fetal weight with respect to the extent of the percent error of estimated fetal weight to birth weight for different categories.

Methods: Multicenter retrospective analysis from 11,049 term deliveries and fetal ultrasound biometry performed within 14 days to delivery. Estimated fetal weight was calculated by Hadlock IV. Percent error from birth weight was determined for categories in 250 g increments between 2500 g and 4500 g. Estimated fetal weight accuracy was categorized as accurate $\leq 10\%$ of birth weight, under- and overestimated by $> \pm 10\% - \pm 20\%$ and $> 20\%$.

Results: Diabetes was diagnosed in 12.5%, obesity in 12.6% and weight gain exceeding IOM recommendation in 49.1% of the women. The percentage of accurate estimated fetal weight was not significantly different in the presence of maternal diabetes (70.0% vs. 71.8%, $p = 0.17$), obesity (69.6% vs. 71.9%, $p = 0.08$) or excess weight gain (71.2% vs. 72%, $p = 0.352$) but of preexisting diabetes (61.1% vs. 71.7%; $p = 0.007$) that was associated with the highest macrosomia rate (26.9%). Mean percent error of estimated fetal weight from birth weight was $2.39\% \pm 9.13\%$. The extent of percent error varied with birth weight with the lowest numbers for 3000 g–3249 g and increasing with the extent of birth weight variation: $5\% \pm 11\%$ overestimation in the lowest and $12\% \pm 8\%$ underestimation in the highest ranges.

Conclusion: Diabetes, obesity and excess weight gain are not necessarily confounders of estimated fetal weight accuracy. Percent error of estimated fetal weight is closely related to birth weight with clinically relevant over- and underestimation at both extremes. This work provides detailed data regarding the extent of percent error for different birth weight categories and may therefore improve delivery planning.

Keywords: Estimated Fetal Weight, Percent Error, Birth Weight, Accuracy, Diabetes

*Correspondence: ute.schaefer-graf@sjk.de; luisa.dittkrist@charite.de

¹ Department for Obstetrics, Medical Faculty, Humboldt University, Campus Rudolf-Virchow, Charité Berlin, Germany

² Department for Obstetrics and Gynaecology, St. Joseph Hospital, Berlin, Germany

Full list of author information is available at the end of the article

Introduction

Ultrasonography (US) is an essential diagnostic tool for monitoring fetal growth during pregnancy.

Estimation of fetal weight (EFW) obtained near term is included in the counselling and planning of the delivery



© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

mode. EFW often provides guidance on the decision for or against an attempt of vaginal delivery or early induction in fetus with birth weight (BW) at the high or low end.

The increasing incidence of diabetes (DM) and obesity (OBS) worldwide is a challenge during pregnancy because both are correlated with fetal macrosomia. High BW is considered a major risk factor for shoulder dystocia (SD) and arrest of labor due to relative or absolute cephalopelvic disproportion [1, 2]. However, sonography-based EFW is known to have limited reliability with regard to accuracy especially in growth-retarded or macrosomic fetus [3]. The impact of its unrecognized failures may have major effects on mother and child. However, the risk of unnecessary early induction and even more Caesarean section must be carefully weighed against the risk for the child although events like SD are rare and only 10% are associated with sequelae [4].

Data from previous studies on the potential impact of maternal OBS, DM or excess weight gain (EWG) during pregnancy are controversial but suggest that the current method of EFW is prone to significant error. To advise women on the safest mode of delivery on an individual basis, more accurate, real-world data on the expected percent error (%error) based on large and unselected representative populations that take into account the high prevalence of OBS and DM, are necessary. As a consequence, this study aims to 1) evaluate the impact of maternal parameters that are assumed to adversely impact EFW accuracy and the effect of fetal anthropometric parameters and 2) to determine detailed data for the %error that has to be expected in different BW categories.

Methods

Design and population

The retrospective data collection includes 19,196 deliveries at three tertiary perinatal centers occurring between 1 January 2014 and 1 January 2017. The centers serve a population of similar ethnic and social background and have similar clinical management standards for women with DM.

The inclusion criteria were singleton pregnancies in women ≥ 18 years old, delivery at $\geq 37 + 0$ weeks of gestation and fetal US biometry performed within 14 days to delivery. Gestational age was calculated from the first day of the last menstrual period and was corrected if ultrasound measurements of the crown-rump length during the first trimester deviated >7 days. Clinical data were obtained from the electronic hospital records and delivery logbooks. Data included maternal age, height, weight and pre-pregnancy body mass index (BMI), gravity, parity, weight gain, obstetrical history and maternal DM

status. EWG was defined as exceeding the recommended weight gain ranges given by the Institute of Medicine (IOM) for different maternal BMI groups [5]. Maternal DM status was either pre-existing type I/II or gestational diabetes (GDM), last managed either with dietary or insulin therapy. GDM was diagnosed by a 75 g oral glucose tolerance test performed at 24–27 gestational weeks using the International Association of DM and Pregnancy Study Groups criteria [6]. Neonatal data included gender, length, head circumference (HC) and BW. BW percentiles are based on Voigt et al.'s data published in 2014 [7]. Large for gestational age (LGA) was defined as $BW \geq 90$ th percentile and small for gestational age (SGA) as ≤ 10 th percentile.

US data

US examinations were performed at visits to the prenatal care clinic or the latest when women present with labor. The majority of the US scans were done by residents above their third year of training. $EFW \leq 10$ th or ≥ 90 th percentile was re-evaluated by fellows or consultants. Ultrasonic devices used: Voluson E8 or E10 (General Electric Healthcare, Milwaukee, WI, USA), Xario SSA-66A (Toshiba) or Acuson X300 (Siemens). Complete US biometry within 14 days of delivery was performed, measuring biparietal diameter (BPD), HC, abdominal circumference (AC) and femur length (FL). Head measurements were obtained in a horizontal section at the level of the thalamus and the cavum septi pellucidi. BPD was measured with the intersection of the calipers placed from the outer edges of the proximal to the distal calvarial wall at the widest part of the skull. The HC was obtained by using an ellipse, which included the outer surface of the cranium. AC measurements were taken at the standard cross-sectional view at the level of the stomach and portal sinus of the liver by placing the line of the ellipse on the outer border of the soft-tissue circumference. The FL was taken when the full femoral diaphysis was seen in a longitudinal section in an image that included the epiphyseal cartilages of the bone. Calipers were placed at each end of the diaphysis. Percentiles of measurements are based on the data of Snijder et al. [8].

EFW were uniformly calculated by the Hadlock IV formula considering HC, AC, BPD and FL [9], EFW percentiles were derived from Hadlock as well. As measures of asymmetrical growth, AC to HC difference and the HC/AC ratio, were calculated. The %error was calculated according to $[(EFW - BW)/BW \times 100]$. A negative mean percentage difference indicates that EFW underestimated the real BW on average and positive values indicate overestimation. The accuracy of the EFW results was further classified as under- or overestimation in the ranges of $> 20\%$, $> / \leq 10\%$ – 20% and $\leq \pm 10\%$ (accurate) of BW.

Statistics

Data were organized and analyzed using IBM SPSS Version 25 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA). Cases without complete maternal and neonatal parameters were excluded. Descriptive statistics included mean and standard deviation for the continuous normally distributed parameter. Means for continuous variables were compared between cases with EFW > 10% and $\leq \pm 10\%$ deviation of BW using Student's *t*-test for independent sample sizes. Chi-square test was performed to show significance between categorical variables. BW between 2,500 g and 4,500 g was subdivided by increments of 250 g. One-way ANOVA was performed to compare the mean %error of EFW to BW in different BW categories. Forward stepwise logistic regression analysis was performed to evaluate independent predictors for accurate $\leq \pm 10\%$ EFW to BW. Presence of OBS (BMI ≥ 30 kg/m²), GDM, pre-existing DM, EWG, LGA, BW > 4,000 g, SGA and days of US to delivery > 7–14 were entered as categorical descriptive parameters. All confidence intervals (CI) were 95%. *P* values of < 0.05 were considered significant.

Results

11,049 cases fulfilled the inclusion criteria and qualified for data analysis. The mean time range between scan and delivery was 4.1 ± 3.9 days. 79.1% ($n=8,737$) had been performed within 7 days to delivery, partly during admission to the delivery ward. EFW was within 10% of BW in 71.6% ($n=7,912$). In 2.2% ($n=248$) and 17.7% ($n=1,959$), the EFW underestimated the actual BW by > 20% and between 10 and 20%, respectively. An EFW overestimation of > 20% and between 10 and 20% were observed in 1.1% ($n=117$) and in 7.4% ($n=818$), respectively. Table 1 summarizes the maternal and neonatal characteristics of the study participants comparing cases with accurate EFW ($\leq \pm 10\%$) vs. outlying EFW ($> \pm 10\%$). EFW of US examinations performed between 7–14 days to delivery showed a derivation $> \pm 10\%$ to BW in 27.7% ($n=870$) of the cases while the percentage was significantly lower with scans closer to delivery (27.7% vs. 18.2%, $p < 0.001$). In total, 12.5% ($n=1,386$) of the women were diagnosed with DM, 12.6% ($n=1,387$) were obese and 44.8% ($n=4,945$) exceeded the IOM weight gain recommendation. EFW was less frequently accurately predicted in women with pre-existing DM (61.1% vs. 71.7%, crude Odds ratio (cOR) 1.615, confidence interval 95% (CI) 1.126–2.316, $p=0.009$), while the rate of $\leq \pm 10\%$ EFW of BW was not different between pregnancies without or with GDM (71.7% vs. 71.1%, cOR 1.028 CI 0.903–1.179, $p=0.678$). A tendency of a lower rate of accurately predicted EFW ($\leq 10\%$) was seen with the presence of OBS. However, the difference did not reach significance (69.6% vs. 71.9%, cOR 1.116

CI 0.987–1.262, $p=0.08$) and the %error was not significantly different between normal-weight and obese women (-2.23 ± 9.1 vs. -2.40 ± 9.38 , $p=0.18$). The mean BMI (kg/m²) in women with DM was significantly higher than in women with normal weight (27.2 ± 6.3 vs. 23.86 ± 4.5 , $p < 0.001$). 32.1% of the woman diagnosed with DM were obese. Excess of IOM recommendation of weight gain during pregnancy was not associated with a lower rate of accurately predicted EFW (71.2% vs. 72%, cOR 1.040 CI 0.957–1.133, $p=0.328$). Obese women exceeded the recommendations more frequently than non-obese women (54.7% vs. 43.3%, $p < 0.001$). 12.6% ($n=1,394$) of the women gave birth to newborns with BW > 4,000 g. In the subpopulation with macrosomia (BW > 4,000 g), maternal DM and OBS occurred in 16.5% ($n=230$) and 19.1% ($n=266$), respectively. Macrosomia was documented in pregnancies without maternal DM, with GDM and with pre-existing DM in 12.04%, 15.44% and 26.98%, respectively ($p < 0.001$). Parameters of fetal anthropometrics showed significant differences between cases of EFW within and > 10% (Tab. 1). The distribution of under-, accurate or overestimation of EFW varied with BW (Fig. 1). The highest percentage of accurate EFW was seen with BW between 3,000 g and 3,249 g (79.6%) and decreased to 55.45% ($n=773$), 44.99% ($n=211$) and 36.36% ($n=76$) respectively with BW $\geq 4,000$ g, $\geq 4,250$ g and $\geq 4,500$ g. When BW exceeded 4,000 g, 36.0% and 7.4% of the fetus had been underestimated by 10%–20% and > 20% of BW, respectively, adding up to an underestimation rate of 43.4%. The mean EFW %error from BW was $-2.39\% \pm 9.13\%$, (CI $-2.56; -2.22$; min, -36.03% ; max, 61.28%), resulting in an absolute deviation of the maximal under- and overestimation of 1,565 g and 1,394 g, respectively. Table 2 gives the exact numbers of %error for BW categories divided by increments of 250 g. The lowest %error $0.28\% \pm 8.45\%$ was seen in the group with a BW of 3,000 g–3,249 g. ANOVA showed significant differences of %error for different BW subdivisions ($p < 0.05$). Figure 2 displays the %error according to BW percentiles, while Fig. 3 displays the %error according to the actual BW. Forward stepwise logistic regression analysis evaluated the parameters with the highest influence on US accuracy with EFW deviation of > 10% of BW as the dependent variable. BW > 4,000 g, days between US to delivery > 7–14, LGA and SGA revealed to be significant independent risk factors for EFW $> \pm 10\%$ to BW in univariate as well as multivariate regression analysis. (Table 3) The %error for scans performed ≤ 7 days was significantly lower than those performed > 7–14 days (-1.354% vs. -6.344% , $p < 0.001$), revealing an increase in EFW accuracy for scans closer to delivery.

Table 1 Maternal and neonatal characteristics with accurate EFW ($\leq \pm 10\%$) vs. EFW outlying $\pm 10\%$

	EFW $\leq \pm 10\%$ N = 7912	EFW outlying 10% N = 3137	p-Value
Maternal characteristics			
Age (Years)	30.8 \pm 5.5	30.9 \pm 5.6	0.226 ^b
Parity	1.76 \pm 1.1	1.82 \pm 1.1	0.737 ^b
DM	12.3% (973)	13.2% (413)	0.208 ^a
• GDM (diet./med.)	11.3% (896)	11.6% (1260)	0.678 ^a
• Pre-existing DM	1.0% (77)	1.6% (49)	0.009 ^a
Mean pre-pregnancy BMI (kg/m ²)	24.3 \pm 5.0	24.5 \pm 5.1	0.136 ^b
Pre-pregnancy BMI ≥ 30 kg/m ²	12.4% (966)	13.7% (421)	0.188 ^a
Weight Gain (kg)	14.3 \pm 6.0	14.2 \pm 6.2	0.55 ^b
EWG (IOM)	49.1% (3520)	49.7% (1425)	0.602 ^b
Days of last US to delivery	3.7 \pm 3.7	4.7 \pm 4.3	<0.001 ^b
Days of last US to delivery > 7–14	18.2% (1439)	27.7% (870)	<0.001 ^a
Fetal anthropometrics			
SGA (≤ 10 .Perc.)	11.11% (879)	13.42% (421)	0.001 ^a
LGA (≥ 90 . Perc.)	7.18% (568)	17.25% (541)	<0.001 ^a
BW ≥ 4000 g	9.4% (743)	19.3% (607)	<0.001 ^a
AC Percentile	46.1 \pm 24.3	41.7 \pm 25.1	0.025 ^b
AC-HC (cm)	0.69 \pm 1.83	0.40 \pm 2.0	<0.001 ^b
HC/AC-Ratio	0.98 \pm 0.05	0.99 \pm 0.06	<0.001 ^b
Neonatal anthropometrics			
Birth Weight (g)	3416.5 \pm 451.6	3522.2 \pm 554.9	<0.001 ^b
Birth Weight Percentile	46.57 \pm 27.69	53.62 \pm 32.01	<0.001 ^b
Shoulder dystocia (Vaginal delivery mode; N = 8,161)	0.7% (44)	1.3% (28)	0.026 ^a

^a Chi-square test, ^b Student T-test

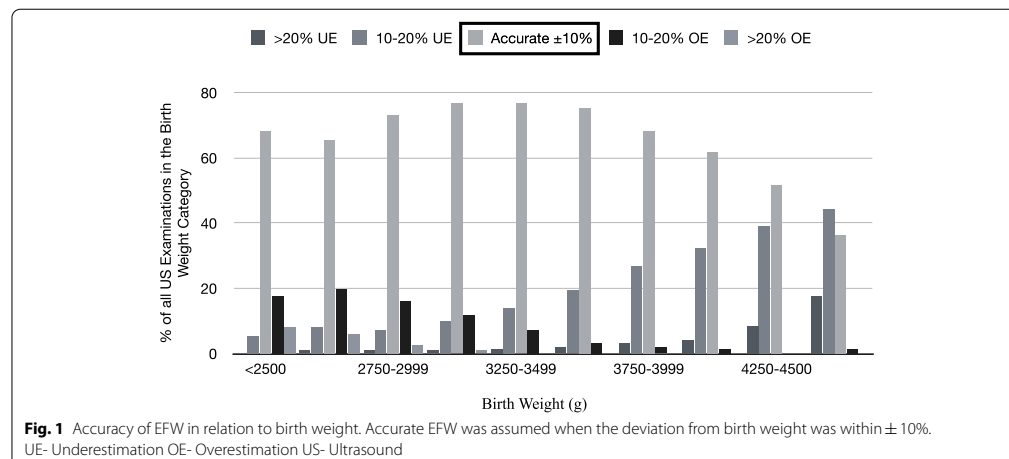


Table 2 Percent error of EFW to actual BW for different categories of BW

Percentage error of EFW to BW			
BW	N	Mean ± SD	CI
< 2500 g	278	5.11 ± 10.95	3.81—6.40
2500 g-2749 g	519	3.89 ± 10.27	3.01—4.78
2750 g-2999 g	1054	2.40 ± 9.10	1.85—2.95
3000 g-3249 g	1883	0.28 ± 8.45	-0.10—0.66
3250 g-3499 g	2346	-1.55 ± 8.17	-1.89—(-1.22)
3500 g-3749 g	2027	-3.83 ± 7.84	-4.17—(-3.49)
3750 g-3999 g	1548	-6.15 ± 7.56	-6.52—(-5.77)
4000 g-4249 g	830	-7.28 ± 7.72	-7.80—(-6.75)
4250 g-4499 g	355	-9.57 ± 7.45	-10.35—(-8.73)
> 4500 g	209	-12.44 ± 7.97	-13.53—(-11.36)
p-value ^c	< 0.001		

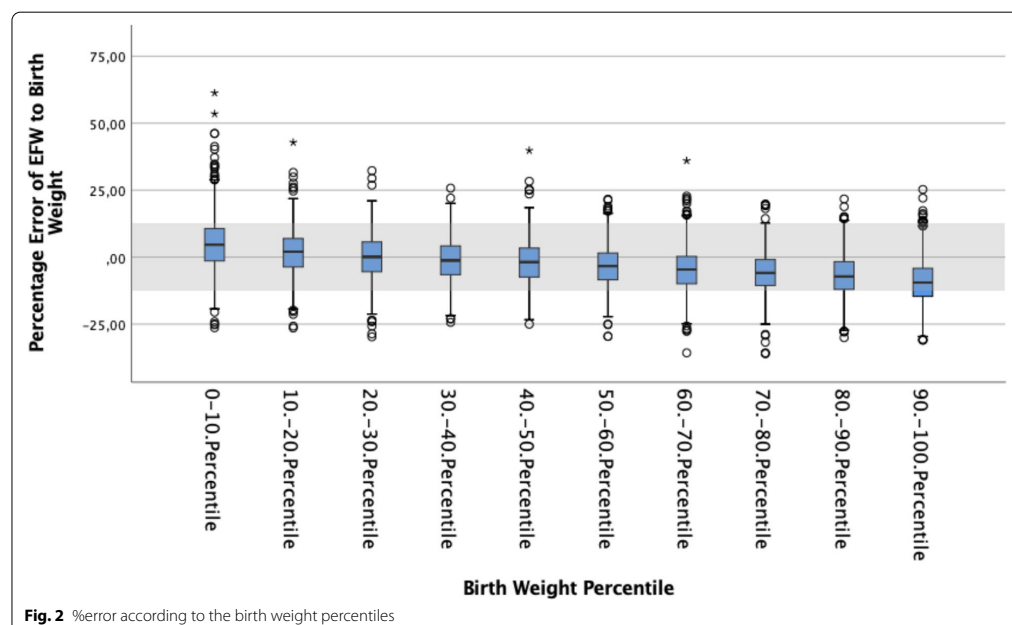
^cOneway ANOVA

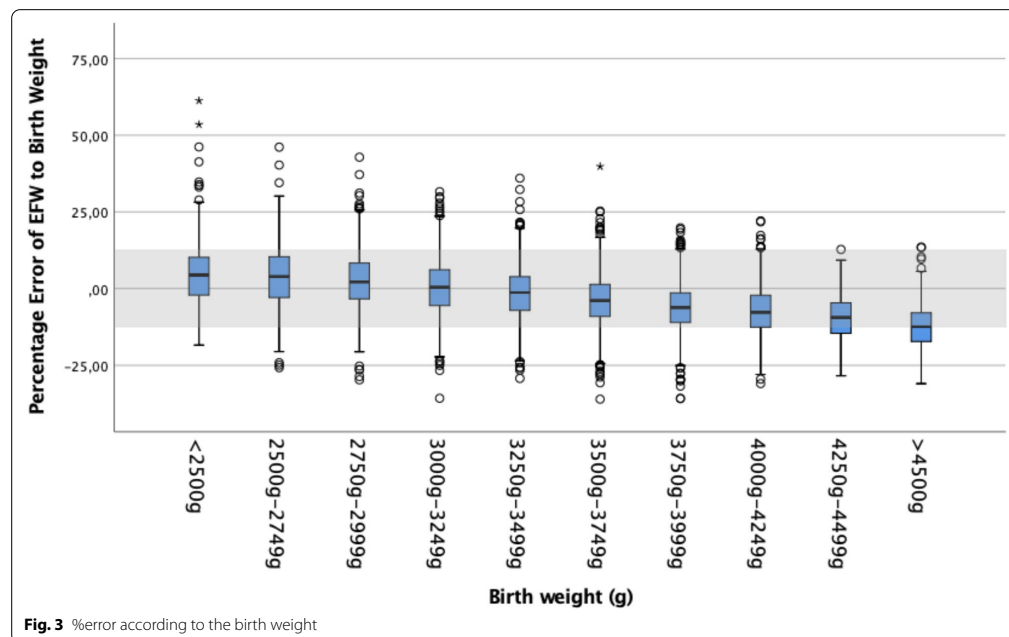
Discussion

In this large-scale dataset of US exams at term comprising a high rate of scans in pregnancies with maternal DM, OBS and EWG as maternal parameters with potential influence on accuracy demonstrated that only OBS had been borderline significantly associated with lower rates of accurate EFW within 10% error to BW.

However, the effect diminished after adjustment for fetal growth parameters. BW had a considerable impact on accuracy, with by far the highest %error in newborns with BW > 4,000 g, resulting in 43.4% scans with underestimation. Scans performed < 7 days had markedly lower %error than those obtained 7–14 days before delivery. The exact numbers for %error for BW categories divided by 250 g were calculated to specify the extent of EFW deviation from actual BW.

In contrast to common clinical assumptions, the data in this study indicate that the presence of DM did not diminish EFW accuracy except for pre-existing DM. Prior studies report either a slight but insignificant difference in EFW deviation from BW [10], greater actual amount of deviation but the same %error [11] or lower accurate prediction rates only in women with pre-existing DM [12]. Poorly controlled DM, even with moderate hyperglycemia, increases the rate of accelerated growth [13]. In the population of this study, macrosomia was more frequent in women with DM, and %error increased with increasing BW. The BW rate of > 4,000 g was almost twice as high with pre-existing DM compared to GDM (26.9% vs. 15.4%), which is likely the reason for lower EFW accuracy with pre-existing DM. Thus, the impact of DM on US accuracy is likely to be mediated by frequent





excess fetal growth, the OR was no longer significant when adjusted for fetal growth.

Another aspect that may create greater concern of accuracy of EFW in women with DM is the frequent coincidence of OBS with GDM and type II DM as seen in the current population. Mothers with DM had significantly higher BMI. OBS was associated with fewer scans with accurate predicted BW, however as seen for DM, the OR was no longer significant when adjusted for fetal growth. Thus, neither DM, nor OBS is a risk factor by its own for fetal weight estimates $> \pm 10\%$ of actual BW. The published data regarding OBS are as conflicting as in DM. Some studies similarly demonstrated a lower EFW accuracy with increasing maternal BMI. However, limited numbers involving less than one-tenth of the cases that this study incorporated were assessed [14, 15]. In contrast, Gonzalez et al. suggest no influence of BMI on EFW accuracy in data collected from 403 pregnancies [16]. Non-differentiation of subgroups distinguishing overweight from OBS may be a reason for contrary findings.

BW deviation was the major factor that reduced the accuracy of EFW near term, more evident in macrosomic than in growth-retarded fetus. Prior studies confirm that SGA fetus tend to be overestimated [17], while the LGA

fetus had been underestimated [18]. Measurements may be unconsciously influenced by the sonographer's desire to avoid clinical consequences of the diagnosis of severe growth deviation. Besides this potential psychological factor, the precise demarcation of the abdomen becomes more difficult with increasing size. The underestimation of high fetal weight may result in a higher risk of SD and arrest of labor due to cephalopelvic disproportion.

The %error of EFW is in part also a result of the calculation by an empiric formula and not only of the difficulties to measure accurately head, abdomen and femur, the three defined sites of the fetus that are entered in the formulas. Numerous different formulas had been developed over the last decades with more or less the same problems to predict BW [19].

One formula specified for estimates $> 4,000$ g, including maternal weight in the calculation provided a higher rate of estimates within 10% of BW and lower %error [20]. Another confounder, the examiner-dependent parameter, can be seen as a limitation of this study because the impact of varying experiences of the examining physicians in this study cannot be quantified. Stubert et al. concluded that consultants exhibit a significantly higher EFW accuracy rate than residents especially in the group of newborns with a birth weight of $\geq 4,000$ g

Table 3 Putative risk factors for EFW > ± 10% of BW, OR derived from logistic regression analysis

	cOR	CI	aOR	CI	p-value
BMI ≥ 30 kg/m² (12.8%; N = 1,389)	1.116	0.987–1.262	1.002	0.879–1.141	0.978
GDM (11.4%; N = 1,260)	1.028	0.903–1.170	0.913	0.796–1.048	0.197
Pre-existing DM (1.1%; N = 126)	1.615	1.126–2.316	1.145	0.785–1.672	0.482
Days of last US to delivery > 7–14 (20.9%; N = 2,309)	1.727	1.567–1.902	1.711	1.549–1.890	< 0.001
EWG (IOM) (44.8%; N = 4,945)	1.040	0.957–1.133	0.964	0.883–1.052	0.411
LGA (≥ 90. Perc.) (10.2%; N = 1,125)	2.705	2.386–3.062	2.085	1.729–2.513	< 0.001
BW ≥ 4000 g (12.2%; N = 1,350)	2.315	2.061–2.601	1.499	1.258–1.786	< 0.001
SGA (≤ 10. Perc.) (12.1%; N = 1,338)	1.231	1.089–1.392	1.464	1.289–1.664	< 0.001

cOR- crude Odds Ratio, aOR- adjusted Odds Ratio

[21]. However, in our study EFW in the upper and lower ranges had been routinely re-evaluated by consultants. Another limitation is the possible non-transferability of the study's findings to suburban clinics because higher expertise and higher equipment standard in tertiary perinatal centers can be assumed. The three centers serve as specialized obstetrical units for the care of pregnant women with DM, resulting in potentially lower macrosomia rate and weight gain. But the high level of medical care with a large percentage of women with DM and/or OBS can be also considered as a study's strength.

EFW often guides the counselling regarding the mode of delivery and/or need for induction. The sonographic EFW inaccuracy in fetal macrosomia appears to have a greater impact on the mode of delivery than the BW itself. In a prior study, the caesarean section rate was significantly higher (28.48%) with false-positive estimates than with false-negative estimates [22]. Overall, the current accuracy of EFW formulae with conventional biometric parameters by 2D ultrasound seems to have reached its limits. Taking into account that the known limits of fetal weight estimation by US need to be dealt with for the moment, it is clinically relevant to be able to estimate the specific extent of %error that is to be expected. Therefore, the data in this study was used to calculate the %error for 10 categories of BW including 1,394 cases with BW of ≥ 4,000 g. In addition, the %error was provided according to BW percentiles.

In conclusion, this study examines the influence of both maternal and neonatal parameters on EFW accuracy at term in a population with high rates of DM and OBS. The

data of this study disprove the clinical concern that fetal weight estimation is less precise in pregnancies with DM per se. Even OBS had a limited impact. Less accuracy is mediated by high BW, which often goes along with DM and/or OBS. BW deviation especially in the upper range has by far the highest impact on EFW accuracy. Therefore, data determining the extent of %error for different BW categories were provided to allow delivery planning involving the given antenatal range of potential EFW deviation to actual BW.

Abbreviations

US: Ultrasonography; EFW: Estimation of fetal weight; BW: Birth weight; DM: Diabetes; OBS: Obesity; SD: Shoulder dystocia; EWG: Excess weight gain; %error: Percent error; BMI: Body mass index; IOM: Institute of Medicine; GDM: Gestational diabetes; HC: Head circumference; LGA: Large for gestational age; SGA: Small for gestational age; BPD: Biparietal diameter; AC: Abdominal circumference; FL: Femur length; ANOVA: Analysis of variance; CI: Confidence interval 95%; cOR: Crude odds ratio; aOR: Adjusted odds ratio.

Acknowledgements

The staff of the departments of Obstetrics of all study sites.

Disclosure

The study was presented at the convention of the German, Austrian and Swiss Society of Ultrasound (DEGUM, ÖGUM and SGUM) from 16 to 19th October 2019 in Leipzig, Germany and at the 29th Meeting of the German Society of Perinatal Medicine from 28 to 30th November 2019 in Berlin, Germany.

Authors' contributions

Data collection: Dittkrist, Vetterlein, Duewal; Patient care and ultrasound exams: Ramsauer, Schlembach, Henrich, Abou-Dakn, Schaefer-Graf; Analysis, manuscript: Dittkrist, Schaefer-Graf, Schild, Gembruch. The author(s) read and approved the final manuscript.

Funding

Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Availability of data and materials

The datasets used and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

The study was approved by the Ethical committee of Berlin Medical Association. All methods were carried out in accordance to relevant guidelines and regulations. The study was registered and confirmed in advance at Charité, Medical University. As a retrospective anonymized data set no informed consent is required and informed consent was waived by the Ethical committee of Berlin Medical Association.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹Department for Obstetrics, Medical Faculty, Humboldt University, Campus Rudolf-Virchow, Charité Berlin, Germany. ²Department for Obstetrics and Gynaecology, St. Joseph Hospital, Berlin, Germany. ³Clinic of Obstetric Medicine, Clinicum Vivantes Neukoelln, Berlin, Germany. ⁴Department of Obstetrics and Prenatal Medicine, University of Bonn, Bonn, Germany.

⁵Department of Obstetrics and Prenatal Medicine, DIAKOVERE Hannover, Hannover, Germany.

Received: 6 October 2021 Accepted: 22 February 2022
Published online: 23 March 2022

References

- Turkmen S, Johansson S, Dahmoun M. Foetal Macrosomia and Foetal-Maternal Outcomes at Birth. *J Pregnancy*. 2018;2018:4790136. <https://doi.org/10.1155/2018/4790136>.
- Schmitz T. Delivery management for the prevention of shoulder dystocia in case of identified risk factors. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*. 2015;44:1261–71. <https://doi.org/10.1016/j.jgyn.2015.09.051>.
- Chen P, Yu J, Li X, et al. Weight estimation for low birth weight fetuses and macrosomic fetuses in Chinese population. *Arch Gynecol Obstet*. 2011;284:599–606. <https://doi.org/10.1007/s00404-010-1730-8>.
- Hoffman MK, Bailit JL, Branch DW, et al. A comparison of obstetric maneuvers for the acute management of shoulder dystocia. *Obstet Gynecol*. 2011;117:1272–8. <https://doi.org/10.1097/AOG.0b013e31821a12c9>.
- Rasmussen KM, Catalano PM, Yaktine AL. New guidelines for weight gain during pregnancy: what obstetrician/gynecologists should know. *Curr Opin Obstet Gynecol*. 2009;21:521–6. <https://doi.org/10.1097/gco.0b013e328332d24e>.
- Metzger BE, Gabbe SG, Persson B, et al. International association of diabetes and pregnancy study groups recommendations on the diagnosis and classification of hyperglycemia in pregnancy. *Diabetes Care*. 2010;33:676–82. <https://doi.org/10.2337/dc09-1848>.
- Voigt M, Rochow N, Schneider KTM, et al. New percentile values for the anthropometric dimensions of singleton neonates: analysis of perinatal survey data of 2007–2011 from all 16 states of Germany. *Geburtshilfe Frauenheilkd*. 2014;218:210–7. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1385857>.
- Snijders RJM, Nicolaides KH. Fetal biometry at 14–40 weeks' gestation. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 1994. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.1994.04010034.x>.
- Hadlock FP, Harrist RB, Sharman RS, et al. Estimation of fetal weight with the use of head, body, and femur measurements-A prospective study. *Am J Obstet Gynecol*. 1985;151:333–7. [https://doi.org/10.1016/0002-9378\(85\)90298-4](https://doi.org/10.1016/0002-9378(85)90298-4).
- Pretschner J, Kehl S, Stumpfe FM, et al. Ultrasound Fetal Weight Estimation in Diabetic Pregnancies. *J Ultrasound Med*. 2020;39:341–50. <https://doi.org/10.1002/jum.15112>.
- Valent AM, Newman T, Kritzer S, et al. Accuracy of Sonographically Estimated Fetal Weight Near Delivery in Pregnancies Complicated With Diabetes Mellitus. *J Ultrasound Med*. 2017;36:593–9. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.12021>.
- Meyer R, Rottenstreich A, Tsur A, et al. The effect of fetal weight on the accuracy of sonographic weight estimation among women with diabetes. *J Matern-Fetal Neonatal Med*. 2020;22:1–7.
- Rekawek P, Liu L, Getrajman C, et al. Large-for-gestational age diagnosed during second-trimester anatomy ultrasound and association with gestational diabetes and large-for-gestational age at birth. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2020. <https://doi.org/10.1002/uog.21930>.
- Kritzer S, Magner K, Warshak CR. Increasing maternal body mass index and the accuracy of sonographic estimation of fetal weight near delivery. *J Ultrasound Med*. 2014;33:2173–9. <https://doi.org/10.7863/ultra.33.12.2173>.
- Aksoy H, Aksoy Ü, Karadağ ÖL, et al. Influence of maternal body mass index on sonographic fetal weight estimation prior to scheduled delivery. *J Obstet Gynaecol Res*. 2015;41:1556–61. <https://doi.org/10.1111/jog.12755>.
- Gonzalez MG, Reed KL, Center KE, et al. Does Maternal Body Mass Index Have an Effect on the Accuracy of Ultrasound-Derived Estimated Birth Weight?: A Retrospective Study. *J Ultrasound Med*. 2017;36:1009–14. <https://doi.org/10.7863/ultra.16.02073>.
- Dammer U, Raabe E, Kehl S, et al. Sonographic Weight Estimation in Small-for-Gestational-Age Fetuses. *Ultraschall in Med*. 2015;36:630–6. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1366754>.
- Coomarasamy A, Connock M, Thornton J, et al. Accuracy of ultrasound biometry in the prediction of macrosomia: A systematic quantitative review. *BJOG*. 2005;112:1461–6. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2005.00702.x>.
- Hoopmann M, Abele H, Wagner N, et al. Performance of 36 different weight estimation formulae in fetuses with macrosomia. *Fetal Diagn Ther*. 2010;27:204–13. <https://doi.org/10.1159/000299475>.
- Hart NC, Hilbert A, Meurer B, et al. Macrosomia: a new formula for optimized fetal weight estimation. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2010;35:42–7. <https://doi.org/10.1002/uog.7493>.
- Stubert J, Peschel A, Bolz M, et al. Accuracy of immediate antepartum ultrasound estimated fetal weight and its impact on mode of delivery and outcome - a cohort analysis. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2018;18:1–8. <https://doi.org/10.1186/s12884-018-1772-7>.
- Pretschner J, Kehl S, Stelzl P, et al. Influence of Sonographic Fetal Weight Estimation Inaccuracies in Macrosomia on Perinatal Outcome. *Ultraschall in Med*. 2020. <https://doi.org/10.1055/a-1205-0191>.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Komplette Publikationsliste

Dittkrist L, Vetterlein J, Henrich W, Ramsauer B, Schlembach D, Abou-Dakn M, Gemb-ruch U, Schild RL, Duewal A, Schaefer-Graf UM. Percent error of ultrasound examina-tion to estimate fetal weight at term in different categories of birth weight with focus on maternal diabetes and obesity. *BMC Pregnancy and Childbirth*. 2022;;22(1):241. doi: 10.1186/s12884-022-04519-z.

IF: 3,105

Vetterlein J, Doehmen CAE, Voss H, **Dittkrist L**, Klapp C, Henrich W, Ramsauer B, Schlembach D, Abou-Dakn M, Maresh MJA, Schaefer-Graf UM. Antenatal risk predic-tion of shoulder dystocia: influence of diabetes and obesity: a multicenter study. *Ar-chives of gynecology and obstetrics*. 2021. doi: 10.1007/s00404-021-06041-7.

IF: 2,37

Duewel AM, Doehmen J, **Dittkrist L**, Henrich W, Ramsauer B, Schlembach D, Abou-Dakn M, Maresh MJA, Schaefer-Graf UM. Antenatal Risk Score for Prediction of Shoul-der Dystocia with Focus on Fetal Ultrasound Data. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*. doi: 10.1016/j.ajog.2022.06.008.

IF: 10,693

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Erstbetreuerin und Doktormutter Frau Prof. Dr. Schäfer-Graf. Zunächst für das von ihr entgegengebrachte Vertrauen und die Vergabe der Doktorarbeit an mich aber auch für die unermüdliche Motivation und Unterstützung, insbesondere wenn eigene Zweifel überhandnahmen. Zudem möchte ich an dieser Stelle allen Beteiligten an dieser Studie danken, die durch ihre tagtägliche gewissenhafte Arbeit diese Studie erst möglich gemacht haben.

Julia Doehmen möchte ich auch danken, für den regen Austausch und Unterstützung durch die die Zeit und Arbeit sehr viel angenehmer wurde.

Weiterer Dank gebührt meinen Eltern und meiner Schwester, die mich in jeglichen Lebenssituationen unterstützen, motivieren und mir die Möglichkeit für das Studium und das Freisemester für die Datenerhebung gaben. Weiterhin möchte ich meiner Partnerin danken, die immer für mich da ist und meine Unausgeglichenheiten in stressigen Situationen kompensiert.