Aus der

Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin Tübingen

Kinderheilkunde IV

Körperzusammensetzung von sehr unreifen Frühgeborenen im Alter von 6 bis 10 Jahren

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Brückner, Johanna Catharina

2026

Dekanin: Professorin Dr. S. Y. Brucker

1. Berichterstatter: Professorin Dr. C. Wiechers
2. Berichterstatter: Professorin Dr. I. Mack

Tag der Disputation: 15.10.2026

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 7

Tabellenverzeichnis 10

Abkürzungsverzeichnis 12

1 Einleitung 14

1.1 Frühgeburtlichkeit 14

1.1.1 Allgemeines 14

1.1.2 Definition und Epidemiologie 14

1.1.3 Ernährung 15

1.1.4 Folgen von Frühgeburtlichkeit 18

1.2 Methoden und Verfahren zur Messung der Körperzusammensetzung 23

1.2.1 Body-Mass-Index 23

1.2.2 Hautfaltendicke 26

1.2.3 Körper-Kompartiment-Modelle 26

1.3 Ziel dieser Arbeit 30

1.3.1 Fragestellung 30

2 Probanden und Methoden 32

2.1 Studiendesign 32

2.2 Studienpopulation 32

2.3 Einschlusskriterien 32

2.4 Ausschlusskriterien 33

2.5 Abbruchkriterien 33

2.6 Methode 33

2.6.1 BodPod® 33

2.7 Studienablauf und Datenerhebung 35

2.7.1 Studienablauf 35

2.7.2 Vorbereitung der Messgeräte 36
2.7.3 Datenerhebung 37
2.7.4 Statistik 41
3 Ergebnisse 42
3.1 Probanden 42
3.2 Repräsentativität der Studienkohorte 44
3.3 Studienkohorte 46
3.3.1 Daten zum Zeitpunkt der Geburt 46
3.3.2 Daten und Ergebnisse der Messungen der Körperzusammensetzung mit 6 bis 10 Jahren 50
3.3.3 Daten der Eltern 52
3.4 Geschlecht 53
3.4.1 Daten und Ergebnisse der männlichen Studienprobanden 53
3.4.2 Daten und Ergebnisse der weiblichen Studienprobandinnen 55
3.4.3 Darstellung der Verteilungen von Körperfettanteil nach Gestationsalter, Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes und Geschlecht 57
3.4.4 Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen den männlichen und weiblichen Studienteilnehmern 59
3.4.5 Darstellung der Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Geschlecht 61
3.5 Gestationsalter bei Geburt 64
3.5.1 Daten und Ergebnisse der Frühgeborenen < 28 0/7 SSW 64
3.5.2 Daten und Ergebnisse der Frühgeborenen ≥ 28 0/7 SSW 66
3.5.3 Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen Frühgeborenen < 28 0/7 SSW und ≥ 28 0/7 SSW 68

3.5.4 Darstellung der Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Gestationsalter 70
3.6 Konstitution bei Geburt 74
3.6.1 Daten und Ergebnisse der SGA-Kinder 74
3.6.2 Daten und Ergebnisse der AGA-Kinder 76
3.6.3 Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen SGA- und AGA-Frühgeborenen 78
3.6.4 Darstellung der Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Konstitution bei Geburt 80
3.7 Korrelation der Geburtsdaten mit der Körperzusammensetzung 83
3.8 Korrelation der aktuellen Daten mit der Körperzusammensetzung 85
3.9 Korrelation des Body-Mass-Index mit der Körperzusammensetzung .. 87
3.10 Korrelation des Körperfettanteils nach Slaughter mit der Körperzusammensetzung 89
3.11 Korrelation des mütterlichen Body-Mass-Index mit dem kindlichen Körperfettanteil 91
3.12 Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen den Frühgeborenen und einer Referenzkohorte Reifgeborener 93
3.13 Übersicht zu Studien zum Thema Körperzusammensetzung bei Früh- und Reifgeborenen 102
4 Diskussion 105
4.1 Diskussion über den aktuellen Forschungsstand der Körperzusammensetzung bei Früh- und Reifgeborenen 106
4.1.1 Säuglingsalter 106
4.1.2 Kindesalter 109
4.2 Vergleich unserer Studiendaten mit der Literatur 112
4.3 Diskussion über den Unterschied zwischen den Geschlechtern 116

4.4 Diskussion über den Unterschied nach Gestationsalter 120
4.5 Unterschied nach Konstitution bei Geburt 122
4.6 Korrelation von Body-Mass-Index und Körperfettanteil 126
4.7 Korrelation von Hautfaltendicke und Körperfettanteil 129
4.8 Einfluss des mütterlichen Body-Mass-Index auf die kindliche Körperzusammensetzung 132
4.9 Stärken und Schwächen der Studie 133
4.9.1 Validierung der eingesetzten Methode 134
4.10 Fazit 136
5 Zusammenfassung 138
6 Literaturverzeichnis 140
7 Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift 150
8 Liste der Veröffentlichungen 151
9 Danksagung 152

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Übersicht der Körper-Kompartiment-Modelle 27
Abb.2: Kind auf der Körperwaage und im BodPod® 34
Abb.3: Flussdiagramm zur Erstellung der Studienkohorte 45
Abb.4: Häufigkeit des Gestationsalters bei Geburt 47
Abb.5: Häufigkeit des Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes nach WHO Child Growth Standards 47
Abb.6: Altersverteilung der Studienteilnehmer bei BodPod®-Messung 50
Abb.7: Streudiagramm: Verteilung des Körperfettanteils nach Gestationsalter und Geschlecht 57
Abb.8: Streudiagramm: Verteilung des Körperfettanteils nach Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes und Geschlecht 58
Abb.9: Streudiagramm: Verteilung des Körperfettanteils nach Alter bei Messung und Geschlecht 58
Abb.10: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körpergewichtes nach Geschlecht 61
Abb.11: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperlänge nach Geschlecht 62
Abb.12: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Body-Mass-Index nach Geschlecht 62
Abb.13: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körperfettanteils nach Geschlecht 63
Abb.14: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körpergewichtes nach Gestationsalter 70
Abb.15: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperlänge nach Gestationsalter 71
Abb.16: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Kopfumfanges nach Gestationsalter 71
Abb.17: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Body-Mass-Index nach Gestationsalter 72
Abb.18: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körperfettanteils nach Gestationsalter 72
Abb.19: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperfettmasse nach Gestationsalter 73

Abb.20: Box-Whisker-Plot: Vergleich der fettfreien Körpermasse nach Gestationsalter 73
Abb.21: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körpergewichtes nach Konstitution bei Geburt..... 80
Abb.22: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperlänge nach Konstitution bei Geburt..... 81
Abb.23: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Body-Mass-Index nach Konstitution bei Geburt..... 81
Abb.24: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körperfettanteils nach Konstitution bei Geburt..... 82
Abb.25: Streudiagramm: Korrelation des Gestationsalters mit dem Körperfettanteil 84
Abb.26: Streudiagramm: Korrelation des Alters bei Messung mit dem Körperfettanteil 85
Abb.27: Streudiagramm: Korrelation des Körperfettanteils mit dem Body-Mass-Index 89
Abb.28: Streudiagramm: Korrelation des Körperfettanteils nach Slaughter mit dem Körperfettanteil nach BodPod® 90
Abb.29: Streudiagramm: Korrelation des mütterlichen Body-Mass-Index mit dem kindlichen Körperfettanteil 92
Abb.30: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körpergewichtes der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht 98
Abb.31: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperlänge der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht 99
Abb.32: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Body-Mass-Index der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht 99
Abb.33: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körperfettanteils der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht 100
Abb.34: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperfettmasse der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht 100
Abb.35: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Anteils fettfreier Körpermasse der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht..... 101

Abb.36: Box-Whisker-Plot: Vergleich der fettfreien Körpermasse der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht 101

Tabellenverzeichnis

Tab.1: Gegenüberstellung von Geburtenkohorte und Studienkohorte 44
Tab.2: Demographische Daten 46
Tab.3: Klinische Daten der Studienkohorte bei Geburt, Entlassung und Verlegung 49
Tab.4: Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte 51
Tab.5: Demographische Daten zu den Eltern 52
Tab.6: Klinische Daten der männlichen Teilnehmer bei Geburt 53
Tab.7: Ergebnisse der Messungen der männlichen Teilnehmer 54
Tab.8: Klinische Daten der weiblichen Teilnehmerinnen bei Geburt 55
Tab.9: Ergebnisse der Messungen der weiblichen Teilnehmerinnen 56
Tab.10: Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Geschlecht... 60
Tab.11: Klinische Daten der Frühgeborenen < 28 0/7 SSW bei Geburt..... 64
Tab.12: Ergebnisse der Messungen der Frühgeborenen < 28 0/7 SSW..... 65
Tab.13: Klinische Daten der Frühgeborenen ≥ 28 0/7 SSW bei Geburt..... 66
Tab.14: Ergebnisse der Messungen der Frühgeborenen ≥ 28 0/7 SSW..... 67
Tab.15: Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Gestationsalter 69
Tab.16: Klinische Daten der SGA-Kinder bei Geburt 74
Tab.17: Ergebnisse der Messungen der SGA-Kinder 75
Tab.18: Klinische Daten der AGA-Kinder bei Geburt 76
Tab.19: Ergebnisse der Messungen der AGA-Kinder 77
Tab.20: Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Konstitution bei Geburt..... 79
Tab.21: Korrelation des Gestationsalters und der Körpermaße bei Geburt mit Werten der Körperzusammensetzung im Alter von 6 bis 10 Jahren..... 84
Tab.22: Korrelation des Alters und der Körpermaße mit Werten der Körperzusammensetzung im Alter von 6 bis 10 Jahren 86
Tab.23: Korrelation des Body-Mass-Index mit Werten der Körperzusammensetzung 87
Tab.24: Minimale und maximale Werte des Körperfettanteils und des Körpergewichtes nach Body-Mass-Index 88

Tab.25: Korrelation des vorhergesagten Körperfettanteils nach Slaughter mit dem Body-Mass-Index und Werten der Körperzusammensetzung 90
Tab.26: Korrelation des mütterlichen Body-Mass-Index mit dem Körperfettanteil, dem Body-Mass-Index und dem Körpergewicht der Kinder ... 91
Tab.27: Ergebnisse der Messungen der Früh- und Reifgeborenen 94
Tab.28: Ergebnisse der Messungen der männlichen Studienteilnehmer der Früh- und Reifgeborenen 96
Tab.29: Ergebnisse der Messungen der weiblichen Studienteilnehmerinnen der Früh- und Reifgeborenen 97
Tab.30: Übersicht zu Studien zum Thema Körperzusammensetzung im Schulalter bei Frühgeborenen(/Reifgeborenen) 103
Tab.31: Übersicht zu Studien zum Thema Körperzusammensetzung im Schulalter bei Reifgeborenen 104

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
Abb.	Abbildung
Abk.	Abkürzung(en)
ADP	Luftverdrängungsplethysmographie (Air displacement plethysmography)
AGA	Appropriate for gestational age
BF%	Körperfettanteil (Body fat percentage)
BFFM%	Anteil fettfreier Körpermasse
BFFM	Fettfreie (Körper-)Masse (Fat free mass)
BFM	(Körper-)Fettmasse (Fat mass)
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BMI	Body-Mass-Index
cm	Zentimeter
DM	Diabetes mellitus
DXA	Dual-Röntgen-Absorptiometrie (Dual Energy X-ray Absorptiometry)
FG	Frühgeborene(s)
g	Gramm
GA	Gestationsalter(s)
GG	Geburtsgewicht(es)
GKL	Körperlänge bei Geburt
GKU	Kopfumfang bei Geburt
HFD	Hautfaltendicke
IQR	Interquartilbereich
IVA	Isotopenverdünnungsanalyse
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht(es)
KL	Körperlänge
KU	Kopfumfang(es)
LBW	Low birth weight (Geburtsgewicht < 2500g)

M	Meter
m	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
N	Anzahl der Gesamtheit
N	Anzahl der Stichprobe
n.s.	nicht signifikant
P 10	10. Perzentile
P 25	25. Perzentile
P 50	50. Perzentile
P 75	75. Perzentile
PMA	Postmenstruelles Alter
PoC	People of Color
RG	Reifgeborene(s)
SD	Standardabweichung
SDS	Standard Deviation Score
SDS_{GG}	Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes
SDS_{GKL}	Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt
SDS_{GKU}	Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt
SDS_{KG}	Standard Deviation Score des Körpergewichtes
SDS_{KL}	Standard Deviation Score der Körperlänge
SGA	Small for gestational age
SSW	Schwangerschaftswoche
Tab.	Tabelle
VLBW	Very low birth weight (Geburtsgewicht < 1500g)
WHO	World Health Organization

1 Einleitung

1.1 Frühgeburtlichkeit

1.1.1 Allgemeines

Weltweit kommen jährlich etwa 13,4 Millionen Kinder zu früh zur Welt (Ohuma et al., 2023), das entspricht mehr als einer von zehn Geburten weltweit und damit etwa 9,9 % aller Lebendgeburten (World Health Organization, 2023a). Obwohl die Zahl der Todesfälle bei Frühgeborenen von 1,27 Millionen im Jahr 1990 um 47,4 % auf 0,66 Millionen im Jahr 2019 zurückgegangen ist (Cao et al., 2022), stellt Frühgeburtlichkeit mit den darauffolgenden Komplikationen weiterhin mit 28 % die häufigste Todesursache bei Neugeborenen in den ersten 4 Lebenswochen (Lawn et al., 2005) und mit 16 % bei Kindern unter 5 Jahren dar (Liu et al., 2016).

1.1.2 Definition und Epidemiologie

Als Definitionskriterien für die Bezeichnung „Frühgeborene“ (FG) gelten die Geburt eines Kindes vor der vollendeten 37. Schwangerschaftswoche (SSW) bzw. eine Schwangerschaftsdauer von weniger als 259 vollendeten Tagen seit dem ersten Tag der letzten Periode der Mutter (World Health Organization, 1977).

Basierend auf der Schwangerschaftsdauer zum Geburtszeitpunkt unterscheidet man zwischen extremen FG (< 28 SSW) (extremely preterm), frühen FG (28 - 32 SSW) (very preterm) sowie moderaten bis späten FG (32 - 37 SSW) (moderate to late preterm) (World Health Organization, 2023b, World Health Organization, 2023a). Mit einem Anteil von etwa 80 % aller Frühgeburten macht hierbei die Gruppe der moderaten bis späten FG die Mehrheit aus. Etwa 6 bis 7 % aller FG werden vor 28 SSW und etwa 10 % zwischen 28 und 32 SSW geboren (Frey and Klebanoff, 2016, World Health Organization, 2023a). Im internationalen Vergleich fallen deutliche Unterschiede am Anteil von FG an der Geburtenrate auf. Weltweit liegt der Anteil an FG bei 5 bis 18 %, wobei Länder

mit geringerem Einkommen („lower income countries“) mit etwa 12 % Frühgeburtlichkeit eine höhere Rate an FG aufweisen als Länder mit höherem Einkommen, bei denen der Anteil bei etwa 9 % liegt (World Health Organization, 2023a).

Entscheidend für das Überleben der FG ist hierbei die medizinische Versorgung zu Beginn des Lebens. 2021 starben 0,9 Millionen Neugeborene an den direkten Folgen von Frühgeburtlichkeit. In „lower income countries“ versterben etwa 90 % der extremen FG < 28 SSW bereits innerhalb der ersten Lebenstage, während in den „higher income countries“ in den ersten Tagen nur etwa 10 % versterben (World Health Organization, 2023a). Den größten Anteil an den jährlich weltweit geborenen FG haben mit etwa 50 % Asien und mit etwa 30 % das sub-saharische Afrika, während im Vergleich dazu der Anteil der FG in Europa bei lediglich 5 % liegt (Chawanpaiboon et al., 2019).

Um nicht nur das postnatale Überleben, sondern auch die langfristige Entwicklung und die Gesundheit der FG bestmöglich zu fördern und gesundheitliche Beeinträchtigungen vorzubeugen, steht die optimale Ernährung zunehmend im Fokus der aktuellen neonatologischen Forschung.

1.1.3 Ernährung

Im letzten Schwangerschaftsdrittel weisen Feten ein außerordentlich schnelles physiologisches Wachstum auf, welches FG analog auf der neonatologischen Intensivstation aufweisen. Aufgrund eines damit verbundenen deutlich erhöhten Nährstoffbedarf stellt die Ernährung von unreifen FG eine Herausforderung dar (Agostoni et al., 2010, Joosten et al., 2018). Da die sehr häufig auftretende extrauterine Wachstumsrestriktion von FG - im Vergleich zur intrauterinen Wachstumsrate gesunder Feten - während des Aufenthaltes auf neonatologischen Intensivstationen mit einer Beeinträchtigung der neurokognitiven und motorischen Entwicklung assoziiert ist, hat die Optimierung der Ernährung und das Erreichen von Wachstumsraten wie in utero in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen (Franz et al., 2009, Strømmen et

al., 2015, Ehrenkranz et al., 2006, Ramel et al., 2012, Martínez-Jiménez et al., 2020). Bei einem guten Wachstum von Körperlänge (KL), Körpergewicht (KG) und Kopfumfang (KU) in den ersten Lebenswochen zeigen sich im Folgenden deutlich bessere kognitive Leistungen und bessere motorische Fähigkeiten als bei Neugeborenen, die in den ersten Lebenswochen nur ein geringes, perzentilenflüchtiges Wachstum aufweisen (Pfister et al., 2013, Scheurer et al., 2018, Ramel et al., 2016). Hierbei wurde insbesondere ein positiver Effekt der Proteinzufuhr auf das neuronale Wachstum und die neuronale Differenzierung beobachtet (Pfister et al., 2013).

Aus diesem Grund wird bei FG zunehmend auf eine postnatale Gewichtszunahme geachtet, die etwa derer von Kindern der gleichen SSW in utero entspricht (Wiechers et al., 2022). Hierzu ist im Vergleich zu Reifgeborenen (RG) eine höhere Nährstoff- und Kalorienzufuhr notwendig. Embleton et al. veröffentlichten im Jahr 2023 aktualisierte Empfehlungen für die enterale Ernährung bei FG mit einem Geburtsgewicht (GG) unter 1800 g. Für ein stabil wachsendes FG wird eine Flüssigkeitszufuhr von 150 bis 180 ml, eine Kalorienzufuhr zwischen 115 und 140 kcal und eine Eiweißzufuhr zwischen 3,5 und 4,0 g pro Kilogramm KG pro Tag empfohlen. Die Zufuhr von Fett sollte zwischen 4,8 und 8,1 g pro Kilogramm KG pro Tag liegen. Embleton et al. weisen auch darauf hin, dass die Nährstoffzufuhr bei einem reduzierten Wachstumsverhalten entsprechend angepasst werden sollte (Embleton et al., 2023). Eine besondere Herausforderung ist jedoch die schrittweise Umstellung von einer teilparenteralen auf eine rein enterale Ernährung in den ersten ein bis drei Lebenswochen, in denen eine ausreichende Nährstoffzufuhr oft schwierig ist.

In der Kinderklinik des Universitätsklinikums Tübingen wird seit vielen Jahren auch bei kleinen FG nach einer kurzen Phase der nährstoffreichen, teilparenteralen Ernährung nach ca. 5 bis 7 Tagen auf eine volle enterale Ernährung umgestellt. Auf diese Weise kann ein adäquates Wachstum in den ersten Lebenswochen erreicht (Wiechers et al., 2022, Maas et al., 2018).

Allerdings gibt es auch Hinweise darauf, dass eine übermäßige und perzentilenflüchtige Gewichts- und Größenzunahme wie sie bei RG in den ersten Lebensmonaten beschrieben wurde, einen negativen Einfluss auf die langfristige metabolische Gesundheit haben kann (Ong et al., 2000). Soto et al. beobachteten 2003, dass sich eine rasche, über die Geburtsperzentile hinausgehende Gewichtszunahme bei ehemaligen reifgeborenen hypotrophen Neugeborenen im Alter von einem Jahr negativ auf die Insulinsensitivität und den Body-Mass-Index (BMI), sich eine rasche Größenzunahme dagegen negativ auf die Insulinsekretion auswirkt (Soto et al., 2003). Belfort et al. beobachteten die Entwicklung von ehemaligen FG oder Kindern mit einem GG unter 2500 g (low birth weight (LBW)) bis ins Alter von 18 Jahren und fanden heraus, dass eine lineare Gewichtszunahme nach der Geburt sich positiv auf die Kognition auswirkt, aber ebenso wie eine zu schnelle Zunahme des BMI innerhalb der ersten 18 Lebensmonate mit einem höheren Risiko für Übergewicht und Adipositas bis zum Alter von 18 Jahren einhergeht (Belfort et al., 2013). Bei starker Zunahme der Körperfettmasse (BFM) innerhalb der ersten 4 Monate zeigten sich bei frühen FG bereits im Alter von 4 Jahren erhöhte Blutdruckwerte (Pfister et al., 2018).

Ong und Loos betrachteten 21 Studien, die sich mit den Auswirkungen der schnellen Gewichtszunahme bis ins Alter von 2 Jahren befassten. Eine Zunahme des Standard Deviation Score (SDS) Wertes des KG um über 0,67 definierte in dieser Studie das Kriterium der schnellen Gewichtszunahme da hierbei von einem perzentilenflüchtigen Wachstum auszugehen ist. Obwohl die Studienergebnisse eine große Varianz aufweisen und sich das Ausmaß bei den Ergebnissen der Studien unterscheidet, weisen doch alle Studien eine positive signifikante Assoziation zwischen der Gewichtszunahme in den ersten 2 Lebensjahre, und späterer Adipositas auf (Ong and Loos, 2006).

1.1.4 Folgen von Frühgeburtlichkeit

1.1.4.1 Folgen auf das Wachstum und die Körperzusammensetzung

Zur Beurteilung des Wachstums werden in der Regel anthropometrische Parameter und der daraus errechnete BMI verwendet. Für detailliertere Aussagen zum Ernährungszustand ist jedoch die Bestimmung der Körperzusammensetzung von besonderer Bedeutung. Auf die verschiedenen Messmethoden und Anwendungsmöglichkeiten im Kindesalter wird in Kapitel 1.2 näher eingegangen,

Die körperliche Konstitution von Kindern und das frühkindliche Wachstum stehen in engem Zusammenhang mit der späteren körperlichen Gesundheit und der kognitiven Entwicklung. Gerade FG, die bei Geburt signifikant kleiner und leichter sind, sind hierbei speziell zu betrachten (Uthaya et al., 2005, Ramel et al., 2011, Fewtrell et al., 2004, Daly-Wolfe et al., 2015, Hamatschek et al., 2020). Aufgrund der erhöhten neonatalen Morbidität, der Unreife des Gastrointestinaltraktes und des im Vergleich zu RG deutlich erhöhten Nährstoffbedarfs wachsen FG mit niedrigem Gestationsalter (GA) in der Neonatalperiode häufig nicht entlang ihrer Geburtsperzentile, sondern zeigen eine extrauterine Wachstumsrestriktion, die sich negativ auf die Entwicklung der FG auswirken kann (Clark et al., 2003, Gidi et al., 2020). Durch eine an diese Bedürfnisse angepasste postnatalen Ernährung wird versucht, ein Wachstum entlang der intrauterinen Perzentile zu ermöglichen.

Im Vergleich zu RG weisen FG zum Zeitpunkt des errechneten Geburtstermins mit einem höheren Körperfettanteil (BF%) und einem niedrigeren Anteil fettfreier Körpermasse (BFFM%) eine andere Körperzusammensetzung auf als RG. Durch einen erhöhten BF%, insbesondere des intraabdominellen Fetts, kann die Entstehung von metabolischen Erkrankungen und von Adipositas begünstigt werden (Uthaya et al., 2005, Hovi et al., 2007, Belfort et al., 2013, Ong et al., 2000, Johnson et al., 2012). Bei Kindern im Alter von 4 Jahren konnte bei einer Zunahme an fettfreier Körpermasse (BFFM) hingegen eine Assoziation zu einer besseren kognitiven Entwicklung gefunden werden (Pfister et al., 2018).

Die weitere Entwicklung der anthropometrischen Werte und der Körperzusammensetzung ehemaliger FG im Laufe der Kindheit und Adoleszenz zeigen ist bisher kaum untersucht worden. Einige Studien weisen darauf hin, dass FG im Laufe der kindlichen Entwicklung weiterhin signifikant kleiner (Fewtrell et al., 2004) und leichter bleiben als RG (Huke et al., 2013, Forsum et al., 2020). Bei Stigson et al. ergaben Messungen der Körperzusammensetzung ehemaliger FG (< 32 SSW) im Alter von 4 Jahren eine signifikant geringere BFFM und eine signifikant höhere BFM im Vergleich zu gleichaltrigen ehemals RG, wohingegen Forsum et al. eine sowohl signifikant geringere BFFM, als auch eine signifikant geringere BFM bei FG beobachteten (Stigson et al., 2014, Forsum et al., 2020). Bei Scheurer et al. fanden sich keine Differenzen bei den Merkmalen der Körperzusammensetzung von ehemaligen FG im Alter von 4 Jahren im Vergleich zu gleichaltrigen ehemals RG (Scheurer et al., 2017). In der späteren Kindheit gibt es nur wenige Studien und widersprüchliche Ergebnisse über die Körperzusammensetzung beim Vergleich von FG und RG (Fewtrell et al., 2004, Huke et al., 2013, Stigson et al., 2014).

1.1.4.2 Metabolische Folgen

In den 90er Jahren veröffentlichten Barker und Hales die sogenannte „thrifty phenotype hypothesis“, die Hypothese des sparsamen Phänotypes. Sie besagt, dass ein intrauteriner Mangel an Nährstoffen zu einer intrauterinen Wachstumsrestriktion führen und sich bis ins Erwachsenenleben negativ auswirken kann. Indem sich der Fötus dem Nährstoffmangel anpasst und die vorhandenen Nährstoffe für die Versorgung lebenswichtiger Organe und nicht für das Wachstum nutzt, kommt es zu einer Art Fehlprogrammierung des Glucose- und Insulinstoffwechsels, der sich bis ins Erwachsenenleben auswirken und sowohl kardiovaskuläre als auch metabolische Erkrankungen auslösen kann (Hales and Barker, 2001, Barker, 1997). Dies ist vor allem auch bei FG zu beobachten. Sowohl eine intrauterine als auch eine postnatale Wachstumsrestriktion, wie sie bei FG während des Aufenthaltes auf der neonatologischen Intensivstation häufig zu beobachten ist, könnten dieses Risiko für metabolische Erkrankungen zusätzlich erhöhen.

Im Gegensatz dazu stehen auch ein zu schnelles körperliches Wachstum sowie eine übermäßige Gewichtszunahme im ersten Lebensjahr (Casey et al., 2012) und in der Kindheit im Verdacht, mit einem höheren Risiko für Übergewicht, Insulinresistenz und arterieller Hypertension im Erwachsenenalter einherzugehen (Rotteveel et al., 2008, Young et al., 2012). Eine erhöhte Insulinresistenz kann auch bei jungen Erwachsenen, die mit einem GG unter 1500 g (very low birth weight (VLBW)) geboren wurden, beobachtet werden. Sie weisen zusätzlich zur einer erhöhten Insulinresistenz weitere begünstigende Faktoren für die Entstehung von Diabetes mellitus (DM) Typ 2 auf wie beispielsweise eine geringere Insulinsensitivität und eine erhöhte Glucoseintoleranz. Zudem sind höhere Blutdruckwerte im Sinne einer arteriellen Hypertonie auffällig (Soto et al., 2003, Hovi et al., 2007, Hofman et al., 2004, Rotteveel et al., 2008, Parkinson et al., 2013, Sinaiko et al., 2006).

Adipositas, DM Typ 2 sowie arterielle Hypertonie zählen zu den vaskulären Risikofaktoren, d.h. das Vorliegen dieser Risikofaktoren bereits im Kindesalter erhöht die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und kardiovaskulärer Ereignisse im Laufe des Lebens (Parkinson et al., 2013). Raitakari et al. beschrieben in ihrer Studie aus dem Jahr 2005, dass der BMI in jungen Jahren signifikant mit dem BMI im späteren Erwachsenenleben zusammenhängt. Überdies war Adipositas in der Kindheit signifikant mit einem Anstieg des kardiovaskulären Risikos, beispielsweise durch eine Verdickung der Intima-media der Arteria carotis (Carotid artery intima-media thickness (IMT)) und einer verminderten Elastizität der Arterien im Erwachsenenalter assoziiert (Raitakari et al., 2005). Die IMT wird als präklinisches Zeichen für Atherosklerose und zukünftige koronare Herzerkrankungen gewertet. Bei einer Verdickung steigt die Wahrscheinlichkeit von kardiovaskulären Ereignissen (Raitakari et al., 2005, O'Leary and Polak, 2002, Steinberger et al., 2001).

1.1.4.3 Wachstumsretardierung

Kinder, die bei der Geburt mit dem Körpergewicht (GG) und/oder der Körperlänge (GKL) unterhalb der 10. Perzentile liegen oder sich mehr als

2 Standardabweichungen (SD) unterhalb des Mittelwertes einer Referenzkohorte befinden, werden als “small for gestational age“ (SGA) bezeichnet. Kinder, die ihrem GA entsprechende Körpermaße aufweisen, tragen die Bezeichnung „appropriate for gestational age“ (AGA) (Lee et al., 2003). Als Referenzwerte können hierbei beispielsweise die „WHO Child Growth Standards“ der Weltgesundheitsorganisation (WHO) genutzt werden (World Health Organization, 2009).

Ein fetales Wachstumsdefizit kann sowohl maternalen (z.B. Präeklampsie, chronische Erkrankungen der Mutter), plazentaren (z.B. Plazentainsuffizienz) als auch fetalen Ursprungs (z.B. genetische Erkrankungen, konnatale Infektionen) sein (Iughetti et al., 2017). Hokken-Koelega et al. veröffentlichten im Jahr 1995 eine Studie, in der sie das Wachstum von SGA-Kindern, definiert durch einen SDS der GKL unterhalb der 3. Perzentile (P3) (SDS_{GKL} < -1,88), bis zum Alter von 2 Jahren beobachteten. Die Mehrheit der Kinder zeigte bis zum 2. Lebensjahr ein Aufholwachstum, und ca. 85 % der Kinder erreichten eine Größe oberhalb der 3. Perzentile. Zudem zeigten die Studienergebnisse, dass es keinen signifikanten Unterschied dieses Aufholwachstums zwischen ehemals FG SGA-Kindern (83 %) und RG SGA-Kindern (88 %) gab. Dennoch kam es bei 10 bis 15 % der SGA-Kinder nicht zu einem Aufholwachstum und sie blieben bis ins Erwachsenenalter kleiner (≤ 2 SD) (Hokken-Koelega et al., 1995).

Ibáñez et al. detektierten in einer longitudinal durchgeführten Studie aus dem Jahr 2006, dass SGA-Kinder von Geburt an bis zum 2. Lebensjahr eine schnellere Gewichtzunahme aufweisen als Kinder, die als AGA-Kinder geboren wurden. Im Alter von 4 Jahren wiesen diese SGA-Kinder einen deutlich höheren BF%, vor allem abdominellem Fett, sowie eine geringere BFFM auf. Des Weiteren zeigte sich eine erhöhte Insulinresistenz der SGA-Kinder im Vergleich zu AGA-Kindern (Ibáñez et al., 2006, Ong et al., 2000).

Neben den Einflüssen auf die körperliche Entwicklung und einem vermehrten Auftreten einer extrauterinen Wachstumsretardierung (Clark et al., 2003) kann

sich der SGA-Status bei Geburt zudem negativ auf die neurokognitive Entwicklung der Kinder auswirken (De Jesus et al., 2013).

1.1.4.4 Kognitive und motorische Folgen

Ab dem Ende des zweiten Trimenons bis zum errechneten Geburtstermin findet ein entscheidender Teil der Hirnentwicklung statt. In diesem Zeitraum wächst und reift das Kleinhirn um 384 %, das gesamte Gehirn und Hirnvolumen um 230 % und der Hirnstamm um 134 % (Clouchoux et al., 2012).

Aarnoudse-Moens et al. haben 2009 in einer Metaanalyse von 25 Studien mit insgesamt N = 4125 FG und/oder VLBW-Kindern herausgefunden, dass bei extremen FG und VLBW-Kindern vermehrt Aufmerksamkeitsstörungen, Verhaltensauffälligkeiten und moderate bis schwere Defizite in der akademischen Leistung und bei exekutiven Funktionen beobachtbar sind (Aarnoudse-Moens et al., 2009). Zusätzlich zeigen FG mit intrauteriner Wachstumsretardierung (IUGR) durch veränderte Hirnmetabolitenprofile während der Hirnreifung einen veränderten Hirnaufbau im Vergleich zu Kindern ohne IUGR. Dies kann zu veränderten neurologischen Entwicklungsverläufen und damit zu signifikant geringeren kognitiven Fähigkeiten führen (Sacchi et al., 2021, Simões et al., 2017). Aber auch motorische Beeinträchtigungen und verminderte Gedächtnisfunktionen (de Kieviet et al., 2009, Scheurer et al., 2018) sowie neurologische und neurosensorische Störungen nehmen bei abnehmendem GG zu (Vohr et al., 2000). Eine ausreichende Zunahme an BFFM, beispielsweise durch eine ausreichende Proteinzufuhr kann sich bei frühen FG möglicherweise positiv auf die kognitive Verarbeitungsgeschwindigkeit auswirken (Pfister et al., 2018).

1.2 Methoden und Verfahren zur Messung der Körperzusammensetzung

1.2.1 Body-Mass-Index

Als gängige Messmethode zur Bestimmung von Unter-, Normal- und Übergewicht bei Erwachsenen wird im Alltag der BMI genutzt. Hierbei wird mithilfe der Körpergröße (in m^2) und des Körpergewichts (in kg) anhand der Formel

$$BMI = \frac{Körpergewicht\ (in\ kg)}{Körpergröße\ (in\ m)^2}$$

ein Wert errechnet, der eine Einteilung ermöglicht, ob ein Erwachsener als untergewichtig (BMI < 18,5 kg/m^2), normalgewichtig (BMI = 18,5-24,99 kg/m^2), übergewichtig (BMI ≥ 25 kg/m^2) oder adipös (BMI ≥ 30 kg/m^2) einzustufen ist (Cole et al., 2000, Kuriyan, 2018, World Health Organization, 2000).

Da sich bei Kindern das Verhältnis von Größe und Gewicht während des Wachstums ständig verändert, liegen im Vergleich zu Erwachsenen keine eindeutigen BMI-Grenzwerte für Übergewicht und Adipositas vor. Stattdessen empfiehlt die Arbeitsgemeinschaft „Adipositas im Kindes- und Jugendalter“ der „Deutschen Adipositas-Gesellschaft (DAG) e.V.“ die Einschätzung der Gewichtsklasse über geschlechts- und altersspezifische Perzentilenkurven nach Kromeyer-Hauschild. Als „Übergewicht“ wird hierbei ein Gewicht über der 90. Perzentile und als „Adipositas“ ein Gewicht über der 97. Perzentile definiert (Kromeyer-Hauschild et al., 2001, Schienkiewitz et al., 2018). Ein hoher BMI im Kindesalter wird als starker Prädiktor für Übergewicht im Erwachsenenleben angesehen (Raitakari et al., 2005, Steinberger et al., 2001, Eriksson et al., 2003). Bei einer von Eriksson et al. durchgeführten Studie aus dem Jahr 2003 wiesen alle Studienteilnehmer, die im Erwachsenenalter übergewichtig waren, bereits von Geburt an bis zum 12. Lebensjahr durchgehend sowohl ein überdurchschnittlich hohes KG als auch überdurchschnittlich erhöhte BMI-Werte auf (Eriksson et al., 2003).

Der BMI hat jedoch Schwächen, da er den individuellen Körperbau, der durch Alter, Geschlecht, BF% und ethnische Zugehörigkeit beeinflusst wird, nicht berücksichtigt (Gallagher et al., 2000, Wagner and Heyward, 2000, Ellis et al., 1999).

Zum einen wird die physiologische Veränderung des Körpers mit dem Alter nicht beachtet. Beispielsweise wird ein physiologischer Muskelschwund (Sarkopenie) und die Zunahme der BFM im Alter, welche wesentlich zu erhöhter Morbidität und Mortalität beitragen, nicht im Ergebnis des BMI berücksichtigt (Kuriyan, 2018). Somit können zwei Personen mit einem Altersunterschied von 40 Jahren bei gleicher Größe und gleichem Gewicht den gleichen BMI haben, die Körperzusammensetzungen können jedoch stark voneinander abweichen.

Zum anderen wird das Geschlecht nicht berücksichtigt, das insbesondere im Hinblick auf den von Natur aus höheren Muskelanteil bei Männern eine nicht unwesentliche Rolle spielt. Bereits im Kindesalter weisen Jungen einen höheren BFFM% und einen niedrigeren BF% als gleichaltrige Mädchen auf (Wiechers et al., 2019). In den von Wells et al. im Jahr 2000 und Forsum et al. im Jahr 2013 durchgeführten Studien zeigten sich starke Unterschiede des BF% bei gleichen BMI-Werten. Bei Forsum et al. wurde bei Kindern mit einem BMI von 15 und 16 kg/m^2 eine Spanne des BF% von 14,3 % bis 32,5 % mittels Air displacement plethysmography (ADP) gemessen (Forsum et al., 2013, Wells, 2000). Dies zeigt, dass die alleinige Betrachtung des BMI-Wertes keinen Aufschluss darüber gibt, wie hoch der BF% ist. Zudem zeigte eine aktuelle Studie von He et al., dass das kardiometabolische Risiko, definiert durch das Auftreten von Dyslipidämien, Hyperglykämien, Hypertonie und Übergewicht, mit dem BF%, aber nicht mit dem BMI assoziiert ist (He et al., 2023).

Weitere Faktoren, die den kindlichen BMI beeinflussen, sind neben dem sozialökonomischen Status und dem Bildungsniveau auch der mütterliche BMI und das Ausmaß der Gewichtszunahme während der Schwangerschaft (Eriksson et al., 2003). Castillo et al. stellten 2015 in einer Studie fest, dass Kinder

von Frauen, die bereits vor der Schwangerschaft übergewichtig waren, im Alter von 6 Jahren häufiger adipös sind als Kinder von normalgewichtigen Frauen. Dies trifft ebenso für Kinder zu, deren Mütter eine massiv über den BMI empfohlene Gewichtszunahme während der Schwangerschaft aufwiesen (Castillo et al., 2015).

Die meisten Studien zur Bestimmung der Körperzusammensetzung wurden in Europa und den USA und somit an Kaukasiern durchgeführt. Es bestehen jedoch einige Unterschiede im Körperbau zwischen Kaukasiern und People of Color (PoC), die sich auf die Berechnung des BMI auswirken können. Zum einen wurden bereits in den 50er Jahren durch Studien von Merz et al. und Seale et al. die Skelette von Kaukasiern und PoC verglichen. Es stellte sich heraus, dass die Knochen und damit das Skelett von PoC schwerer und Unterarme und Beine länger sind als bei Kaukasiern (Merz et al., 1956, Seale, 1959). Zum anderen zeigten sich Unterschiede in der Fettverteilung und Magermasse (d.h. Differenz aus KG und BFM) des Körpers. PoC besitzen eine geringere Menge an subkutanem Fett an den Extremitäten, dafür mehr viszerales Fett am Stamm (Zillikens and Conway, 1990). Die Magermasse des Körpers ist bei PoC mit etwa 1,113 g/cm^3 dichter als bei Kaukasiern mit 1,100 g/cm^3, was sich ebenfalls auf das Gewicht auswirkt (Schutte et al., 1984).

Zusammenfassend spiegelt der BMI eine ungefähre Orientierung wider, in welcher Gewichtskategorie sich eine Person befindet oder kann zur Beurteilung von kurzfristigen Veränderungen des Ernährungszustandes eines Individuum genutzt werden (Wells, 2000). Dennoch fehlen durch das Nichtbeachten einiger natürlicher körperlicher Faktoren wie zum Beispiel des Alters, des Geschlechtes, des BF% und der Ethnizität wichtige Indikatoren, die für die Beurteilung des Risikos für metabolische Erkrankungen wichtig sind. Somit ist der BMI für die Einschätzung der genauen Körperzusammensetzung in der Regel nicht sensitiv genug (Wells, 2000, Kuriyan, 2018, Wagner and Heyward, 2000).

1.2.2 Hautfaltendicke

Die Messung der Hautfaltendicke (HFD) ist ein Verfahren, welches unter Nutzung einer Caliperzange zur Einschätzung des BF% genutzt wird. Vorteil dieser Methode ist eine günstige, schnelle und einfache Messung, die überall durchführbar und nicht invasiv ist. Zudem liefert sie genaue Ergebnisse zur Beurteilung der Körperzusammensetzung (Daly-Wolfe et al., 2015), ist aber insbesondere für adipöse Kinder nicht ausreichend (Wells and Fewtrell, 2006). Anhand der Messwerte der HFD haben Slaughter et al. (Slaughter et al., 1988), Schmelzle und Fusch (Schmelzle and Fusch, 2002) und weitere Forschergruppen Formeln entwickelt, mithilfe derer man den BF% von Kindern und Erwachsenen abschätzen können soll.

Kouwenhoven et al. verglichen bei Kindern im Alter von einem Monat bis zwei Jahren den durch die HFD vorhergesagten BF% mit Messwerten aus Körperfettmessungen, die mittels ADP erhoben wurden. Hierbei zeigten sich signifikante Unterschiede bei den Fettwerten zwischen den beiden Messmethoden (Kouwenhoven et al., 2021). Auch Yumani et al. führten 2021 einen Vergleich zwischen den vorhergesagten BF% und Messergebnissen mittels Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA) durch. Auch hierbei stimmten die beiden Fettwerte nicht überein (Yumani et al., 2021). Andere Studien fanden Übereinstimmungen der geschätzten und der tatsächlich erhobenen Werte, wobei sich diese teilweise in ihrer Genauigkeit je nach BF% unterschieden (Freedman et al., 2013, Steinberger et al., 2005).

1.2.3 Körper-Kompartiment-Modelle

Um die Körperzusammensetzung detaillierter zu ermitteln, gibt es verschiedene Modelle und Messmethoden, die sich in der Genauigkeit der Messergebnisse in Bezug auf die unterschiedlichen Kompartimente des Körpers unterscheiden.

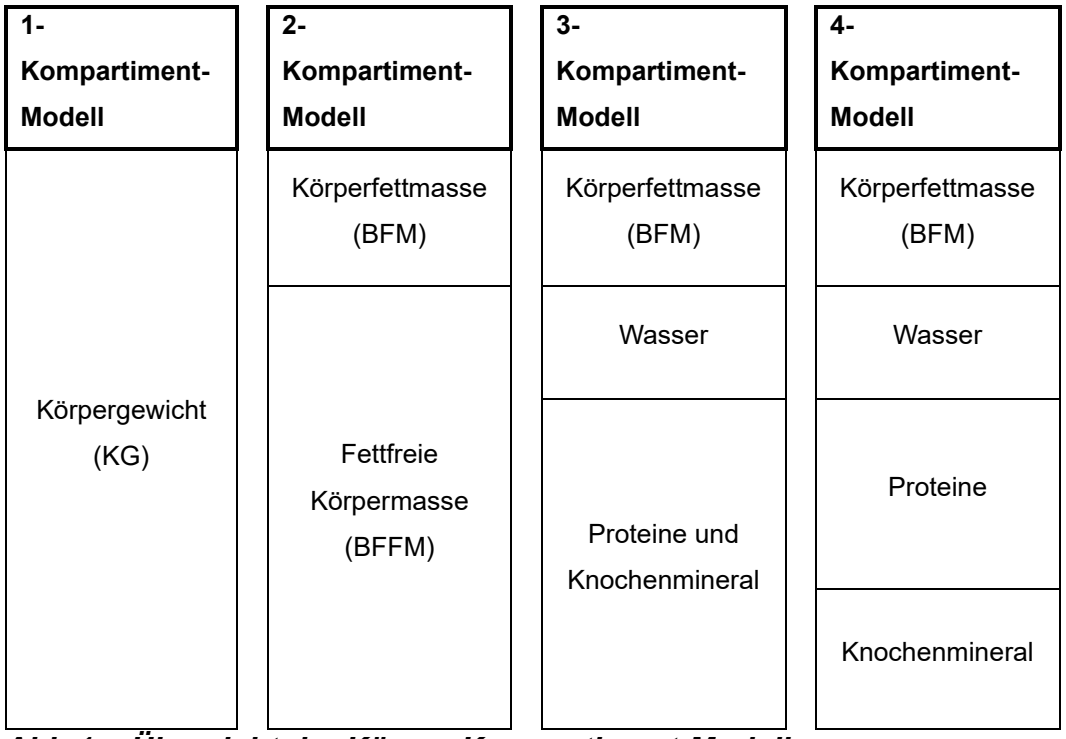


Abb.1: Übersicht der Körper-Kompartiment-Modelle

Adaptiert nach (Kuriyan, 2018), (Strydom et al., 2019) und (Andrews et al., 2019)

Als einfachstes Modell steht das 1-Kompartiment-Modell zur Verfügung, welches rein die Erhebung des KG beinhaltet (Kuriyan, 2018) .

Im 2-Kompartiment-Modell werden die BFM und die BFFM des Körpers unterschieden (Strydom et al., 2019, Kuriyan, 2018). Dies kann durch diverse Verfahren erfolgen. Am häufigsten genutzt werden die Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA) oder die Luftverdrängungsplethysmographie (Air displacement plethysmography (ADP)). Weitere Möglichkeiten wie die Isotopenverdünnungsanalyse, die Bioelektrische Impedanzanalyse und die Magnetresonanztomographie erweitern das Spektrum der Messmethoden. Das 4-Kompartiment-Modell nutzt im Vergleich zu den anderen Modellen ein aufwändigeres, aus mehreren Messmethoden bestehendes Messverfahren, welches ausführlichere Ergebnisse über die Körperzusammensetzung liefert. Neben der BFM werden auch die Anteile an Körperwasser, Proteinen und Knochenmineralen durch verschiedene Messungen analysiert (Ellis et al., 2007).

Alle Messmethoden haben Vor- und Nachteile und sind unterschiedlich gut zur Bestimmung der Körperzusammensetzung im Kindesalter geeignet.

1.2.3.1 Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA)

Bei der DXA wird die Dichte des Körpers messbar, indem ausgesendete ionisierende Röntgenstrahlung bei Durchtritt durch den Körper abgeschwächt und damit die Dichte des Körpers widergespiegelt wird. Obwohl dieses Verfahren schnell und nicht invasiv durchführbar ist, weist es dennoch einige Nachteile auf, die dieses Messverfahren gerade im Kindesalter ungeeignet macht. Dazu zählen die bei der Messung notwendige Röntgenstrahlung und die erforderliche Compliance des Probanden, während der Untersuchung 10 bis 20 Minuten ruhig zu liegen, welche bei Kindern häufig nicht gegeben ist. Zudem ist diese Methode besser für die Knochendichtemessung als für sonstige Gewebemessungen geeignet (Wells and Fewtrell, 2006, Fields et al., 2012).

1.2.3.2 Air displacement plethysmography (ADP)

Die ADP hingegen ist durch eine schnelle, nicht invasive und strahlenfreie Messung und daher insbesondere für Kinder sehr gut geeignet. Studien konnten darlegen, dass die Messung für Säuglinge bis 8 Kilogramm (kg) mittels PeaPod® (COSMED USA, Inc) sowie für Kinder ab 8 kg und Erwachsene mittels BodPod® (COSMED USA, Inc) geeignet ist und zuverlässige Messdaten liefert (Fields et al., 2012, Fields and Allison, 2012, Fields et al., 2015, Fields and Goran, 2000, Urlando et al., 2003). Nachteile dieser Methode sind die hohen Anschaffungskosten und die Notwendigkeit klimatisierte Raumbedingungen.

1.2.3.3 Sonstige Messverfahren

Weitere Verfahren wie die Isotopenverdünnungsanalyse (IVA), die Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) und die Magnetresonanztomographie (MRT) stehen ebenfalls für die Messung der Körperzusammensetzung zur Verfügung, weisen aber einige Limitationen in ihrer Nutzung auf.

Die IVA ist in der Durchführung einfach, jedoch ist die Anwendung kostenintensiv und es kommt zu zeitlichen Verzögerungen bis zum Vorliegen der Ergebnisse. Zudem können die Messungen durch den Hydratationsstatus des Probanden beeinflusst werden und zu einer Verfälschung der Ergebnisse führen (Wells et al., 2020).

Die BIA ist in ihrer Durchführung kostengünstig, nicht invasiv und nicht ortsgebunden. Lingwood et al. konnten jedoch in einer aus dem Jahr 2012 veröffentlichten Studie bei Neugeborenen bzw. Säuglingen keine (bis zum 3. Lebensmonat) bzw. kaum (zwischen 3. - 4,5. Lebensmonat) Vorteile gegenüber anthropometrischen Messungen bei der Abschätzung der BFFM und des BF% feststellen (Lingwood et al., 2012).

Eine weitere nicht invasive und strahlungsfreie Methode ist die Messung mittels MRT. Im Vergleich zur Messung mittels ADP gibt die MRT detailliertere Auskunft über die Fettverteilung im Körper. Limitierend für die Durchführbarkeit im Kindesalter sind jedoch ein erhöhter Geräuschpegel während der Untersuchung und ein damit möglicherweise verbundener Sedierungsbedarf sowie eine längere Dauer des Messvorganges. Bewegungsartefakte und hohe Kosten bei der Nutzung limitieren den Einsatz zusätzlich (Dyke et al., 2018).

1.3 Ziel dieser Arbeit

FG haben ein erhöhtes Risiko für eine postnatale Wachstumsrestriktion und negative Auswirkungen auf die metabolische Gesundheit. Die Ermittlung der Körperzusammensetzung von ehemaligen FG im Laufe der Kindheit bietet mehr Informationen zum Ernährungszustand als die Messung der anthropometrischen Parameter allein.

Eine Analyse der Körperzusammensetzung bei ehemaligen FG < 32 SSW im Alter zwischen 6 und 10 Jahren mittels ADP existiert nach aktuellem Kenntnisstand nicht. In unserer Studie wird die Messung mittels ADP aufgrund ihrer Präzision und Zuverlässigkeit der Messerergebnisse und der Eignung zur Messung in jeder Altersklasse als Standardmethode bei der Erhebung der Körperzusammensetzung sowohl im Neugeborenenalter mittels PeaPod® als auch im Kindesalter mittels BodPod® genutzt.

Ziel dieser Studie ist es, Daten über das Wachstum und die Körperzusammensetzung mittels ADP von 6- bis 10- jährigen ehemaligen sehr unreifen FG < 32 SSW zu erheben. In unserer Studie wird die Messung mittels ADP aufgrund ihrer Präzision und Zuverlässigkeit der Messerergebnisse und der Eignung zur Messung in jeder Altersklasse als Standardmethode bei der Erhebung der Körperzusammensetzung sowohl im Neugeborenenalter (PeaPod®) als auch im Kindesalter (BodPod®) genutzt. Eine Analyse der Körperzusammensetzung bei ehemaligen FG < 32 SSW im Alter zwischen 6 und 10 Jahren mittels ADP existiert nach aktuellem Kenntnisstand nicht.

1.3.1 Fragestellung

1. Welche Messwerte für die Körperzusammensetzung lassen sich von ehemaligen Frühgeborenen < 32 SSW im Alter von 6 bis 10 Jahren ermitteln?
2. Wie unterscheiden sich verschiedenen Subgruppen untereinander?
    a. Jungen vs. Mädchen

   b. FG < 28 0/7 SSW vs. FG ≥ 28 0/7 SSW
   c. SGA vs. AGA
3. Besteht ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Körperzusammensetzung mittels ADP und den Ergebnissen anderer Messmethoden im Zusammenhang mit Körperfett/Fettleibigkeit (Hautfaltendickenmessung, BMI)?
4. Welche Unterschiede zeigen sich beim Vergleich von FG und RG im Alter von 6 bis 7 Jahren?

Die Daten dieser Arbeit wurden im Rahmen der SLAB-Studie (Sleep-Activity-Body-Studie) erhoben, hier wurde in Kombination mit der Messung der Körperzusammensetzung ebenfalls eine einwöchige Schlaf- und Aktivitätserhebung mittels Aktigraphie, Messung der Blutdruckwerte und der anthropometrischen Wachstumsdaten im Rahmen der Kindervorsorgeuntersuchungen in den ersten Lebensjahren erhoben. Da die Daten der Schlaf- und Aktivitätsanalyse in anderen Dissertationen beschrieben werden, wird im Folgenden nicht weiter auf diese Daten eingegangen.

2 Probanden und Methoden

2.1 Studiendesign

Die Studie wurde als klinisch prospektive und epidemiologische Studie durchgeführt. Unter der Projektnummer 103/2022BO2 erfolgte durch die Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Universität Tübingen im März 2022 eine erste Einschätzung zur Unbedenklichkeit und im Mai 2022 die endgültige Genehmigung.

2.2 Studienpopulation

Im Zeitraum vom 01.01.2012 bis zum 31.10.2016 wurden in der Neonatologie der Universitätskinderklinik Tübingen N = 543 FG mit einem GA < 32 SSW geboren und postnatal behandelt. Von diesen Kindern konnten n = 510 (94 %) lebend entlassen werden.

Im Sommer 2021 erfolgte im Rahmen einer vorherigen Doktorarbeit die Messung einer Referenzkohorte von N = 92 ehemaligen Einlings-RG im Alter von 6 bis 7 Jahren. Die Kinder wurden ebenfalls mit dem BodPod® gemessen (Ethikkommission Projektnummer 161/2021BO1). Bei n = 17 Kindern lag während der Schwangerschaft ein Gestationsdiabetes vor, daher wurden sie aus der Referenzkohorte reifer Kinder ausgeschlossen. Die Ergebnisse der restlichen n = 75 Kinder aus diesen Messungen wurden für den Vergleich mit den 6- und 7-jährigen FG unserer Studienkohorte verwendet.

2.3 Einschlusskriterien

Teil der Studienkohorte waren alle Kinder, die zwischen dem 01.01.2012 und dem 31.10.2016 in der Universitätsklinik Tübingen < 32 SSW geboren und postnatal behandelt worden waren und damit zum Zeitpunkt der Messungen

zwischen 6 und 10 Jahre alt waren. Das schriftliche Einverständnis von mindestens einem Elternteil musste zum Zeitpunkt der Messung vorliegen.

2.4 Ausschlusskriterien

Von der Studie wurden Kinder ausgeschlossen, die im genannten Zeitraum außerhalb Tübingens in anderen Kliniken im genannten Zeitraum geboren und nur postpartal in Tübingen behandelt wurden. Des Weiteren wurden alle Kinder ausgeschlossen, die zum Messzeitpunkt verstorben waren oder bei denen keine schriftliche Einverständniserklärung eines Erziehungsberechtigten vorlag. Ein weiteres Ausschlusskriterium für die Studienteilnahme lag vor, wenn aufgrund von Erkrankungen oder Fehlbildungen und anderen Faktoren (z.B. Chromosomenstörungen) von einer veränderten körperlichen Entwicklung auszugehen war.

2.5 Abbruchkriterien

Die teilnehmenden Familien (Kinder und/oder Erziehungsberechtigte) konnten zu jedem Zeitpunkt der Durchführung ihre Teilnahme ablehnen oder widerrufen oder im Anschluss an die Messung die Löschung der erhobenen Daten fordern.

2.6 Methode

2.6.1 BodPod®

Das BodPod®-Gerät der Firma COSMED USA, Inc. ist seit 1995 zur Messung der Körperzusammensetzung als ADP-Gerät verfügbar (McCrory et al., 1995).

2.6.1.1 Grundlagen

Die Körperanalyse mittels ADP nutzt zur Messung der Ganzkörperdichte (D_B) und unter Berücksichtigung der Körpermasse (M_B) und des Körpervolumens (V_B) den Zusammenhang von Druck und Volumen (sowie Luftverdrängung) im genutzten

Messgerät. Zur Anwendung kommen hierbei die Gasgesetze von Boyle-und-Mariotte (Zusammenhang zwischen Druck p und Volumen V unter Konstanthaltung der Temperatur und Teilchenzahl eines Gases) und das Poisson´sche Gasgesetz, welches zudem adibatische Zustandsänderungen (z.B. durch Körpertemperatur) beachtet.

Durch einen fest definierten Dichtewert für die BFM (D_{BFM} = 0,9007 g/cm^3) und verschiedene altersabhängige Dichtewerte der BFFM (D_{BFFM}) werden im Anschluss der BF% und die BFFM errechnet (Fomon et al., 1982, Yao et al., 2003, Kuriyan, 2018, Urlando et al., 2003).
Für die Berechnung der einzelnen Körperbestandteile wird die Formel $BF\% = (\frac{Fettmasse\ (kg)}{Körpermasse\ (kg)} * 100)$ verwendet (Urlando et al., 2003).

2.6.1.2 Bestandteile des BodPod®

Der BodPod® besteht aus einem 2-Kammersystem und einer elektronischen Messwaage, welche ihre Ergebnisse auf die zum BodPod® gehörende Spezialsoftware (Version 4,5+) eines Computers senden. In der 450 Liter fassenden Vorderkammer des BodPod®, der durch eine sich nach vorne öffnende Tür mit einem Acrylfenster betreten und verlassen werden kann, befindet sich das Kind während der Messung. Im hinteren Kammerabschnitt befindet sich die gesamte Messtechnik (McCrory et al., 1995).



Abb.2: Kind auf der Körperwaage und im BodPod®

2.7 Studienablauf und Datenerhebung

2.7.1 Studienablauf

Die erste Kontaktaufnahme mit den möglichen Studienprobanden erfolgte über eine schriftliche Information der Familien zu einer geplanten Studie und ein anschließendes Telefongespräch. Dieses Gespräch wurde wenige Tage nach Versand der Briefe durchgeführt und beinhaltete die kurze Vorstellung des Projekts und das Beantworten möglicher Fragen. Im Anschluss wurde den Familien bei Interesse ausführliches Informationsmaterial postalisch zugestellt. Dieses bestand aus einer Aufklärung für die Erziehungsberechtigten (Studieninformation, Datenschutz, Versicherungsinformationen), einer Aufklärung für die Kinder, einer Einverständniserklärung zur Teilnahme, einem Fragebogen und einem kurzem Übersichtblatt mit Wegbeschreibung und Erreichbarkeit. Zudem erhielten die Familien aufgrund der bestehenden Corona-Testpflicht an Kliniken zum Zeitpunkt der Studiendurchführung Corona-Schnelltests mitgeschickt. Bei einem weiteren folgenden Telefongespräch wurde die Bereitwilligkeit zur Teilnahme an der Studie erfragt und bei Zustimmung ein Termin zur Messung vereinbart. Aufgrund der teilweise längeren Anfahrtswege wurden die Messungen hauptsächlich am Wochenende, in den Schulferien teilweise auch wochentags durchgeführt. Zum Messtermin brachten die Eltern den ausgefüllten Fragebogen, die unterschriebene Einverständniserklärung und das gelbe Kinderuntersuchungsheft mit.

Bei Ankunft der Familien wurden diese am Empfang des Universitätsklinikums abgeholt und zum Untersuchungsraum in der Kinderklinik begleitet. Nach Erhalt der unterschriebenen Einverständniserklärung wurde bei Unklarheiten der Fragebogen besprochen und gegebenenfalls ergänzt. Daraufhin folgte eine genaue Erklärung der verschiedenen geplanten Messungen speziell für die Kinder. Aus den mitgebrachten gelben Kinderuntersuchungsheften wurden aus den Vorsorgeuntersuchungen U1 bis U10 (soweit vorliegend) das KG, die KL und der KU mit dem jeweiligen Datum der Untersuchung dokumentiert. Im Anschluss

erfolgten die Messungen des Blutdruckes mit Puls, der KL, der KU und der HFD, gefolgt von der Messung der Körperzusammensetzung inklusive KG.

2.7.2 Vorbereitung der Messgeräte

2.7.2.1 Kalibrierung des BodPod®

Vor der ersten Messung wurde an jedem Messtag der BodPod® sowie die dazugehörende Waage vorbereitet und kalibriert. Diese Kalibrierung des BodPod® bestand aus zwei Teilen, beginnend mit einer etwa 45-minütigen Selbstinitialisierung des leeren Gerätes. Dem anschließend folgte eine etwa 15-minütige Kalibrierung des Gerätes mithilfe des speziell für das Gerät vorhandenen Referenzzylinders von etwa 50 Liter zur Volumenkontrolle. Hierbei wurde nach Aufforderung des Gerätes der Referenzkörper mehrfach in das Gerät hineingestellt und herausgenommen und sowohl Referenz- als auch Leermessungen durchgeführt. Nach Abschluss des gesamten Kalibrierungsvorganges wurde eine Ergebnisliste erstellt, auf der die Ergebnisse der Kalibrierungsmessungen mit Abweichungen aufgelistet wurden. Wäre es bei den Abweichungen zu Ausreißern außerhalb des angegeben akzeptablen Abweichungsraumes gekommen, hätte der gesamte Kalibrierungsprozess erneut durchlaufen werden müssen.

2.7.2.2 Kalibrierung der Körperwaage

Die Kalibrierung der Waage erfolgte mit einem Referenzgewicht von 20,0 kg. Auch hierbei kalibrierte sich die Waage mittels Leermessungen und Messungen mit dem Referenzgewicht und erstellte am Ende der Kalibrierung eine Genauigkeitsangabe der Messungen. Nach den Kalibrierungsschritten waren der BodPod® und die dazugehörige Körperwaage einsatzbereit.

2.7.3 Datenerhebung

2.7.3.1 Material

Messlatte:	Stadiometer Dr. Keller I (Längenmesstechnik GmbH, Limbach-Oberfrohna, Deutschland)
Waage:	Elektronische Messwaage BodPod® Gold Standard (COSMED, Rom, Italien)
Flexibles Maßband:	®KaWe Bandmaß 150 cm, REF 12.20810.001 (Kirchner & Wilhelm GmbH + Co. KG, Asperg, Deutschland)
Hautfaltenmesszange:	Holtain Tanner/Whitehouse Skinfold Caliper (Großbritannien)
ADP-Messgerät:	BodPod® Gold Standard (COSMED, Rom, Italien)
RR-Messgerät:	boso-carat professional (Bosch+Sohn GmbH u. Co. KG, Jungingen, Deutschland)

2.7.3.2 Fragebogen

Der Fragebogen, den die Eltern vor dem Termin postalisch zugeschickt bekommen und bereits ausgefüllt mitgebracht haben, beinhaltete Angaben zu allgemeinen sozio-demographischen Informationen, dem Bewegungs- und Schlafverhalten sowie den Ernährungsgewohnheiten des Kindes. Auch Informationen über die Eltern (z.B. Alter und Bildung) und ihre Körpermaße (z.B. KL und KG) wurden mittels des Fragebogens erhoben.

2.7.3.3 Blutdruck und Puls

Zur genauen Messung der aktuellen Körpermaße wurden als erstes der Blutdruck und der Puls mithilfe eines Blutdruckmessgerätes (boso-carat professional (Bosch+Sohn GmbH u. Co. KG, Jungingen, Deutschland)) erhoben. Waren die Werte nicht plausibel z.B. stark erhöht, wurden sie am Ende des Termins nach der ADP-Messung erneut kontrolliert, um eine beispielsweise durch Aufregung induzierte Verzerrung zu vermeiden. Die Erhebung des Blutdruckes und Pulses erfolgte bei den Kindern im Sitzen. Sie wurden darauf

hingewiesen, dass sie den Arm locker hängen lassen und sich selbst nicht bewegen sollten. Zudem wurden sie gebeten, während der kurzen Messung möglichst wenig zu reden.

2.7.3.4 Körperlänge und Kopfumfang

Die KL wurde mit einem, an der Wand fixierten Stadiometers auf 0,1 cm Genauigkeit gemessen und notiert. Es wurde darauf geachtet, dass die Kinder aufrecht standen, die Füße zusammen und die Wand berührend, wobei die Fersen den Boden berührten. Der KU wurde ebenfalls auf 0,1 cm genau mithilfe eines Maßbandes (©KaWe Bandmaß 150 cm, REF 12.20810.001 (Kirchner & Wilhelm GmbH + Co. KG, Asperg, Deutschland)) abgemessen und dokumentiert.

2.7.3.5 Hautfaltendicke

Ergänzt wurden die Messungen durch die Messung der HFD am Bauch, am Triceps sowie subscapular mithilfe einer Hautfaltenmesszange (Holtain Tanner/ Whitehouse Skinfold Caliper, Großbritannien) auf 0,1 mm genau. Es wurde darauf geachtet, dass die Messungen möglichst immer auf der gleichen Körperseite und an den gleichen Körperstellen erfolgten. Die Kinder wurden darauf hingewiesen, dass sie normal aufrecht und locker stehen sollten, damit ein Herausstrecken des Bauches oder eine Anspannung des Arms vermieden wurde. An jeder Körperstelle wurde, wenn möglich, dreimal eine Messung durchgeführt und notiert. Im Anschluss erfolgte die Bildung eines Mittelwertes.

Slaughter et al. entwickelten Formeln, anhand derer man ohne Messung der Körperzusammensetzung und rein mit den Werten aus Messungen der HFD am Triceps sowie subscapular, den BF% bei Kindern und Jugendlichen zwischen 8 und 18 Jahren bestimmen können soll (Slaughter et al., 1988).
Die Formeln sind an das Geschlecht, die Ethnie und das Lebensalter angepasst und lauten (für kaukasische Kinder):

Für präpubertäre Jungen:

Fett (%) = 1,21 · (triceps + subscapular) - 0,008 · (triceps + subscapular)^2 - 1,7

Für pubertäre Jungen:

Fett (%) = 1,21 · (triceps + subscapular) - 0,008 · (triceps + subscapular)^2 - 3,4

Für postpubertäre Jungen:

Fett (%) = 1,21 · (triceps + subscapular) - 0,008 · (triceps + subscapular)^2 - 5,5

Für Mädchen aller Altersklassen:

Fett (%) = 1,33 · (triceps + subscapular) - 0,013 · (triceps + subscapular)^2 - 2,5

Sollte die Summe der HFD von Triceps und subscapular über 35 mm betragen, so wird die Nutzung folgender Formeln empfohlen:

Für Jungen: Fett (%) = 0,783 · (triceps + subscapular) + 1,6

Für Mädchen: Fett (%) = 0,546 · (triceps + subscapular) + 9,7

Für die Auswertung der Korrelation des vorhergesagten BF% mittels der Formeln nach Slaughter und des tatsächlich erhobenen BF% mittels BodPod® erfolgte die Berechnung mithilfe der Mittelwerte aus den Messungen am Triceps und subscapular.

2.7.3.6 Körperzusammensetzung mittels BodPod®

2.7.3.6.1 Vorbereitung der Kinder

Im Anschluss folgte die Messung der Körperzusammensetzung mithilfe des BodPod®-Geräts (BodPod® Gold Standard (COSMED, Rom, Italien)) und der zugehörigen Körperwaage. Während der Messungen trugen alle Kinder nur nah am Körper anliegende Unterwäsche oder Badekleidung sowie eine die Haare bedeckende Badekappe. Dadurch wurde darauf geachtet, möglichst nur den tatsächlichen Körper des Kindes zu messen und eine Verfälschung des Körpervolumens durch lockige Haare oder weite Bekleidung zu verhindern. Brillen, Armbanduhren und sonstiger Körperschmuck wurden vor den Messungen abgelegt.

2.7.3.6.2 Kalibrierung des BodPod®

Nach Eingabe aller probandenspezifischen relevanten Daten in die Software (Name, Birth date, Gender, Ethnicity, Height) erfolgte eine Leermessung sowie eine Vergleichsmessung mithilfe des gerätespezifischen Referenzzylinders. Hierbei wurde den Kindern das Gerät im aktiv messenden Zustand gezeigt und mögliche Geräusche, die im Rahmen der Messung auftreten, erklärt.

2.7.3.6.3 Messung des Körpergewichtes

Im Anschluss wurde das KG der Kinder über die zum BodPod®-Gerät gehörende Waage auf 0,001 kg genau gemessen. Bei der Messung des KG wurde darauf geachtet, dass die Kinder frei auf der Waage standen und sich nicht an der Wand festhielten. Zudem wurden sie angewiesen, während der Messung ruhig zu stehen, damit die Waage möglichst wenig Zeit für die Messung in Anspruch nehmen musste. Bei wenigen Kindern forderte die Waage eine Wiederholung der Messung aufgrund zu starker Bewegungen während des Messvorganges an. Bei der Mehrheit war jedoch nur eine Messung des KG von etwa 10 bis 15 Sekunden notwendig.

2.7.3.6.4 Messung der Körperzusammensetzung

Anschließend haben sich die Kinder zur Ermittlung der Körperzusammensetzung in den BodPod® gesetzt. Erneut wurde den Kindern der Ablauf der Messung erklärt, sowie einige Verhaltensregeln kurz erläutert. Beispielsweise wurden sie darauf hingewiesen, möglichst still zu sitzen, nicht zu reden und normal zu atmen. Durch das Acrylfenster im Deckel des Gerätes konnten die Kinder die Begleitpersonen (Eltern/Großeltern) zu jedem Zeitpunkt sehen und hören, sowie Ängste äußern und die Messungen abbrechen. Erst nach einer eindeutigen Zustimmung durch die Kinder wurden die Messungen gestartet. Zwischen den Messungen wurde das Gerät geöffnet und mit den Kindern geredet. Sie durften entscheiden, ob die nächste Messung sofort erfolgen sollte oder ob sie eine kurze Pause benötigten. Die Anzahl der notwendigen Messungen variierte zwischen

zwei und drei Messungen. Nach Beendigung der Messungen konnten sich die Kinder wieder anziehen.

Anhand des gemessenen Leervolumens der Kammer ($V_{Kammer-leer}$) und des gemessenen Volumens der Kammer mit Kind ($V_{Kammer-besetzt}$) errechnete der BodPod® ($V_B = V_{Kammer-leer} - V_{Kammer-besetzt}$) das Körpervolumen ($V_B$) des Kindes. Die Ganzkörperdichte (D_B) wurde anschließend anhand der Masse des Körpers (M_B) und dem V_B mit der Formel $D_B = \frac{M}{V_B}$ errechnet (McCrory et al., 1995, Kuriyan, 2018, Fields et al., 2001). Bei den Messungen aller Kinder wurde die Softwareeinstellung „Density Model: Lohmann“ und „Thoracic Gas Volume Model: Predicted“ genutzt.

2.7.4 Statistik

Die Verwaltung der Daten der Kohorte wurde mittels „Microsoft Office Excel 365“ (Microsoft Corporation, Redmond, USA) durchgeführt. Die statistische Datenanalyse und die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mit dem Computerprogramm „IBM SPSS Statistics Version 28.0.1.1“ (IBM Corporation, New York, USA). Eine Analyse der Daten auf Normalverteilung wurde anhand des Shapiro-Wilk-Tests durchgeführt. Lag bei einem Merkmal eine Normalverteilung vor, wurde im Fließtext eine Angabe mit Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) angegeben. Konnte keine Normalverteilung nachgewiesen werden, erfolgte die Darstellung als Median mit Interquartilbereich (IQR) (25. Perzentile (P 25); 75. Perzentile (P 75)). Da die Mehrheit der Daten keine Normalverteilung aufwies, wurde in Tabellen zur Übersichtlichkeit die einheitliche Darstellung von Median und IQR (P 25; P 75) gewählt. Der Vergleich von Gruppen erfolgte bei normalverteilten Daten mittels t-Test für unabhängige Stichproben. Die Einschätzung der Effektstärke dieser Daten erfolgte mit der Pearson Produkt-Moment-Korrelation. Bei nicht normalverteilten Daten erfolgte der Vergleich durch die Nutzung des Mann-Whitney-U-Test und dem Korrelationskoeffizienten nach Spearman. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

3 Ergebnisse

Ein Großteil der in diesem Abschnitt dargestellten Daten und Ergebnisse wurde im Oktober 2026 in der Publikation von Brückner et al. veröffentlicht (Brückner et al., 2026). Die nachfolgenden Ausführungen beruhen daher überwiegend auf dieser Arbeit. Zur Vermeidung redundanter Quellenangaben wird auf eine wiederholte Zitierung verzichtet.

3.1 Probanden

Im Rahmen der Studie der Universitätsklinik Tübingen nahmen von den N = 543 Kindern, die im Zeitraum vom 01.01.2012 bis zum 31.10.2016 in der Universitätsklinik Tübingen mit einem GA < 32 SSW geboren und behandelt wurden, insgesamt N = 237 Kinder an unserer Studie teil. Davon waren n = 111 Mädchen (46,8 %).

Von den N = 543 im Studienzeitraum geborenen Kindern, haben n = 306 (53,5 %) aus verschiedenen Gründen nicht an der Studie teilgenommen (siehe Abb. 3). Während des stationären Aufenthalts in der Neonatologie verstarben n = 33 Kinder, n = 3 Kinder sind nach der Entlassung aus der Klinik bis zum Studienbeginn verstorben. N = 106 Kinder konnten telefonisch nicht erreicht werden oder antworteten trotz postalischer Kontaktaufnahme mit der Bitte um Rückmeldung nicht. Einige dieser Familien konnten aufgrund veralteter Kontaktdaten (Telefonnummer und Adresse falsch) und trotz Kontaktierung des Einwohnermeldeamtes nicht erreicht werden.

Bei n = 109 Kindern haben die Eltern die Teilnahme aus verschiedenen Gründen abgelehnt. Zu diesen Gründen zählten ein zu langer Anfahrtsweg, aktuell aus zeitlichen Gründen keine Möglichkeit zur Teilnahme, die Begründung, bereits an vielen Studien teilgenommen zu haben sowie das Projekt aus verschiedenen Gründen nicht unterstützen zu wollen. N = 37 Familien konnten nach einer ersten Kontaktaufnahme im Folgenden nicht mehr erreicht werden. N = 1 Kind wurde aufgrund einer Trisomie 21 aus der Auswertung ausgeschlossen. N = 3 Familien

haben mehrfach Termine nicht wahrgenommen und es kam keine erneute Terminabsprache mehr zustande. N = 4 Familien haben den verschickten Fragebogen mit der unterschriebenen Einverständniserklärung postalisch an die Kinderklinik geschickt, konnten im Anschluss aber nicht mehr erreicht werden. N = 6 Kinder haben die Messung aufgrund von Ängstlichkeit am Messtermin abgelehnt.
Da für einige Familien die Distanz der Anreise zu groß war, haben sich n = 4 Familien für eine reduzierte Teilnahme an der Studie bereiterklärt und nur an der Schlaf- und Aktivitätsstudie mittels Aktigraphen teilgenommen.

Zusammenfassend haben von den N = 510 grundsätzlich untersuchbaren FG im Grundschulalter insgesamt N = 237 Kinder (46,5 %) an den Messungen der Körperzusammensetzung zwischen dem 10.06.2022 und dem 27.11.2022 teilgenommen. Davon waren n = 130 (54,9 %) Einlinge und n = 107 (45,2 %) Mehrlinge. Von den Mehrlingen waren n = 89 Zwillingskinder (n = 1 Zwilling hat die Messung aufgrund von Angst abgelehnt) und n = 18 Drillingskinder.

3.2 Repräsentativität der Studienkohorte

Als mögliche Studienkohorte kamen N = 510 überlebende FG < 32 SSW der Jahrgänge 2012 bis 2016 infrage, von diesen Kindern konnten N = 237 in unsere Studie eingeschlossen werden. Eine Gegenüberstellung zwischen den N = 510 Kindern der Geburtenkohorte und der tatsächlichen Studienkohorte aus N = 237 Kindern mittels Mann-Whitney-U-Test ergab keine signifikanten Unterschiede. Im Vergleich zu der FG-Geburtenkohorte, bei der der Anteil der Mädchen bei 51,6 % lag, betrug der Anteil der Mädchen bei der Studienkohorte etwa 46,8 %. Tabelle 1 stellt die Ergebnisse des Vergleiches der beiden Kohorten dar.

Tab.1: Gegenüberstellung von Geburtenkohorte und Studienkohorte

Angaben in Median (P 25; P 75)

	Geburtenkohorte (N = 510)	**Studienkohorte (N = 237)**	**p**
Geburt			
GA, Wochen	29,9 (27,6; 31,0)	29,4 (27,0; 30,9)	0,054
GG, g	1170 (828; 1471)	1130 (800; 1415)	0,251
GKL, cm	37,0 (34,0; 40,0)	37,0 (34,0; 40,0)	0,408
GKU, cm	27,0 (24,5; 28,5)	26,0 (24,0; 28,0)	0,093
Entlassung			
PMA, Wochen	37,0 (35,8; 38,7)	37,1 (35,7; 38,9)	0,991
EG, g	2593 (2262; 2956)	2622 (2304; 2941)	0,937
EKL, cm	46,0 (43,9; 47,0)	46,0 (44,0; 47,3)	0,699
EKU, cm	32,5 (31,5; 34,0)	33,0 (31,5; 34,0)	0,462

Abk.: N – Anzahl der Gesamtheit, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, GKU – Kopfumfang bei Geburt, PMA – Postmenstruelles Alter, EG – Körpergewicht bei Entlassung, EKL – Körperlänge bei Entlassung, EKU – Kopfumfang bei Entlassung
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test
(Brückner et al., 2024)

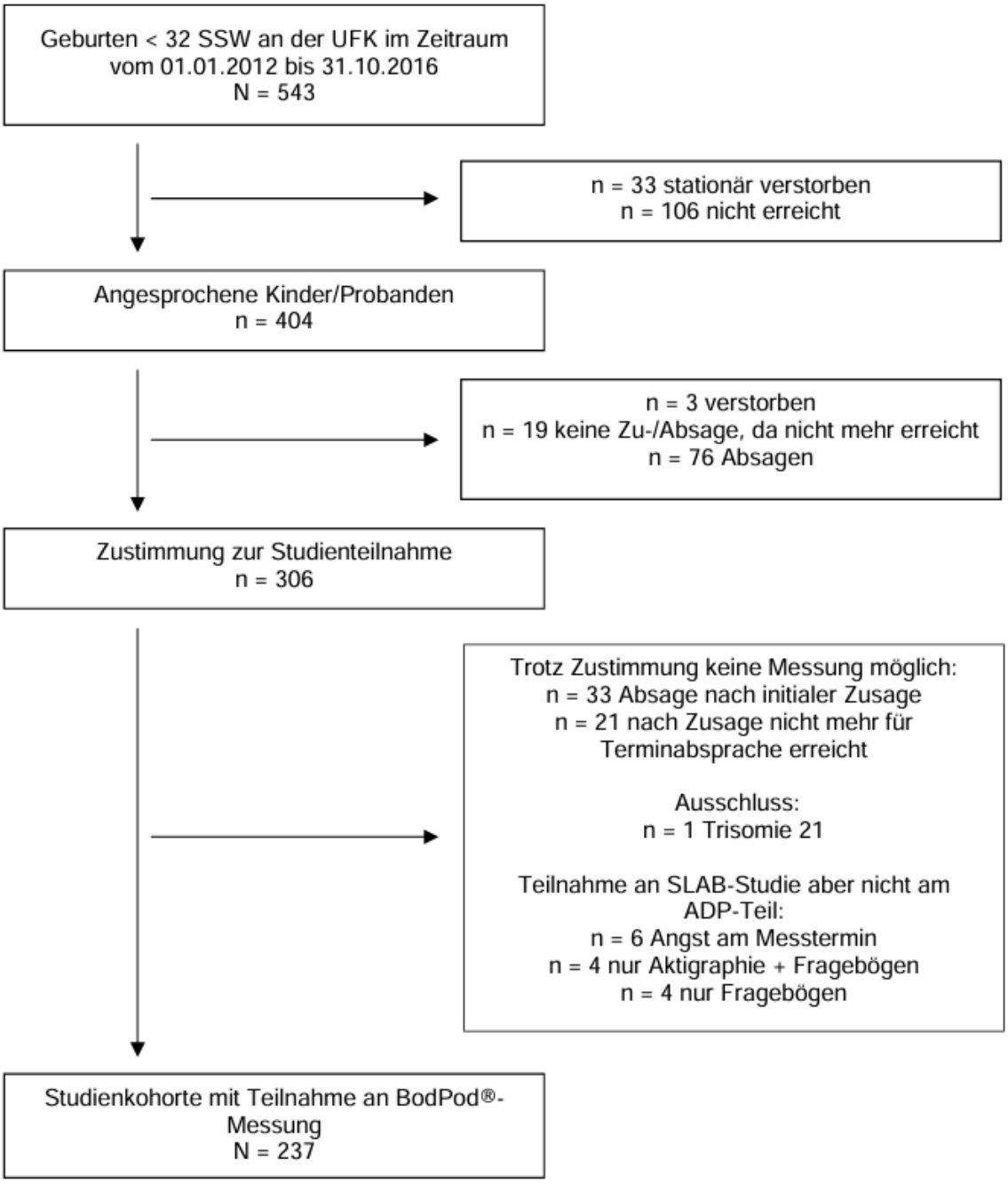


Abb.3: Flussdiagramm zur Erstellung der Studienkohorte

Abk.: SSW – Schwangerschaftswoche, UFK – Universitäts-Frauenklinik, N – Anzahl der Gesamtheit, n – Anzahl der Stichprobe, SLAB – Sleep-Activity-Body-Studie, ADP – Air displacement plethysmography

3.3 Studienkohorte

3.3.1 Daten zum Zeitpunkt der Geburt

Unsere Studienkohorte von N = 237 Kindern wies zum Zeitpunkt der Geburt durchschnittlich ein GA von 29,4 (27,0; 30,9) SSW auf. Hierunter entfielen etwa 35,4 % (n = 84) auf die extrem frühen FG mit einem GA < 28 0/7 SSW. Die restlichen 64,6 % (n = 153) wurden zwischen 28 0/7 und 31 6/7 SSW geboren und zählten per definitionem zu den frühen FG. Im weiteren Textverlauf wird diese Studienkohorte als „≥ 28 0/7 SSW“ bezeichnet.

Unter Beachtung des GG wurden die Kinder nach den „WHO Child Growth Standards“ in hypotrophe (SGA) (SDS_{GG} < -1,28) und eutrophe (AGA) Neugeborene (NG) (SDS_{GG} ≥ -1,28) eingeteilt.

Basierend auf diesen Referenzwerten lag der Anteil an SGA-Kindern nach WHO mit n = 37 Kindern bei 15,6 %. (Brückner et al., 2024)

Tab.2: Demographische Daten

N = 237	**n (%)**	**Median (P 25; P 75) / *MW (SD)***
Geschlecht		
männlich	126 (53,2)	
weiblich	111 (46,8)	
Gestationsalter bei Geburt		
Gestationsalter, Wochen		29,4 (27,0; 30,9)
< 28 0/7	84 (35,4)	
≥ 28 0/7	153 (64,6)	
Konstitution bei Geburt		
SDS_{GG} WHO		*-0,33 (± 0,87)*
SGA	37 (15,6)	
AGA	200 (84,4)	

Abk.: N – Anzahl der Gesamtheit, n – Anzahl der Stichprobe, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, MW – Mittelwert, SD – Standardabweichung, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, SGA – small for gestational age, AGA – appropriate for gestational age (Brückner et al., 2024, Wiechers et al., 2025)

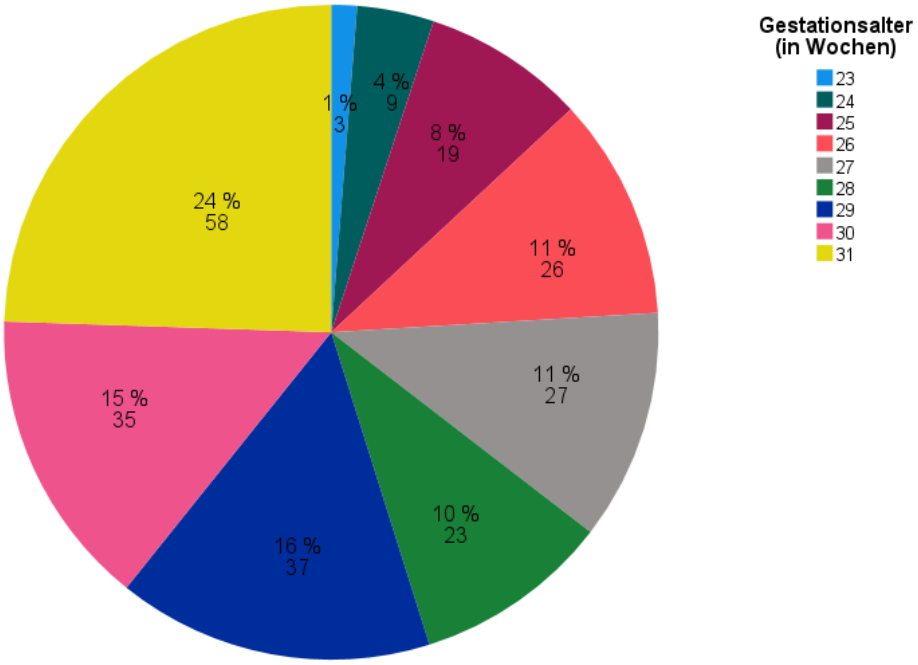


Abb.4: Häufigkeit des Gestationsalters bei Geburt

Angaben in Prozent und Anzahl

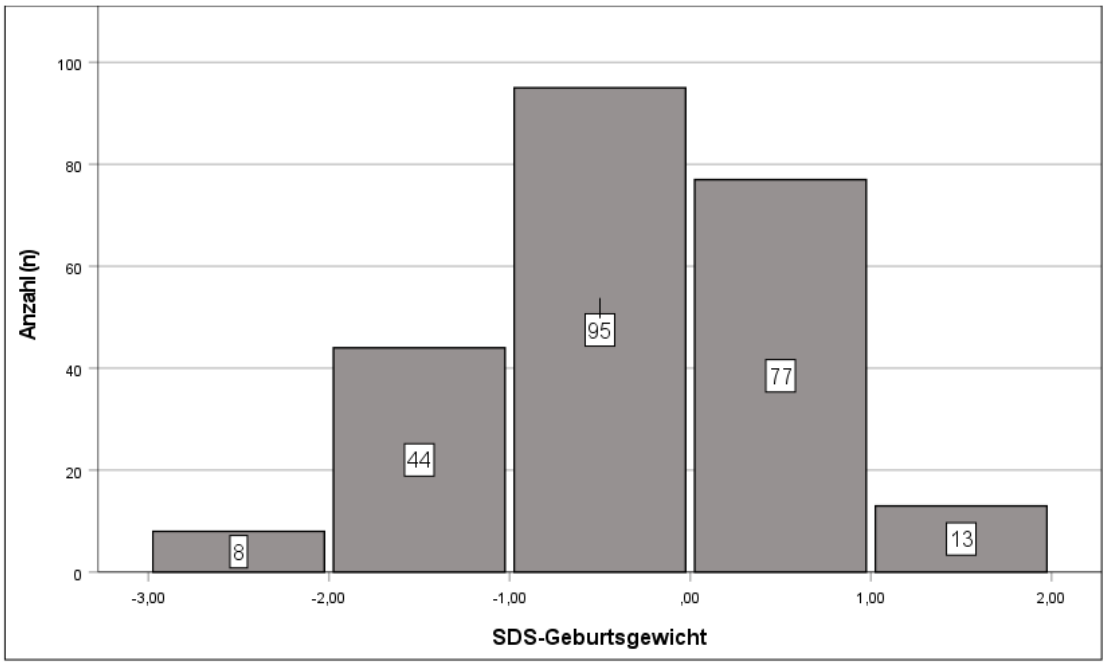


Abb.5: Häufigkeit des Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes nach WHO Child Growth Standards

Abk.: n – Anzahl, SDS – Standard Deviation Score, WHO – World Health Organization

Das GG lag bei 1130 (800; 1415) g bei einer mittleren KL von 36,8 (± 4,3) cm.

N = 203 Kinder wurden im durchschnittlichen postmenstruellem Alter (PMA) von 37,7 (36,3; 39,4) Wochen nach Hause entlassen. Dabei lagen ein mittleres KG von 2698 (2380; 2990) g und eine mittlere KL von 46,0 (45,0; 48,0) cm vor. Die restlichen n = 34 Kinder wurden während des stationären Aufenthaltes in ein anderes Krankenhaus verlegt und wiesen bei Verlegung im durchschnittlichen PMA von 32,9 (31,7; 33,8) Wochen ein KG von 1598 (± 368) g und eine KL von 40,2 (± 3,0) cm auf.

Bei der Analyse der SDS-Werte nach WHO Child Growth Standards lagen die Kinder bei Geburt bei einem Standard Deviation Score (SDS) des Geburtsgewichtes (SDS_{GG}) bei -0,33 (± 0,87). Der SDS des KG bei Entlassung (SDS_{EG}) lag bei -0,73 (-1,27; -0,21) und bei Verlegung (SDS_{VG}) bei -0,78 (± 0,57). Daraus ergab sich zum Zeitpunkt der Entlassung bzw. Verlegung eine Differenz der Gewichts-SDS-Werte zur Geburt von -0,49 (-0,83; -0,09). Demnach wiesen die FG dieser Studie im stationären Verlauf nach WHO Child Growth Standards ein leicht perzentilenflüchtiges Wachstum im Rahmen des neonatalen Stationsaufenthalts auf.

In Tabelle 3 sind die Daten der Kohorte zum Zeitpunkt der Geburt, der Entlassung und der Verlegung gelistet.

Bei n = 23 (9,8 %) Kindern kam es im stationären Aufenthalt zu einer Retinopathie, jedoch war bei keinem dieser Kinder eine Therapie mittels Anti-vaskulärem endothelialem Wachstumsfaktor (Anti-VEGF) oder Lasertherapie notwendig. Die Diagnose einer moderaten oder schweren bronchopulmonalen Dysplasie im korrigierten Alter von 36 Wochen wurde bei n = 16 Kindern (6,8 %) gestellt, n = 64 (27,0 %) aller Kinder hatten am 28. Lebenstag noch Sauerstoffbedarf. Eine fokale intestinale Perforation (FIP) war bei n = 10 (4,2 %) Kindern aufgetreten, die auch alle operativ mit der Anlage eines Anus praeter versorgt wurden. Keines der N = 237 Kinder hatte im Rahmen der neonatalen

Periode eine nekrotisierende Enterokolitis. Bei n = 2 Kindern (0,8 %) kam es zu einer intraventrikulären Hämorrhagie Grad 3 oder 4.

Tab.3: Klinische Daten der Studienkohorte bei Geburt, Entlassung und Verlegung

	Median	**P 10**	**P 25**	**P 75**	**P 90**	**Min**	**Max**
Geburt (N = 237)							
GA bei Geburt, Wochen	29,4	25,6	27,0	30,9	31,6	23,7	31,9
GG, g	1130	640	800	1415	1671	370	2260
SDS_{GG} WHO	-0,30	-1,50	-0,90	0,24	0,80	-2,77	1,80
GKL, cm	37,0	31,0	34,0	40,0	42,0	26,5	48,0
SDS_{GKL} WHO	-0,14	-1,47	-0,91	0,45	1,19	-4,21	3,20
GKU, cm	26,0	22,2	24,0	28,0	29,5	18,5	31,5
SDS_{GKU} WHO	-0,01	-1,44	-0,83	0,57	1,03	-3,40	3,24
Entlassung (n = 203)							
PMA bei E, Wochen	37,7	35,5	36,3	39,4	41,3	34,1	57,0
EG, g	2698	2242	2380	2990	3360	1800	4960
SDS_{EG} WHO	-0,73	-2,02	-1,27	-0,21	0,13	-4,68	1,37
EKL, cm	46,0	43,0	45,0	48,0	49,5	41,0	58,0
SDS_{EKL} WHO	-1,03	-2,60	-1,71	-0,32	0,20	-4,73	1,11
Verlegung (n = 34)							
PMA bei V, Wochen	32,9	31,0	31,7	33,8	34,4	28,4	34,4
VG, g	1608	1030	1328	1872	2035	870	2380
SDS_{VG} WHO	-0,76	-1,59	-1,28	-0,42	-0,02	-1,92	0,58
VKL, cm	40,5	36,0	38,9	41,0	44,0	32,0	48,0
SDS_{VKL} WHO	-0,96	-2,03	-1,43	-0,22	0,33	-3,02	1,50
$SDS_{Diff} = SDS_{(VG+EG)} - SDS_{GG}$							
SDS_{Diff} WHO	-0,49	-1,16	-0,83	-0,09	0,27	-4,10	1,54

Abk.: P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, N – Anzahl der Gesamtheit, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviations Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt, n – Anzahl der Stichprobe, PMA – Postmenstruelles Alter, E – Entlassung, EG – Körpergewicht bei Entlassung, SDS_{EG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes bei Entlassung, EKL – Körperlänge bei Entlassung, SDS_{EKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Entlassung, V – Verlegung, VG – Körpergewicht bei Verlegung, SDS_{VG} – Standard Deviation Score des Gewichtes bei Verlegung, VKL – Körperlänge bei Verlegung, SDS_{VKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Verlegung, SDS_{Diff} – Standard Deviation Score Differenz des Entlass-/Verlegungsgewichts und des Geburtsgewichtes
(Brückner et al., 2024, Wiechers et al., 2025)

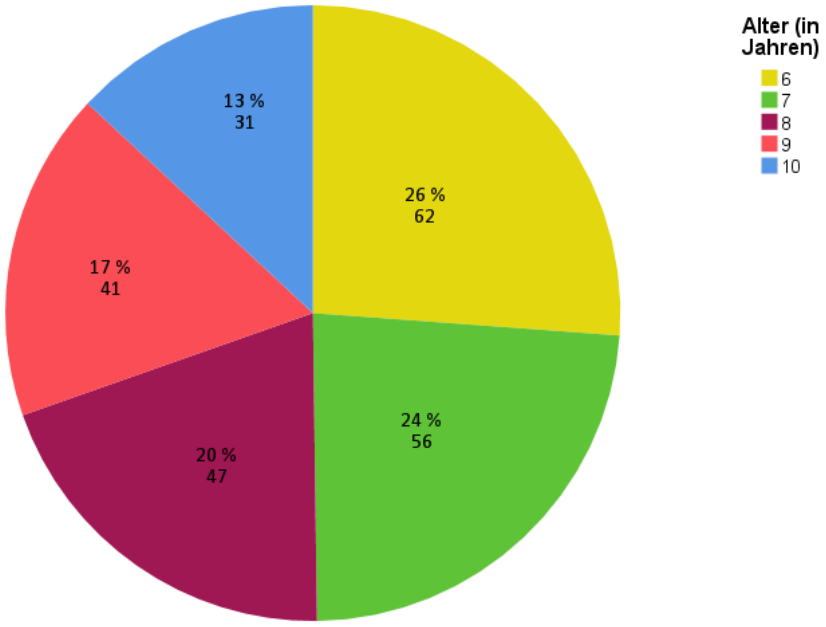


Abb.6: Altersverteilung der Studienteilnehmer bei BodPod®-Messung

Angaben in Prozent und Anzahl

3.3.2 Daten und Ergebnisse der Messungen der Körperzusammensetzung mit 6 bis 10 Jahren

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Messungen lag bei 8,1 (7,0; 9,3) Jahren. Den größten Anteil der Studienprobanden bildeten die Kinder im Alter von 6 und 7 Jahren. Sie machten mit 26,2 % und 23,6 % etwa die Hälfte (49,8 %) der Studienteilnehmer aus. (Abb. 6)

Die durchschnittliche KL der Kohorte lag bei 127,4 (± 10,8) cm, das KG bei 24,1 (20,2; 28,6) kg. Aus den erhobenen Werten ließ sich im Mittel ein BMI von 14,9 (13,8; 16,2) kg/m^2 ableiten. Die medianen Werte der Körperzusammensetzung mittels ADP lagen bei einem BF% von 13,5 (9,1; 18,4) %, einer BFM von 3,2 (2,0; 5,0) kg und einer BFFM von 20,9 (18,0; 24,0) kg. Die mittlere HFD betrug periumbilikal 7,8 (5,7; 12,0) mm, am Triceps 8,9 (7,6; 11,1) mm und subscapular 5,4 (4,7; 6,7) mm. (Brückner et al., 2024)

Da nach Auswertung mittels Shapiro-Wilk-Test nur die KL und die SDS-Werte von KG, KL und KU normalverteilt waren, erfolgt die Darstellung aller Werte in Tabelle 4 zur Einheitlichkeit als Median mit Quartilen.

Tab.4: Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte

N = 237	**Median**	**P 10**	**P 25**	**P 75**	**P 90**	**Min**	**Max**
Alter, J	8,1	6,4	7,0	9,3	10,2	6,1	10,8
Anthropometrische Daten							
KG, kg	24,1	18,0	20,2	28,6	33,0	13,0	62,3
SDS_{KG} WHO	-0,29	-1,75	-1,11	0,42	1,22	-3,41	3,04
KL, cm	127,1	113,8	119,3	135,0	141,7	101,3	163,4
SDS_{KL} WHO	0,14	-1,45	-0,68	0,89	1,55	-3,00	3,64
KU, cm*	51,0	49,0	50,0	52,5	53,5	46,0	55,0
SDS_{KU} WHO	-0,97	-2,78	-1,86	-0,08	0,70	-5,17	2,53
BMI, kg/m^2	14,9	12,9	13,8	16,2	18,4	12,1	25,1
Körperzusammensetzung							
BF%, %	13,5	5,1	9,1	18,4	25,3	0,4	40,9
BFM, kg	3,2	1,0	2,0	5,0	7,9	0,1	25,3
BFFM%, %	86,5	74,7	81,6	90,9	94,9	59,1	99,6
BFFM, kg	20,9	16,1	18,0	24,0	26,3	11,7	38,8
Hautfaltendicke							
HFD periumbilikal, mm**	7,8	4,5	5,7	12,0	17,0	2,7	35,7
HFD triceps, mm***	8,9	6,1	7,6	11,1	14,7	3,5	27,7
HFD subscapular, mm***	5,4	4,0	4,7	6,7	9,9	3,4	25,0

Abk.: N – Anzahl der Gesamtheit, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, J – Jahre, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, WHO – World Health Organization, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

**n = 236, **n = 234, ***n = 235*

(Brückner et al., 2024, Wiechers et al., 2025)

3.3.3 Daten der Eltern

Die Informationen zu Alter, KG und KL der Eltern zum Zeitpunkt unserer Studienmessung wurde mittels Fragebogen erhoben. Der BMI wurde anhand der Angaben der Eltern berechnet. Leider waren die Angaben der Eltern nicht immer vollständig, daher fehlen je nach Kategorie eine unterschiedliche Anzahl an Daten. In Tabelle 5 sind die Werte der Eltern zur einheitlichen Darstellung in Median und Quartilen angegeben, da nur das Alter der Mutter bei der Gesamtkohorte eine Normalverteilung aufwies.

Tab.5: Demographische Daten zu den Eltern

Angaben in Median (P 25; P 75)

	Daten der Mütter		**Daten der Väter**	
Alter, J	42 (38; 45)	n = 236	44 (40; 48)	n = 231
KG, kg	65,3 (60,0; 78,0)	n = 224	85,0 (78,0; 94,8)	n = 212
KL, m	1,65 (1,62; 1,70)	n = 235	1,80 (1,75; 1,84)	n = 224
BMI, kg/m^2	24,3 (22,0; 28,6)	n = 223	26,3 (24,5; 28,6)	n = 217

Abk.: P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, J – Jahre, n – Anzahl der Stichprobe, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, KL – Körperlänge, m – Meter, BMI – Body-Mass-Index

3.4 Geschlecht

3.4.1 Daten und Ergebnisse der männlichen Studienprobanden

Die männliche Kohorte wies bei einem mittleren GA von 29,7 (26,9; 31,1) Wochen durchschnittliche Werte von 1123 (818; 1448) g beim GG, 37,1 (± 4,6) cm bei der GKL und 26,6 (24,0; 28,1) cm beim GKU auf. Im Durchschnitt lag bei den männlichen Studienteilnehmern bei den Messungen im Alter von 8,0 (6,9; 9,3) Jahren bei einer KL von 127,5 (± 9,9) cm und einem KG von 24,1 (20,3; 28,6) kg die BFM bei 2,8 (1,8; 4,6) kg, die BFFM bei 21,5 (± 3,9) kg und der BF% bei 12,1 (8,3; 17,0) %. Aus dem KG und der KL ergab sich durchschnittlich ein BMI von 14,7 (13,8; 16,0) kg/m^2. Die HFD periumbilikal, am Triceps und subscapular lagen bei durchschnittlich 7,4 (5,0; 10,5) mm, 8,3 (7,1; 10,3) mm und 5,0 (4,5; 6,3) mm.

Da von den Geburtsdaten nur die SDS-Werte und die GKL und von den aktuellen Daten nur die SDS-Werte, die KL und der KU, sowie die BFFM eine Normalverteilung aufwiesen, sind die Werte im Folgenden (Tab. 6 und 7) als Median mit Quartilen angegeben.

Tab.6: Klinische Daten der männlichen Teilnehmer bei Geburt

n = 126	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
GA bei Geburt, Wochen	29,7	25,4	26,9	31,1	31,6	23,7	31,9
GG, g	1123	631	818	1448	1710	370	2260
SDS_{GG} WHO	-0,44	-1,56	-1,05	0,16	0,79	-2,77	1,80
GKL, cm	37,0	31,0	34,0	40,0	43,0	26,5	48,0
SDS_{GKL} WHO	-0,20	-1,51	-0,93	0,40	1,14	-4,21	2,61
GKU, cm	26,6	22,4	24,0	28,1	29,6	19,0	31,5
SDS_{GKU} WHO	-0,14	-1,70	-1,03	0,57	1,05	-3,40	3,24

Abk.: n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt

Tab.7: Ergebnisse der Messungen der männlichen Teilnehmer

n = 126	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
Alter, J	8,0	6,3	6,9	9,3	10,3	6,1	10,8
Anthropometrische Daten							
KG, kg	24,1	17,6	20,3	28,6	32,2	15,0	45,0
SDS_{KG} WHO	-0,37	-2,05	-1,11	0,41	1,23	-3,05	3,04
KL, cm	127,5	114,1	119,8	134,3	141,0	104,3	151,8
SDS_{KL} WHO	0,16	-1,24	-0,68	0,81	1,56	-3,00	2,58
KU, cm*	51,5	49,0	50,0	52,5	53,5	46,0	55,0
SDS_{KU} WHO	-1,21	-2,95	-2,17	-0,43	0,35	-5,17	1,45
BMI, kg/m^2	14,7	12,8	13,8	16,0	17,9	12,1	25,1
Körperzusammensetzung							
BF%, %	12,1	4,8	8,3	17,0	22,0	0,4	36,4
BFM, kg	2,8	0,9	1,8	4,6	6,8	0,1	14,9
BFFM%, %	87,9	78,0	83,0	91,8	95,2	63,3	99,6
BFFM, kg	21,4	16,4	18,2	24,3	26,3	13,4	32,2
Hautfaltendicke							
HFD periumbilikal, mm**	7,4	4,0	5,0	10,5	14,9	2,7	35,7
HFD triceps, mm**	8,3	6,0	7,1	10,3	12,7	3,5	19,1
HFD subscapular, mm**	5,0	3,9	4,5	6,3	8,2	3,4	19,3

Abk.: n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, J – Jahre, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, WHO – World Health Organization, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

**n = 125, **n = 124*

3.4.2 Daten und Ergebnisse der weiblichen Studienprobandinnen

Die weiblichen Studienteilnehmerinnen wiesen bei Geburt ein GA von 29,0 (27,0; 30,3) Wochen mit einem mittleren GG von 1130 (745; 1370) g und einer GKL von 36,5 (± 4,0) cm auf. Der GKU lag bei 26,0 (24,0; 27,5) cm. Bei der Messung der Körperzusammensetzung in einem Alter von 8,1 (7,1; 9,4) Jahren lag eine mittlere KL von 127,2 (± 11,8) cm vor. Das KG belief sich auf 23,7 (20,1; 29,1) kg bei einer BFM von 3,5 (2,3; 5,9) kg, einer BFFM von 20,2 (17,6; 23,6) kg und einem BF% von 15,0 (10,6; 20,2) %. Durchschnittlich belief sich der BMI der weiblichen Studienteilnehmer somit auf 15,1 (13,8; 16,4) kg/m^2. Die HFD lag bei 8,5 (6,3; 14,9) mm periumbilikal, 10,2 (8,1; 13,1) mm am Triceps sowie bei 5,8 (4,9; 7,4) mm subscapular.

Da bei den weiblichen Teilnehmerinnen nur die SDS-Werte, sowie die GKL, die KL, und der KU normalverteilt waren, werden die Werte in den Tabellen 8 und 9 mit Median und Quartilen angegeben.

Tab.8: Klinische Daten der weiblichen Teilnehmerinnen bei Geburt

n = 111	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
GA bei Geburt, Wochen	29,0	25,8	27,0	30,3	31,6	23,7	31,9
GG, g	1130	640	745	1370	1656	370	2040
SDS_{GG} WHO	-0,10	-1,41	-0,73	0,40	0,85	-2,64	1,54
GKL, cm	37,0	31,0	33,0	39,0	42,0	27,0	46,0
SDS_{GKL} WHO	-0,04	-1,46	-0,72	0,47	1,35	-2,87	3,20
GKU, cm	26,0	22,1	24,0	27,5	29,0	18,5	31,0
SDS_{GKU} WHO	0,05	-1,29	-0,48	0,62	1,07	-2,41	2,51

Abk.: n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt

Tab.9: Ergebnisse der Messungen der weiblichen Teilnehmerinnen

n = 111	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
Alter, J	8,1	6,4	7,1	9,4	10,2	6,1	10,7
Anthropometrische Daten							
KG, kg	23,7	18,2	20,1	29,1	34,1	13,0	62,3
SDS_{KG} WHO	-0,28	-1,72	-1,14	0,44	1,21	-3,41	2,81
KL, cm	125,8	112,9	118,8	135,1	143,1	101,3	163,4
SDS_{KL} WHO	0,07	-1,66	-0,68	0,95	1,55	-2,85	3,64
KU, cm	51,0	48,6	50,0	52,5	53,4	46,5	55,0
SDS_{KU} WHO	-0,74	-2,61	-1,64	0,33	1,12	-4,31	2,53
BMI, kg/m^2	15,1	13,1	13,8	16,4	18,4	12,2	23,9
Körperzusammensetzung							
BF%, %	15,0	5,7	10,6	20,2	27,2	0,8	40,9
BFM, kg	3,5	1,1	2,3	5,9	9,1	0,1	25,3
BFFM%, %	85,0	72,8	79,8	89,4	94,3	59,1	99,2
BFFM, kg	20,2	15,9	17,6	23,6	26,6	11,7	38,8
Hautfaltendicke							
HFD periumbilikal, mm*	8,5	4,9	6,3	14,9	20,3	3,2	28,5
HFD triceps, mm	10,2	6,8	8,1	13,1	17,5	5,5	27,7
HFD subscapular, mm	5,8	4,3	4,9	7,4	11,4	3,6	25,0

Abk.: n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, J – Jahre, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, WHO – World Health Organization, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

**n = 110*

3.4.3 Darstellung der Verteilungen von Körperfettanteil nach Gestationsalter, Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes und Geschlecht

Die folgenden Abbildungen 7, 8 und 9 stellen die Verteilung des BF% nach GA, SDS_{GG} und dem Alter bei der Messung nach Geschlecht dar. Eine Analyse der Korrelationen erfolgt im Laufe der Arbeit und ist in den Tabellen 21 und 22 dargestellt.

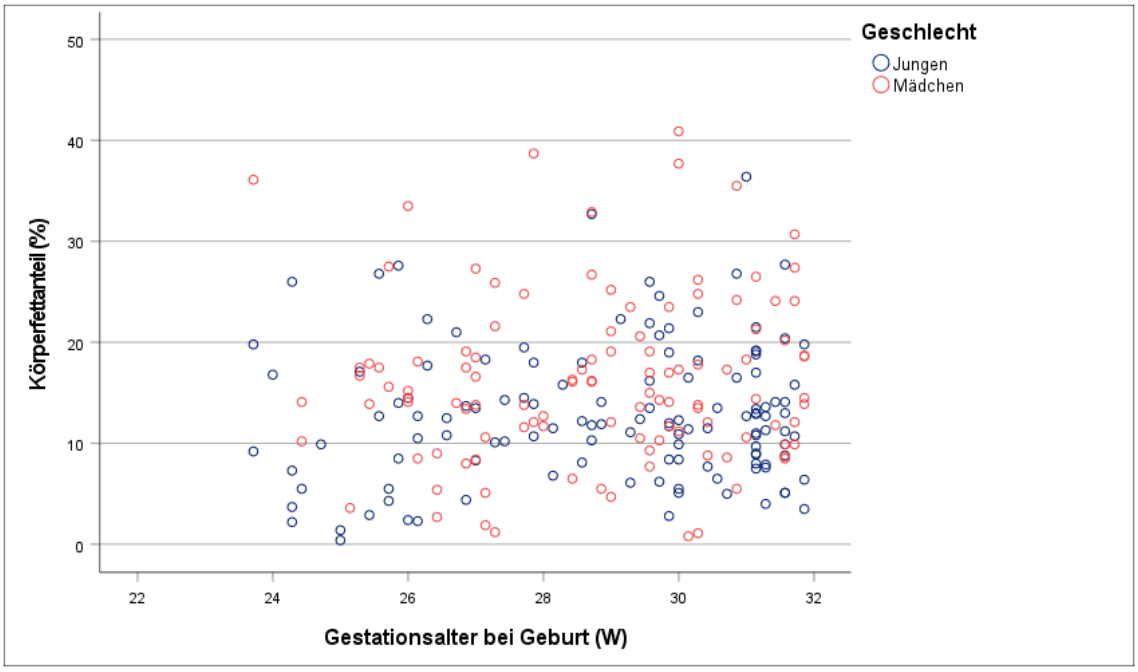


Abb.7: Streudiagramm: Verteilung des Körperfettanteils nach Gestationsalter und Geschlecht

Abk.: W – Wochen

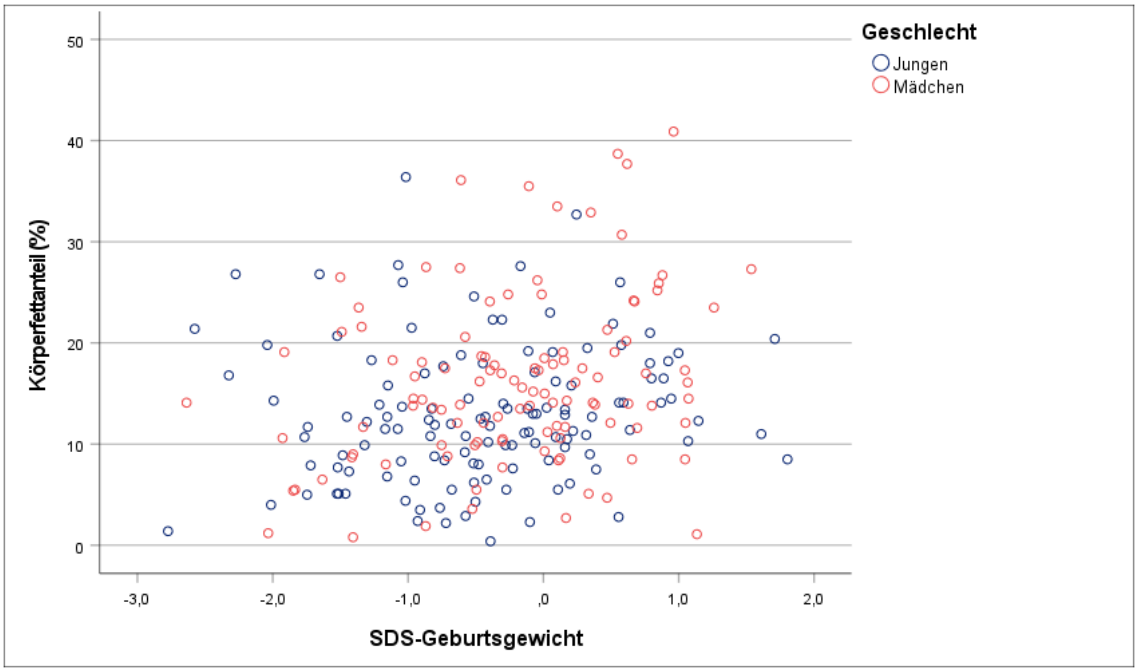


Abb.8: Streudiagramm: Verteilung des Körperfettanteils nach Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes und Geschlecht

Abk.: SDS – Standard Deviation Score

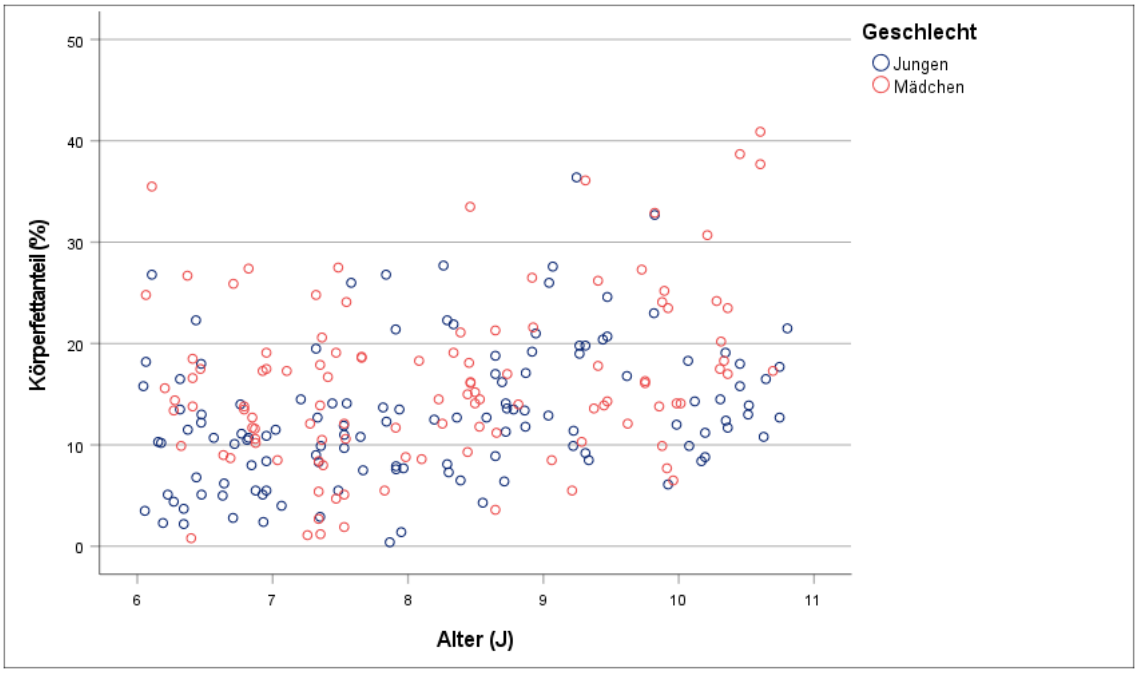


Abb.9: Streudiagramm: Verteilung des Körperfettanteils nach Alter bei Messung und Geschlecht

Abk.: J – Jahre

3.4.4 Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen den männlichen und weiblichen Studienteilnehmern

Zum Zeitpunkt der Geburt zeigten sich keine signifikanten Unterschiede des GG, der GKL und des GKU zwischen den Geschlechtern. Beim Vergleich der beiden Gruppen zeigte sich, dass bei Geburt nur der SDS_{GG} nach WHO einen signifikanten Unterschied ($p = 0,032$) aufwies und bei Jungen um -0,34 niedriger lag als bei Mädchen. Zum Zeitpunkt der aktuellen Studiendurchführung lagen für die Merkmale der Körperzusammensetzung beim BF% ($p = 0,001$), der BFM ($p = 0,001$) und dem BFFM% ($p = 0,018$) statistisch signifikante Unterschiede vor. Zudem wiesen die Messungen der HFD in jeder Messregion (periumbilikal ($p = 0,002$), am Triceps ($p < 0,001$) und subscapular ($p < 0,001$)) signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf. Bei dem KG, der KL und dem BMI konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.
Tabelle 10 stellt die Ergebnisse der beiden Geschlechter gegenüber.

Tab.10: Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Geschlecht

Angaben in Median (P 25; P 75)

N = 237	**Jungen (n = 126)**	**Mädchen (n = 111)**	**p**
Alter, J	8,0 (6,9; 9,3)	8,1 (7,1; 9,4)	0,786
Anthropometrische Daten bei Geburt			
GA bei Geburt, Wochen	29,7 (26,9; 31,1)	29,0 (27,0; 30,3)	0,404
GG, g	1123 (818; 1448)	1130 (745; 1370)	0,545
SDS_{GG} WHO	**-0,44 (-1,05; 0,16)**	**-0,10 (-0,73; 0,40)**	**0,032[a]**
GKL, cm	37,0 (34,0; 40,0)	37,0 (33,0; 39,0)	0,292[a]
SDS_{GKL} WHO	-0,20 (-0,93; 0,40)	-0,04 (-0,72; 0,47)	0,287[a]
GKU, cm	26,6 (24,0; 28,1)	26,0 (24,0; 27,5)	0,194
SDS_{GKU} WHO	-0,14 (-1,03; 0,57)	0,05 (-0,48; 0,62)	0,088[a]
Anthropometrische Daten bei Messung			
KG, kg	24,1 (20,3; 28,6)	23,7 (20,1; 29,1)	0,893
SDS_{KG} WHO	-0,37 (-1,11; 0,41)	-0,28 (-1,14; 0,44)	0,647[a]
KL, cm	127,5 (119,8; 134,3)	125,8 (118,8; 135,1)	0,856[a]
SDS_{KL} WHO	0,16 (-0,68; 0,81)	0,07 (-0,68; 0,95)	0,803[a]
KU, cm*	51,5 (50,0; 52,5)	51,0 (50,0; 52,5)	0,512[a]
SDS_{KU} WHO	**-1,21 (-2,17; -0,43)**	**-0,74 (-1,64; 0,33)**	**0,002[a]**
BMI, kg/m^2	14,7 (13,8; 16,0)	15,1 (13,8; 16,4)	0,299
Körperzusammensetzung bei Messung			
BF%, %	**12,1 (8,3; 17,0)**	**15,0 (10,6; 20,2)**	**0,001**
BFM, kg	**2,8 (1,8; 4,6)**	**3,5 (2,3; 5,9)**	**0,001**
BFFM%, %	**87,9 (83,0; 91,8)**	**85,0 (79,8; 89,4)**	**0,018**
BFFM, kg	21,4 (18,2; 24,3)	20,2 (17,6; 23,6)	0,101
Hautfaltendicke			
HFD periumbilikal, mm**	**7,4 (5,0; 10,5)**	**8,5 (6,3; 14,9)**	**0,002**
HFD triceps, mm***	**8,3 (7,1; 10,3)**	**10,2 (8,1; 13,1)**	**<0,001**
HFD subscapular, mm***	**5,0 (4,5; 6,3)**	**5,8 (4,9; 7,4)**	**<0,001**

Abk.: P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, N – Anzahl der Gesamtheit, n – Anzahl der Stichprobe, J – Jahre, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, KL – Körperlänge, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test ([a]ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben)

**n = 236, **n = 234, ***n = 235*

(Brückner et al., 2024)

3.4.5 Darstellung der Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Geschlecht

Die folgenden Abbildungen 10 bis 13 stellen die Ergebnisse der anthropometrischen Daten und der Körperzusammensetzung aufgeteilt nach Geschlecht als Box-Whisker-Plots dar. Die Darstellungen beinhalten Median, 1. und 3. Quartil und Whisker mit 1,5-fachem Interquartilsabstand und Ausreißer.

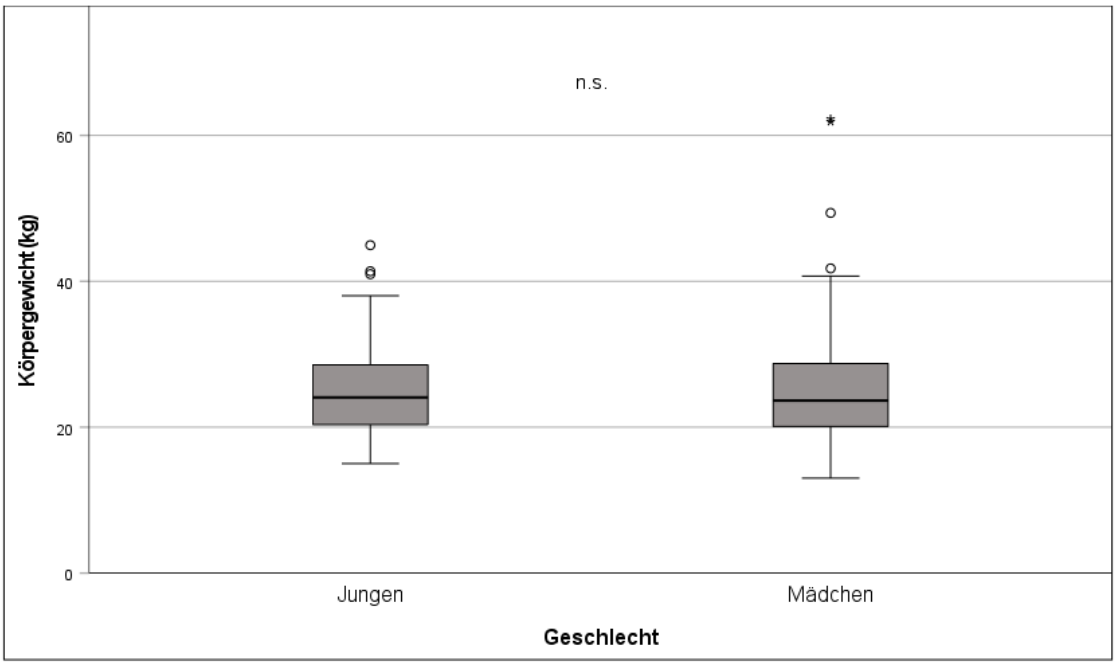


Abb.10: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körpergewichtes nach Geschlecht

Abk.: n.s. – nicht signifikant, kg – Kilogramm

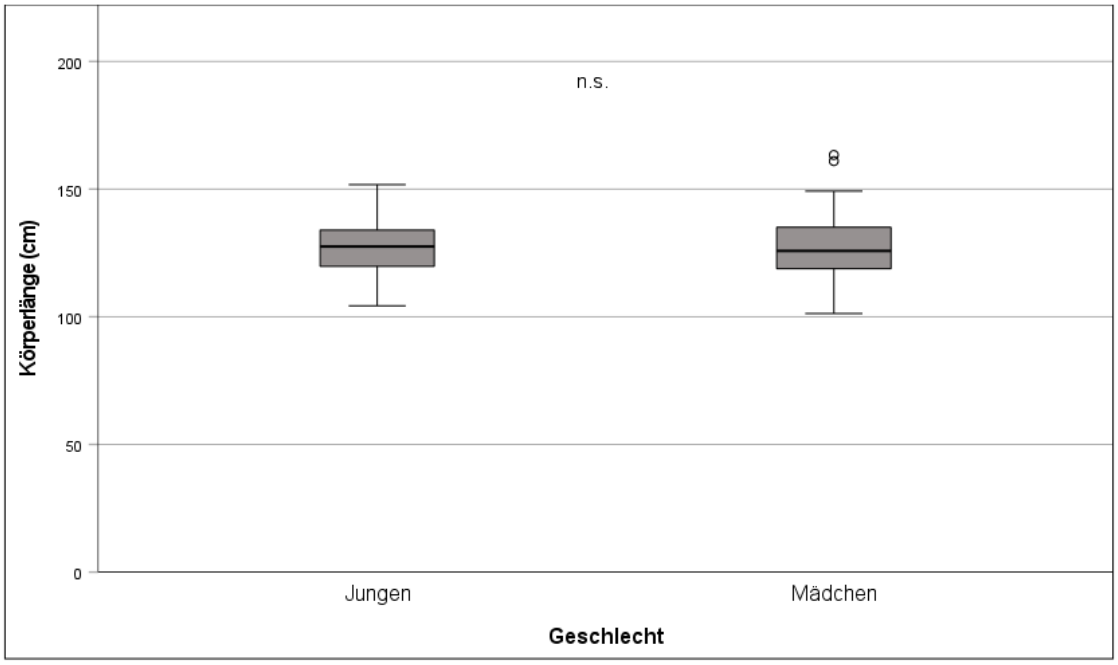


Abb.11: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperlänge nach Geschlecht

Abk.: n.s. – nicht signifikant, cm – Zentimeter

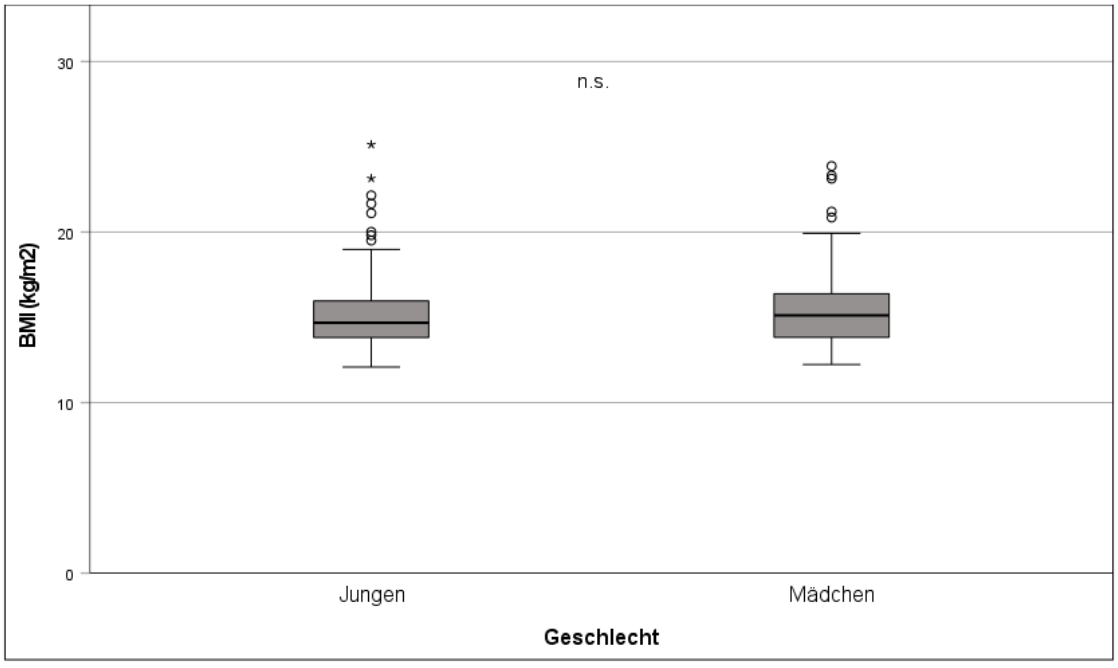


Abb.12: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Body-Mass-Index nach Geschlecht

Abk.: n.s. – nicht signifikant, BMI – Body-Mass-Index, kg – Kilogramm, m – Meter

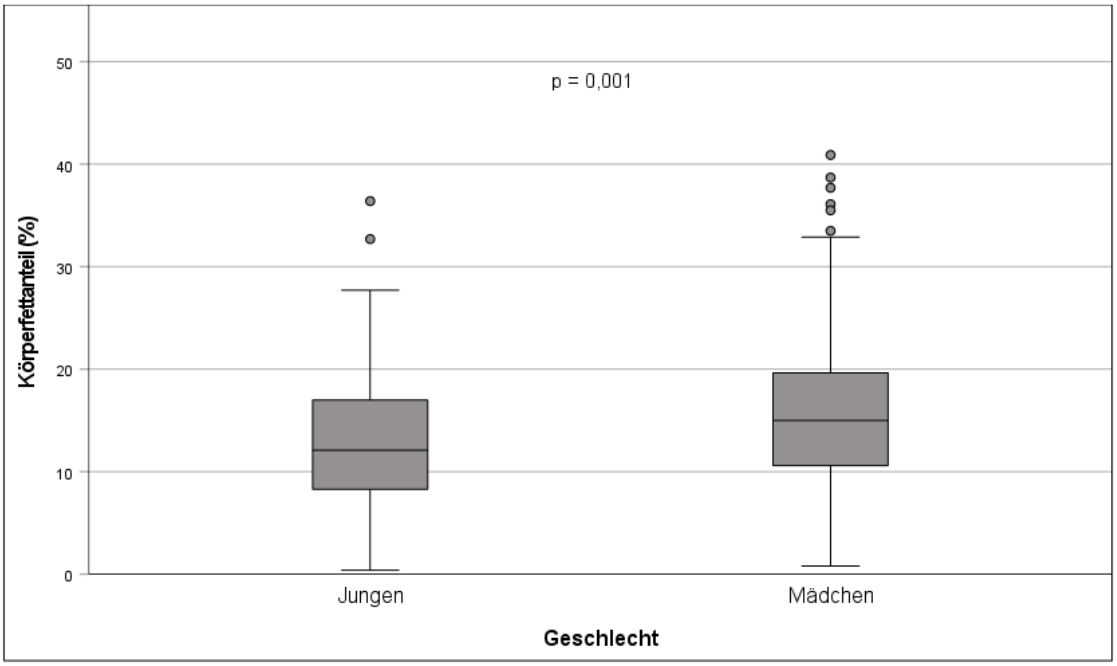


Abb.13: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körperfettanteils nach Geschlecht

p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

3.5 Gestationsalter bei Geburt

3.5.1 Daten und Ergebnisse der Frühgeborenen < 28 0/7 SSW

Bei den n = 84 extremen FG lag das GA im Mittel bei 26,2 (25,5; 27,0) Wochen. Das GG lag bei 743 (640; 915) g und die GKL bei 33,0 (31,0; 35,0) cm. Die Messungen mittels BodPod® erfolgten bei den FG < 28 0/7 SSW im Alter von durchschnittlich 7,5 (6,9; 8,9) Jahren. Bei einer durchschnittlichen KL von 124,1 (± 9,7) cm lag das KG im Mittel bei 22,9 (18,9; 26,7) kg, der BMI bei 14,7 (13,8; 16,0) kg/m^2. Die Messung der Körperzusammensetzung ergab eine BFM von 3,1 (1,7; 4,6) kg und eine BFFM von 20,1 (± 3,8) kg, bei einem durchschnittlichen BF% von 13,8 (8,4; 17,9) %. Die HFD bei n = 83 Kindern lag periumbilikal bei 7,7 (5,7; 12,1) mm, am Triceps bei 8,9 (7,6; 10,8) mm und subscapular bei 5,5 (4,7; 6,7) mm.

Zur Übersichtlichkeit erfolgt trotz einer Normalverteilung der Geburtsmaße, des SDS_{KG}, der KL mit SDS_{KL} und des KU mit SDS_{KU} in den Tabellen 11 und 12 die Darstellung der Messergebnisse in Median und Quartilen.

Tab.11: Klinische Daten der Frühgeborenen < 28 0/7 SSW bei Geburt

n = 84	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
GA bei Geburt, Wochen	26,2	24,4	25,5	27,0	27,7	23,7	27,9
GG, g	743	515	640	915	985	370	1190
SDS_{GG} WHO	-0,48	-1,89	-0,96	0,07	0,60	-2,77	1,80
GKL, cm	33,0	29,0	31,0	35,0	36,3	26,5	41,0
SDS_{GKL} WHO	-0,19	-1,83	-1,08	0,31	0,95	-3,25	3,20
GKU, cm	23,5	21,3	22,0	24,5	25,5	18,5	28,0
SDS_{GKU} WHO	-0,12	-1,56	-0,98	0,39	0,85	-2,50	3,24

Abk.: SSW – Schwangerschaftswoche, n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt

Tab.12: Ergebnisse der Messungen der Frühgeborenen < 28 0/7 SSW

n = 84	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
Alter, J	7,5	6,4	6,9	8,9	10,1	6,2	10,8
Anthropometrische Daten							
KG, kg	22,9	17,0	19,0	26,7	33,1	15,0	49,4
SDS_{KG} WHO	-0,57	-1,93	-1,25	0,35	0,99	-3,05	2,26
KL, cm	123,3	112,3	117,1	129,5	137,6	104,3	148,0
SDS_{KL} WHO	-0,18	-1,71	-0,89	0,49	1,27	-3,00	2,40
KU, cm	50,5	48,0	49,5	51,7	52,5	46,0	54,5
SDS_{KU} WHO	-1,28	-3,56	-2,32	-0,39	0,30	-5,17	1,48
BMI, kg/m^2	14,7	13,1	13,8	16,0	18,6	12,2	23,1
Körperzusammensetzung							
BF%, %	13,8	2,8	8,4	17,9	26,0	0,4	38,7
BFM, kg	3,1	0,5	1,7	4,6	7,3	0,1	19,1
BFFM%, %	86,2	74,1	82,2	91,6	97,2	61,3	99,6
BFFM, kg	20,0	15,3	17,3	22,3	25,2	14,1	32,2
Hautfaltendicke							
HFD periumbilikal, mm*	7,7	4,5	5,7	12,1	17,6	2,7	28,5
HFD triceps, mm*	8,9	6,0	7,6	10,8	14,8	3,5	18,3
HFD subscapular, mm*	5,5	4,1	4,7	6,7	9,9	3,6	25,0

Abk.: SSW – Schwangerschaftswoche, n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, J – Jahre, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, WHO – World Health Organization, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter
**n = 83*

3.5.2 Daten und Ergebnisse der Frühgeborenen ≥ 28 0/7 SSW

Zum Zeitpunkt der Geburt belief sich das GA der frühen FG im Mittel auf 30,3 (29,6; 31,1) Wochen. Die Kinder hatten zu diesem Zeitpunkt durchschnittlich ein GG von 1325 (1133; 1580) g und eine GKL von 39,0 (37,0; 41,3) cm. Das durchschnittliche Alter der FG ≥ 28 0/7 SSW der Studienkohorte lag zum Zeitpunkt der Messung der Körperzusammensetzung bei 8,4 (7,0; 9,5) Jahren. Bei mittleren Werten der KL von 129,3 (120,5; 136,4) cm und des KG von 26,1 (± 7,3) kg betrug der BMI 15,1 (13,9; 16,3) kg/m^2 bei einem BF% von 13,5 (9,9; 19,1) %. Die durchschnittlichen Ergebnisse der BFM und der BFFM beliefen sich auf 3,3 (2,1; 5,3) kg und 21,8 (± 4,4) kg. Bei der HFD lagen die Werte im Mittel bei 7,8 (5,7; 11,6) mm periumbilikal, 8,8 (7,6; 12,0) mm am Triceps und 5,4 (4,7; 6,8) mm subscapular.

Obwohl die SDS-Werte, das GG, die GKL, der GKU, sowie die KL und der KU normalverteilt waren, wird zur besseren Übersicht auf die Darstellung mit Median und Quartilen in den Tabellen 13 und 14 zurückgegriffen.

Tab.13: Klinische Daten der Frühgeborenen ≥ 28 0/7 SSW bei Geburt

n = 153	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
GA bei Geburt, Wochen	30,3	28,7	29,6	31,1	31,6	28,0	31,9
GG, g	1325	900	1133	1580	1750	480	2260
SDS_{GG} WHO	-0,17	-1,49	-0,84	0,37	0,88	-2,58	1,71
GKL, cm	39,0	35,0	37,0	41,3	43,0	28,5	48,0
SDS_{GKL} WHO	-0,08	-1,35	-0,72	0,47	1,31	-4,21	2,61
GKU, cm	27,5	25,1	26,0	28,9	29,7	22,5	31,5
SDS_{GKU} WHO	0,07	-1,42	-0,75	0,67	1,11	-3,40	2,51

Abk.: SSW – Schwangerschaftswoche, n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt

Tab.14: Ergebnisse der Messungen der Frühgeborenen ≥ 28 0/7 SSW

n = 153	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
Alter, J	8,4	6,4	7,0	9,5	10,3	6,1	10,8
Anthropometrische Daten							
KG, kg	25,2	18,6	21,0	29,7	33,0	13,0	62,3
SDS_{KG} WHO	-0,20	-1,70	-0,96	0,49	1,24	-3,41	3,04
KL, cm	129,3	116,0	120,5	136,4	143,0	101,3	163,4
SDS_{KL} WHO	0,28	-1,27	-0,43	1,04	1,60	-2,85	3,64
KU, cm*	51,5	49,5	50,5	53,0	53,6	47,0	55,0
SDS_{KU} WHO	-0,82	-2,43	-1,62	0,18	0,93	-3,96	2,53
BMI, kg/m^2	15,1	12,8	13,9	16,3	18,3	12,1	25,1
Körperzusammensetzung							
BF%, %	13,5	6,3	9,9	19,1	25,0	0,8	40,9
BFM, kg	3,3	1,4	2,1	5,3	8,1	0,1	25,3
BFFM%, %	86,5	75,0	81,0	90,1	93,7	59,1	99,2
BFFM, kg	21,4	16,5	18,8	24,9	26,5	11,7	38,8
Hautfaltendicke							
HFD periumbilikal, mm**	7,8	4,3	5,7	11,6	16,6	3,2	35,7
HFD triceps, mm*	8,8	6,2	7,6	12,0	14,8	4,0	27,7
HFD subscapular, mm*	5,4	4,0	4,7	6,8	10,0	3,4	19,3

Abk.: SSW – Schwangerschaftswoche, n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, J – Jahre, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, WHO – World Health Organization, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter
**n = 152; **n = 151*

3.5.3 Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen Frühgeborenen < 28 0/7 SSW und ≥ 28 0/7 SSW

Beim Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen den FG < 28 0/7 SSW und ≥ 28 0/7 SSW zeigten sich erwartungsgemäß signifikante Unterschiede bei den Merkmalen der Geburtsmaße. Auch bei den aktuellen Körpermaßen zeigten sich weiterhin signifikante Differenzen, wobei sich das mediane Alter dieser beiden Kohorten klinisch relevant um fast 1 Jahr unterschied. Während das Gewicht beim SDS_{GG} nach WHO signifikante Unterschiede ($p = 0{,}030$) aufwies, waren diese zum Zeitpunkt der aktuellen Messung (SDS_{KG} WHO) nicht mehr vorhanden. Hohe bis höchst signifikante Unterschiede wiesen die Gruppen in Bezug auf das KG ($p = 0{,}003$), die KL ($p < 0{,}001$) und den KU ($p < 0{,}001$) im aktuellen Alter von 6 bis 10 Jahren auf. FG < 28 0/7 SSW waren zum Zeitpunkt der ADP-Messung ca. 2,2 kg leichter, 6 cm kleiner und hatten einen ca. 1 cm kleineren KU als FG ≥ 28 0/7 SSW. Im Vergleich zwischen beiden Gruppen wurden keine Unterschiede im BF% und der BFM gefunden. FG < 28 0/7 SSW wiesen jedoch eine hoch signifikant geringere BFFM ($p = 0{,}002$) auf als FG ≥ 28 0/7 SSW dieser Altersklasse. (Brückner et al., 2024)

Die sonstigen Ergebnisse der Körperzusammensetzung wiesen keine signifikanten Unterschiede auf und sind aus Tabelle 15 zu entnehmen.

Tab.15: Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Gestationsalter

Angaben in Median (P 25; P 75)

N = 237	**< 28 0/7 SSW (n = 84)**	**≥ 28 0/7 SSW (n = 153)**	**p**
Alter, J	7,5 (6,9; 8,9)	8,4 (7,0; 9,5)	0,084
Anthropometrische Daten bei Geburt			
GA bei Geburt, Wochen	26,2 (25,5; 27,0)	30,3 (29,6; 31,1)	<0,001
GG, g	743 (640; 915)	1325 (1133; 1580)	<0,001[a]
SDS_{GG} WHO	-0,48 (-0,96; 0,07)	-0,17 (-0,84; 0,37)	0,028[a]
GKL, cm	33,0 (31,0; 35,0)	39,0 (37,0; 41,3)	<0,001[a]
SDS_{GKL} WHO	-0,19 (-1,08; 0,31)	-0,08 (-0,72; 0,47)	0,124[a]
GKU, cm	23,5 (22,0; 24,5)	27,5 (26,0; 28,9)	<0,001[a]
SDS_{GKU} WHO	-0,12 (-0,98; 0,39)	0,07 (-0,75; 0,67)	0,200[a]
Anthropometrische Daten bei Messung			
KG, kg	**22,9 (18,9; 26,7)**	**25,1 (21,0; 29,7)**	**0,003**
SDS_{KG} WHO	-0,57 (-1,25; 0,35)	-0,20 (-0,96; 0,49)	0,064[a]
KL, cm	**123,3 (117,1; 129,5)**	**129,3 (120,5; 136,4)**	**<0,001[a]**
SDS_{KL} WHO	-0,18 (-0,89; 0,49)	0,28 (-0,43; 1,04)	**0,002[a]**
KU, cm*	**50,5 (49,5; 51,7)**	**51,5 (50,5; 53,0)**	**<0,001[a]**
SDS_{KU} WHO	-1,28 (-2,32; -0,39)	-0,82 (-1,62; 0,18)	**<0,001[a]**
BMI, kg/m^2	14,7 (13,8; 16,0)	15,1 (13,9; 16,3)	0,341
Körperzusammensetzung bei Messung			
BF%, %	13,8 (8,4; 17,9)	13,5 (9,9; 19,1)	0,355
BFM, kg	3,1 (1,7; 4,6)	3,3 (2,1; 5,3)	0,086
BFFM%, %	86,2 (82,2; 91,6)	86,5 (81,0; 90,1)	0,355
BFFM, kg	**20,0 (17,3; 22,3)**	**21,4 (18,8; 24,9)**	**0,002**
Hautfaltendicke			
HFD periumbilikal, mm**	7,7 (5,7; 12,1)	7,8 (5,7; 11,6)	0,790
HFD triceps, mm***	8,9 (7,6; 10,8)	8,8 (7,6; 12,0)	0,603
HFD subscapular, mm***	5,5 (4,7; 6,7)	5,4 (4,7; 6,8)	0,886

Abk.: P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, N – Anzahl der Gesamtheit, SSW – Schwangerschaftswoche, n – Anzahl der Stichprobe, J – Jahre, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, KL – Körperlänge, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test ([a]ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben)

**n = 236, **n = 234, ***n = 235;* (Brückner et al., 2024)

3.5.4 Darstellung der Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Gestationsalter

Die folgenden Abbildungen 14 bis 20 stellen die Ergebnisse der anthropometrischen Daten und der Körperzusammensetzung aufgeteilt nach GA bei Geburt dar. Die Darstellungen beinhalten Median, 1. und 3. Quartil und Whisker mit 1,5-fachem Interquartilsabstand und Ausreißer.

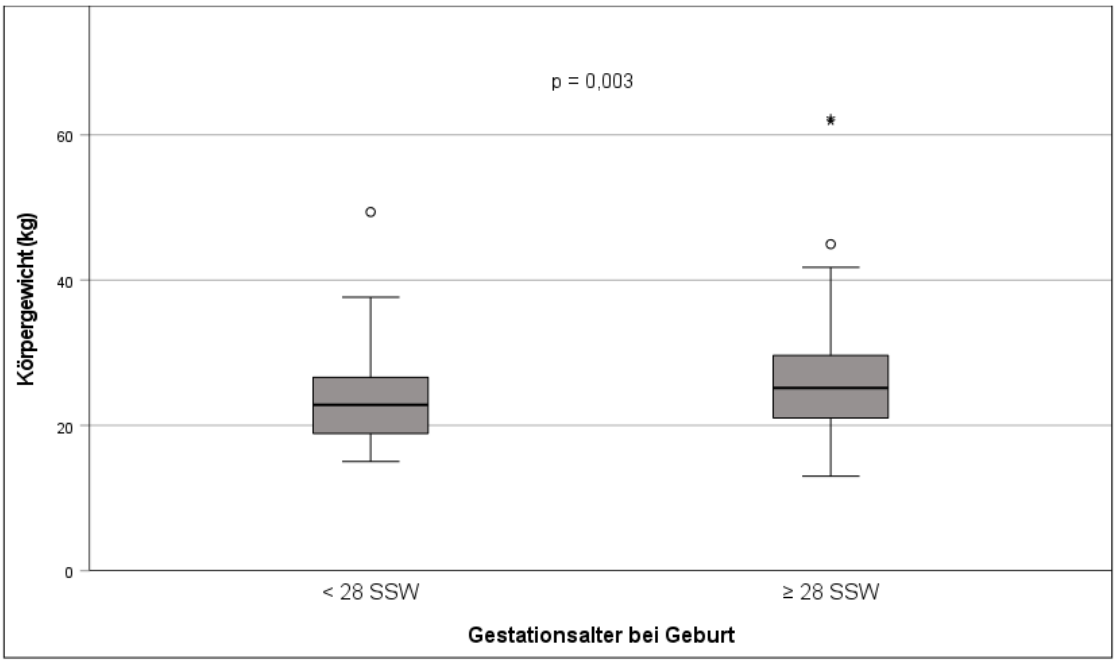


Abb.14: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körpergewichtes nach Gestationsalter

Abk.: kg – Kilogramm, SSW – Schwangerschaftswoche
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

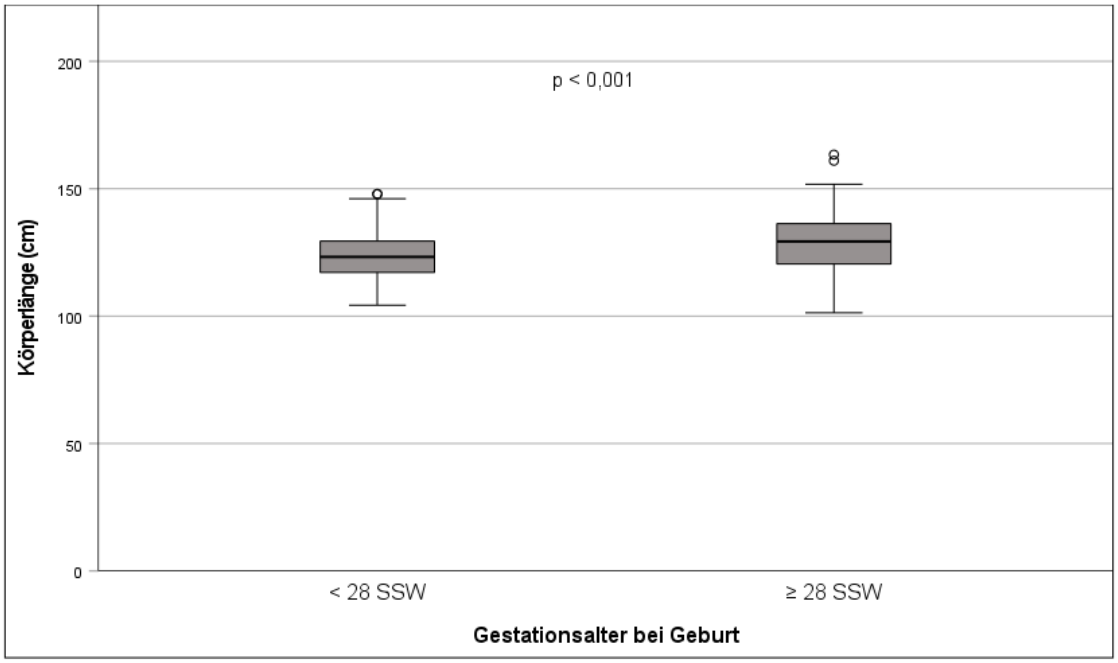


Abb.15: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperlänge nach Gestationsalter

Abk.: cm – Zentimeter, SSW – Schwangerschaftswoche
p-Wert: ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben

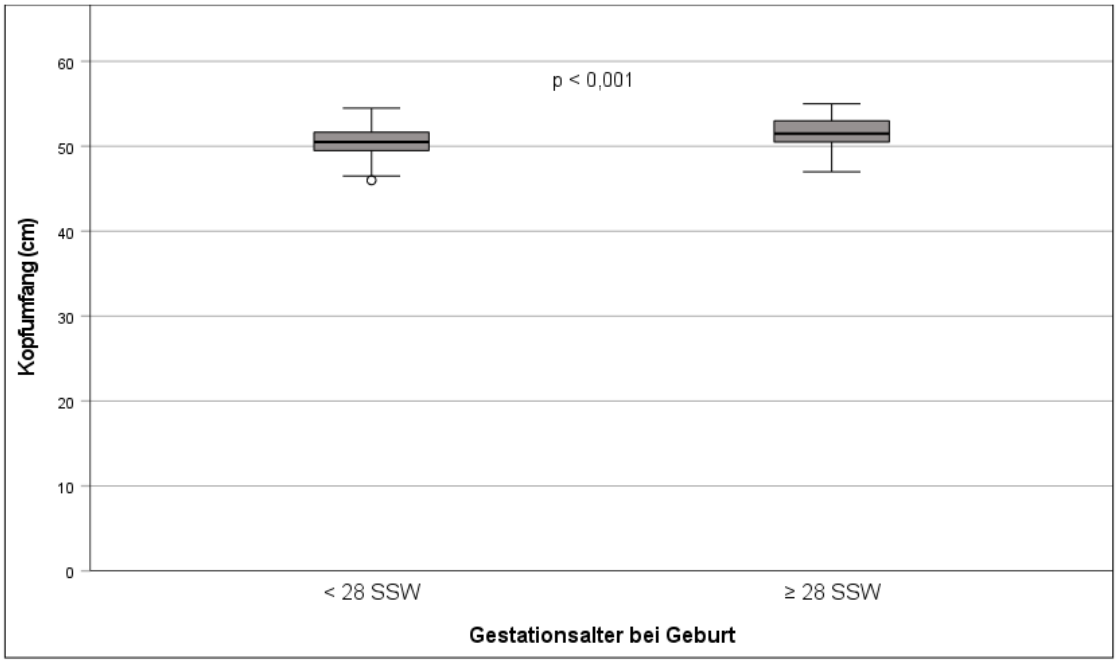


Abb.16: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Kopfumfanges nach Gestationsalter

Abk.: cm – Zentimeter, SSW – Schwangerschaftswoche
p-Wert: ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben

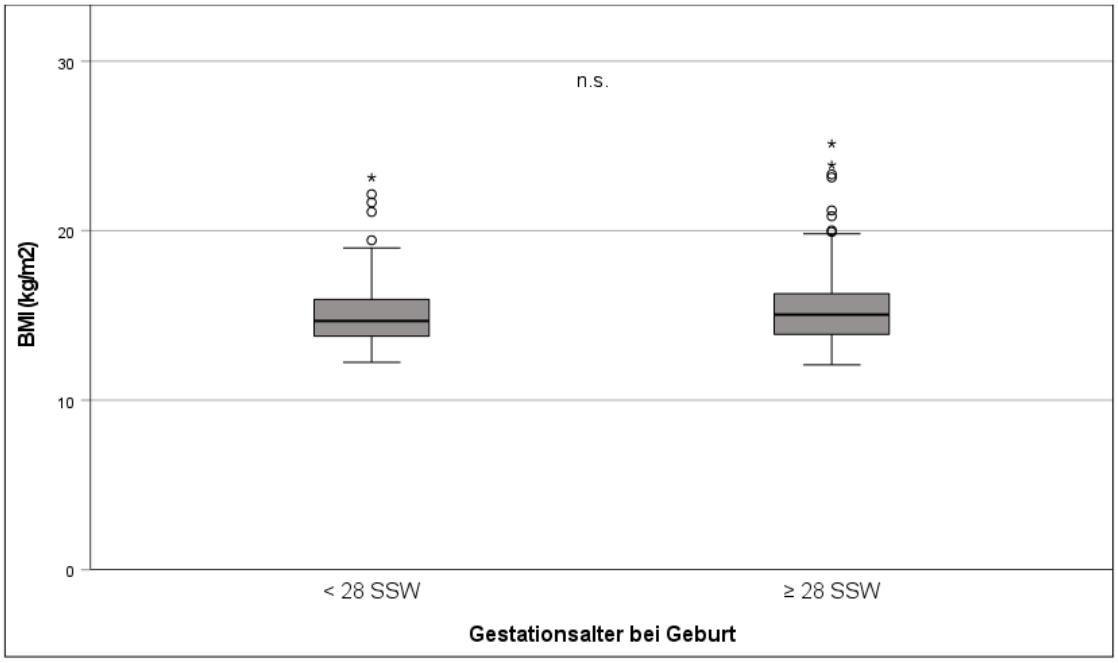


Abb.17: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Body-Mass-Index nach Gestationsalter

Abk.: n.s. – nicht signifikant, BMI – Body-Mass-Index, kg – Kilogramm, m – Meter, SSW – Schwangerschaftswoche

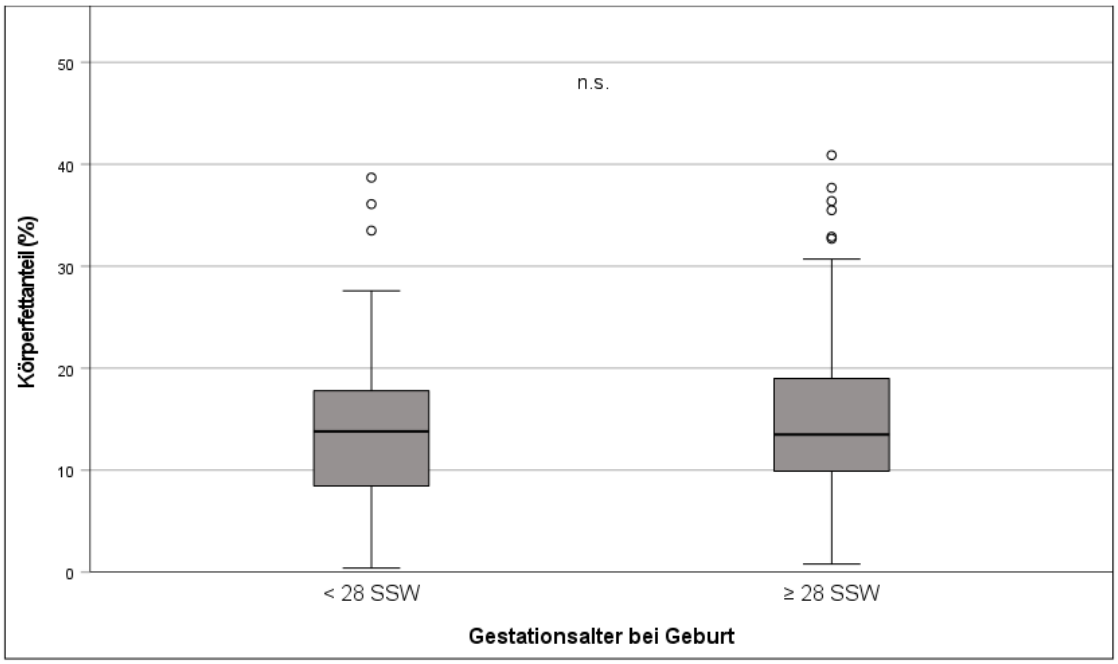


Abb.18: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körperfettanteils nach Gestationsalter

Abk.: n.s. – nicht signifikant, SSW – Schwangerschaftswoche

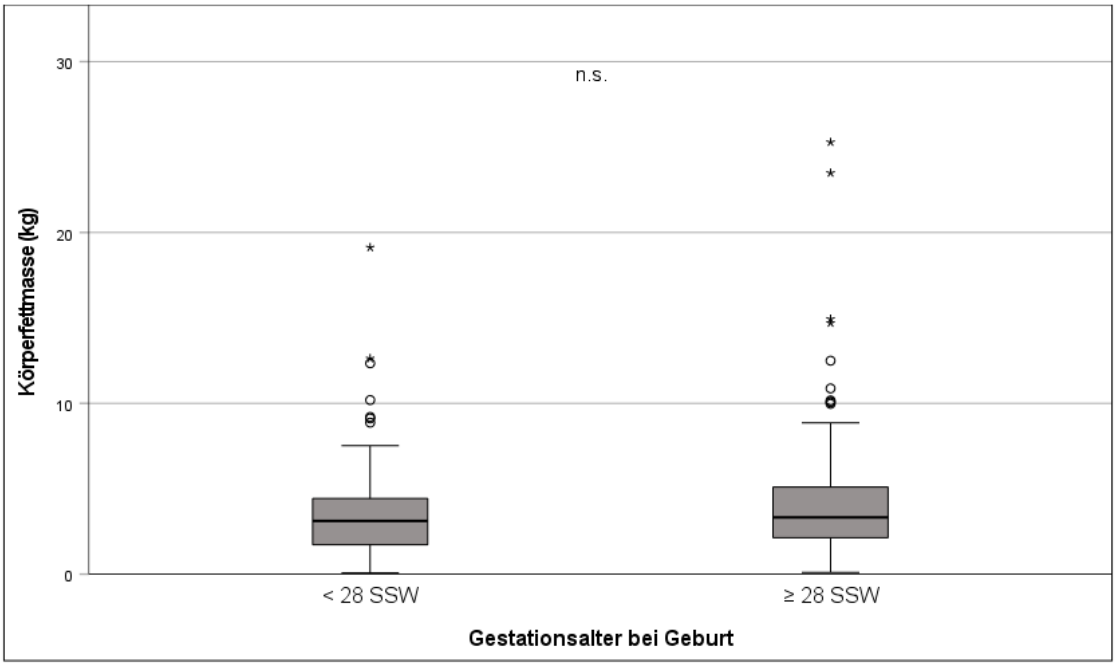


Abb.19: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperfettmasse nach Gestationsalter

Abk.: n.s. – nicht signifikant, kg – Kilogramm, SSW – Schwangerschaftswoche

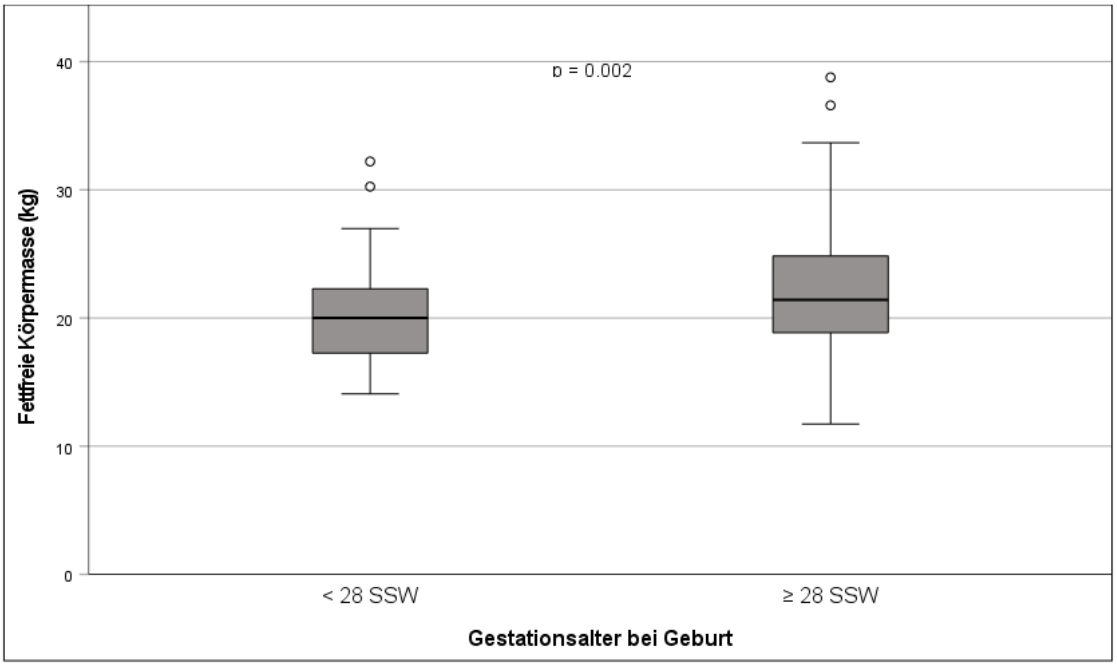


Abb.20: Box-Whisker-Plot: Vergleich der fettfreien Körpermasse nach Gestationsalter

Abk.: kg – Kilogramm, SSW – Schwangerschaftswoche
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

3.6 Konstitution bei Geburt

Die folgende Einteilung der Kinder in SGA und AGA erfolgte nach dem Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes (SDS_{GG}) nach WHO Child Growth Standards.

3.6.1 Daten und Ergebnisse der SGA-Kinder

In der Studienkohorte lag bei n = 37 Kinder nach WHO ein SDS_{GG} < -1,28 vor und definierte diese Kinder daher als „SGA“. Mit einem mittleren GA von 29,0 (26,8; 30,8) Wochen wiesen diese Kinder ein GG von 743 (± 243) g und eine GKL von 33,3 (± 3,6) cm auf. Das durchschnittliche Alter bei Studiendurchführung betrug bei diesen Kindern 7,9 (6,8; 9,1) Jahre. Bei der Untersuchung lag bei einer mittleren KL von 122,7 (± 9,9) cm und einem mittleren KG von 20,5 (17,7; 26,6) kg der BMI bei 13,7 (13,2; 14,8) kg/m^2. Bei den Messungen der Körperzusammensetzung mittels BodPod® zeigte sich bei diesen Kindern ein BF% von 10,6 (5,5; 19,5) %, eine BFM von 2,1 (1,0; 3,9) kg und eine BFFM von 18,9 (16,1; 21,3) kg. Die HFD periumbilikal, am Triceps und subscapular lagen im Mittel bei 7,5 (5,1; 11,7) mm, 8,0 (7,1; 9,9) mm und 5,3 (4,5; 6,9) mm.
Zur Übersichtlichkeit wird eine einheitliche Darstellung von Medianen und Quartilen in den Tabellen 16 und 17 gewählt.

Tab.16: Klinische Daten der SGA-Kinder bei Geburt

n = 37	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
GA bei Geburt, Wochen	29,0	24,9	26,8	30,8	31,6	23,7	31,6
GG, g	700	426	515	943	1095	370	1215
SDS_{GG} WHO	-1,63	-2,37	-1,96	-1,44	-1,34	-2,77	-1,30
GKL, cm	34,0	28,4	30,0	36,0	38,1	26,5	39,0
SDS_{GKL} WHO	-1,35	-2,89	-2,21	-0,91	-0,32	-4,21	0,04
GKU, cm	24,0	20,2	22,0	26,0	27,1	19,0	28,0
SDS_{GKU} WHO	-1,40	-2,37	-2,00	-1,00	-0,64	-3,40	0,44

Abk.: SGA – Small for gestational age, n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt

Tab.17: Ergebnisse der Messungen der SGA-Kinder

n = 37	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
Alter, J	7,9	6,5	6,8	9,1	10,2	6,1	10,8
Anthropometrische Daten							
KG, kg	20,5	16,2	17,7	26,6	31,7	14,1	38,0
SDS_{KG} WHO	-1,21	-2,71	-1,73	-0,51	1,0	-2,96	3,04
KL, cm	120,2	109,9	115,0	130,0	138,6	105,1	142,0
SDS_{KL} WHO	-0,71	-1,86	-1,32	0,06	0,60	-2,16	1,56
KU, cm	50,0	47,5	48,5	51,3	53,0	46,0	53,5
SDS_{KU} WHO	-1,68	-3,97	-3,00	-0,97	-0,29	-5,17	1,07
BMI, kg/m^2	13,7	12,9	13,2	14,8	18,9	12,3	23,2
Körperzusammensetzung							
BF%, %	10,6	3,5	5,5	19,5	24,1	0,8	26,8
BFM, kg	2,1	0,6	1,0	3,9	7,6	0,1	9,2
BFFM%, %	89,4	75,9	80,6	94,6	96,5	73,2	99,2
BFFM, kg	18,9	14,9	16,1	21,3	25,2	13,4	30,2
Hautfaltendicke							
HFD periumbilikal, mm	7,5	4,0	5,1	11,7	16,9	3,2	26,8
HFD triceps, mm	8,0	6,0	7,1	9,9	13,5	3,5	17,1
HFD subscapular, mm	5,3	3,8	4,5	6,9	9,4	3,6	14,7

Abk.: SGA – Small for gestational age, n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, J – Jahre, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, WHO – World Health Organization, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

3.6.2 Daten und Ergebnisse der AGA-Kinder

N = 200 Kinder wiesen nach WHO SDS-Werte des GG ≥ -1,28 auf und wurden demnach als „AGA“ eingestuft. Bei Geburt lag bei diesen Kindern das mittlere GA bei 29,4 (27,0; 31,0) Wochen. Das GG lag bei 1195 (889; 1466) g und die GKL bei 38,0 (35,0; 40,0) cm.

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Messung lag bei 8,2 (7,0; 9,3) Jahren. Die Kinder wiesen im Mittel einen BMI von 15,1 (14,0; 16,3) kg/m^2 und einen BF% von 13,8 (10,1; 18,3) % auf. Bei einem KG von 24,7 (20,8; 29,2) kg und einer KL von 128,2 (± 10,8) cm lagen die BFM bei 3,3 (2,2; 5,2) kg und die BFFM bei 21,6 (± 4,2) kg.

Die HFD betrug periumbilikal 7,9 (5,8; 12,0) mm. Am Triceps und subscapular lagen die Werte bei 9,1 (7,7; 11,7) mm und 5,4 (4,7; 6,7) mm.

Trotz einer Normalverteilung einiger Daten wird in den Tabellen 18 und 19 die einheitliche Darstellung mit Median und Quartilen gewählt.

Tab.18: Klinische Daten der AGA-Kinder bei Geburt

n = 200	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
GA bei Geburt, Wochen	29,4	25,7	27,0	31,0	31,6	23,7	31,9
GG, g	1195	713	889	1466	1710	530	2260
SDS_{GG} WHO	-0,10	-0,95	-0,58	0,38	0,87	-1,27	1,80
GKL, cm	38,0	32,0	35,0	40,0	43,0	27,0	48,0
SDS_{GKL} WHO	0,02	-1,10	-0,51	0,57	1,27	-2,11	3,20
GKU, cm	27,0	23,0	24,4	28,0	29,5	18,5	31,5
SDS_{GKU} WHO	0,14	-1,06	-0,42	0,66	1,11	-2,20	-3,24

Abk.: AGA – Appropriate for gestational age, n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt

Tab.19: Ergebnisse der Messungen der AGA-Kinder

n = 200	Median	P 10	P 25	P 75	P 90	Min	Max
Alter, J	8,2	6,4	7,0	9,3	10,3	6,1	10,8
Anthropometrische Daten							
KG, kg	24,7	18,6	20,8	29,2	33,1	13,0	62,3
SDS_{KG} WHO	-0,09	-1,52	-0,86	0,48	1,23	-3,41	2,81
KL, cm	127,5	115,0	120,0	135,3	142,5	101,3	163,4
SDS_{KL} WHO	0,26	-1,26	-0,50	0,99	1,59	-3,00	3,64
KU, cm*	51,5	49,0	50,3	52,5	53,5	46,6	55,0
SDS_{KU} WHO	-0,83	-2,43	-1,69	0,12	0,80	-4,67	2,53
BMI, kg/m^2	15,1	12,9	14,0	16,3	18,3	12,1	25,1
Körperzusammensetzung							
BF%, %	13,8	5,6	10,1	18,3	25,8	0,4	40,9
BFM, kg	3,3	1,2	2,2	5,2	8,1	0,1	25,3
BFFM%, %	86,2	74,2	81,7	89,9	94,4	59,1	99,6
BFFM, kg	21,3	16,6	18,4	24,3	26,4	11,7	38,8
Hautfaltendicke							
HFD periumbilikal, mm**	7,9	4,5	5,8	12,0	17,0	2,7	35,7
HFD triceps, mm***	9,1	6,1	7,7	11,7	15,3	4,0	27,7
HFD subscapular, mm***	5,4	4,1	4,7	6,7	10,0	3,4	25,0

Abk.: AGA – Appropriate for gestational age, n – Anzahl der Stichprobe, P 10 – 10. Perzentile, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, P 90 – 90. Perzentile, Min – Minimum, Max – Maximum, J – Jahre, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, WHO – World Health Organization, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter
**n = 199, **n = 197, ***n = 198*

3.6.3 Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen SGA- und AGA-Frühgeborenen

Bei der Geburt wiesen SGA- und AGA-Kinder erwartungsgemäß signifikante Unterschiede bei den Körpermaßen auf, bei einem nicht signifikant unterschiedlichen GA.

Es zeigten sich bei den aktuellen Merkmalen der Körpermaße und der Körperzusammensetzung im Alter von 6 bis 10 Jahren signifikante Differenzen beim KG ($p = 0,001$), der KL ($p = 0,004$), dem KU ($p < 0,001$), aber auch beim BF% ($p = 0,029$), dem BFFM% ($p = 0,029$), der BFM ($p = 0,007$) und der BFFM ($p = 0,002$). Zudem war der BMI ($p < 0,001$) als höchst signifikant unterschiedlich zwischen den zwei Gruppen einzustufen und lag bei den SGA-Kindern niedriger. Bei der HFD konnte bei der Gegenüberstellung nur ein signifikanter Unterschied am Triceps ($p = 0,023$) beobachtet werden. (Brückner et al., 2024)

Tab.20: Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Konstitution bei Geburt

Angaben in Median (P 25; P 75)

N = 237	**SGA (n = 37)**	**AGA (n = 200)**	**p**
Alter, J	7,9 (6,8; 9,1)	8,2 (7,0; 9,3)	0,506
Anthropometrische Daten bei Geburt			
GA bei Geburt, Wochen	29,0 (26,8; 30,8)	29,4 (27,0; 31,0)	0,644
GG, g	**700 (515; 943)**	**1195 (889; 1466)**	**<0,001**
SDS_{GG} WHO	**-1,63 (-1,96; -1,44)**	**-0,10 (-0,58; 0,38)**	**<0,001**
GKL, cm	**34,0 (30,0; 36,0)**	**38,0 (35,0; 40,0)**	**<0,001[a]**
SDS_{GKL} WHO	**-1,35 (-2,21; -0,91)**	**0,02 (-0,51; 0,57)**	**<0,001[a]**
GKU, cm	**24,0 (22,0; 26,0)**	**27,0 (24,4; 28,0)**	**<0,001**
SDS_{GKU} WHO	**-1,40 (-2,00; -1,00)**	**0,14 (-0,42; 0,66)**	**<0,001[a]**
Anthropometrische Daten bei Messung			
KG, kg	**20,5 (17,7; 26,6)**	**24,7 (20,8; 29,2)**	**0,001**
SDS_{KG} WHO	**-1,21 (-1,73; -0,51)**	**-0,09 (-0,86; 0,48)**	**<0,001**
KL, cm	**120,2 (115,0; 130,0)**	**127,5 (120,0; 135,3)**	**0,004[a]**
SDS_{KL} WHO	**-0,71 (-1,32; 0,06)**	**0,26 (-0,50; 0,99)**	**<0,001[a]**
KU, cm*	**50,0 (48,5; 51,3)**	**51,5 (50,3; 52,5)**	**<0,001**
SDS_{KU} WHO	**-1,68 (-3,00; -0,97)**	**-0,83 (-1,69; 0,12)**	**<0,001[a]**
BMI, kg/m^2	**13,7 (13,2; 14,8)**	**15,1 (14,0; 16,3)**	**<0,001**
Körperzusammensetzung bei Messung			
BF%, %	**10,6 (5,5; 19,5)**	**13,8 (10,1; 18,3)**	**0,029**
BFM, kg	**2,1 (1,0; 3,9)**	**3,3 (2,2; 5,2)**	**0,007**
BFFM%, %	**89,4 (80,6; 94,6)**	**86,2 (81,7; 89,9)**	**0,029**
BFFM, kg	**18,9 (16,1; 21,3)**	**21,3 (18,4; 24,3)**	**0,002**
Hautfaltendicke			
HFD periumbilikal, mm**	7,5 (5,1; 11,7)	7,9 (5,8; 12,0)	0,314
HFD triceps, mm***	**8,0 (7,1; 9,9)**	**9,1 (7,7; 11,7)**	**0,023**
HFD subscapular, mm***	5,3 (4,5; 6,9)	5,4 (4,7; 6,7)	0,490

Abk.: SGA – Small for gestational age, AGA – Appropriate for gestational age, WHO – World Health Organization, P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, N – Anzahl der Gesamtheit, , n – Anzahl der Stichprobe, J – Jahre, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, g – Gramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, KL – Körperlänge, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – Fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test ([a]ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben)

**n = 236, **n = 234, ***n = 235;* (Brückner et al., 2024)

3.6.4 Darstellung der Ergebnisse der Messungen der Studienkohorte nach Konstitution bei Geburt

Die folgenden Abbildungen 21 bis 24 stellen die Ergebnisse der anthropometrischen Daten und der Körperzusammensetzung aufgeteilt nach Konsitution bei Geburt dar. Die Darstellungen beinhalten Median, 1. und 3. Quartil und Whisker mit 1,5-fachem Interquartilsabstand und Ausreißer.

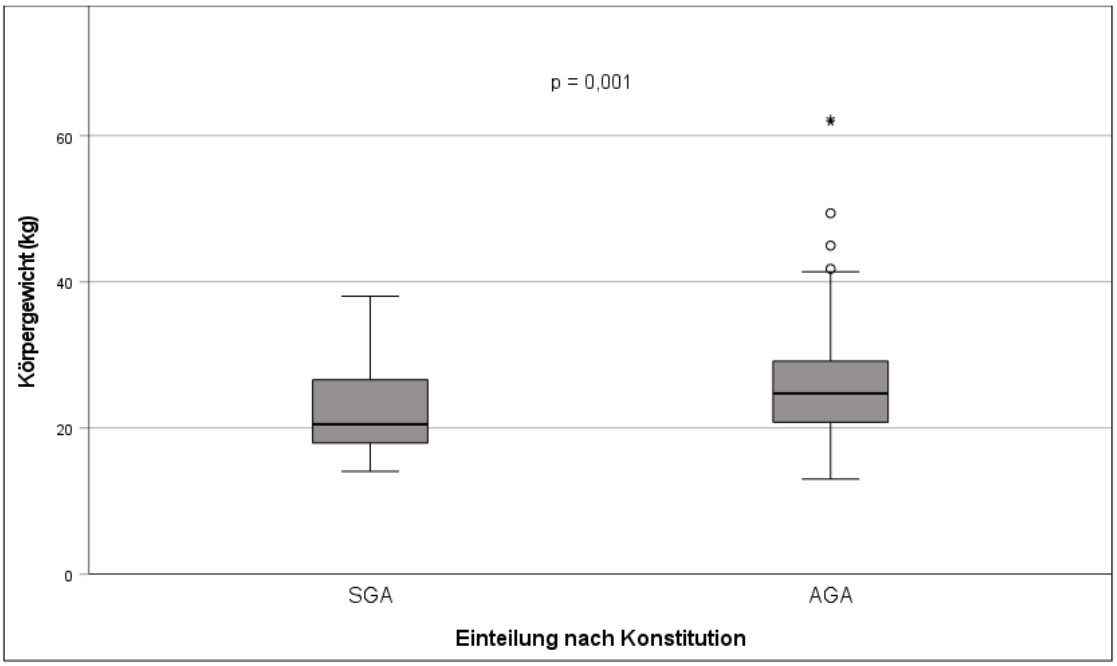


Abb.21: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körpergewichtes nach Konstitution bei Geburt

Abk.: kg – Kilogramm, SGA – Small for gestational age, AGA – Appropriate for gestational age
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

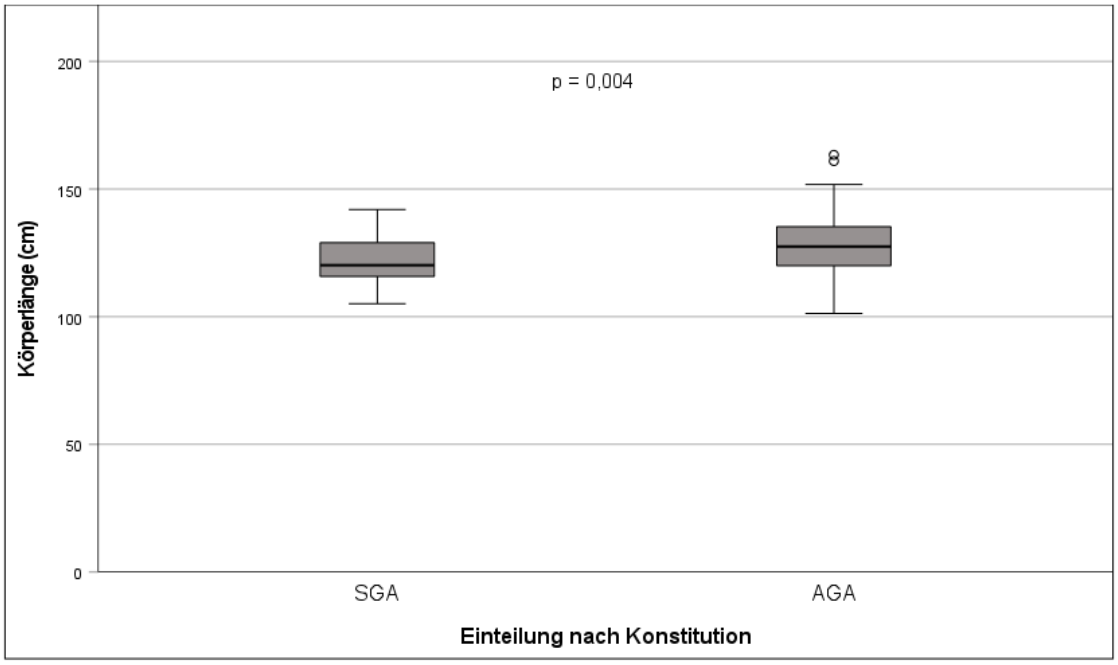


Abb.22: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperlänge nach Konstitution bei Geburt

Abk.: cm – Zentimeter, SGA – Small for gestational age, AGA – Appropriate for gestational age
p-Wert: ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben

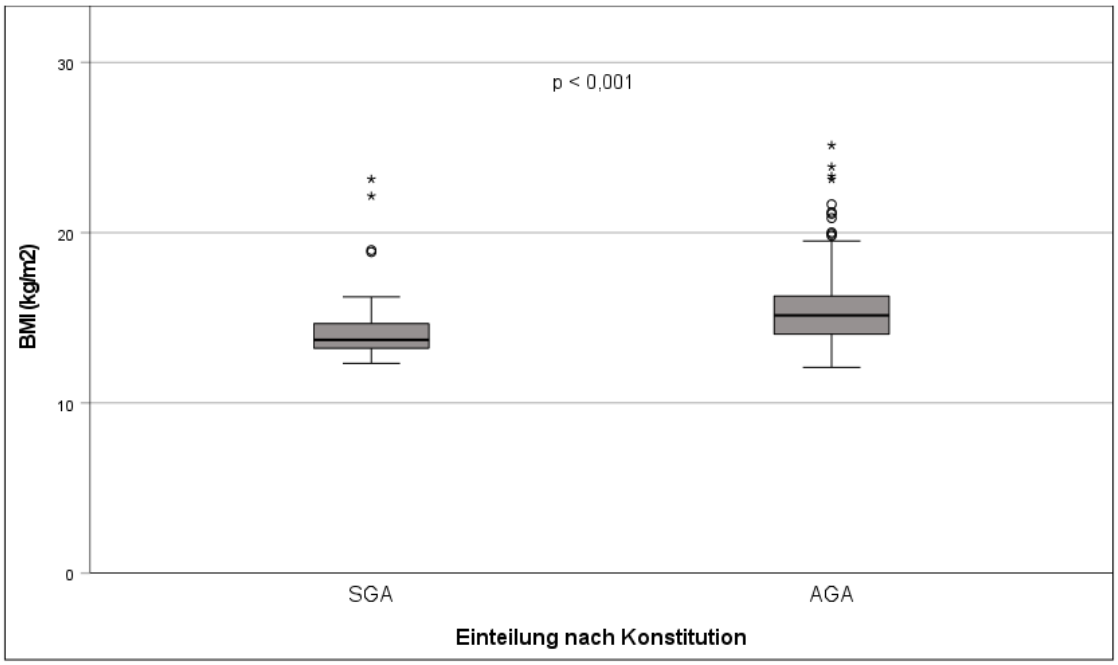


Abb.23: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Body-Mass-Index nach Konstitution bei Geburt

Abk.: BMI – Body-Mass-Index, kg – Kilogramm, m – Meter, SGA – Small for gestational age, AGA – Appropriate for gestational age
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

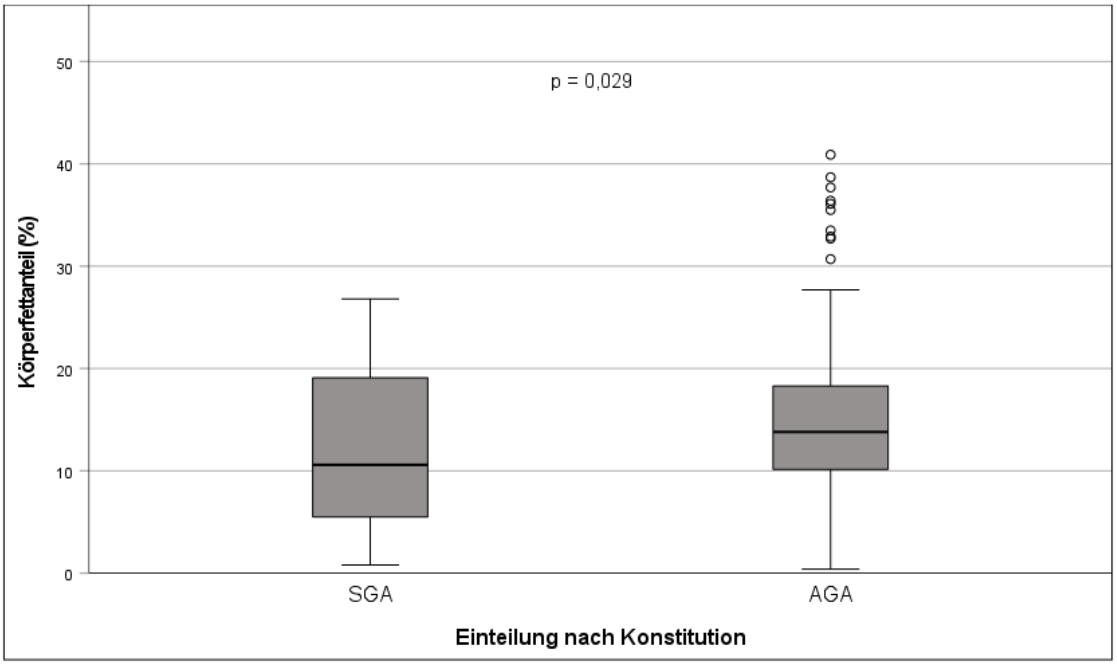


Abb.24: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körperfettanteils nach Konstitution bei Geburt

Abk.: SGA – Small for gestational age, AGA – Appropriate for gestational age
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

3.7 Korrelation der Geburtsdaten mit der Körperzusammensetzung

Bei der Analyse der Korrelation von Geburtsdaten mit der Körperzusammensetzung im Grundschulalter zeigte sich, dass das GA signifikant mit der BFFM ($p = 0{,}006$; $\rho = 0{,}177$), dem KG ($p = 0{,}008$; $\rho = 0{,}172$) und der KL ($p < 0{,}001$; $\rho = 0{,}225$) korrelierte. Es lag keine Korrelation mit dem BF% ($p = 0{,}528$; $\rho = 0{,}041$), der BFM ($p = 0{,}162$; $\rho = 0{,}091$) und dem BMI ($p = 0{,}728$; $\rho = 0{,}023$) vor.

Das GG und der SDS_{GG} nach WHO korrelierten mit allen Werten der Körpermaße und Körperzusammensetzung im Alter von 6 bis 10 Jahren signifikant. Hierbei zeigte sich bei dem GG mit der BFFM ($p < 0{,}001$; $\rho = 0{,}336$), dem KG ($p < 0{,}001$; $\rho = 0{,}331$) und der KL ($p < 0{,}001$; $\rho = 0{,}369$) eine mittlere Korrelationsstärke. (Brückner et al., 2024)

Die GKL und der GKU korrelierten außer mit dem BF% mit allen anderen anthropometrischen Daten und der Körperzusammensetzung. Der SDS_{GKL} nach WHO wies im Vergleich zur GKL jedoch eine schwache Korrelation zum BF% auf ($p = 0{,}014$; $\rho = 0{,}160$).

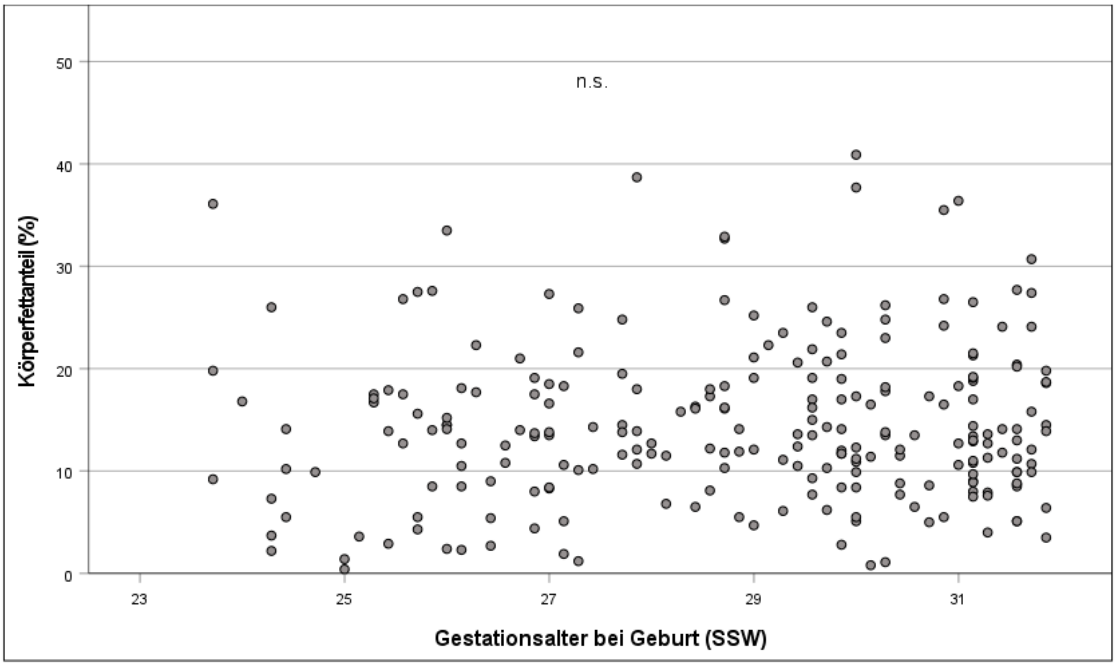


Abb.25: Streudiagramm: Korrelation des Gestationsalters mit dem Körperfettanteil

Abk.: n.s. – nicht signifikant, SSW – Schwangerschaftswoche

Tab.21: Korrelation des Gestationsalters und der Körpermaße bei Geburt mit Werten der Körperzusammensetzung im Alter von 6 bis 10 Jahren

N = 237	BF%, %	BFM, kg	BFFM, kg	KG, kg	KL, cm	BMI, kg/m²
GA, Wochen						
ρ	0,041	0,091	**0,177****	**0,172****	**0,225****	0,023
GG, kg						
ρ	**0,144***	**0,223****	**0,336****	**0,331****	**0,369****	**0,185****
SDS_{GG} WHO						
ρ/r	**0,222****	**0,273****	**0,294****	**0,308****	**0,317**[a]**	**0,264****
GKL, cm						
ρ/r	0,119	**0,192****	**0,316****	**0,305****	**0,333**[a]**	**0,144***
SDS_{GKL} WHO						
ρ/r	**0,160***	**0,198****	**0,249****	**0,248****	**0,277**[a]**	**0,164***
GKU, cm						
ρ	0,122	**0,195****	**0,320****	**0,309****	**0,351****	**0,158***
SDS_{GKU} WHO						
ρ	**0,200****	**0,240****	**0,271****	**0,277****	**0,322**[a]**	**0,228****

Abk.: N – Anzahl der Gesamtheit, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, kg – Kilogramm, BFFM – Fettfreie Körpermasse, KG – Körpergewicht, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, GKU – Kopfumfang bei Geburt, SDS_{GKU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges bei Geburt

ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman

**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant*

*** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant*

[a]r: Pearson Produkt-Moment-Korrelation

(Brückner et al., 2024)

3.8 Korrelation der aktuellen Daten mit der Körperzusammensetzung

Bei der Analyse des Alters mit den Daten der Körperzusammensetzung ergaben sich signifikante Korrelationen des Alters von 6 bis 10 Jahren mit dem BF% ($p < 0,001$; $\rho = 0,305$), der BFM ($p < 0,001$; $\rho = 0,457$) und der BFFM ($p < 0,001$; $\rho = 0,713$) sowie mit dem BMI ($p < 0,001$; $\rho = 0,272$).
Die Korrelationsanalyse von weiteren Körpermaßen erwies sich ebenfalls als signifikant und ist aus Tabelle 22 zu entnehmen.

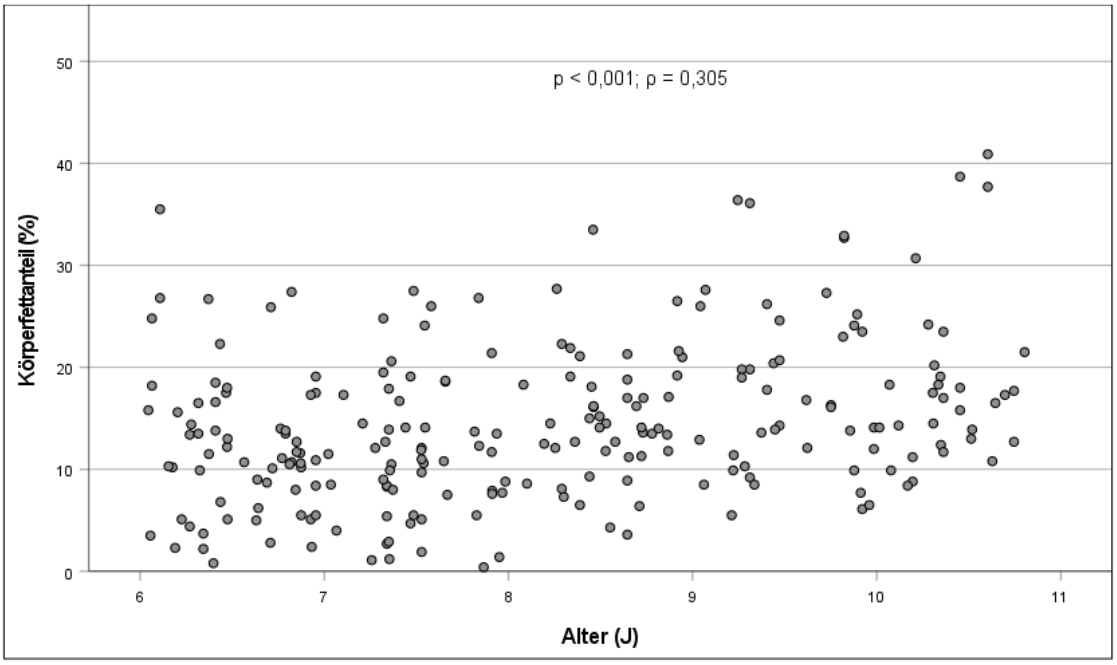


Abb.26: Streudiagramm: Korrelation des Alters bei Messung mit dem Körperfettanteil

Abk.: J – Jahre
ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman

Tab.22: Korrelation des Alters und der Körpermaße mit Werten der Körperzusammensetzung im Alter von 6 bis 10 Jahren

N = 237	BF%, %	BFM, kg	BFFM, kg	BMI, kg/m^2
Alter, J				
ρ	**0,305****	**0,457****	**0,713****	**0,272****
KG, kg				
ρ	**0,653****	**0,821****	**0,941****	**0,761****
SDS_{KG} WHO				
ρ	**0,615****	**0,705****	**0,652****	**0,796****
KL, cm				
ρ	**0,419****	**0,604****	**0,881****	**0,365****
SDS_{KL} WHO				
ρ	**0,327****	**0,440****	**0,572****	**0,294****
KU, cm				
ρ	**0,447****	**0,540****	**0,566****	**0,463****
SDS_{KU} WHO				
ρ	**0,442****	**0,476****	**0,354****	**0,425****

Abk.: N – Anzahl der Gesamtheit, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, kg – Kilogramm, BFFM – Fettfreie Körpermasse, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, J – Jahren, KG – Körpergewicht, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, WHO – World Health Organization, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, KU – Kopfumfang, SDS_{KU} – Standard Deviation Score des Kopfumfanges
ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman
*** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant*

3.9 Korrelation des Body-Mass-Index mit der Körperzusammensetzung

Bei der Berechnung des Korrelationskoeffizienten ρ nach Spearman ergaben sich stark signifikante Korrelationen ($p < 0,001$) des BMI mit den Messwerten aus der Körperzusammensetzung ($\rho_{BF\%} = 0,700$, $\rho_{BFM} = 0,774$, $\rho_{BFFM} = 0,631$) und dem KG ($\rho = 0,761$). Die KL korrelierte hingegen nur mäßig mit dem BMI ($\rho = 0,365$). (Tab. 23)

Bei der Betrachtung der geschlechterspezifischen Korrelationen von BMI und BF% zeigte sich bei beiden Geschlechtern eine signifikante Korrelation ($p < 0,001$) mit einem Korrelationskoeffizienten nach Spearman von $\rho = 0,654$ bei den Jungen und $\rho = 0,754$ bei den Mädchen.
In Tabelle 24 sind die minimalen und maximalen Messwerte des BF% und des KG der einzelnen BMI-Werte beschrieben. Es zeigten sich sowohl beim BF% als auch beim KG starke Varianzen der Verteilung der Messwerte bei den einzelnen BMI-Werten. Trotz einer starken Korrelation war die Spannweite des BF% und des KG bei einzelnen BMI-Werten groß. So lagen beispielsweise bei einem BMI von 16 kg/m^2 BF%-Werte von 6,2 bis 27,3 % und KG-Werte von 18,3 bis 35,2 kg vor.

Tab.23: Korrelation des Body-Mass-Index mit Werten der Körperzusammensetzung

N = 237	**BF%, %**	**BFM, kg**	**BFFM, kg**	**KG, kg**	**KL, cm**
BMI, kg/m^2					
ρ	**0,700****	**0,774****	**0,631****	**0,761****	**0,365****

Abk.: BMI – Body-Mass-Index, N – Anzahl der Gesamtheit, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, kg – Kilogramm, BFFM – Fettfreie Körpermasse, KG – Körpergewicht, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, m – Meter
ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman
*** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant*

Tab.24: Minimale und maximale Werte des Körperfettanteils und des Körpergewichtes nach Body-Mass-Index

BMI, kg/m^2	n (%)	BF%, %			KG, kg		
		Min	Median	Max	Min	Median	Max
12	9 (3,8)	0,4	7,9	11,5	15,8	18,3	25,9
13	40 (16,9)	0,8	9,9	21,4	13,0	18,9	25,3
14	46 (19,4)	1,4	10,7	19,1	15,0	21,9	28,2
15	53 (22,4)	5,0	13,0	23,0	17,4	23,9	33,0
16	42 (17,7)	6,2	16,3	27,3	18,3	26,6	35,2
17	19 (8,0)	11,8	19,1	30,7	21,6	29,7	37,4
18	7 (3,0)	16,5	17,8	32,9	19,3	32,3	40,7
19	7 (3,0)	20,7	26,0	36,1	31,2	34,2	41,8
20	4 (1,7)	24,6	27,2	32,7	28,1	36,3	45,0
21	3 (1,3)	26,2	27,6	35,5	30,6	37,0	38,1
22	2 (0,8)	4,3	15,6	26,8	28,1	31,2	34,3
23	3 (1,3)	26,8	37,7	38,7	31,4	49,4	62,3
24	1 (0,4)	40,9			61,9		
25	1 (0,4)	36,4			41,0		

Abk.: BMI – Body-Mass-Index, kg – Kilogramm, m – Meter, n – Anzahl der Stichprobe, BF% – Körperfettanteil, KG – Körpergewicht, Min – Minimum, Max – Maximum

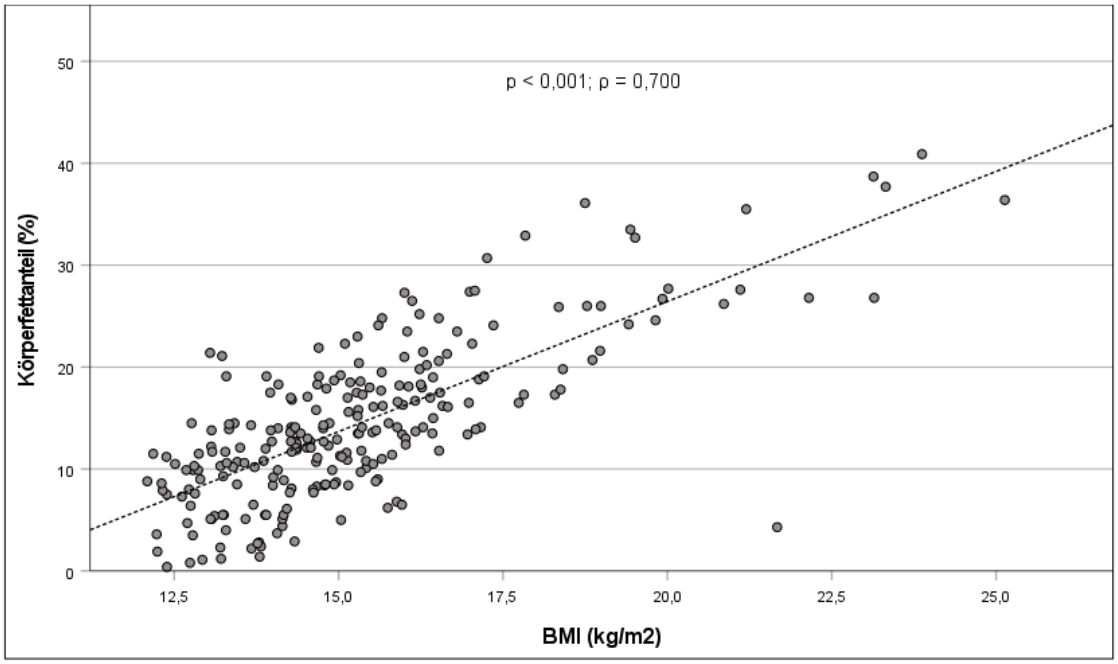


Abb.27: Streudiagramm: Korrelation des Körperfettanteils mit dem Body-Mass-Index

Abk.: BMI – Body-Mass-Index, kg – Kilogramm, m – Meter
ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman

3.10 Korrelation des Körperfettanteils nach Slaughter mit der Körperzusammensetzung

Von den n = 119 Kindern, die bei Studienteilnahme ≥ 8 Jahre (9,3 (8,7; 10,1) Jahre) alt waren, konnte von n = 118 der BF% nach den Formeln von Slaughter, die für Kinder ab 8 Jahren nutzbar sind, abgeschätzt werden. N = 1 Kind ließ aus Ängstlichkeit keine Messung der HFD zu. Bei den n = 119 Kindern ergaben die Körperfettmessungen mittels BodPod® einen mittleren BF% von 16,0 (12,0; 20,8) % und eine BFM von 4,3 (3,0; 6,4) kg. Der durch die Formeln nach Slaughter geschätzte BF% belief sich auf 15,4 (12,5; 19,5) %. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman wies auf eine starke Korrelation (ρ = 0,688) zwischen dem mittels BodPod® gemessen BF% und dem nach Slaughter geschätzten BF% hin. Zudem zeigte sich, dass der BF% nach Slaughter eine starke Korrelation zur BFM (p < 0,001; ρ = 0,713), zum gemessenen KG (p < 0,001; ρ = 0,643) und eine moderate Korrelation zur KL (p < 0,001; ρ = 0,320) aufwies.

In der differenzierten Betrachtung der Geschlechter ergab sich nach Slaughter bei den Jungen ein BF% von 14,5 (12,3; 17,9) % und bei den Mädchen von 16,3 (12,9; 22,1) %. Damit korrelierten diese Ergebnisse stark mit den mittels BodPod® erhobenen Daten bei den Jungen (14,1 (11,4; 19,5) %; $p < 0,001$; $\rho = 0,576$) und Mädchen (16,3 (13,7; 23,5) %; $p < 0,001$; $\rho = 0,787$).

Tab.25: Korrelation des vorhergesagten Körperfettanteils nach Slaughter mit dem Body-Mass-Index und Werten der Körperzusammensetzung

n = 118	BF%, %	BFM, kg	BFFM, kg	KG, kg	KL, cm	BMI, kg/m²
BF% Slaughter, % ρ	**0,688***	**0,713***	**0,453***	**0,643***	**0,320***	-0,044

Abk.: BMI – Body-Mass-Index, n – Anzahl der Stichprobe, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, kg – Kilogramm, BFFM – Fettfreie Körpermasse, KG – Körpergewicht, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, m – Meter
ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman
**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant*

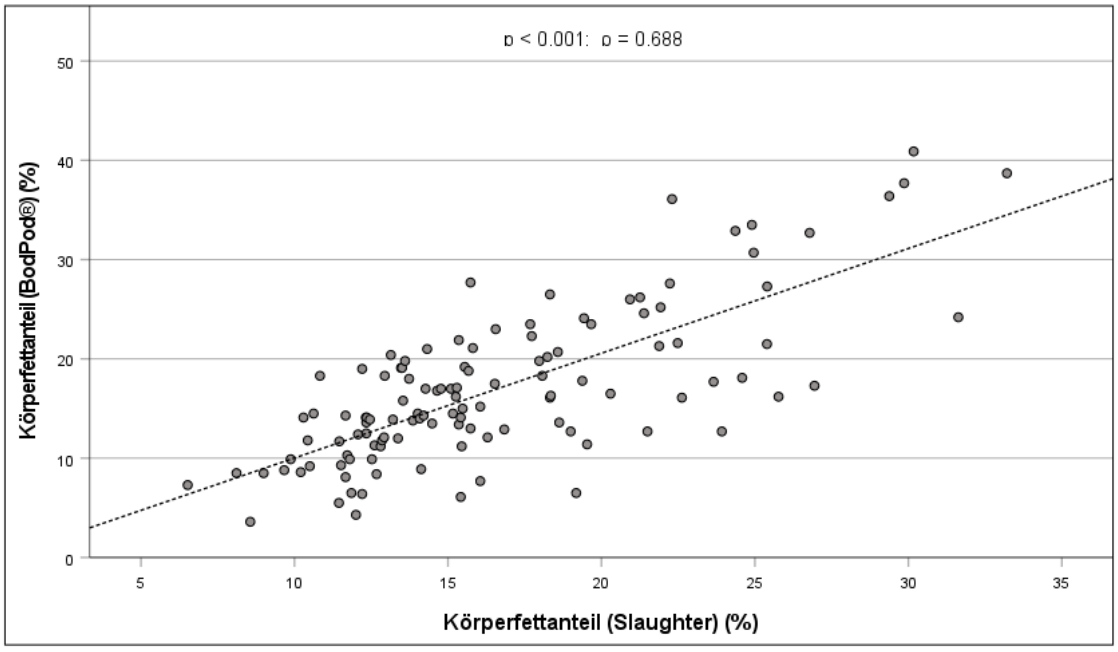


Abb.28: Streudiagramm: Korrelation des Körperfettanteils nach Slaughter mit dem Körperfettanteil nach BodPod®

ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman

3.11 Korrelation des mütterlichen Body-Mass-Index mit dem kindlichen Körperfettanteil

Bei der Korrelationsanalyse zeigte sich, dass zwischen dem aktuellen BMI der Mutter und dem BF% der Kinder keine signifikante Korrelation (p = 0,246; ρ = 0,078) vorlag. Bei der Einzelbetrachtung der Geschlechter zeigte sich bei den Jungen (p = 0,152; ρ = 0,130) und bei den Mädchen (p = 0,979; ρ = 0,005) keine Korrelation des mütterlichen BMI mit dem BF%.

Auch in Bezug auf den BMI und das KG der Kinder zeigte sich bei der Gesamtkohorte und bei den weiblichen Studienteilnehmerinnen keine Korrelation zum BMI der Mutter. Nur der BMI der Jungen korrelierte schwach mit dem mütterlichen BMI (p = 0,011; ρ = 0,231).

Tab.26: Korrelation des mütterlichen Body-Mass-Index mit dem Körperfettanteil, dem Body-Mass-Index und dem Körpergewicht der Kinder

		KG, kg	BF%, %	BMI, kg/m^2
BMI Mutter, kg/m^2 [a]		0,070	0,078	0,127
ρ	**Jungen**	0,156	0,130	**0,231***
	Mädchen	-0,055	0,005	-0,027

Abk.: BMI – Body-Mass-Index, BF% – Körperfettanteil, KG – Körpergewicht, kg – Kilogramm, m – Meter
ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman
**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant (p = 0,011)*
[a]n = 223

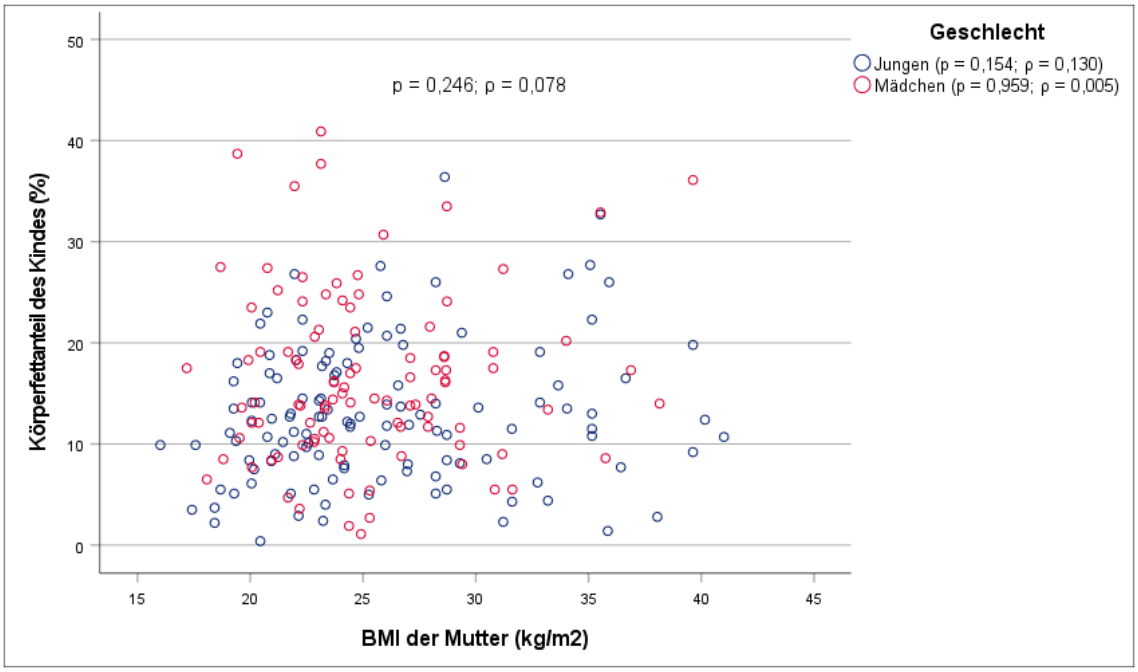


Abb.29: Streudiagramm: Korrelation des mütterlichen Body-Mass-Index mit dem kindlichen Körperfettanteil

Abk.: BMI – Body-Mass-Index, kg – Kilogramm, m – Meter
ρ: Korrelationskoeffizient nach Spearman

3.12 Vergleich der anthropometrischen Parameter und der Körperzusammensetzung zwischen den Frühgeborenen und einer Referenzkohorte Reifgeborener

In den folgenden Tabellen 27, 28 und 29 sind die Ergebnisse einer Studie der Universitätsklinik Tübingen aus dem Jahr 2021 gelistet, die bei RG-Einlingskindern im Alter von 6 und 7 Jahren die Körperzusammensetzung mittels ADP untersuchte. Diese Ergebnisse werden denen der aktuellen FG-Studie gegenübergestellt.

Unterschiede zum Zeitpunkt der Geburt bestanden erwartungsgemäß bei allen Körpermaßen und dem GA aufgrund der Frühgeburtlichkeit auf. Weiterhin waren die SDS-Werte von GG und GKL bei FG deutlich niedriger, weshalb der Anteil an SGA-Kindern bei den FG höher war. Für den Vergleich mit der reifgeborenen Einlingskohorte wurden nur die FG herangezogen, die bei Messung < 8 Jahre alt waren. Beim Vergleich der FG und RG im Alter von 7,0 (6,5; 7,5) bzw. 6,6 (6,4; 6,8) Jahren fielen weiterhin signifikante Unterschiede in Bezug auf das KG ($p = 0,001$), den BMI ($p < 0,001$) und die Körperzusammensetzung auf. Obwohl die Kohorte der FG im Vergleich zu den RG signifikant älter war, waren die FG im Grundschulalter leichter und wiesen einen geringeren BMI auf als die RG. Sowohl die Körperfettwerte als auch die Werte der fettfreien Körpermasse unterschieden sich signifikant zwischen den zwei Gruppen. Die FG-Kohorte wies im Vergleich zur RG-Kohorte einen signifikant geringeren BF% (11,1 (7,3; 16,5) % vs. 14,4 (11,4; 17,8) %; $p < 0,001$), eine signifikant geringere BFM (2,3 (1,4; 3,3) kg vs. 3,3 (2,4; 4,3) kg; $p < 0,001$) und eine signifikant geringere BFFM (18,6 (± 2,7) kg vs. 19,5 (± 2,3) kg; $r = 0,024$) auf. In Bezug auf die Ergebnisse der Messungen der HFD periumbilikal ($p = 0,081$), am Triceps ($p = 0,004$) und subscapular ($p < 0,001$) lagen ebenfalls in jeder Region signifikante Unterschiede vor.

Kein signifikanter Unterschied war in dieser Altersklasse zwischen den FG und RG bei der KL zu beobachten ($p = 0,318$).

Tab.27: Ergebnisse der Messungen der Früh- und Reifgeborenen

Angaben in Median (P 25; P 75)

	FG (n = 118)	RG (n = 75)	p
Alter, J	**7,0 (6,5; 7,5)**	**6,6 (6,4; 6,8)**	**<0,001**
Geburt			
GA bei Geburt, Wochen	**28,9 (26,9; 30,6)**	**39,9 (39,0; 40,4)**	**<0,001**
GG, kg	**0,98 (0,75; 1,36)**	**3,48 (3,07; 3,77)**	**<0,001**
SDS_{GG} WHO	**-0,39 (-1,02; 0,17)**	**0,12 (-0,58; 0,66)**	**<0,001[a]**
GKL, cm	**36,0 (33,0; 39,0)**	**51,0 (50,0; 53,0)**	**<0,001[a]**
SDS_{GKL} WHO	**-0,32 (-0,99; 0,32)**	**-0,02 (-0,58; 1,21)**	**<0,006**
Anthropometrische Daten			
KG, kg	**20,8 (18,5; 23,9)**	**22,7 (20,5; 25,4)**	**0,001**
SDS_{KG} WHO	**-0,44 (-1,16; 0,30)**	**0,30 (-0,34; 0,93)**	**<0,001[a]**
KL, cm	119,9 (115,5; 125,0)	121,0 (118,0; 123,0)	0,319
SDS_{KL} WHO	**-0,06 (-0,72; 0,69)**	**0,41 (-0,08; 0,86)**	**0,005**
BMI, kg/m^2	**14,4 (13,3; 15,5)**	**15,5 (14,3; 16,5)**	**<0,001**
Körperzusammensetzung			
BF%, %	**11,1 (7,3; 16,5)**	**14,4 (11,4; 17,8)**	**<0,001**
BFM, kg	**2,3 (1,4; 3,3)**	**3,3 (2,4; 4,3)**	**<0,001**
BFFM%, %	**89,0 (83,5; 92,7)**	**85,6 (82,2; 88,6)**	**<0,001**
BFFM, kg	**18,5 (16,7; 20,8)**	**19,3 (18,2; 20,7)**	**0,024[a]**
Hautfaltendicke			
HFD periumbilikal, mm	6,8 (5,0; 9,9)*	8,0 (5,0; 11,0)	0,081
HFD triceps, mm	**8,3 (7,1; 10,2)***	**11,0 (8,0; 13,0)**	**0,003**
HFD subscapular, mm	**5,0 (4,5; 5,9)***	**6,0 (5,0; 7,0)**	**<0,001**

Abk.: P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, FG – Frühgeborene, n – Anzahl der Stichprobe, RG – Reifgeborene, J – Jahre, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, kg – Kilogramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, KG – Körpergewicht, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichts, KL – Körperlänge, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test ([a]ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben)

**n = 117*

3.12.1.1 Daten und Ergebnisse der Messungen der Frühgeborenen und Reifgeborenen nach Geschlecht

Aufgrund des signifikanten Unterschiedes des GA bei Geburt, wiesen die FG signifikant geringere Werte beim GG, GKL und deren Z-Scores auf. Die männlichen Studienteilnehmer der zwei Gruppen wiesen zum Zeitpunkt der Messungen im Alter von 6 bis 7 Jahren einen signifikanten Unterschied des Alters auf. Trotz signifikant älterer FG im Vergleich zu den RG (6,9 (6,5; 7,5) Jahre vs. 6,6 (6,4; 6,8) Jahre; p = 0,002), wiesen die FG-Jungen ein signifikant geringeres KG (20,6 (18,4; 24,0) kg vs. 22,6 (20,5; 25,3) kg; p = 0,026), geringere Gewichts-Z-Scores (-0,48 (± 1,33) vs. 0,30 (± 0,95); r = 0,005) und einen geringeren BMI (14,2 (13,3; 15,4) kg/m^2 vs. 15,3 (14,2; 16,5) kg/m^2; p = 0,006) auf. Keine signifikanten Unterschiede zeigten sich bei der KL (120,2 (115,6; 126,6) cm vs. 121,0 (119,8; 123,3) cm; p = 0,415).

Wie bei den männlichen Teilnehmern wiesen die weiblichen FG-Teilnehmerinnen ein signifikant höheres Alter auf als die Teilnehmerinnen der RG-Kohorte (7,1 (6,7; 7,4) Jahre vs. 6,6 (6,3; 6,8) Jahre; p < 0,001) und unterschieden sich signifikant beim KG (20,8 (18,5; 23,8) kg vs. 22,7 (20,5; 25,4) kg; p = 0,025), dem Gewichts-Z-Score (-0,37 (± 1,18) vs. 0,36 (± 0,98); r < 0,001) und dem BMI (14,8 (13,3; 15,6) kg/m^2 vs. 15,7 (14,5; 16,5) kg/m^2; p = 0,006). Wie auch bei den Jungen ergab sich bei den FG- und RG-Mädchen keine signifikante Differenz bei der KL (119,2 (115,2; 124,2) cm vs. 121,0 (117,5; 123,0) cm; p = 0,381).

Bei der Körperzusammensetzung wiesen die FG-Jungen im Vergleich zu den RG-Jungen signifikante Differenzen beim BF% (10,3 (5,5; 13,5) % vs. 13,8 (10,7; 17,0) %; p = 0,002) und der BFM (2,0 (1,1; 3,1) kg vs. 3,2 (2,1; 3,8) kg; p = 0,001) auf, aber keine bei der BFFM (19,0 (± 2,9) kg vs. 19,8 (± 2,2) kg; r = 0,159). Die FG- und RG-Mädchen wiesen nur bei der BFFM (18,2 (16,4; 19,8) kg vs. 19,2 (18,2; 20,3) kg; p = 0,028) signifikante Differenzen auf, und bei den restlichen Werten der Körperzusammensetzung zeigten sich keine Unterschiede.

Bei der HFD waren zwischen den Jungen der beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede vorhanden, während die FG-Mädchen am Triceps (9,2 (7,9; 11,0) mm vs. 11,0 (8,0; 13,0) mm; p = 0,045) und subscapular (5,6 (4,8; 6,2) mm vs.

6,0 (5,0; 8,0) mm; p = 0,008) signifikant geringere Werte aufwiesen als die RG-Mädchen.

Tab.28: Ergebnisse der Messungen der männlichen Studienteilnehmer der Früh- und Reifgeborenen

Angaben in Median (P 25; P 75)

n (%)	FG (64 (54,2))	RG (30 (40,0))	p
Alter, J	**6,9 (6,5; 7,5)**	**6,6 (6,3; 6,8)**	**0,002**
Geburt			
GA bei Geburt, Wochen	**29,0 (26,9; 30,8)**	**40,1 (39,3; 40,5)**	**<0,001**
GG, kg	**0,97 (0,79; 1,42)**	**3,50 (3,09; 3,81)**	**<0,001**
SDS_{GG} WHO	**-0,50 (-1,13; 0,15)**	**0,09 (-0,59; 0,66)**	**0,006[a]**
GKL, cm	**36,0 (33,1; 39,0)**	**51,5 (50,0; 53,0)**	**<0,001[a]**
SDS_{GKL} WHO	**-0,40 (-1,13; 0,30)**	**-0,01 (-0,49; 1,08)**	**0,006[a]**
Anthropometrische Daten			
KG, kg	**20,6 (18,4; 24,0)**	**22,6 (20,5; 25,3)**	**0,026**
SDS_{KG} WHO	**-0,51 (-1,19; 0,33)**	**0,14 (-0,56; 0,92)**	**0,005[a]**
KL, cm	120,2 (115,6; 126,6)	121,0 (119,8; 123,3)	0,415
SDS_{KL} WHO	0,05 (-0,65; 0,82)	0,35 (-0,08; 0,81)	0,068
BMI, kg/m²	**14,2 (13,3; 15,4)**	**15,3 (14,2; 16,5)**	**0,006**
Körperzusammensetzung			
BF%, %	**10,3 (5,5; 13,5)**	**13,8 (10,7; 17,0)**	**0,002**
BFM, kg	**2,0 (1,1; 3,1)**	**3,2 (2,1; 3,8)**	**0,001**
BFFM%, %	**89,8 (86,5; 94,5)**	**86,3 (83,0; 89,3)**	**0,001**
BFFM, kg	18,9 (17,3; 21,3)	19,6 (18,4; 21,8)	0,159[a]
Hautfaltendicke			
HFD periumbilikal, mm	6,2 (4,5; 7,7)*	6,5 (4,9; 9,3)	0,678
HFD triceps, mm	8,0 (6,7; 9,0)*	9,0 (6,0; 11,3)	0,188
HFD subscapular, mm	4,9 (4,1; 5,5)*	5,0 (4,0; 6,3)	0,231

Abk.: P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, n – Anzahl der Stichprobe, FG – Frühgeborene, RG – Reifgeborene, J – Jahre, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, kg – Kilogramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, KG – Körpergewicht, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichts, KL – Körperlänge, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test ([a]ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben)

**n = 63*

Tab.29: Ergebnisse der Messungen der weiblichen Studienteilnehmerinnen der Früh- und Reifgeborenen

Angaben in Median (P 25; P 75)

n (%)	FG (54 (45,8)	RG (45 (60,0))	p
Alter, J	**7,1 (6,7; 7,4)**	**6,6 (6,3; 6,8)**	**<0,001**
Geburt			
GA bei Geburt, Wochen	**28,4 (26,9; 30,4)**	**39,7 (38,7; 40,4)**	**<0,001**
GG, kg	**1,02 (0,74; 1,33)**	**3,42 (2,99; 3,76)**	**<0,001**
SDS_{GG} WHO	**-0,28 (-0,87; 0,30)**	**0,18 (-0,62; 0,62)**	**0,040[a]**
GKL, cm	**37,0 (32,5; 39,0)**	**51,0 (49,5; 52,5)**	**<0,001[a]**
SDS_{GKL} WHO	-0,14 (-0,72; 0,68)	-0,05 (-0,68; 1,36)	0,088[a]
Anthropometrische Daten			
KG, kg	**20,8 (18,5; 23,8)**	**22,7 (20,5; 25,4)**	**0,025**
SDS_{KG} WHO	**-0,37 (-1,16; 0,30)**	**0,52 (-0,26; 0,94)**	**<0,001[a]**
KL, cm	119,2 (115,2; 124,2)	121,0 (117,5; 123,0)	0,381
SDS_{KL} WHO	**-0,14 (-0,88; 0,67)**	**0,47 (-0,18; 0,88)**	**0,024**
BMI, kg/m^2	**14,8 (13,3; 15,6)**	**15,7 (14,5; 16,5)**	**0,006**
Körperzusammensetzung			
BF%, %	13,5 (8,8; 18,5)	15,0 (11,6; 18,7)	0,163
BFM, kg	2,8 (1,8; 4,1)	3,4 (2,5; 4,6)	0,053
BFFM%, %	86,6 (81,5; 91,2)	85,0 (81,3; 88,4)	0,168
BFFM, kg	**18,2 (16,4; 19,8)**	**19,2 (18,2; 20,3)**	**0,028**
Hautfaltendicke			
HFD periumbilikal, mm	7,9 (5,7; 12,0)	9,0 (6,0; 11,5)	0,291
HFD triceps, mm	**9,2 (7,9; 11,0)**	**11,0 (8,0; 13,0)**	**0,045**
HFD subscapular, mm	**5,6 (4,8; 6,2)**	**6,0 (5,0; 8,0)**	**0,008**

Abk.: P 25 – 25. Perzentile, P 75 – 75. Perzentile, n – Anzahl der Stichprobe, FG – Frühgeborene, RG – Reifgeborene, J – Jahre, GA – Gestationsalter, GG – Geburtsgewicht, kg – Kilogramm, SDS_{GG} – Standard Deviation Score des Geburtsgewichtes, WHO – World Health Organization, GKL – Körperlänge bei Geburt, cm – Zentimeter, SDS_{GKL} – Standard Deviation Score der Körperlänge bei Geburt, KG – Körpergewicht, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichts, KL – Körperlänge, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, BFFM% – Anteil fettfreier Körpermasse, BFFM – fettfreie Körpermasse, HFD – Hautfaltendicke, mm – Millimeter

p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test ([a]ermittelt mit T-Test für unabhängige Stichproben)

3.12.1.2 Darstellung der Ergebnisse der Messungen der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht

Die folgenden Abbildungen 30 bis 36 stellen die Ergebnisse der anthropometrischen Daten und der Körperzusammensetzung der FG und RG nach Geschlecht dar. Die Darstellungen beinhalten Median, 1. und 3. Quartil und Whisker mit 1,5-fachem Interquartilsabstand und Ausreißer.

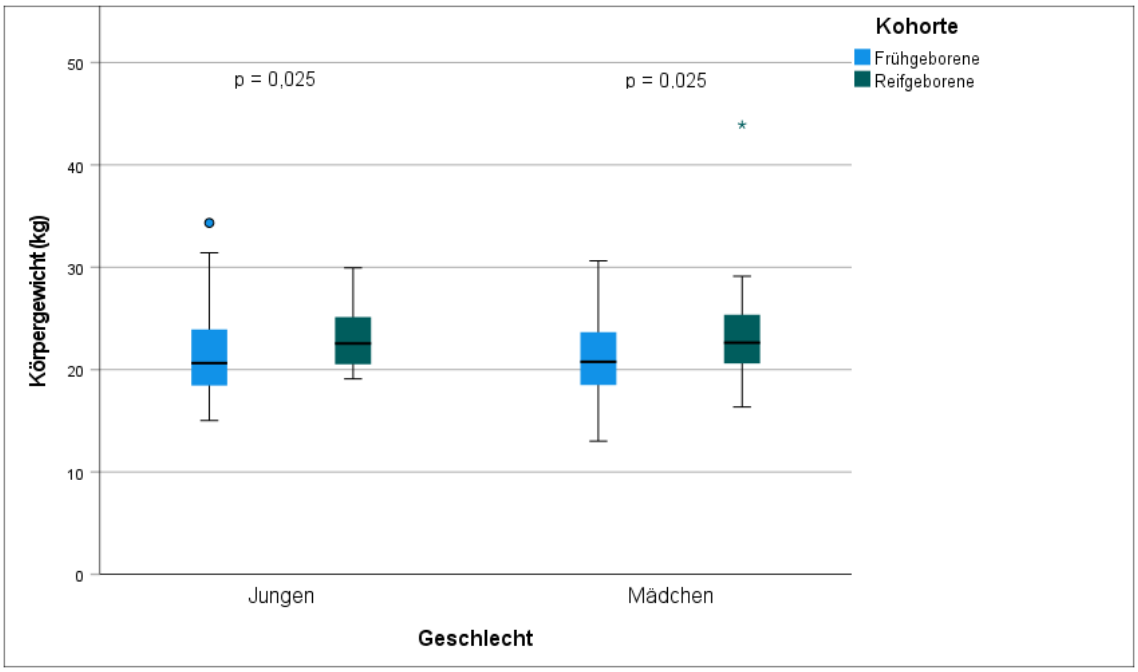


Abb.30: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körpergewichtes der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht

Abk. kg – Kilogramm
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

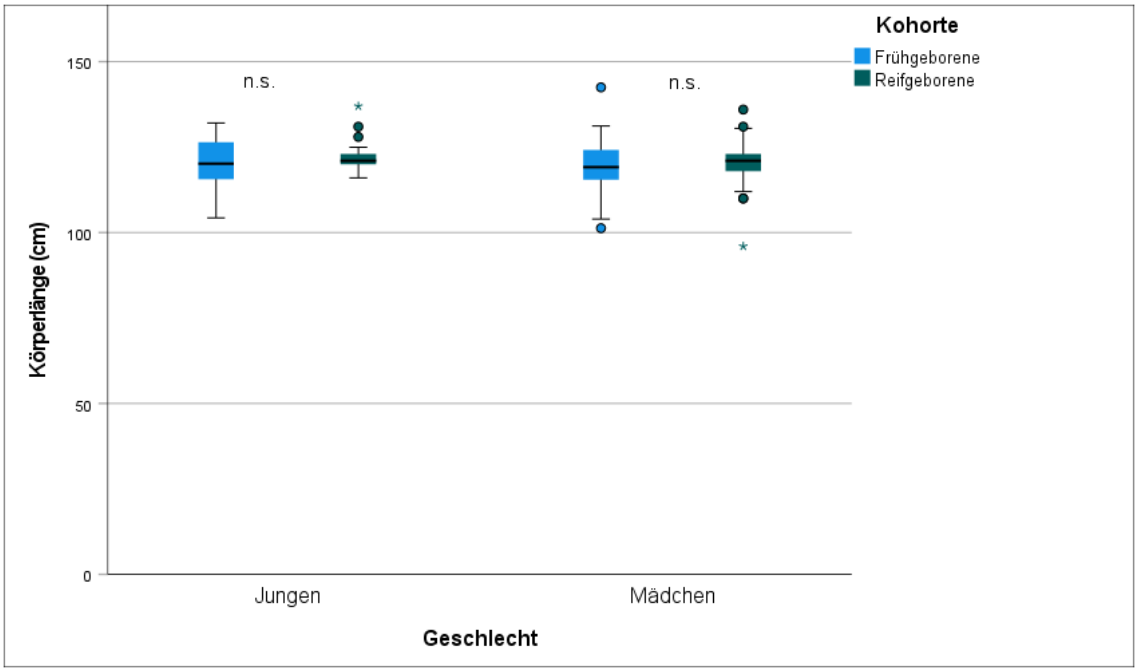


Abb.31: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperlänge der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht

Abk.: n.s. – nicht signifikant, cm – Zentimeter

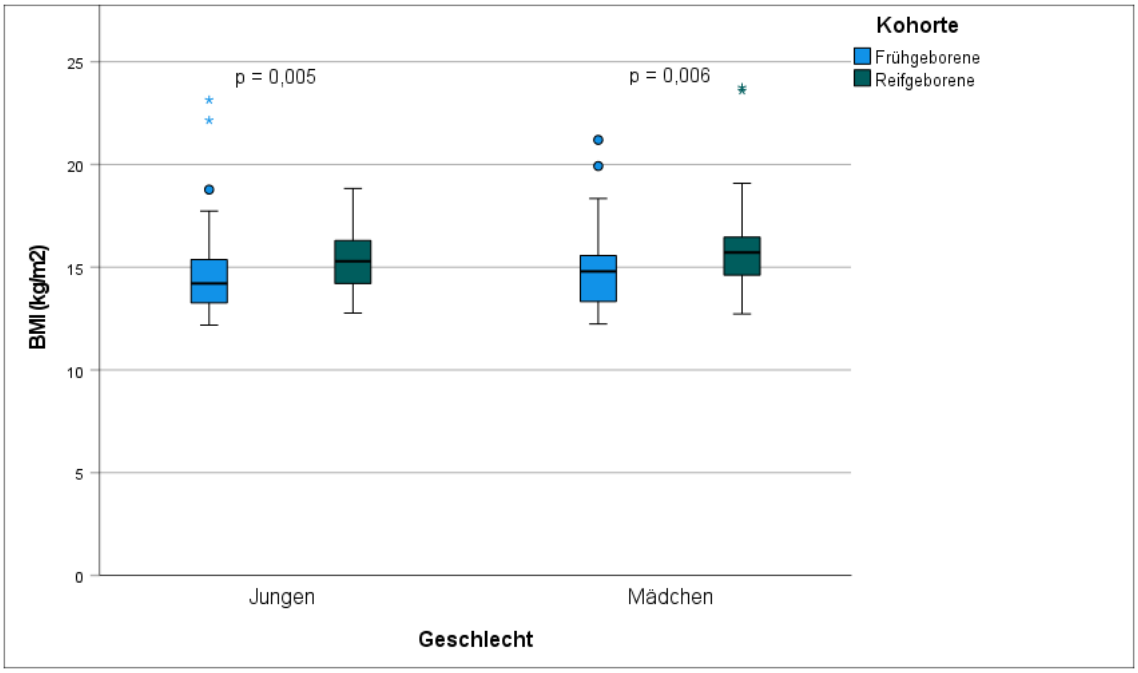


Abb.32: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Body-Mass-Index der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht

Abk.: BMI – Body-Mass-Index, kg – Kilogramm, m – Meter
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

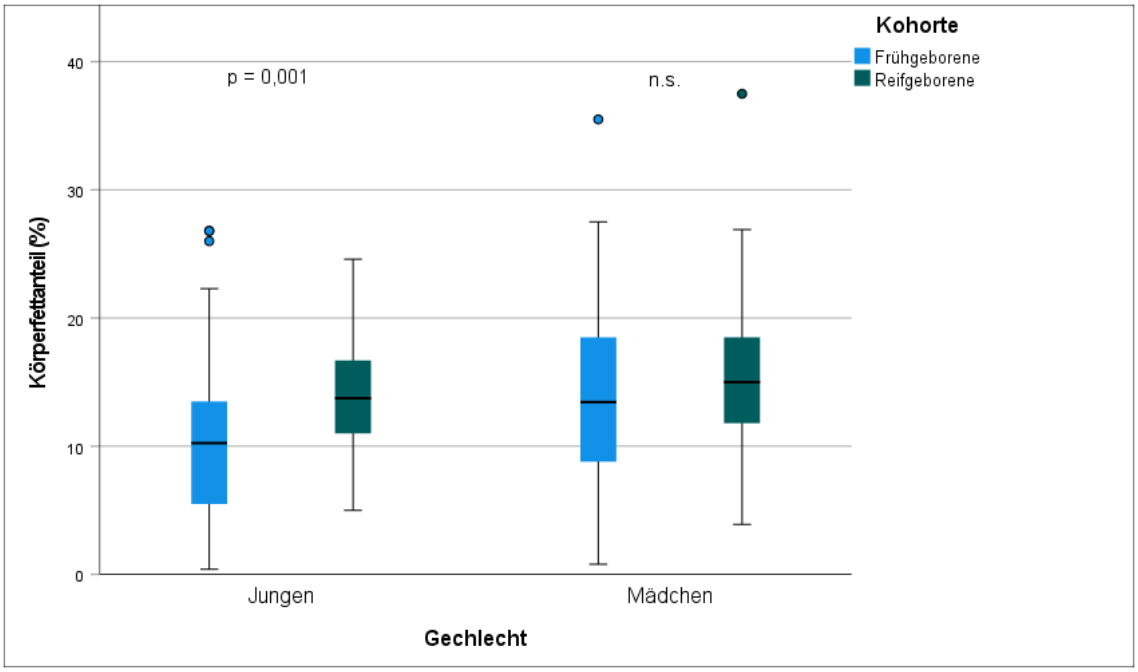


Abb.33: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Körperfettanteils der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht

Abk.: n.s. – nicht signifikant
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

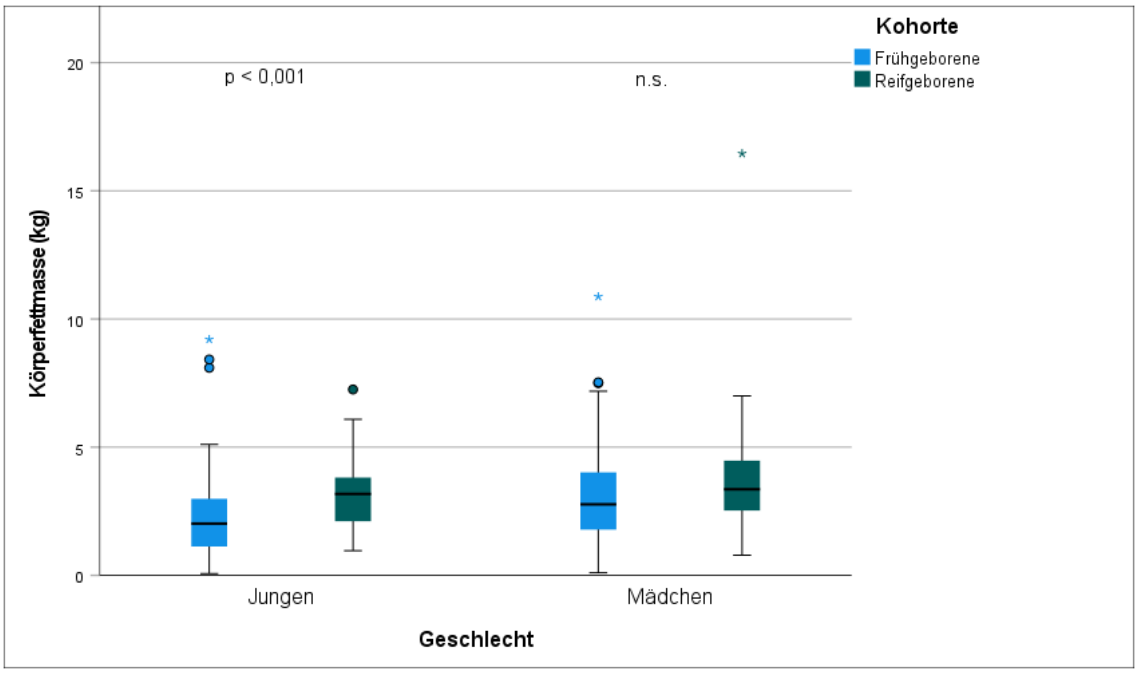


Abb.34: Box-Whisker-Plot: Vergleich der Körperfettmasse der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht

Abk.: n.s. – nicht signifikant, kg – Kilogramm
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

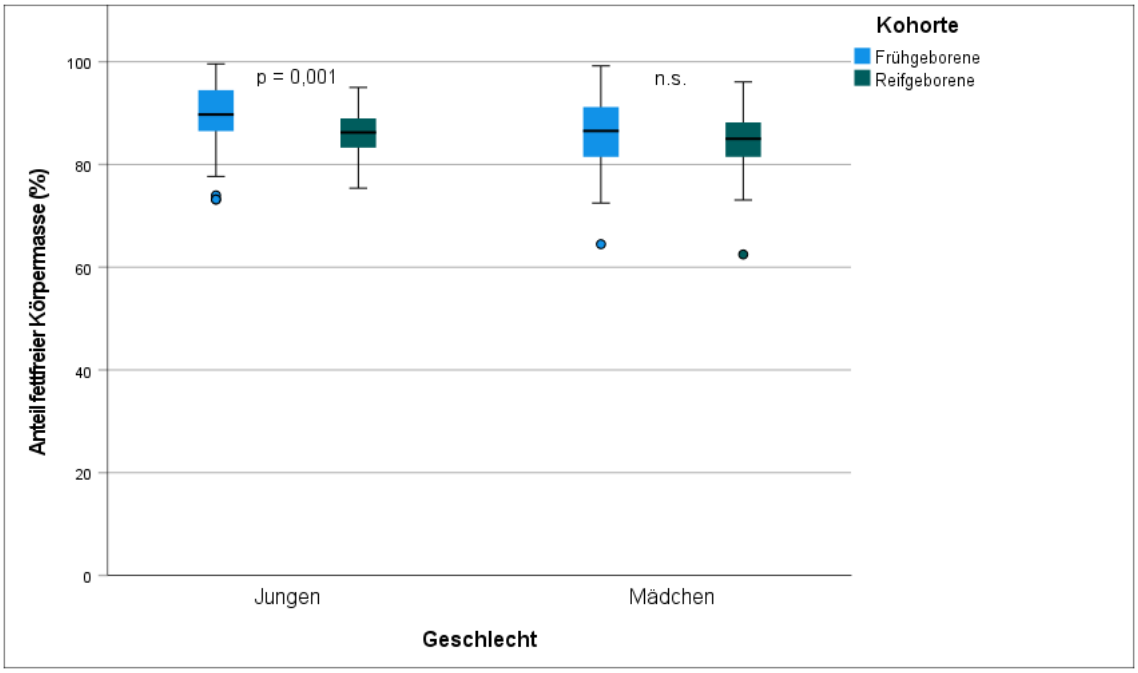


Abb.35: Box-Whisker-Plot: Vergleich des Anteils fettfreier Körpermasse der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht

Abk.: n.s. – nicht signifikant
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

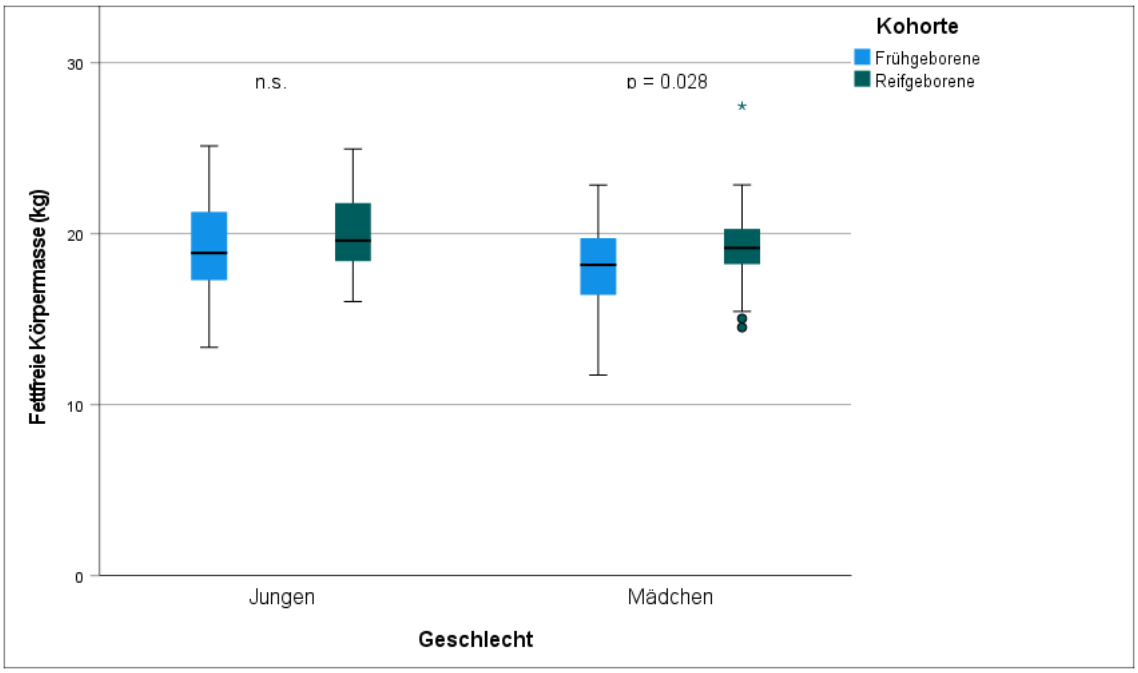


Abb.36: Box-Whisker-Plot: Vergleich der fettfreien Körpermasse der Früh- und Reifgeborenen nach Geschlecht

Abk.: n.s. – nicht signifikant, kg – Kilogramm
p-Wert: ermittelt mit Mann-Whitney-U-Test

3.13 Übersicht zu Studien zum Thema Körperzusammensetzung bei Früh- und Reifgeborenen

Auf den folgenden zwei Seiten werden bereits publizierte Studien in Übersichtstabellen mit Informationen über die Studien und die erhobenen Daten der Körperzusammensetzung im Kindesalter dargestellt. Tabelle 30 liefert eine Übersicht über Studien, die sich mit dem Thema Körperzusammensetzung bei ehemaligen Frühgeborenen zwischen dem 4. und 11. Lebensjahr beschäftigt haben. Tabelle 31 stellt eine Übersicht über erhobene Werte bei ehemaligen RG-Kindern dar. Diese Tabellen dienen der Übersichtlichkeit der verschiedenen Studiendaten und werden im Diskussionsteil wieder aufgegriffen.

Tab.30: Übersicht zu Studien zum Thema Körperzusammensetzung im Schulalter bei Frühgeborenen(/Reifgeborenen)

	GA, SSW	Alter	N	Art	BF%, %	BFM, kg	BFFM, kg	BMI, kg/m²	KG, kg	SDS_{KG}	KL, cm	SDS_{KL}
Forsum et al. (2020) SWE	< 32	4	J: 32 M: 41	ADP	J: 23,7 (± 3,5) M: 25,3 (± 6,5)	J: 4,2 (± 0,8) M: 4,1 (± 1,4)	J: 13,4 (± 1,4) M: 11,9 (± 1,4)	J: 15,6 (± 1,1) M: 14,8 (± 1,4)	J: 17,5 (± 1,8) M: 16,0 (± 2,2)	k.A.	J: 106 (± 3) M: 104 (± 4)	k.A.
	≥ 32		J: 66 M: 49		J: 25,3 (± 4,6) M: 27,6 (± 5,7)	J: 4,5 (± 1,2) M: 4,8 (± 1,5)	J: 13,3 (± 1,5) M: 12,3 (± 1,6)	J: 15,6 (± 1,4) M: 15,4 (± 1,3)	J: 17,8(± 2,2) M: 17,1 (± 2,5)		J:107 (± 4) M:105 (± 6)	
	RG		J: 137 M: 116		J: 25,1 (± 4,1) M: 27,7 (± 4,5)	J: 4,7 (± 1,0) M: 5,0 (± 1,1)	J: 14,0 (± 1,9) M: 12,9 (± 1,6)	J: 15,8 (± 1,3) M: 15,6 (± 1,2)	J: 18,7 (± 2,3) M: 17,9 (± 2,0)		J:109 (± 4) M: 107 (± 4)	
Fewtrell et al. (2004) GBR	31,3	11,2 (± 0,9)	200	DXA	20,1 (± 8,3)	7,14 (± 4,32)	26,4 (± 4,9)	17,5 (± 2,8)	35,4 (± 8,5)	k.A.	141,6 (± 9,0)	k.A.
	RG	10,6 (± 0,9)	95		23,3 (± 8,3)	9,31 (± 5,23)	28,4 (± 5,0)	18,2 (± 3,0)	37,6 (± 8,9)		142,9 (± 7,7)	
Huke et al. (2013) DEU	29,8 (± 2,6)	6,6 (± 0,8)	116	BIA	18 (± 7)	k.A.	k.A.	15,1 (± 1,9)	21,8 (± 4,7)	k.A.	120 (± 8)	k.A.
	39,4 (± 1,2)	6,6 (± 0,9)	120		21 (± 6)			15,9 (± 2,0	24,3 (± 5,2)		123 (± 8)	
Gianni et al. (2015) ITA	30 (± 2)	5	J: 34 M: 29	ADP	J: 20,4 (± 5,0) M: 20,5 (± 5,1)	J: 3,6 (± 1,1) M: 3,7 (± 1,4)	J: 13,9 (± 2,2) M: 14,2 (± 2,3)	J: 15,1 (± 1,0) M: 15,5 (± 1,7)	J: 17,4 (± 2,3) M: 17,9 (± 3,1)	k.A.	J: 107 (± 5,1) M: 107 (± 4,4)	k.A.
	39 (± 1)		J: 32 M: 29		J: 17,9 (± 5,5) M: 23,1 (± 4,7)	J: 3,7 (± 1,3) M: 4,8 (± 1,9)	J: 16,3 (± 1,8) M: 15,7 (± 3,6)	J: 15,9 (± 1,2) M: 15,8 (± 1,8)	J: 20,2 (± 2,2) M: 19,9 (± 4,2)		J: 113 (± 4,3) M: 112 (± 5,1)	
Stigson et al. (2013) SWE	28,1 (24,6; 31,3)	4,6 (4,2; 5,6)	37	DXA	18,3 (17,1; 19,5)	3,11 (2,86; 3,36)	13,56 (13,30; 13,81)	15,1 (13,0; 21,4)	18,0 (13,7; 24,9)	-0,40 (-2,70; 2,25)	107,7 (98,3; 116,9)	-0,22 (-2,40; 1,72)
	39,9 (36,6; 42,0)	4,4 (4,1; 5,1)	37		16,5 (15,4; 17,6)	2,83 (2,60; 3,07)	14,07 (13,83; 14,31)	15,6 (13,8; 17,8)	18,0 (12,7; 20,1)	-0,26 (-1,30; 1,13)	105,5 (96,0; 114,3)	-0,38 (-2,79; 0,93)
Gianni et al. (2008) ITA	30,5 (± 1,9)	5,6 (± 0,4)	45	DXA	k.A.	3,5 (± 2,0)	14,8 (± 1,6)	15,5 (± 1,9)	19,5 (± 2,95)	-0,01 (± 1,13)	112,1 (± 4,3)	-0,1 (± 0,83)
	39,1 (± 1,3)	5,3 (± 0,7)	40			4,8 (± 2,2)	14,8 (± 2,1)	16,8 (± 2,9)	21,09 (± 3,85)	0,63 (± 0,98)	111,8 (± 5,8)	0,3 (± 0,74)
Bortolotto et al. (2021) ITA	≤ 33	6	J: 36 M: 32	ADP	J: 19,8 (± 6,8) M: 23,9 (± 7,1)	J: 4,8 (± 3,3) M: 5,8 (± 3,1)	J: 17,8 (± 3,2) M: 17,1 (± 2,6)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Nehab et al. (2022) BRA	< 32	5,5	47	ADP	17,5 (± 8,6)	3,4 (± 2,1)	15,3 (± 3,2)	14,6 (± 1,8)	17,7 (± 5,2)	k.A.	111,1 (± 7,8)	k.A.
			SGA: 11		16,7 (± 7,5)	3,4 (± 2,1)	16,2 (± 3,6)	14,4 (± 1,7)	19,6 (± 4,9)		114,1 (± 9,2)	
			AGA: 36		16,3 (± 9,2)	3,1 (± 2,2)	15,4 (± 3,1)	14,8 (± 2,2)	18,4 (± 4,1)		112,4 (± 8,1)	

Tab.31: Übersicht zu Studien zum Thema Körperzusammensetzung im Schulalter bei Reifgeborenen

	Alter	N	Art	BF%, %	BFM, kg	BFFM, kg	BMI, kg/m²	KG, kg	SDS_{KG}	KL, cm	SDS_{KL}
Borrud et al. (2010) USA	8-11	J: 1067 M: 1082	DXA	J: 28,0 (22,1; 33,2) M: 31,9 (26,3; 37,1)	J: 11,5 (6,8; 13,9) M: 13,4 (8,2; 17,3)	J: 27,1 (22,7; 30,2) M: 26,8 (21,5; 30,9)	k.A.	J: 38,6 (30,0; 44,3) M: 40,2 (30,0; 47,5)	k.A.	k.A.	k.A.
Rogers et al. (2006) GBR	9,93 (± 0,32)	J: 3006 M: 3080	DXA	k.A.	J: 6,12 (5,99; 6,25) M: 8,55 (8,40; 8,71)	J: 25,52 (± 2,97) M. 23,61 (± 3,13)	k.A.	J: 33,8 (33,5; 34,0) M: 34,3 (34,0; 34,5)	k.A.	J: 139,9 (± 6,2) M: 139,4 (± 6,5)	k.A.
Forsum et al. (2013) SWE	J: 4,4 (± 0,1) M: 4,4 (± 0,0)	J: 43 M: 33	ADP	J: 25,2 (± 4,7) M: 26,8 (± 4,0)	k.A.	k.A.	J: 15,9 (± 1,5) M: 15,8 (± 1,1)	J: 18,9 (± 2,2) M: 18,1 (± 2,2)	J: 0,1 (± 1,0) M: -0,1 (± 0,9)	J: 109 (± 4) M: 107 (± 4)	J: 0,2 (± 0,8) M:-0,1 (± 1,0)
Wells et al. (2000) GBR	9,9 (± 1,2)	64	Deuterium Dilution	22,7 (± 7,8)	8,0 (± 4,0)	26,3 (± 5,8)	17,5 (± 2,4)	34,3 (± 8,3)	k.A.	1,4 (± 0,1)	k.A.
Henche et al. (2007) ESP	6-10	J: 45 M: 36	DXA	J: 24,9 (± 11,2) M: 29,1 (± 9,7)	J: 8,5 (± 5,6) M: 9,2 (± 4,7)	k.A.	J: 17,5 (± 2,7) M: 16,9 (± 2,4)	J: 32,2 (± 8,8) M: 31,2 (± 7,6)	k.A.	J: 134,6 (± 12,2) M: 134,7 (± 9,9)	k.A.
Balomenou et al. (2022) GRC	9,2 (± 1,6)	SGA: 106	BIA	20,1 (± 7,9)	7,2 (± 4,9)	24,0 (± 6,6)	k.A.	32,6 (± 11)	k.A.	135,5 (± 12)	k.A.
	9,1 (± 1,6)	AGA: 530		20,4 (± 6,7)	7,4 (± 4,3)	25,6 (± 6,4)		34,2 (± 10)		135,5 (± 12)	

Abk.: GA – Gestationsalter, SSW – Schwangerschaftswoche, N – Anzahl der Gesamtheit, BF% – Körperfettanteil, BFM – Körperfettmasse, kg – Kilogramm, BFFM – Fettfreie Körpermasse, BMI – Body-Mass-Index, m – Meter, KG – Körpergewicht, SDS_{KG} – Standard Deviation Score des Körpergewichtes, KL – Körperlänge, cm – Zentimeter, SDS_{KL} – Standard Deviation Score der Körperlänge, SWE – Schweden, J – Jungen, M – Mädchen, ADP – Air displacement plethysmography, k.A. – keine Angabe, RG – Reifgeborene, GBR – Großbritannien, DXA – Dual-Röntgen-Absorptiometrie, DEU – Deutschland, BIA – Bioelektrische Impedanzanalyse, ITA – Italien, BRA – Brasilien, USA – Vereinigte Staaten von Amerika, ESP – Spanien, GRC – Griechenland

4 Diskussion

Frühgeborene Kinder weisen im Vergleich zu reifgeborenen Kindern zum Zeitpunkt des errechneten Geburtstermins deutliche Abweichungen in der Körperzusammensetzung auf (Uthaya et al., 2005, Ramel et al., 2011, Fewtrell et al., 2004, Hamatschek et al., 2020, Daly-Wolfe et al., 2015). Einige Studien haben bereits nachgewiesen, dass Unterschiede noch bis in die Vorschulzeit und die Adoleszenz weiterbestehen, was im späteren Leben das Risiko für metabolische Erkrankungen erhöhen kann. Über die Art und die Ausprägung dieser Unterschiede bezüglich bestimmter Körpermerkmale besteht zwischen den unterschiedlichen Studien aber Uneinigkeit (Fewtrell et al., 2004, Huke et al., 2013, Forsum et al., 2020, Stigson et al., 2014, Uthaya et al., 2005).

Ziel dieser klinischen Studie war es, Daten zur Körperzusammensetzung mittels ADP-Messungen von ehemaligen FG < 32 SSW im Alter von 6 bis 10 Jahren zu erheben, um das Wissen über die körperliche Entwicklung von ehemaligen FG zu erweitern und Einflussfaktoren (wie das Geschlecht, das GA oder die Körpermaße bei Geburt) auf die Körperzusammensetzung der Kinder identifizieren zu können. Insgesamt wurde bei N = 237 ehemaligen FG, die in der Universitätsklinik Tübingen mit einem GA < 32 SSW geboren wurden, im Alter von 6 bis 10 Jahren die Körperzusammensetzung mithilfe der ADP (BodPod®) untersucht. In der Studie wurden verschiedene Subgruppenanalysen durchgeführt, welche Vergleiche und Analysen der Einflüsse zwischen Geschlechtern, dem GA bei der Geburt (< 28 0/7 und ≥ 28 0/7 SSW) sowie der Konstitution bei der Geburt ermöglichten.

Nachfolgend werden unsere Studienergebnisse ehemaliger FG < 32 SSW mit Daten einer Referenzkohorte von RG im Alter von 6 bis 7 Jahren aus einer vorgehenden Studie unserer Tübinger Arbeitsgruppe verglichen.

Da im Rahmen unserer durchgeführten Studie 6- bis 10-jährige ehemalige FG mittels ADP untersucht wurden und es bisher keine altersentsprechende Vergleichsgruppe in der Literatur gibt, wird im Folgenden auf die Daten von FG-

und RG-Vergleichsstudien zurückgegriffen oder ein Vergleich mit erhobenen Daten von RG ähnlicher Altersklassen mit anderen Messmethoden der Körperzusammensetzung angestellt.

Um das Verständnis für die Auswertung und den Vergleich der Körperzusammensetzungen zwischen FG und RG zu verbessern, wird im Anschluss ein kurzer Überblick über aktuelle Studien im Zeitraum von der Geburt bis zum Beginn der Adoleszenz gegeben.

Die Tabellen 30 und 31 im Ergebnissteil stellen die Ergebnisse einzelner Studien dar, die sich bisher mit der Körperzusammensetzung bei FG und RG im Kindesalter befasst haben. Auf die Ergebnisse dieser Studien wird im Folgenden eingegangen. Zur besseren Lesbarkeit wird in Teilen der Diskussion auf die wiederholte Nennung der genauen Messdaten verzichtet.

Wie bereits im Ergebnissteil beschrieben wurde ein Großteil der Daten im Oktober 2026 in der Publikation von Brückner et al. veröffentlicht (Brückner et al., 2026). Auch im Folgenden wird zur Vermeidung wiederholter Zitierungen und zur besseren Lesbarkeit des Textes auf eine erneute Quellenangabe innerhalb dieses Abschnitts verzichtet.

4.1 Diskussion über den aktuellen Forschungsstand der Körperzusammensetzung bei Früh- und Reifgeborenen

4.1.1 Säuglingsalter

Der Vergleich von FG und RG zum Zeitpunkt der Geburt und zu späteren Zeitpunkten, wie beispielsweise dem eigentlichen errechneten Geburtstermin, wurde bereits einige Male in Studien unter der Nutzung der ADP angestellt. Der errechnete Geburtstermin diente hierbei als gemeinsamer Bezugspunkt zwischen FG, die das Wachstum extrauterin absolviert haben und RG, die intrauterin dieses Wachstum vollzogen haben. Bei diesen Messungen ergaben sich deutliche Unterschiede in der Körperzusammensetzung in den ersten Lebensmonaten.

Dass FG sich zum Zeitpunkt des korrigierten Alters von 40 SSW (errechneter Geburtstermin oder term equivalent age (TEA)) von RG in ihren Körpermaßen und ihrer Körperzusammensetzung unterscheiden, haben Studien von Roggero et al., Ramel et al. und Hamatschek et al. gezeigt (Roggero et al., 2009, Ramel et al., 2011, Hamatschek et al., 2020). Bei Johnson et al. ergab eine Metaanalyse von 8 Studien, dass FG zum TEA-Zeitpunkt einen signifikant höheren BF% haben als RG ($p < 0,03$). Der BF% lag bei FG zum Zeitpunkt der Geburt um 3 %-Punkte höher als bei RG. Darüber hinaus waren bei FG die BFM um etwa 50 g ($p = 0,03$) und die BFFM um etwa 460 g ($p < 0,0001$) signifikant niedriger (Johnson et al., 2012).

Die körperliche Entwicklung und das Wachstum innerhalb des ersten Jahres nach Geburt unterscheiden sich jedoch in den Ergebnissen zwischen den Studien. Ramel et al. veröffentlichten im Jahr 2011 eine Studie, die Körperdaten von n = 26 AGA-FG (GA 31,5 (± 2,7) SSW) und n = 97 AGA-RG (GA 39,8 (± 1,0) SSW) im korrigierten Alter von 40 SSW und 3 bis 4 Monaten vergleicht. Es zeigte sich, dass ein signifikanter Unterschied des Gewichtes nicht nur beim GG von FG und RG (1724 (± 587) g vs. 3539 (± 447) g; $p < 0,0001$), sondern auch zum Zeitpunkt des TEA weiterhin vorlag (3,65 (± 0,11) kg vs. 3,88 (± 0,06) kg; $p < 0,04$), im Alter von 3 bis 4 Monaten aber nicht mehr signifikant unterschiedlich war (6,41 (± 0,28) kg vs. 6,18 (± 0,09) kg; $p = 0,5$). Auch bei der KL waren FG im Vergleich zu RG im korrigierten Alter von etwa 40 SSW signifikant kleiner (51,2 (± 0,5) cm vs. 52,7 (± 0,3) cm; $p < 0.001$). Aber auch hier konnte bei der zweiten Messung nach 2 bis 3 Monaten kein signifikanter Unterschied mehr festgestellt werden (61,2 (± 0,8) cm vs. 61,7 (± 0,3) cm; $p = 0,6$). Bei der Körperzusammensetzung wiesen die FG bei der ersten Messung eine geringere BFFM (3,0 kg vs. 3,3 kg; $p < 0,001$) mit einer höheren BFM (0,68 kg vs. 0,59 kg; $p = 0,02$) und einem höheren BF% (18,7 % vs. 15,2 %; $p < 0.0001$) auf. Nach etwa 2 bis 3 Monaten zeigte sich aber eine Angleichung der Körperzusammensetzung der FG an die der RG. Die Werte von BFFM (4,6 (± 0,2) kg vs. 4,7 (± 0,1) kg; $p = 0,7$), BFM (1,8 (± 0,2) kg vs. 1,5 (± 0,1) kg; $p = 0,1$) und BF% (27,7 (± 1,7) % vs. 23,9 (± 0,7) %; $p = 0,07$) zeigten keine

signifikanten Differenzen mehr. Der KU war bei beiden Gruppen (36,8 (± 0,2) cm vs. 36,7 (± 0,2) cm; p = 0,8) von Geburt an gleich (Ramel et al., 2011).

Auch bei Chmielewska et al. lag zum korrigierten Alter von etwa 40 SSW ein um 8,5 %-Punkte höherer BF% bei FG im Vergleich zu RG (20,2 % vs. 11,7 %; p < 0,0001) vor, der im Alter von 4 Monaten (26,51 (± 3,97) % vs. 26,41 (± 4,38) %; p = 0,924) nicht mehr beobachtbar war. Ebenso waren keine signifikanten Unterschiede bei der BFM (0,4 (± 0,2) kg vs. 0,7 (± 0,2) kg; p < 0,001) im Alter von 4 Monaten mehr vorhanden (1,7 (± 0,4) kg vs. 1,6 (± 0,4) kg; p = 0,113). Einzig die BFFM war sowohl zum Zeitpunkt der ersten Messung im korrigierten Alter von etwa 40 SSW (2,72 (± 0,28) kg vs. 3,18 (± 0,36) kg; p < 0,0001) als auch bei der zweiten Messung nach 4 Monaten (4,30 (± 0,44) kg vs. 4,78 (± 0,48) kg; p < 0,0001) noch signifikant unterschiedlich. Die FG-Kinder der Studie von Chmielewska et al. waren aber im Vergleich zu den Ergebnissen von Ramel et al. weiterhin signifikant leichter (5896 (± 765) g vs. 6430 (± 1092) g; p = 0,011) und kleiner (59,2 (± 2,3) cm vs. 62,5 (± 2,0) cm; p < 0,0001) als die Vergleichsgruppe der RG (Chmielewska et al., 2020, Ramel et al., 2011).

Eine Metaanalyse von insgesamt 110 Studien von Hamatschek et al. zeigte, dass bei FG im korrigierten Alter von 40 SSW der BF% um ca. 5 %-Punkte (16 % vs. 11 %; p < 0,001) und die BFM um ca. 130 g höher (490 g vs. 360 g) lagen, aber im korrigierten Alter von 52 Wochen PMA gleich bzw. niedriger (24 % vs. 25 % bzw. 1350 g vs. 1570 g) waren als bei RG (Hamatschek et al., 2020).

Die Körperzusammensetzung verändert sich im ersten Lebensjahr deutlich. Die BF%-Werte, die bei RG bei Geburt um die 9 bis 12 % liegen steigen bis zum 3. und 4. Lebensmonat auf ca. 25 bis 30 % an, um dann im ersten Lebensjahr wieder zu sinken (Hamatschek et al., 2020, Wiechers et al., 2019, Fomon et al., 1982, Butte et al., 2000).

4.1.2 Kindesalter

Im Laufe der Kindheit verändert sich die Körperzusammensetzung erheblich, weshalb die Entwicklung häufig anhand von Perzentilenkurven beurteilt wird, die die Entwicklung der Werte im Verhältnis zur Altersgruppe zeigen. Die Altersklasse der 6- bis 10-Jährigen wurde in der Vergangenheit bereits durch verschiedene Studien in ihrer Körperzusammensetzung analysiert. Allerdings wurden diese Analysen entweder nicht bei ehemaligen FG, in anderen Altergruppen oder mit anderen Messverfahren, wie beispielsweise der DXA oder dem 4-Kompartiment-Modell durchgeführt. Eine Analyse ehemaliger FG im Alter zwischen 6 bis 10 Jahren mittels ADP existiert bisher nicht. Daher ist die Vergleichbarkeit der durch unsere Studie erhobenen Daten mit bereits vorhanden Datensätzen eingeschränkt. Ein longitudinaler Datensatz über mehrere Lebensjahre von FG mittels ADP wurde bisher nicht veröffentlicht.

Dass sich die anthropometrischen Körpermaße von FG und RG noch bis ins Kindesalter unterscheiden, konnte durch verschiedene Studien bereits beschrieben werden (Fewtrell et al., 2004, Huke et al., 2013, Forsum et al., 2020, Norris et al., 2019). So waren im überwiegenden Teil der Studie FG Kinder weiterhin kleiner und leichter als RG. Allerdings zeigten sich auch zum Teil deutliche Unterschiede in der Körperzusammensetzung (Forsum et al., 2020, Stigson et al., 2014).

Gianni et al. verglichen in ihrer Studie von 2008 bei Kindern im Vorschulalter die Körpermaße und Körperzusammensetzung von ehemaligen FG (n = 45) mit einem GG ≤ 1800 g und einem GA < 34 SSW mit RG (n = 40). Die FG-Kinder wiesen im Vergleich zu den RG-Kindern einen um ca. 1,3 kg/m^2 signifikant geringeren BMI sowie signifikant geringere Gewichts- und Längen-Z-Scores auf. Bei der in dieser Studie ebenfalls ermittelten Körperzusammensetzung mittels DXA lag eine um ca. 1300 g signifikant geringere BFM bei ehemaligen FG vor. Leider wurde in dieser Studie nicht auf den BF% bei den Kindern dieser Altersklasse eingegangen (Giannì et al., 2008).

Eine Studie aus Schweden aus dem Jahr 2014 konnte keine signifikanten Unterschiede bei 4- bis 5-jährigen ehemaligen FG und RG in Bezug auf den BMI, den Gewichts- und den Längen-Z-Score zeigen. Jedoch konnten ebenfalls signifikante Differenzen der Körperzusammensetzung gefunden werden. FG wiesen im Vergleich zu den RG einen um ca. 2 %-Punkte signifikant geringeren BF% und eine um ca. 500 g signifikant geringere BFFM auf (Stigson et al., 2014).

Bei der in Deutschland durchgeführten Studie von Huke et al. waren 6-jährige ehemalige FG (N = 116) im Vergleich zu gleichaltrigen RG (N = 120) signifikant leichter, kleiner und wiesen einen niedrigeren BMI auf. Der mittels Bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA) erhobene BF% war bei FG mit 18 (± 7) % ebenfalls signifikant niedriger als bei den RG mit 21 (± 6) %. Zusätzlich verglichen Huke et al. auch den mittels HFD errechneten BF% mit den Formeln nach Slaughter, bei dem sie jedoch im Gegensatz zu den Ergebnissen mittels BIA keine signifikanten Unterschiede finden konnten. Auch in Bezug auf die BFM konnten keine signifikanten Unterschiede ausgemacht werden (Huke et al., 2013).

Eine weitere Studie von Gianni et al. bei 5-Jährigen zeigte, das frühgeborene Jungen und Mädchen im Alter von 5 Jahren weiterhin signifikant kleiner und leichter waren als RG ihres Geschlechtes. Bei der BFM wiesen FG-Mädchen im Vergleich zu RG-Mädchen mit einer Differenz von ca. 1 kg signifikant geringere Werte auf, bei den Jungen konnte hierbei kein Unterschied ausgemacht werden. Hingegen lag bei den FG-Jungen eine um ca. 2,5 kg signifikant niedrigere BFFM im Vergleich zu RG-Jungen vor. In Bezug auf den BF% fielen zwischen FG und RG bei beiden Geschlechtern keine signifikanten Differenzen auf (Giannì et al., 2015).

Und auch in den folgenden Lebensjahren wurden in Studien Unterschiede in den anthropometrischen Parametern und in der Körperzusammensetzung registriert. Im durchschnittlichen Alter von 11 Jahren blieben bei mittels DXA erhobenen Studiendaten von Fewtrell et al. FG weiterhin signifikant leichter als RG und wiesen signifikant geringere Werte beim BMI auf, bei der KL unterschieden sich

die beiden Gruppen nicht signifikant. Ebenfalls waren der BF% bei FG um ca. 3 %-Punkte, die BFM um ca. 2 kg und die BFFM um ca. 2 kg signifikant geringer (Fewtrell et al., 2004).

Die verschiedenen Studienergebnisse im Kindesalter zeigen, dass die Studienlage bei FG signifikante Differenzen über die körperliche Entwicklung aufzeigt, diese sich jedoch in ihrer Art und Ausprägung in den verschiedenen Studien voneinander unterscheiden. In Übereinstimmung mit den zuvor genannten Studien zeigten sich auch bei dem Vergleich unserer FG-Kohorte mit der RG-Kohorte unserer Tübinger Arbeitsgruppe signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich KG, Körperzusammensetzung und HFD. Das KG und der BF% lagen bei FG signifikant niedriger als bei RG. Auch die SDS-Werte nach WHO für das KG und die KL waren im Alter von 6 bis 7 Jahren bei FG signifikant niedriger. Wie wir beobachteten auch Gianni et al. signifikanten Unterschiede für die Z-Score Werte von KG und KL bei einer etwas jüngeren Kohorte (Giannì et al., 2008). Dagegen fanden Stigson et al. diese Differenzen in den Z-Scores nicht, konnten aber ebenfalls wie in unserer Studie die gleichen signifikanten Abweichungen des BF% und der BFFM ausmachen (Stigson et al., 2014).

Gianni et al. konnten bei geschlechtsdifferenzierter Betrachtung ebenfalls signifikante Gewichtsunterschiede bei beiden Geschlechtern zwischen FG und RG ausmachen. Sie fanden ebenfalls eine geringeres KG von ca. 3 kg bei den FG-Jungen im Vergleich zu den RG-Jungen und von ca. 2 kg bei den FG-Mädchen im Vergleich zu den RG-Mädchen. Beim Vergleich der Studie mit den Daten unserer Studie zeigten sich jedoch Unterschiede in Bezug auf die KL und die Körperzusammensetzung. Eine signifikante Abweichung der KL konnte in unserer Studie im Alter von 6 bis 10 Jahren zwischen den FG und RG Jungen und Mädchen nicht nachgewiesen werden, während bei Gianni et al. die FG beider Geschlechter signifikant kleiner waren als die RG. Außerdem konnten wir im Gegensatz zu Gianni et al. beim Vergleich der FG- und RG-Mädchen keine

signifikanten Unterschiede in Bezug auf die BFM und beim Vergleich der FG- und RG-Jungen in Bezug auf die BFFM finden (Giannì et al., 2015).

Im Folgenden werden nun einige dieser Studienergebnisse aufgegriffen und unseren erhobenen Daten gegenübergestellt, um eine Einschätzung im Vergleich zu den bisherigen Studienergebnissen anstellen zu können.

4.2 Vergleich unserer Studiendaten mit der Literatur

Im Folgenden werden die von uns erhobenen Daten in Bezug auf Wachstum und Körperzusammensetzung im Vergleich zu anderen Studien dargestellt. Da die wissenschaftliche Datenlage bisher keine direkten Vergleichsdaten bei FG im vergleichbaren Alter und derselben Methode liefert, wird wie bereits erwähnt auf Studien von RG, anderer Altersklassen und Methoden zurückgegriffen.

Bei unserer Studienkohorte bestehend aus N = 237 FG-Kindern fanden wir mit einem durchschnittlichen Alter von 8,1 (7,0; 10,2) Jahren ein mittleres KG von 24,1 (20,2; 28,6) kg, eine mittlere KL von 127,4 (± 10,8) cm und ein mittlerer BMI von 14,9 (13,8; 16,2) kg/m^2. Die Messergebnisse der Körperzusammensetzung mittels ADP (BodPod®) beliefen sich durchschnittlich auf einen BF% von 13,5 (9,1; 18,4) %, eine BFM von 3,2 (8,0; 5,0) kg und eine BFFM von 20,9 (18,0; 24,0) kg (Brückner et al., 2024, Brückner et al., 2025, Wiechers et al., 2025).

Zur groben Einordung der anthropometrischen Daten kann ein Vergleich mit den Studienergebnissen von Henche et al. herangezogen werden. Bei einer Kohorte von RG-Kindern (n = 45 Jungen, n = 36 Mädchen) im Alter von 6 bis 10 Jahren waren die Jungen und Mädchen ca. 7 bzw. 9 cm größer, ca. 8 bzw. 9 kg schwerer und hatten einen um ca. 3 bzw. 2 kg/m^2 höheren BMI als in unserer Studie (Henche et al., 2008).

Vergleicht man die Werte der Körperzusammensetzung zwischen der mit DXA gemessenen Kohorte von Henche et al. und unserer Kohorte, so zeigen sich

größere Unterschiede. Der von Heche et al. gemessene BF% war bei Jungen und Mädchen etwa doppelt so hoch wie in unserer Studie. Im Vergleich zu unseren BF% ($BF\%_{Jungen}$ 12,2 (8,3; 17,0) % und $BF\%_{Mädchen}$ 15,0 (10,6; 20,2) %) fand sich bei Henche et al. ein $BF\%_{Jungen}$ von 24,9 % und ein $BF\%_{Mädchen}$ von 29,1 %. Bei der BFM lagen sowohl die Jungen als auch die Mädchen ebenfalls ein Drei- bis Vierfaches über den Werten der BFM unserer männlichen und weiblichen Probanden. Ein Grund für die eingeschränkte Vergleichbarkeit ist, dass es sich bei Henche et al. um RG-Kinder handelte. Wie bereits zu Beginn der Diskussion erwähnt, sind Unterschiede zwischen FG und RG bereits mehrfach in unterschiedlichen Altersklassen beobachtet worden, was die Vergleichsmöglichkeit einschränkt. Zudem muss beachtet werden, dass nur n = 45 männliche und n = 36 weibliche Probanden an der Studie von Henche et al. teilgenommen haben und auch das durchschnittliche Alter in dieser Studie nicht genau bekannt ist. Zwar wurde mit den 6- bis 10-Jährigen eine unserer Studie vergleichbare Kohorte untersucht, dennoch kann das mittlere Alter der Studienteilnehmer voneinander abweichen. Darüber hinaus sollte die Messmethode berücksichtigt werden, da eine Studie von Fields et al. bei 6 Monate alten Kindern zeigte, dass eine signifikante Korrelation zwischen den erhobenen Werten von DXA und ADP für den BF% (r = 0,925), die BFM (r = 0,969) und die BFFM (r = 0,945) besteht, jedoch wurden signifikant höherer Werte für den BF% (ca. 4,5 %-Punkte höher) und die BFM, aber niedrigere Werte für die BFFM mittels DXA erhoben (Fields et al., 2012). Bei Yumani et al. zeigte sich ebenfalls nur eine geringe Übereinstimmung von DXA- und ADP-Messergebnissen in Bezug auf den BF%, hier lagen die BF% mittels DXA um 4,5 %-Punkte höher (Yumani et al., 2021). Auch bei van Beijsterveldt et al. waren die Ergebnisse von BFM, BF% und BFFM zwischen den Messmethoden signifikant unterschiedlich. Es fanden sich signifikant höhere Werte beim BF% und der BFM bei der Bestimmung mittels DXA im Vergleich zur ADP-Messung. Hierbei zeigten sich zudem deutliche Unterschiede in der Messgenauigkeit nach Reifegrad bei Geburt. Die Messergebnisse von DXA und ADP unterschieden sich bei FG um fast 10 %, bei RG um nur 6 %. Aus diesem Grund ist die

Vergleichbarkeit von Studiendaten der Körperzusammensetzung zwischen der DXA und der APD nur eingeschränkt möglich (van Beijsterveldt et al., 2022).

Eine Übereinstimmung der Messergebnisse zwischen ADP und DXA wurde von Radley et al. in einer Studie zum Vergleich dieser beiden Methoden beobachtet (Radley et al., 2005).

Bortolotto et al. führten bei ehemaligen FG mit einem GA ≤ 33 SSW bei n = 36 Jungen und n = 32 Mädchen Messungen der Körperzusammensetzung mittels ADP im Alter von 6 Jahren durch. Die Ergebnisse unserer Kohorte wichen in Bezug auf die Körperfettwerte deutlich von den von Bortolotto et al. erhobenen Werten ab. So lagen die Werte der 6-jährigen Jungen und Mädchen unserer Kohorte beim BF% mit 10,2 (5,1; 12,8) % und 14,1 (11,4; 18,7) % etwa 9 bzw. 10 %-Punkte und bei der BFM mit 1,8 (0,9; 2,8) kg und 2,9 (2,1; 3,7) kg bei beiden Geschlechtern um etwa 3 kg deutlich niedriger als bei Bortolotto et al. Die BFFM der Jungen und Mädchen von Bortolotto et al. unterschied sich von den Jungen und Mädchen unserer Kohorte fast nicht (Bortolotto et al., 2021, Brückner et al., 2024).

Im Rahmen einer Studie von Fewtrell et al. aus dem Jahr 2004 wurden N = 200 FG-Kinder (GG 1377 (± 304) g, GA 31 (± 3) SSW) und N = 95 RG-Kinder im Alter von 11,2 (± 0,89) Jahren bzw. 10,6 (± 0,86) Jahren mittels DXA auf ihre Körperzusammensetzung hin untersucht. Da die Kinder im Vergleich zu unserer Studie ca. 3 Jahre älter waren und sich die Messmethode zu unserer Kohorte unterscheidet, ist ein Vergleich der beiden Kohorten nur eingeschränkt möglich. Beim Vergleich des BMI unserer Kohorte von 14,7 (13,8; 16,0) kg/m^2 und des BF% von 13,5 (9,1; 18,4) % im Alter von 8,1 (7,0; 10,2) Jahren mittels ADP und der Messwerte aus der Studie von Fewtrell et al. mittels DXA im Alter von etwa 11 Jahren zeigt tendenziell eine Zunahme des BF% und des BMI im Laufe der Kindheit (Fewtrell et al., 2004). Dies wurde auch bei Pandit et al. beobachtet, bei denen beim Vergleich von 8- bis 9-jährigen und 11- bis 12-jährigen reifgeborenen Kindern der BMI (BMI_{Jungen}: 16,4 (± 0,6) kg/m^2 vs. 17,8 (± 0,7) kg/m^2; $BMI_{Mädchen}$:

16,8 (± 0,7) kg/m^2 vs. 19,1 (± 1,1) kg/m^2) und der BF% (BF%$_{Jungen}$: 21,2 (± 1,9) % vs. 25,8 (± 2,3) %; BF%$_{Mädchen}$: 26,7 (± 2,2) % und 32,8 (± 2,4) %) bei der älteren Gruppe höher lag (Pandit et al., 2009).

Bei Forsum et al. wurden im Jahr 2020 insgesamt N = 188 4-jährige ehemalige FG (n = 90 Mädchen) mittels ADP gemessen. Bei dieser Studie wurden die Kinder zum einen mit RG verglichen, zum anderen wurde die FG-Kohorte in frühe (< 32 SSW) und späte FG (≥ 32 SSW) unterteilt. Bei der Betrachtung der Daten der frühen FG fiel auf, dass der BMI der Jungen (15,6 (± 1,1) kg/m^2) und Mädchen (14,8 (± 1,4) kg/m^2) vergleichbar mit dem BMI der Jungen und Mädchen unserer Studie (14,7 (13,8; 16,0) kg/m^2 bzw. 15,12 (13,8; 16,4) kg/m^2) war, obwohl unserer Kohorte ca. 4 Jahre jünger war und somit physiologisch in unserer Studie höhere BMI-Werte zu erwarten gewesen wären. Der BF% lag bei Forsum et al. bei Jungen bzw. Mädchen bei 25,2 (± 4,7) % bzw. 26,8 (± 4,0) % und daher um 13 bzw. 12 %-Punkte höher als in unserer Kohorte (Forsum et al., 2020).

Zum Vergleich kann man hierbei auch eine Studie von Gianni et al. heranziehen, welche die Körperzusammensetzung bei 5-jährigen ehemaligen FG mittels ADP untersuchten (Giannì et al., 2015). Diese Studie ähnelt in den Ergebnissen des BMI mit Werten von 15,1 (± 1,0) kg/m^2 bei Jungen und 15,5 (± 1,7) kg/m^2 bei Mädchen den Werten der Studie von Forsum et al. und unserer Studie. Der BF% für Jungen bzw. Mädchen lag bei 20,4 (± 5,0) % bzw. 20,5 (± 5,1) %. Somit ist der BF% der männlichen bzw. weiblichen FG um etwa 5 % bzw. 6 %- Punkte geringer als bei Forsum et al., aber um etwa 8 % bzw. 5 %-Punkte höher als bei den FG unserer Kohorte im medianen Alter von ca. 8 Jahren.

Eine aktuelle Studie aus dem Jahr 2024 von Nehab et al. untersuchte die anthropometrischen Daten und die Körperzusammensetzung von ehemaligen FG < 32 SSW oder < 1500 g GG mittels ADP. Bei den N = 55 Kindern dieser Kohorte lag trotz eines jüngeren Alters von 4 bis 7 Jahren und eines geringeren KG von 18,3 (± 4,1) kg ein um 3,5 %-Punkte höher BF% (17,1 (± 8,3) %) vor (Nehab et al., 2024).

Bei Wells et al. erfolgten Messungen bei ehemals RG-Kindern mit einem mittleren Alter von 9,9 (± 1,2) Jahren mittels Isotopenverdünnungsanalyse (IVA). Neben höheren Werten von BMI und BF% waren ebenfalls die KL und das KG höher als die in unserer vorliegenden Studie erhobenen Werte bei FG-Kindern, die im Durchschnitt 8,1 (7,0; 10,2) Jahre alt waren (Wells, 2000, Brückner et al., 2024).

Vergleicht man die Ergebnisse unserer Studie mit den Daten anderer Publikationen fällt auf, dass eine Vergleichbarkeit aufgrund der geringen wissenschaftlichen Datenlage schwer möglich ist. Faktoren wie die Altersklasse, das GA oder die Messmethoden unterscheiden sich in den meisten Studien und machen einen Vergleich mit den Daten unserer Studie schwierig. Ebenfalls enthalten die Studien über FG im Kindesalter kaum Informationen über das Wachstum und die Ernährung während des neonatologischen Aufenthalts. Dies wäre wichtig, um den Einfluss eines nahezu perzentilenparallelen Wachstums - wie in unserer Studienkohorte - im Vergleich zu einer Wachstumsrestriktion mit ggf. nachfolgendem Aufholwachstum in den ersten Lebensmonaten zu untersuchen.

Weitere Studien, die ein noch breiteres Altersspektrum von FG von Neonatalperiode über die frühe Kindheit bis zur Adoleszenz umfassen, würden wertvolle Informationen über die körperliche Entwicklung von FG-Kinder liefern. Um zusätzliche Informationen über die Entwicklung von FG im Vergleich zu RG zu erhalten, wäre ein Vergleich mit einer Referenzkohorte von RG-Kindern der gleichen Altersgruppe und mit der gleichen Messmethode erforderlich.

4.3 Diskussion über den Unterschied zwischen den Geschlechtern

Beim Vergleich der Körperzusammensetzung zwischen den Geschlechtern ist die Studienlage insgesamt deutlich einheitlicher. Zahlreiche Studien konnten zeigen, dass der BF% von Mädchen bzw. Frauen bereits von Geburt an höher ist als der von Jungen bzw. Männern. In Studien zeigte sich, dass im Rahmen der

körperlichen Entwicklung bei Mädchen eine Zunahme an BF% und bei Jungen an BFFM zu beobachten waren (Loomba-Albrecht and Styne, 2009, Veldhuis et al., 2005) .
In unserer Studie zeigte sich, dass der BF% bei Mädchen um ca. 3 %-Punkte höher lag als bei Jungen (BF% 15,0 (10,6; 20,2) % vs. 12,1 (8,3; 17,0) %; p = 0,001), obwohl sich die KL, das KG und der BMI nicht signifikant unterschieden. Beim Vergleich der HFD konnten periumbilikal (8,5 (6,3; 14,9) mm vs. 7,4 (5,0; 10,5) mm; p = 0,002), am Triceps (10,2 (8,1; 13,1) mm vs. 8,3 (7,1; 10,3) mm; p < 0,001) sowie subscapular (5,8 (4,9; 7,4) mm vs. 5,0 (4,5; 6,3) mm; p < 0,001) bei den Mädchen entsprechend höhere Werte gefunden werden (Brückner et al., 2024).

Die in unserer Studie beobachteten Geschlechterunterschiede wurden auch von anderen Studien registriert. Von 1999 bis 2004 wurden N = 16 973 Personen in den USA ab einem Alter von 8 Jahren mittels DXA gemessen. In der Altersklasse der 8- bis 11-Jährigen nahmen hierbei n = 1067 Jungen und n = 1082 Mädchen teil. Es zeigte sich, dass Mädchen im Vergleich zu Jungen einen um ca. 4 %-Punkte signifikant höheren BF% und eine um ca. 2 kg signifikant höhere BFM aufwiesen als Jungen (Borrud et al., 2010). Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen unserer Studie, so stimmen die signifikant höheren BF% bzw. BFM überein, auch wenn es sich bei der beschriebenen Studie um ehemals RG-Kinder handelte.

Wie in der bereits im vorigen Kapitel beschriebene Studie von Gianni et al. konnten bei FG-Jungen und FG-Mädchen im Alter von 5 Jahren keine wesentlichen Unterschiede beim BF% und dem BMI festgestellt werden (Giannì et al., 2015).

Bei der Altersgruppe von 6- bis 10-Jährigen konnte eine Querschnittsstudie von Henche et al. bei N = 81 Studienteilnehmern sowohl bei der KL, dem KG und dem BMI als auch bei der BFM und dem BF%, gemessen mittels DXA, keine signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen erkennen (Henche et

al., 2008). Diese Ergebnisse unterscheiden sich von der zuvor beschriebenen Studie von Borrud et al., bei der sich im Alter von 8 Jahren signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern beim BF% und der BFM zeigten (Borrud et al., 2010).
In der Studie von Henche et al. wurden erst bei den 11- bis 15-Jährigen bei fast gleichem BMI (19,4 (± 2,2) kg/m^2 vs. 19,6 (± 2,8) kg/m^2) signifikante Unterschiede bei der BFM (10,6 (± 5,3) kg vs. 17,2 (± 8,1) kg; $p < 0,0001$) und dem BF% (21,1 (± 10,0) % vs. 32,0 (± 9,3) %; $p < 0,0001$) zwischen den männlichen (n = 56) und weiblichen (n = 56) Studienteilnehmern zeigten. Einen signifikanten Unterschied des KG, der KL und des BMI ($p < 0,0001$) konnte erst in der Altersklasse der 16- bis 20-Jährigen beobachtet werden. Zwischen der Geburt und dem Alter von 10 Jahren ließen sich bei n = 64 Jungen und n = 55 Mädchen keine Unterschiede erkennen. Bei Pandit et al. (Pandit et al., 2009) unterschied sich der mittlere BMI zwischen Jungen und Mädchen bereits ab dem Alter von 12 Jahren (19,0 (± 0,7) kg/m^2 vs. 22,0 (± 1,5) kg/m^2; $p < 0,05$) (Henche et al., 2008).

Bei einer nordindischen Studie von Khadgawat et al. wurden die mittels DXA erhobenen Körperzusammensetzungen von n = 825 Jungen und n = 815 Mädchen zwischen 7 und 17 Jahren verglichen. Ebenso wie bei den Ergebnissen von Henche et al. konnten Khadgawat et al. bei 7- bis 8-Jährigen zwischen den Geschlechtern keine Unterschiede beim BF% erkennen. Erst ab einem Alter von 9 Jahren wiesen Mädchen einen um ca. 7 %-Punkte signifikant höheren BF% auf als Jungen (Khadgawat et al., 2013, Henche et al., 2008).

Die mittels DXA erhobenen Daten zu Körperzusammensetzung und Körpermaße von 9,9 (± 0,3) jährigen ehemaligen RG Jungen und Mädchen bei Rogers et al. wiesen im Gegensatz zu Henche et al. ebenfalls signifikante Unterschiede bei der KL, dem KG und der BFM zwischen den Geschlechtern auf (Rogers et al., 2006, Henche et al., 2008). Dies ähnelt auch den Ergebnissen unserer Studie, die ebenfalls signifikante Unterschiede bei der BFM, nicht jedoch bei der KL ($p = 0,856$) und dem KG ($p = 0,893$) ausmachen konnte. Unterschiedlich war jedoch, dass im Gegensatz zu unserer Kohorte bei Rogers et al. signifikante

Unterschiede bei der BFFM zwischen den Geschlechtern gefunden wurden. Der BF% lag bei den Jungen bei etwa 18,1 % und bei den Mädchen bei 24,9 % (Rogers et al., 2006).

Eine Studie zur Körperzusammensetzung von RG Jungen und Mädchen im Kleinkindesalter wurde 2013 von Forsum et al. veröffentlicht. Zwar wurden in dieser Studie keine signifikanten Differenzen zwischen den Jungen und Mädchen berechnet, dennoch lässt sich anhand der dargestellten Daten ableiten, dass sich die Geschlechter im Alter von 4,4 Jahren in ihren Körpermaßen noch sehr ähneln. Bei den Jungen zeigten sich im Vergleich zu den Mädchen tendenziell höhere Werte beim KG und der KL, aber ein geringerer BF%. Die BMI-Werte wurden als sehr ähnlich beschrieben. Somit zeigt sich hier bereits eine Tendenz auf einen höhere BF% bei Mädchen im Vergleich zu Jungen (Forsum et al., 2013).

Zusammenfassend kann man sagen, dass die überwiegende Mehrheit der publizierten Studien analog zu unserer Studie einen Unterschied zwischen Jungen und Mädchen im Kindesalter feststellen konnte, in der Regel lag der BF% bei Mädchen höher. Die Unterschiede in den anthropometrischen Parametern KG, KL und BMI sowie der Zeitpunkt, ab dem signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern auftraten, waren nicht einheitlich. Ein möglicher Grund für die Unterschiede der anthropometrischen Werte und der Körperzusammensetzung zwischen den Geschlechtern könnte ein unterschiedliches hormonelles Profil sein. Verschiedene Studien beschrieben den Einfluss von Hormonen, wie beispielsweise der Steroidhormone Östrogen und Progesteron aber auch des Peptidhormons Adiponectin auf die körperliche Entwicklung von Mädchen und Jungen. Hierin sehen die Forscher einen Auslöser eines höherer BF% bei Frauen und Mädchen (Khwanchuea and Punsawad, 2021, Varlamov et al., 2014, Veldhuis et al., 2005, Loomba-Albrecht and Styne, 2009).

4.4 Diskussion über den Unterschied nach Gestationsalter

Neben dem Geschlechtervergleich untersuchten wir in unserer Studie auch die Unterschiede der Körperzusammensetzung je nach GA der ehemaligen FG. In unserer Studie lag der Anteil der FG < 28 0/7 SSW mit n = 84 Kindern bei 35,4 %, die FG ≥ 28 0/7 SSW machten mit n = 153 Kindern 64,6 % aus.

Im Vergleich zu FG ≥ 28 0/7 SSW wiesen FG < 28 0/7 SSW im Alter von 6 bis 10 Jahren signifikant geringere anthropometrische Werte beim KG (22,8 (18,9; 26,7) kg vs. 25,2 (21,0; 29,7) kg; p = 0,003), der KL (123,3 (117,1; 129,5) cm vs. 129,3 (120,5; 136,4) cm; p < 0,001) und dem KU (50,5 (49,5; 51,7) cm vs. 51,5 (50,5; 53,0) cm; p < 0,001) auf. Bei den Messungen der Körperzusammensetzung unterschied sich die BFFM und lag bei den FG < 28 0/7 SSW signifikant niedriger (20,0 (17,3; 22,3) kg vs. 21,4 (18,8; 24,9) kg; p = 0,002). Beim BMI, dem BF%, der BFM und den Ergebnissen der HFD-Messungen waren keine signifikanten Unterschiede vorhanden (Brückner et al., 2024).

Es gibt jedoch verschiedene Studien, die sich mit dem Unterschied der Körperzusammensetzung in Abhängigkeit des GA im Säuglingsalter befasst haben. Bruckner et al. ermittelten die Körperzusammensetzung mittels ADP von N = 74 FG mit einem GA < 32 0/7 SSW um den Zeitpunkt des eigentlichen Geburtstermins (TEA). Das Ziel der Studie war ein Vergleich der Körperzusammensetzungen (BFM und BFFM) von FG < 28 0/7 SSW (n = 26; 35 %) und FG ≥ 28 0/7 SSW (n = 48; 65 %). Es zeigte sich, dass die Gruppe der FG < 28 0/7 SSW im Vergleich zu den FG ≥ 28 0/7 SSW einen signifikant höheren BF% (17,0 (15,9; 18,1) % vs. (15,5 (14,7; 16,2) %; p = 0,034) aufwies. Das KG hingegen, welches sich bei der Geburt noch signifikant unterschied (0,779 (± 0,149) kg vs. 1,370 (± 0,279) kg; p < 0,001), wies zum Zeitpunkt der Messung keinen signifikanten Unterschied mehr zwischen den beiden Gruppen auf (2,487 (2,394; 2,581) kg vs. 2,411 (2,346; 2,477) kg; p = 0,217). Allerdings muss erwähnt werden, dass FG < 28 0/7 SSW ein um ca. 2 Wochen höheres Alter bei der Messung hatten als die FG ≥ 28 0/7 SSW (GA 35,3 (± 1,6) Wochen vs. 37,9 (± 3,2) Wochen; p < 0,001) (Bruckner et al., 2020).

Auch bei Wiechers et al. erfolgte eine Messung von FG < 28 0/7 SSW (n = 67) und FG ≥ 28 bis < 32 SSW (n = 38) kurz vor der Entlassung im Alter von etwa 2 bis 3 Monaten nach Geburt mittels ADP. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der Körperzusammensetzung in Bezug auf BF% (17,0 (15,1; 20,2) % vs. 16,8 (13,1; 18,1) %), die BFM und die BFFM ausgemacht, wenngleich das korrigierte Alter der FG < 28 0/7 SSW zum Zeitpunkt der Messung geringfügig über dem der FG ≥ 28 0/7 SSW lag (PMA 38,1 (36,7; 39,9) Wochen vs. 37,5 (36,1; 38,3) Wochen) (Wiechers et al., 2022).

Die Studien von Bruckner et al. und Wiechers et al. wurden beide bei wenigen Wochen alten FG zum TEA durchgeführt. In beiden Studien war das Alter der FG < 28 0/7 SSW signifikant höher und beim KG zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zu Ergebnissen der FG ≥ 28 0/7 SSW. In Bezug auf den BF% unterscheiden sich die Studienergebnisse aber, da die signifikant höheren BF% bei FG < 28 0/7 SSW bei Wiechers et al. nicht beobachtet wurden (Bruckner et al., 2020, Wiechers et al., 2022).

Leider liegen nach aktuellem Stand keine Daten der Körperzusammensetzungen von FG < 28 0/7 SSW und FG ≥ 28 0/7 SSW in einer Altersklasse zwischen 6 bis 10 Jahren mittels ADP vor. Daher ist eine Einschätzung der vorliegenden Studienergebnisse nur eingeschränkt möglich. Da zwischen der Altersgruppe von Bruckner et al. und Wiechers et al. und unserer Studienkohorte mindestens 6 Jahre Unterschied und damit viele Jahre kindlicher Entwicklung liegen, ist die Vergleichbarkeit der Studien eingeschränkt. Die Studienergebnisse von Bruckner et al. und Wiechers et al. lassen beide auf ein adäquates Körperwachstum von FG < 28 0/7 SSW nach der Geburt schließen. Zum TEA konnten Bruckner et al. und Wiechers et al. keinen signifikanten Unterschied des KG mehr feststellen, während hingegen bei unserer Studienkohorte im Alter von 6 bis 10 Jahren ein deutlicher Unterschied der anthropometrischen Parameter erkennbar war. Auch in Bezug auf die BFFM, die sich bei Wiechers et al. bereits nach wenigen Lebenswochen nicht mehr signifikant unterschied, zeigten die ehemaligen FG

< 28 0/7 SSW unserer Kohorte eine um ca. 1,4 kg signifikant niedrigere BFFM als FG ≥ 28 0/7 SSW.

Longitudinale Studien zur körperlichen Entwicklung von ehemaligen FG über die Adoleszenz bis ins Erwachsenenalter wären hilfreich, um zu überprüfen, ob sich das Körperwachstum von ehemaligen FG < 28 0/7 SSW im Vergleich zu FG ≥ 28 0/7 SSW längerfristig unterscheidet und ob weiterhin eine veränderte Körperzusammensetzung gefunden werden kann, die möglicherweise mit einem erhöhten Risiko für metabolische Erkrankungen einhergehen könnte.

4.5 Unterschied nach Konstitution bei Geburt

In unserer Studie zeigte sich, dass Unterschiede der Körpermaße und der Körperzusammensetzung zwischen SGA- und AGA-Kindern im Alter von 6 bis 10 Jahren gefunden werden konnten. Bei Einteilung der Kinder nach dem Z-Score Gewicht nach WHO zeigten sich signifikant geringere Werte bei der Kohorte der SGA-Kinder bei der KL (120,2 (115,0; 130,0) cm vs. 127,5 (120,0; 135,3) cm; p = 0,004), dem KG (20,5 (17,7; 26,6) kg vs. 24,7 (20,8; 29,2) kg; p = 0,001) und dem KU (50,0 (48,5; 51,3) cm vs. 51,5 (50,3; 52,5) cm; p < 0,001). Auch beim BMI (13,7 (13,2; 14,8) kg/m^2 vs. 15,1 (14,0; 16,3) kg/m^2; p < 0,001) fanden sich signifikant geringere Werte bei SGA-Kindern. Bei der Körperzusammensetzung fielen bei SGA-Kindern in allen Kategorien signifikante Unterschiede im Vergleich zu den AGA-Kindern auf. SGA-Kinder hatten einen um ca. 3 %-Punkte signifikant geringeren BF% (10,6 (5,5; 19,5) % vs. 13,8 (10,1; 18,3) %; p = 0,029). Ebenfalls wiesen diese Kinder eine geringere BFM (2,12 (1,03; 3,94) kg vs. 3,31 (2,16; 5,19) kg; p = 0,007) und eine geringere BFFM (18,88 (16,08; 21,30) kg vs. 21,27 (18,35; 24,30) kg; p = 0,002) auf (Brückner et al., 2024).

Ein Vergleich von SGA- und AGA-Kindern wurde bereits in verschiedenen Studien mit unterschiedlichen Messmethoden durchgeführt. In Studien von Schmelzle et al. und Wiechers et al. sind bereits Messungen der

Körperzusammensetzung erfolgt, die wenige Tage bzw. etwa zwei Monate nach der Geburt die Körperdaten von SGA- und AGA-Kinder verglichen (Schmelzle et al., 2007, Wiechers et al., 2022). Schmelzle et al. untersuchten Kinder mit einem Gestationsalter von 38,2 (± 2,9) Wochen mittels DXA (Schmelzle et al., 2007), während Wiechers et al. die Körperzusammensetzung von FG mit einem GA von 27,4 (26,5; 28,8) Wochen am TEA mittels ADP näher analysierten (Wiechers et al., 2022).
Bei Schmelze et al. zeigte sich, dass SGA-Kinder im Alter von 5,0 (± 2,4) Tagen im Vergleich zu AGA-Kinder im Alter von 4,7 (± 2,2) Tagen nicht nur ein signifikant geringeres KG (2280 (± 590) g vs. 3080 (± 660) g; $p < 0,05$) und eine signifikant geringere KL (46,3 (± 4,1) cm vs. 49,8 (± 3,5) cm; $p < 0,05$) , sondern auch einen signifikant geringeren BMI (10,4 (± 1,4) kg/m^2 vs. 12,2 (± 1,5) kg/m^2; $p < 0,05$), einen signifikant geringeren BF% (8,6 (± 3,1) % vs. 13,1 (± 4,3) %; $p < 0,05$) und eine signifikant geringe BFM (210 (± 100) g vs. 430 (± 190) g; $p < 0,05$) aufwiesen (Schmelzle et al., 2007).

Wiechers et al. konnten im Alter von 72 (59; 96) Tagen nach der Geburt bei SGA-FG weiterhin eine signifikant geringere KL (45 (43; 46) cm vs. 46 (44; 48) cm) beobachten. Es zeigten sich jedoch keine signifikanten Differenzen mehr in Bezug auf das KG, den BF% und die BFM im Vergleich zu AGA-FG. Beim Vergleich der SDS-Werte des KG (-1,55 (-1,96; 1,10) vs. -0,47 (-0,83; 0,04)) und der KL (-2,44 (-3,32; -1,80) vs. -1,37 (-1,88; -0,77)) fielen dennoch signifikante Unterschiede auf (Wiechers et al., 2022).

Eine brasilianische Studie aus dem Jahr 2022 von Nehab et al. betrachtete die Unterschiede anthropometrischer Daten und der mittels ADP gemessenen Körperzusammensetzung bei ehemaligen SGA- und AGA-FG < 32 SSW zum TEA (N = 94), mit 3 Monaten (N = 88) und im Alter von 4 bis 7 Jahren (N = 47). Während sich n = 26 SGA- und n = 64 AGA-Kinder zum TEA noch in allen Faktoren der Anthropometrie und der Körperzusammensetzung unterschieden, ergaben sich im korrigierten Alter von 3 Monaten keine signifikanten Unterschiede beim BF% und der BFM. Im mittleren Alter von 5,5 (± 1) Jahren

konnten beim Vergleich von n = 11 SGA-Kindern und n = 36 AGA-Kindern keine signifikanten Unterschiede bei den anthropometrischen Daten und der Körperzusammensetzung festgestellt werden (Nehab et al., 2022). Dies unterscheidet sich von den Ergebnissen unserer Studie, bei der mit der gleichen Messmethode sowohl in der Anthropometrie als auch in der Körperzusammensetzung bei etwas älteren Kindern weiterhin Unterschiede auszumachen sind.
Die bereits im vorherigen Kapitel beschriebene Studie von Bruckner et al. befasste sich neben den Unterschieden von FG < 28 0/7 SSW und FG ≥ 28 0/7 SSW auch mit den Unterschieden zwischen SGA- und AGA-Kindern zum Zeitpunkt der Entlassung aus dem Krankenhaus. Sie beschrieben, dass SGA-FG trotz eines signifikant höheren GA beim Messtermin signifikant geringere Z-Scores der KL ($p < 0,001$) und ein signifikant geringeres KG ($p = 0,009$) aufwiesen als AGA-FG. Bezüglich des BF% und des BFFM% waren keine signifikanten Unterschiede erkennbar (Bruckner et al., 2020). Das Ergebnis ist in Bezug auf den BF% vergleichbar mit dem von Wiechers et al., unterscheidet sich jedoch in Bezug auf das KG, welches bei Wiechers et al. zum TEA nicht mehr signifikant unterschiedlich war (Wiechers et al., 2022).

Hendrix et al. beobachteten in ihrer Studie die ersten 5 Lebensjahre von SGA- und AGA-Kindern bezüglich ihres Wachstums. Insgesamt nahmen N = 740 RG-Kinder, davon n = 690 AGA- und n = 50 SGA-Kinder, an der Studie teil. Wie bei Wiechers et al. fanden sich im Alter von etwa 8 Wochen signifikante Unterschiede zwischen FG SGA- und AGA-Kindern bei der KL (53,3 (3,0) cm vs. 57,0 (2,4) cm; $p < 0,0001$), bei Hendrix et al. war die KL sogar bis ins Alter von 5 Jahren um ca. 6,4 cm niedriger (113,6 cm vs. 120,0 cm; $p = 0,047$). Es zeigte sich ebenfalls, dass SGA-Kinder noch bis ins Alter von 3 Jahren um ca. 2 kg leichter (13,4 (± 1,6) kg vs. 15,4 (± 1,9) kg; $p < 0,0001$) waren als die AGA-Kinder (Hendrix et al., 2020).

Im Vergleich zu unserer Studie, die bei SGA- und AGA-Kindern im Alter von 6 bis 10 Jahren nach den SDS-Werten des GG der WHO signifikante Unterschiede

beim KG nachweisen konnte, fanden Hendrix et al., dass bei RG-Kindern ab dem Alter von 5 Jahren keine signifikanten Unterschiede bezüglich des KG ($p = 0,069$) zu finden waren (Hendrix et al., 2020).
Eine weitere Studie, die sich mit dem Wachstum von RG SGA- und AGA-Kindern beschäftigte, wurde im Jahr 2006 von Ibanez et al. veröffentlicht. Bei dieser Studie wiesen RG SGA-Kinder erwartungsgemäß ein signifikant geringeres KG bei der Geburt auf (2,1 (± 0,1) kg vs. 3,3 (± 0,1) kg; $p < 0,0001$). Signifikante Unterschiede in Bezug auf die KL, das KG und den BMI konnten aber ab einem Alter von 2 Jahren und folgend bis zum 4. Lebensjahr nicht mehr beobachtet werden. Bei der Analyse der Körperzusammensetzung mittels DXA fanden Ibanez et al., dass nach einer vergleichbaren Körperzusammensetzung im Alter von 2 Jahren und trotz einer ähnlichen Entwicklung des Gewichtes und des BMI, bei SGA-Kindern im Alter von 4 Jahren ein um etwa 5 %-Punkte signifikant höherer BF%, eine höhere BFM (1,17 (± 0,1) kg vs. 0,80 (± 0,04) kg; $p = 0,0003$) und eine geringere BFFM (11,16 (± 0,33) kg vs. 12,36 (± 0,28) kg; $p = 0,02$) vorlagen. Dies bedeutet, dass SGA-Kinder zwischen einem Alter von 2 und 4 Jahren mehr BFM und weniger BFFM zugenommen haben als AGA-Kinder. Ibanez et al. sehen darin einen Hinweis darauf, dass das Aufholwachstum des KG von SGA-Kindern vor allem durch eine Zunahme an BFM entstanden ist und so möglicherweise die Entstehung von Adipositas und eines metabolischen Syndroms begünstigt werden kann (Ibáñez et al., 2006).

Eine Studie von Balomenou et al., die mittels BIA RG SGA- und AGA-Kinder im Alter von 7 bis 10 Jahren verglich, wurde 2022 veröffentlicht. Die n = 106 SGA-Kinder im Alter von 9,2 (± 1,6) Jahren zeigten im Vergleich zu den n = 530 AGA-Kinder im Alter von 9,1 (± 1,6) Jahren keine statistisch signifikanten Unterschiede in Bezug auf die KL, das KG, den BF% und die BFM. Eine logistische Regressionsanalyse zeigte in dieser Studie aber sowohl zwischen dem SGA-Status und dem BMI als auch zwischen dem SGA-Status und der BFFM eine stark negative Assoziation (Balomenou et al., 2023).

Die Ergebnisse von Ibanez et al., von Balomenou et al. und die Ergebnisse unserer Studie weisen starke Differenzen auf. Während Ibanez et al. im Alter von 2 bis 4 Jahren und Balomenou et al. im Alter von 9 Jahren keine signifikanten Unterschiede der KL und des KG zwischen RG SGA- und AGA-Kindern finden konnten, wies die FG-Kohorte unserer Studie zwischen 6 und 10 Jahren signifikante Unterschiede in Bezug auf diese zwei Körpermaße auf. Und während bei unserer Studie, wie auch Ibanez et al. ab 4 Jahren, eine signifikant geringere BFFM bei FG SGA-Kindern zu beobachten war, stimmte unser Ergebnis eines signifikant geringeren BF% bei diesen SGA-Kindern nicht mit den Beobachtungen von Ibanez et al. und Balomenou et al. überein, die im Alter von 4 bzw. 9 Jahren signifikant höhere BF% bzw. keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf den BF% fanden (Ibáñez et al., 2006, Balomenou et al., 2023).

Eine longitudinale Studie, die sich mit Unterschieden zwischen RG SGA- und AGA-Kindern bis ins präpubertäre Alter von 10 Jahren befasst hat, wurde 2016 von Gallo et al. veröffentlicht. Der Vergleich von n = 400 SGA-Kinder und n = 6818 AGA-Kindern ergab, dass 10-jährige SGA-Mädchen doppelt so häufig übergewichtig und adipös waren als AGA-Mädchen des gleichen Alters. Auffallend war eine deutliche erhöhte Prävalenz von Übergewicht bei SGA-Mädchen gegenüber AGA-Mädchen (29,1 % vs. 12,7 %; $p < 0,001$). Bei den SGA-Jungen war eine statistisch signifikant höhere Prävalenz für Übergewicht im Alter von 2, 5 und 10 Jahren im Vergleich zu AGA-Jungen zu beobachten (Gallo et al., 2016).

4.6 Korrelation von Body-Mass-Index und Körperfettanteil

Die Gewichtsklassifikation von Erwachsenen wird basierend auf dem KG und der KL mittels BMI eingeteilt. Nach der Adipositas-Klassifikation der WHO liegt der BMI von normalgewichtigen Erwachsenen zwischen 18,5 kg/m² und 25 kg/m², ab einem BMI von 30 kg/m² gelten Erwachsene als adipös. Laut der „Deutschen Adipositas-Gesellschaft (DAG) e.V.“ kann der BMI zur Abschätzung des BF% genutzt werden, auch wenn der BMI lediglich eine grobe Schätzung darstellt und

keine Rückschlüsse auf die individuelle Körperzusammensetzung und das metabolische Risiko ermöglicht. Da aufgrund der Gewichtszunahme und des Wachstums im Kindesalter eine klare BMI-Gewichtsklassifikation schwierig ist, wir bei Kindern nicht auf einheitlich feste BMI-Grenzwerte geachtet, sondern der BMI nach altersspezifischen Perzentilen beurteilt (Kromeyer-Hauschild et al., 2001, Schienkiewitz et al., 2018).

In der Einleitung wurde bereits darauf hingewiesen, dass der BMI nicht nur durch die BFM und den BF%, sondern durch viele weitere Faktoren wie das Alter, das Geschlecht und die Ethnizität beeinflusst wird. Ein solcher Zusammenhang mit vielen verschiedenen unabhängigen Faktoren zeigt sich auch beim BF%. (Daniels et al., 1997). Daher ist die Einschätzung des BF% nur durch Betrachtung des BMI nicht ausreichend, da dieser zur Berechnung nur die KL und das KG beachtet, die Mengen an BFM oder Muskelmasse aber nicht beachtet werden. Dennoch konnten bereits einige Studien bei Kindern nachweisen, dass eine starke Korrelation von BMI und BF% vorliegt, diese sich jedoch selbst zwischen den Geschlechtern in ihrer Stärke unterscheidet.

In unserer Studie korrelierte der BMI im Alter von 6 bis 10 Jahren stark mit dem mittels APD erhobenen BF% ($\rho = 0{,}700$) und der BFM ($\rho = 0{,}774$). Bezüglich des Geschlechts lag der Korrelationskoeffizient nach Spearman zwischen BMI und BF% bei den Jungen mit $\rho = 0{,}654$ niedriger als bei den Mädchen mit $\rho = 0{,}754$.

Bei Daniels et al. wies der BMI bei N = 192 Jungen und Mädchen zwischen 7 und 17 Jahren eine Korrelation mit dem mittels DXA erhobenen BF% von $r = 0{,}5$ bzw. $r = 0{,}8$ auf. Im Vergleich zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie ist auch auch bei Daniels et al. die Korrelation bei Mädchen stärker ausgeprägt als bei Jungen (Daniels et al., 1997).

Pandit et al. verglichen 2009 die mittels DXA erhobenen Werte der Körperzusammensetzung von n = 316 Jungen und n = 250 Mädchen im Alter zwischen 6 und 17 Jahren mit den errechneten BMI-Werten. Wie auch bei

Daniels et al. zeigte sich dabei, dass der BMI mit den erhobenen Werten des BF% signifikant korrelierte ($p < 0,01$) (Pandit et al., 2009). Im Vergleich zu Pandit et al. zeigt sich aber eine starke Ausprägung der Korrelation ($r = 0,89$) bei beiden Geschlechtern.
Auch bei Pietrobelli et al. wurde in einer Studie aus dem Jahr 1998 die mittels DXA erhobenen Werte von BF% und BFM bei 5 bis 19 Jahre alten Kindern mit dem BMI verglichen. Der BMI korrelierte ebenso wie bei unserer Studie und bei Pandit et al. stark mit dem BF% (Jungen $R^2 = 0,63$; Mädchen $R^2 = 0,69$) aber auch mit der BFM (Jungen $R^2 = 0,85$; Mädchen $R^2= 0,89$) und wies keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf. Pietrobelli et al. beobachteten jedoch trotz dieser starken Korrelation große Varianzen beim BF% der Kinder, die einen gleichen BMI aufwiesen (Pietrobelli et al., 1998). Auch bei Forsum et al., die mittels ADP bei 4,4 Jahre alten Jungen ($n = 43$) und Mädchen ($n = 33$) die Körperzusammensetzung und den Zusammenhang des erhobenen BF% mit den BMI-Werten analysierten, waren bei Kindern mit einem BMI zwischen 15 kg/m^2 und 16 kg/m^2 BF%-Werte zwischen 14,3 % und 32,5 % beobachtbar. Abweichend von den vorher aufgeführten Studien von Pietrobelli et al. und Daniels et al. ergaben die Auswertungen von Forsum et al., dass die Korrelation des BF% mit dem BMI zwar signifikant ($p < 0,001$), aber dennoch sowohl bei Jungen ($r = 0,38$) als auch bei Mädchen ($r = 0,39$) nur schwach war (Forsum et al., 2013).

In unserer Studie waren ebenso wie bei Forsum et al. große Unterschiede des BF% innerhalb einzelner BMI-Werte erkennbar. So lag beispielsweise die Spannbreite des maximal und minimal gemessenen BF% bei BMI-Werten von 15 bis 16 kg/m^2 bei Forsum et al. bei 18,2 %, bei den von uns erhobenen Daten sogar bei 22,3 % (Minimum: 5,00 %; Maximum: 27,3%).

In Bezug auf die Frühgeburtlichkeit konnten Ramel et al. eine starke Korrelation ($R^2 = 0,27$) der in den ersten 72 Stunden nach Geburt mittels ADP erhobene BF% und dem errechneten BMI von $N = 218$ FG erkennen. Ramel et al. werteten diese Korrelation dennoch als nicht ausreichend, um den BF% akkurat genug

abschätzen zu können (Ramel et al., 2017). Bei einer Studie von Nagel et al., bei der zwischen der 28. und 63. Woche (PMA) mittels ADP der BF% von FG erhoben wurde, zeigte sich, dass der BMI je nach GA unterschiedlich genau den BF% widerspiegelte (Nagel et al., 2021).
Bei Steinberger et al. korrelierten der BMI und die mittels DXA erhobenen Daten zum BF% ($r = 0,85$; $p = 0,0001$) und der BFM ($r = 0,95$; $p = 0,0001$) stark. Bei Kindern mit höherem KG wurden hierbei jedoch genauere Werte beobachtet als bei Kindern mit geringerem KG (Steinberger et al., 2005).

Auch wenn die Studien meist starke Korrelationen von BMI und BF% aufweisen, zeigen die Differenzen im BF% von Forsum et al., Pietrobelli et al. und auch von unserer Studie, dass die Genauigkeit der Bestimmung des BF% durch den BMI nicht gegeben ist (Forsum et al., 2013, Pietrobelli et al., 1998). Ebenso zeigte sich in unserer Studie eine große Spannbreite der Werte in Bezug auf das KG bei einzelnen BMI-Werten. Da die Berechnung des BMI von den zwei Variablen KG und KL abhängt, ist eine gewisse Spannweite beim KG je nach BMI-Wert möglich. Eine große Variabilität beim BF% lässt sich jedoch dadurch nicht erklären.

Eine Studie von He et al. aus dem Jahr 2023 konnte zudem zeigen, dass das kardiometabolische Risiko mit dem BF%, aber nicht mit dem BMI positiv assoziiert war. Somit sollten idealerweise für die Einschätzung des metabolischen Risikos nicht nur der BMI oder die anthropometrischen Werte, sondern auch die Körperzusammensetzung ermittelt werden (He et al., 2023).

4.7 Korrelation von Hautfaltendicke und Körperfettanteil

In der vorliegenden Studie korrelierte bei den ≥ 8 Jahre alten Kindern der nach den Formeln von Slaughter et al. (Slaughter et al., 1988) berechnete BF% (15,4 (12,5; 19,4) %) und der mittels ADP gemessene BF% (15,8 (11,8; 20,7) %) stark ($\rho = 0,692$). Zudem zeigte sich eine starke Korrelation des berechnete BF% zur BFM ($\rho = 0,717$) und zum KG ($\rho = 0,649$), sowie eine mäßige Korrelation zur

BFFM und zur KL. Der geschätzt BF% nach Slaughter und der BMI wiesen keine Korrelation auf.

Die von Slaughter et al. entwickelten Formeln zur Berechnung des BF% aus den Messungen der HFD von Triceps und subscapular wurden bereits in Studien auf ihre Reliabilität geprüft. Eine Studie von Wells et al. ergab, dass der mittels HFD vorhergesagte BF% nur eine geringe Übereinstimmung mit den erhobenen Werten von Messungen des 4-Kompartiment-Modells bei Kindern im Alter von 8 bis 12 Jahren aufwies. Es zeigte sich, dass die vorhergesagten BF% bei Jungen und Mädchen (15,6 (± 4,9) % bzw. 18,6 (± 5,2) %) niedriger ausfielen als die tatsächlichen BF% (17,4 (± 5,4) % bzw. 23,9 (± 7,8) %) waren (Wells et al., 1999). Auch die von Fewtrell et al. erhobenen BF% aus DXA-Messungen ergaben höhere Werte des BF% als die Abschätzungen nach den Formeln von Slaughter. Dies betraf in dieser Studie sowohl FG (20,1 (± 8,3) % vs. 18,4 (± 5,9) %) als auch RG (23,3 (± 8,3) % vs. 20,5 (± 7,0) %) (Fewtrell et al., 2004).

Abweichendes fanden Reilly et al., die bei Jungen eher eine Überschätzung des BF% durch die Berechnung mit den Formeln nach Slaughter fanden (Reilly et al., 1995). Bei Freedman et al., die bei N = 1169 Kinder zwischen 5 und 18 Jahren den berechneten und mittels DXA gemessenen BF% verglichen, zeigten sich Unterschiede in der Genauigkeit je nach Gewichtsklassifikation bzw. BF%. Während bei normalgewichtigen Kindern die Übereinstimmungen ziemlich genau waren (Überschätzung von max. 2,6 %), waren die Ergebnisse bei adipösen Kindern mit mehr BFM ungenauer und der mittels der Formeln nach Slaughter et al. geschätzte BF% übertraf den gemessenen BF% um bis zu 12 %. Dennoch zeigte sich eine starke Korrelation (r = 0,90) zwischen dem BF% der HFD von Jungen und Mädchen (18,1 (± 15) % bzw. 24,5 (± 15) %) und dem BF% der DXA (16,5 (± 15) % bzw. 25,7 (± 15) %) (Freedman et al., 2013). Bei der Untersuchung von Adoleszenten im Alter von 11 bis 17 Jahren lagen ebenfalls bei Steinberger et al. hohe Korrelationen in Bezug auf den BF% (r = 0,92; p = 0,0001) und die BFM (r = 0,96; p = 0,0001) vor. Sie beobachteten bei den N = 130 Kinder keine Unterschiede in der Genauigkeit je nach BF% (Steinberger et al., 2005). Auch in

unserer Studie zeigten sich starke Korrelationen in Bezug auf den BF% (ρ = 0,692) und die BFM (ρ= 0,717), wobei diese Korrelationen bei den Mädchen ($BF\%_{ADP}$: 16,3 (13,7; 23,5) % bzw. $BF\%_{Slaughter}$: 16,2 (12,9; 22,1) %; ρ = 0,787) stärker war als bei den Jungen ($BF\%_{ADP}$: 14,0 (11,3; 19,4) % bzw. $BF\%_{Slaughter}$: 14,4 (12,2; 17,8) %; ρ = 0,586).

Yumani et al. veröffentlichten im Jahr 2020 eine Studie, in der speziell FG auf die Übereinstimmung des mittels HFD geschätzten BF% und des mittels ADP oder DXA gemessenen BF% untersucht wurden. Zum Zeitpunkt der Messungen waren diese Kinder korrigiert etwa 44 Wochen alt. Neben der Feststellung, dass der BF% aus ADP und DXA nur eine geringe Übereinstimmung zeigte, erwies sich der berechnete BF% der HFD nicht als akkurat genug (R^2 = 0,426), um die Messungen des BF% mittels ADP vorauszusagen (Yumani et al., 2021). Es sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass diese Studie nicht die Formeln von Slaughter et al., die erst ab einem Alter von 8 Jahren validiert wurden, nutzte, sondern abweichende Formeln von Schmelzle und Fusch. Bei der Veröffentlichung dieser Formeln ergaben die Ergebnisse eine starke Korrelation der durch die HFD vorhergesagten BFM mit der durch DXA erhobenen BFM (R^2 = 0,936) bei einer Kohorte von RG und FG im Alter von 0, 2 und 4 Monaten. In dieser Studie erwiesen sich die Formeln nach Slaughter als ungenauer (R^2 = 0,71) (Schmelzle and Fusch, 2002). Bei Kouwenhoven et al. zeigte sich bei den 1, 4 und 6 Monate sowie 2 Jahre alten Kindern nur eine geringe Übereinstimmung des BF% aus HFD-Messungen zu den Ergebnissen der ADP (ICC: 0,33 - 0,47). Auch hier zeigten sich je nach BF% Einflüsse auf die Übereinstimmung der beiden Werte (Kouwenhoven et al., 2021).

Da es auch bezüglich der Korrelation und Übereinstimmung von BMI und BF% keine übereinstimmenden Studien bei FG und derselben Messmethodik wie in unserer Studie bei 6- bis 10-Jährigen gibt, ist der direkte Vergleich nicht möglich. Dennoch kommen einige Studien zu dem gleichen Ergebnis wie unsere Studie, dass zwischen dem geschätzten BF% nach den Formeln nach Slaughter und den tatsächlich erhobenen Werten des BF% wie bei uns mittels ADP eine Korrelation

besteht, auch wenn sich die tatsächlich ermittelten BF% Werte teilweise sehr von den geschätzten BF% unterscheiden. Eine Tendenz zur Unter- oder Überschätzung der Werte konnte bei unserer Studie nicht beobachtet werden.

4.8 Einfluss des mütterlichen Body-Mass-Index auf die kindliche Körperzusammensetzung

Bei der Auswertung unserer Studienergebnisse zeigte sich bei unserer FG-Kohorte keine Korrelation des BF%, des BMI und des KG mit dem mütterlichen BMI. Bei einzelner Betrachtung der Geschlechter bestand signifikant nur eine schwache Korrelation des mütterlichen BMI mit dem BMI der Jungen ($p = 0,011$; $\rho = 0,231$).

Dass der mütterliche BMI vor der Schwangerschaft Einfluss auf die Körperzusammensetzung von Neugeborenen haben kann, konnten Eriksson et al. zeigen. Sie fanden, dass es signifikante Korrelationen des mütterlichen BMI vor der Schwangerschaft zum GG ($p = 0,0094$; $r = 0,25$), zum KG ($p = 0,044$; $r = 0,20$) und zum BMI ($p = 0,0068$; $r = 0,26$) im Alter von etwa einer Woche gab. Eine signifikante Korrelation zum BF% und der BFM konnte nicht nachgewiesen werden. Die anfänglich beobachtbare Korrelation des mütterlichen BMI mit dem KG konnte im Alter von 12 Wochen jedoch auch nicht mehr nachgewiesen werden. Ebenso bestand weiterhin keine signifikante Korrelation zum BF%, der BFM und der BFFM (Eriksson et al., 2010).

Einen Zusammenhang des mütterlichen BMI bei übergewichtigen Müttern in der Frühschwangerschaft mit den BMI und Körperfettwerten bei Kindern im Alter von 6 Jahren konnte von Dalrymple et al. gezeigt werden. Da diese Studien jedoch den BMI zum Zeitpunkt der Schwangerschaft betrachteten, kann man das Ergebnis nicht mit den von uns erhobenen Daten vergleichen (Dalrymple et al., 2019). Im Vergleich zu unserer Studie zeigten sich aber bei einer Studie von Swanton et al. abweichende Ergebnisse. Diese longitudinal durchgeführte Studie analysierte den Zusammenhang des mütterlichen BMI mit den BMI-Werten der Kinder zwischen Geburt und 18 Jahren. Der BMI der Mütter betrug im

Durchschnitt 23,4 (± 3,3) kg/m^2 und ist daher mit dem von uns erhobenen mütterlichen BMI von durchschnittlich 24,3 (22,0; 28,6) kg/m^2 vergleichbar. Bei den Söhnen zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang des BMI mit dem mütterlichen BMI ab dem Alter von 6 Jahren ($p \leq 0,05$; $\rho = 0,206$) bis zum Alter von 18 Jahren ($p \leq 0,05$; $\rho = 0,264$). Bei den Töchtern bestand ab dem Alter von 1 ½ Jahren ($p \leq 0,05$; $\rho = 0,176$) bis zur Volljährigkeit ($p \leq 0,05$; $\rho = 0,269$) ebenfalls eine statistisch signifikante Korrelation (Swanton et al., 2017).

Die Korrelation des mütterlichen BMI mit dem BMI der FG-Jungen konnte ebenfalls bei uns beobachtet werden, wohingegen bei unseren FG-Mädchen keine Korrelation vorlag.

4.9 Stärken und Schwächen der Studie

Die Erhebung der Daten der Körperzusammensetzung wurde mittels ADP, d.h. dem BodPod® durchgeführt. Eine Stärke unserer Studie ist, dass mittels ADP eine schnelle, nicht invasive und strahlungsfreie Methode zur Erhebung der Daten genutzt werden konnte, die somit besonders für Kinder gut geeignet ist. Dass die ADP akkurate und reliable Ergebnisse liefert, konnte in der Vergangenheit bereits nachgewiesen werden. Daher kann von einer hohen Genauigkeit der erhobenen Werte ausgegangen werden. Nachteilig bei dieser Methode sind die hohen Anschaffungskosten und die Notwendigkeit klimatisierter Raumbedingungen.

Zum aktuellen Zeitpunkt liegen noch keine publizierten Referenzdaten mittels ADP im Kindesalter vor, mit denen man die Ergebnisse unserer 6- bis 10-Jährigen detailliert vergleichen könnte. Im Rahmen einer vorherigen Studie hat unsere Arbeitsgruppe im Jahr 2021 bereits die Körperzusammensetzung von RG-Kinder einer ehemaligen Geburtskohorte im Alter von 6 bis 7 Jahren gemessen. Diese Kohorte wurde erneut im Jahr 2024 zur Erstellung von Referenzwerten mittels ADP im Kindesalter untersucht.

Von den N = 510 möglichen FG-Kindern konnte ein Anteil von 46,5 % (N = 237) im Alter von 6 bis 10 Jahren gemessen werden, da n = 106 Kinder nicht erreicht wurden, einige Familien nach einer Zusage nachträglich abgesagt haben (n = 33) oder für eine genaue Terminabsprache nicht mehr erreichbar waren (n = 18). Beim statistischen Vergleich der möglichen Gesamtkohorte von N = 510 Kindern und der Studienkohorte von N = 237 Kindern mittels Mann-Whitney-U-Test ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede für das GA oder die anthropometrischen Daten. Damit kann von einer Repräsentativität der von uns untersuchten Kohorte ausgegangen werden, was als Stärke der Arbeit angesehen werden kann.

Eine weitere Stärke dieser Arbeit ist der kurze Untersuchungszeitraum, in dem alle Messungen der Körperzusammensetzung erfolgten. So konnten von Juni bis November 2022 die Daten aller Kinder erhoben werden. Damit ergeben sich weniger Unterschiede in der Körperzusammensetzung, die beispielsweise durch eine verminderte Aktivität der Kinder in den Wintermonaten bedingt sein könnten (Hjorth et al., 2013, Dalskov et al., 2016).

Die Auswertung der postnatalen Ernährungsdaten und der entsprechenden Nährstoffzufuhr während des neonatalen Aufenthalts der FG wird in einem nächsten Schritt ausgewertet, um mögliche Korrelationen oder Zusammenhänge zur postnatalen Ernährung zu zeigen.

Weiterführende longitudinale Untersuchungen der FG von Geburt bis zum Erwachsenenalter sind nötig, um die langfristige Entwicklung dieser Kinder beobachten zu können und um die möglichen Auswirkungen von Ernährungsinterventionen oder neuer Behandlungsansätze in der Neonatalperiode von kleinen FG beurteilen zu können.

4.9.1 Validierung der eingesetzten Methode

Die Messung der Körperzusammensetzung der ehemaligen FG erfolgte in der vorliegenden Studie mittels ADP, d.h. mit dem BodPod®, der seit dem Jahr 1995

für die Analyse von älteren Kindern und Erwachsenen (bis 200 kg) eingesetzt wird. Für die Analyse von Kindern konnte in den letzten Jahren die Genauigkeit von PeaPod® (Untersuchung von Säuglingen bis 8 kg) und BodPod® im Vergleich zu anderen Methoden nachgewiesen werden (Fields et al., 2015).
Um die Genauigkeit der BF%-Messung mittels ADP zu eruieren, verglichen Ellis et al. die ADP-Ergebnisse mittels PeaPod® mit den Messergebnissen der Messungen des 4-Kompartiment-Modells. Hierbei zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei den Ergebnissen des BF% (16,9 (± 6,5) % vs. 16,3 (± 7,3) %) (Ellis et al., 2007). Beim Vergleich von Messungen der Körperzusammensetzung mit dem BodPod® und dem 4-Kompartimente-Modell konnten Fields und Allison im Jahr 2012 auch bei 2- bis 6-jährigen Kindern ebenfalls eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit des BodPod® zeigen (Fields and Allison, 2012). Bei Fields und Goran zeigte sich im Jahr 2000, dass die Messungen mittels BodPod® bei Kindern auch im Alter von 9 bis 14 Jahren im Vergleich zu anderen Messmethoden, wie beispielsweise der DXA, präzise, mit den Ergebnissen des 4-Kompartimente-Modelle weitgehend übereinstimmende Werte erheben (Fields and Goran, 2000). Gately et al. konnten eine hohe Korrelation ($r \geq 0,95$) der Ergebnisse von ADP und den Ergebnissen des 4-Kompartiment-Modells bei übergewichtigen Kindern nachweisen (Gately et al., 2003).

Fields et al. verglichen 2012 die Genauigkeit von DXA und ADP (PeaPod®) bei Säuglingen im Alter von 6 Monaten. Trotz einer signifikanten Korrelation der erhobenen Messwerte zeigten sich bei den Messwerten via DXA im Vergleich zu den Messwerten mittels ADP signifikant höhere Werte beim BF% (BF% 31,1 (± 3,6) % vs. 26,7 (± 4,7) %; $p < 0,001$), der BFM (2284 (± 449) g vs. 1921 (± 492) g; $p < 0,001$) und geringere Werte bei der BFFM (522 (± 532) g vs. 5188 (± 508) g; $p < 0,001$) (Fields et al., 2012). Höhere BF%-Werte aus DXA-Messungen wurden jedoch bei einem Vergleich der beiden Methoden ebenfalls durch Yumani et al. 2021 gemessen. Diese Studie registrierte jedoch im Vergleich zu Fields et al. nur eine geringe Übereinstimmung der gemessenen Körperzusammensetzung zwischen ADP und DXA (Yumani et al., 2021).

Die Messung der Körperzusammensetzung mittels ADP bzw. BodPod® liefert in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle präzise Ergebnisse und ist aufgrund ihrer schnellen, nicht invasiven und strahlungsfreien Messung bei Kindern besonders gut geeignet. Zudem konnten Studien bereits mehrfach zeigen, dass die Methode übereinstimmende Ergebnisse mit aufwändigeren und detaillierteren Messmethoden wie beispielsweise dem 4-Kompartiment-Modell liefert.

4.10 Fazit

Diese Arbeit liefert neue Daten zu der mittels ADP (BodPod®) erhobenen Körperzusammensetzung von ehemaligen FG < 32 SSW im Alter von 6 bis 10 Jahren. Es zeigte sich, dass das Geschlecht, das GA bei Geburt und eine mögliche Hypotrophie bei Geburt Prädiktoren für die Körpermaße im Kindesalter sind. Bemerkenswerterweise bestand keine Korrelation zwischen dem GA bei Geburt und dem BF% im Alter von 6 bis 10 Jahren.

Obwohl eine Korrelation des BMI mit dem BF% und dem KG bestand, zeigten sich große Unterschiede des BF% bei einzelnen BMI-Werten, weshalb sich mithilfe des BMI nur eine sehr limitierte Aussagekraft über den BF% eines Körpers ergab.

Im Gegensatz zu Studien, die bei FG zum Zeitpunkt der Entlassung im Vergleich zu RG einen erhöhten BF% nachweisen konnten und daraus ein möglicherweise erhöhtes Risiko für metabolische Erkrankungen und Adipositas im Laufe des Lebens ableiteten, konnte in unserer Studie im Alter von 6 bis 10 Jahren kein erhöhter BF% gefunden werden. Ein Zusammenhang zwischen dem Wachstum nach Geburt und dem Risiko für metabolische Erkrankungen könnte hierbei eine Rolle spielen, da eine postnatale Wachstumsrestriktion von FG in der Neonatalperiode mit anschließend übermäßiger Gewichtszunahme in den ersten Lebensjahren im Verdacht steht, die Körperzusammensetzung zu verändern und das Auftreten metabolischer Erkrankungen zu fördern. In der Neonatologie des Universitätsklinikums Tübingen wird seit vielen Jahren auf ein Wachstum entlang

den intrauterinen Perzentilen während des stationären Aufenthaltes geachtet und andernfalls Ernährungsinterventionen (z.B. Protein- oder Kaloriensubstitution oder Pankreasenzymsubstitution) vorgenommen. Wir gehen davon aus, dass dies einen positiven Einfluss auf die Entwicklung und das langfristige Wachstum der Kinder hat, da es bei fehlender postnataler Wachstumsrestriktion auch weniger zu einem übermäßigen Aufholwachstum in den ersten Lebensjahren und damit möglicherweise zu einem geringeren Adipositasrisiko kommt.

Inwieweit eine beispielweise an das Geschlecht oder die Hypotrophie bei Geburt noch individueller angepasste Ernährung die Körperzusammensetzung von ehemaligen FG beeinflussen könnte, soll in zukünftigen Studien näher betrachtet werden. Damit könnte in Zukunft die körperliche und kognitive Entwicklung von FG durch eine individuelle Ernährung beeinflusst werden. Die Betrachtung eines möglichen Zusammenhangs der Ernährung unserer FG-Kinder in den ersten Lebenswochen mit der Körperzusammensetzung im Alter von 6 bis 10 Jahren ist bereits geplant. Des Weiteren werden ebenfalls die im Rahmen der Frühgeborenennachsorge erhobenen Entwicklungstests wie der Bayley Scales of Infant Development im Alter von 2 Jahren und dem Kaufman Assessment Battery for Children im Alter von 5 Jahren retrospektiv ausgewertet und ein möglicher Zusammenhang mit der postnatalen Ernährung, dem körperlichen Wachstum und der Körperzusammensetzung im Kindesalter untersucht.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen unserer Studie konnten N = 237 ehemalige FG mit einem GA von 29,4 (27,0; 30,9) Wochen bei Geburt im Alter von 8,1 (7,0; 9,3) Jahren untersucht werden.
Die Messung der Körperzusammensetzung mit Körpergewicht erfolgte mittels ADP (Air displacement plethysmographie) und der dazugehörenden Körperwaage. Anthropometrische Werte, wie die Körperlänge und der Kopfumfang, wurden mittels Stadiometer und einem Maßband erhoben.

Die Kohorte wies im Alter von 6 bis 10 Jahren im Median ein KG von 24,1 (20,2; 28,6) kg, einen SDS_{KG} von -0,29 (-1,11; 0,42) und eine KL von 127,1 (119,3; 135,0) cm auf. Der BMI betrug im Median 14,9 (13,8; 16,2) kg/m^2. Bei der Messung der Körperzusammensetzung mittels ADP konnte ein BF% von 13,5 (9,1; 18,4) %, eine BFM von 3,2 (2,0; 5,0) kg und eine BFFM von 20,9 (18,0; 24,0) kg ermittelt werden.

Beim Vergleich der Geschlechter innerhalb unserer Kohorte ergaben sich signifikante Unterschiede beim BF% und der BFM. Mädchen zeigten einen ca. um 3 %-Punkte höheren BF% und eine um ca. 0,7 kg höhere BFM als Jungen.

Zwischen FG < 28 0/7 SSW und FG ≥ 28 0/7 SSW gab es im Alter von 6 bis 10 Jahren signifikante Unterschiede in Bezug auf das KG und die KL, jedoch nicht bezüglich des BF% und der BFM. FG < 28 0/7 SSW waren im Grundschulalter ca. 2 kg leichter und 6 cm kleiner als FG ≥ 28 0/7 SSW.

Hypotrophie bei Geburt führte zu signifikanten Unterschieden in allen Merkmalen der aktuellen Körpermaße und der Körperzusammensetzung im Alter von 6 bis 10 Jahren. So waren SGA-Kinder im Durchschnitt ca. 4 kg leichter und 7 cm kleiner als AGA-Kinder. Darüber hinaus wiesen SGA-Kinder im Schulalter im Vergleich zu AGA-Kindern einen um ca. 3 %-Punkte höheren BF% auf. Die BFFM war um ca. 3 kg niedriger als bei AGA-Kindern.

Es wurden schwach positive Korrelationen zwischen dem GA bei Geburt mit dem KG, der KL sowie der BFFM im Alter von 6 bis 10 Jahren festgestellt. Eine Korrelation des GA bei Geburt mit dem BF% konnte nicht beobachtet werden.

Der BMI und der mittels HFD geschätzte BF% wiesen starke Korrelationen mit verschiedenen Maßen der Körpermaße und der Körperzusammensetzung auf. Dabei ist jedoch zu beachten, dass bei einzelnen BMI-Werten eine große Spannweite des BF% vorlag, wie beispielsweise bei einem BMI von 16 kg/m^2 mit BF% zwischen 6,2 % und 27,3 %.

Eine Korrelation des mütterlichen BMI zum KG, dem BF% und dem BMI der Kinder konnte nicht gefunden werden.

Wie in anderen Studien zuvor konnten auch in unserer Kohorte signifikante Unterschiede in der Körperzusammensetzung von FG und RG im Kindesalter festgestellt werden, wobei diese Unterschiede geschlechtsspezifisch waren. Während FG-Mädchen eine um ca. 1 kg signifikant geringere BFFM aufwiesen als RG-Mädchen, der BF% aber ähnlich war, hatten FG-Jungen einen um ca. 3,5 %-Punkte geringeren BF% als die RG-Jungen.

Zusammenfassend wurde gezeigt, dass das Geschlecht, das GA bei Geburt und eine Hypotrophie bei Geburt einen Einfluss auf das Wachstum und die Körperzusammensetzung der FG im Alter von 6 bis 10 Jahren hatten.

Weitere longitudinale Studien sind wünschenswert, um die Entwicklung, das Wachstum und die Körperzusammensetzung ehemaliger FG bis ins Erwachsenenalter zu verfolgen. Informationen über das Wachstum und die Körperzusammensetzung von FG und den Einfluss der oben genannten Faktoren auf die Entwicklung können zu einem besseren Verständnis der Entstehung späterer metabolischer Erkrankungen beitragen. Dadurch könnten verschiedene präventive Strategien entwickelt werden, wie z.B. eine individuelle - möglicherweise auch geschlechtsspezifische - postnatale Ernährung bei FG.

6 Literaturverzeichnis

AARNOUDSE-MOENS, C. S., WEISGLAS-KUPERUS, N., VAN GOUDOEVER, J. B. & OOSTERLAAN, J. 2009. Meta-analysis of neurobehavioral outcomes in very preterm and/or very low birth weight children. *Pediatrics,* 124**,** 717–28.

AGOSTONI, C., BUONOCORE, G., CARNIELLI, V., DE CURTIS, M., DARMAUN, D., DECSI, T., DOMELLÖF, M., EMBLETON, N., FUSCH, C., GENZEL-BOROVICZENY, O., GOULET, O., KALHAN, S., KOLACEK, S., KOLETZKO, B., LAPILLONNE, A., MIHATSCH, W., MORENO, L., NEU, J., POINDEXTER, B., PUNTIS, J., PUTET, G., RIGO, J., RISKIN, A., SALLE, B., SAUER, P., SHAMIR, R., SZAJEWSKA, H., THUREEN, P., TURCK, D., VAN GOUDOEVER, J., ZIEGLER, E. & NUTRITION, F. T. E. C. O. 2010. Enteral Nutrient Supply for Preterm Infants: Commentary From the European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition Committee on Nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition,* 50**,** 85–91.

ANDREWS, E. T., BEATTIE, R. M. & JOHNSON, M. J. 2019. Measuring body composition in the preterm infant: Evidence base and practicalities. *Clinical Nutrition,* 38**,** 2521–2530.

BALOMENOU, F., RALLIS, D., EVANGELOU, F., ZISI, A., BALOMENOU, K., TSEKAS, N., TZOUFI, M., SIOMOU, E. & GIAPROS, V. 2023. Is small for gestational age status independently correlated with body composition during childhood? *Eur J Pediatr,* 182**,** 661–668.

BARKER, D. J. 1997. Maternal nutrition, fetal nutrition, and disease in later life. *Nutrition,* 13**,** 807–13.

BELFORT, M. B., GILLMAN, M. W., BUKA, S. L., CASEY, P. H. & MCCORMICK, M. C. 2013. Preterm infant linear growth and adiposity gain: trade-offs for later weight status and intelligence quotient. *J Pediatr,* 163**,** 1564–1569.e2.

BORRUD, L. G., FLEGAL, K. M., LOOKER, A. C., EVERHART, J. E., HARRIS, T. B. & SHEPHERD, J. A. 2010. Body composition data for individuals 8 years of age and older: U.S. population, 1999-2004. *Vital Health Stat 11***,** 1–87.

BORTOLOTTO, C. C., SANTOS, I. S., DOS SANTOS VAZ, J., MATIJASEVICH, A., BARROS, A. J. D., BARROS, F. C., SANTOS, L. P. & MUNHOZ, T. N. 2021. Prematurity and body composition at 6, 18, and 30 years of age: Pelotas (Brazil) 2004, 1993, and 1982 birth cohorts. *BMC Public Health,* 21**,** 321.

BRÜCKNER, J. C., FRANZ, A. R., GIES, A., FÖRSTER, V., KOLLER, S., BINDER, G., POETS, C. F., QUANTE, M. & WIECHERS, C. 2026. Body composition at school age after very preterm birth: a cohort study. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition***,** fetalneonatal–2026–330434.

BRÜCKNER, J. C., GIES, A., KOLLER, S. C., FÖRSTER, V., BERNHARD, W., QUANTE, M., POETS, C. F., FRANZ, A. R. & WIECHERS, C. 2024. Körperzusammensetzung bei sehr unreifen Frühgeborenen im Alter von 6 bis 10 Jahren. *Abstractband zur GNPI 50. Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin e. V. 2024***,** QF5–14.

BRÜCKNER, J. C., GIES, A., KOLLER, S. C., FÖRSTER, V., MAIWALD, C. A., BERNHARD, W., QUANTE, M., POETS, C. F., FRANZ, A. R. & WIECHERS, C. 2025. Frühgeborene mit bronchopulmonaler Dysplasie: Neurokognitive Entwicklung im Alter von 2 Jahren und Körperzusammensetzung im Grundschulalter. *Z Geburtshilfe Neonatol,* 229**,** BA_27.

BRUCKNER, M., KHAN, Z., BINDER, C., MORRIS, N., WINDISCH, B., HOLASEK, S. & URLESBERGER, B. 2020. Extremely Preterm Infants Have a Higher Fat Mass Percentage in Comparison to Very Preterm Infants at Term-Equivalent Age. *Front Pediatr,* 8**,** 61.

BUTTE, N. F., HOPKINSON, J. M., WONG, W. W., SMITH, E. O. & ELLIS, K. J. 2000. Body composition during the first 2 years of life: an updated reference. *Pediatr Res,* 47**,** 578–85.

CAO, G., LIU, J. & LIU, M. 2022. Global, Regional, and National Incidence and Mortality of Neonatal Preterm Birth, 1990-2019. *JAMA Pediatr,* 176**,** 787–796.

CASEY, P. H., BRADLEY, R. H., WHITESIDE-MANSELL, L., BARRETT, K., GOSSETT, J. M. & SIMPSON, P. M. 2012. Evolution of obesity in a low birth weight cohort. *J Perinatol,* 32**,** 91–6.

CASTILLO, H., SANTOS, I. S. & MATIJASEVICH, A. 2015. Relationship between maternal pre-pregnancy body mass index, gestational weight gain and childhood fatness at 6-7 years by air displacement plethysmography. *Matern Child Nutr,* 11**,** 606–17.

CHAWANPAIBOON, S., VOGEL, J. P., MOLLER, A. B., LUMBIGANON, P., PETZOLD, M., HOGAN, D., LANDOULSI, S., JAMPATHONG, N., KONGWATTANAKUL, K., LAOPAIBOON, M., LEWIS, C., RATTANAKANOKCHAI, S., TENG, D. N., THINKHAMROP, J., WATANANIRUN, K., ZHANG, J., ZHOU, W. & GÜLMEZOGLU, A. M. 2019. Global, regional, and national estimates of levels of preterm birth in 2014: a systematic review and modelling analysis. *Lancet Glob Health,* 7**,** e37–e46.

CHMIELEWSKA, A., FAROOQI, A., DOMELLÖF, M. & OHLUND, I. 2020. Lean Tissue Deficit in Preterm Infants Persists up to 4 Months of Age: Results from a Swedish Longitudinal Study. *Neonatology,* 117**,** 80–87.

CLARK, R. H., THOMAS, P. & PEABODY, J. 2003. Extrauterine growth restriction remains a serious problem in prematurely born neonates. *Pediatrics,* 111**,** 986–90.

CLOUCHOUX, C., GUIZARD, N., EVANS, A. C., DU PLESSIS, A. J. & LIMPEROPOULOS, C. 2012. Normative fetal brain growth by quantitative in vivo magnetic resonance imaging. *Am J Obstet Gynecol,* 206**,** 173.e1–8.

COLE, T. J., BELLIZZI, M. C., FLEGAL, K. M. & DIETZ, W. H. 2000. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *Bmj,* 320**,** 1240–3.

DALRYMPLE, K. V., THOMPSON, J. M. D., BEGUM, S., GODFREY, K. M., POSTON, L., SEED, P. T., MCCOWAN, L. M. E., WALL, C., SHELLING, A., NORTH, R., CUTFIELD, W. S. & MITCHELL, E. A. 2019. Relationships of maternal body mass index and plasma biomarkers with childhood body mass index and adiposity at 6 years: The Children of SCOPE study. *Pediatr Obes,* 14**,** e12537.

DALSKOV, S. M., RITZ, C., LARNKJÆR, A., DAMSGAARD, C. T., PETERSEN, R. A., SØRENSEN, L. B., HJORTH, M. F., ONG, K. K., ASTRUP, A., MØLGAARD, C. & MICHAELSEN, K. F. 2016. Seasonal variations in growth and body composition of 8-11-y-old Danish children. *Pediatr Res,* 79**,** 358–63.

DALY-WOLFE, K. M., JORDAN, K. C., SLATER, H., BEACHY, J. C. & MOYER-MILEUR, L. J. 2015. Mid-arm circumference is a reliable method to estimate adiposity in preterm and term infants. *Pediatr Res,* 78**,** 336–41.

DANIELS, S. R., KHOURY, P. R. & MORRISON, J. A. 1997. The utility of body mass index as a measure of body fatness in children and adolescents: differences by race and gender. *Pediatrics,* 99**,** 804–7.

DE JESUS, L. C., PAPPAS, A., SHANKARAN, S., LI, L., DAS, A., BELL, E. F., STOLL, B. J., LAPTOOK, A. R., WALSH, M. C., HALE, E. C., NEWMAN, N. S., BARA, R. & HIGGINS, R. D. 2013. Outcomes of small for gestational age infants born at <27 weeks' gestation. *J Pediatr,* 163**,** 55–60.e1–3.

DE KIEVIET, J. F., PIEK, J. P., AARNOUDSE-MOENS, C. S. & OOSTERLAAN, J. 2009. Motor development in very preterm and very low-birth-weight children from birth to adolescence: a meta-analysis. *Jama,* 302**,** 2235–42.

DYKE, J. P., GARFINKEL, A. C., GROVES, A. M. & KOVANLIKAYA, A. 2018. High-resolution rapid neonatal whole-body composition using 3.0 Tesla chemical shift magnetic resonance imaging. *Pediatr Res,* 83**,** 638–644.

EHRENKRANZ, R. A., DUSICK, A. M., VOHR, B. R., WRIGHT, L. L., WRAGE, L. A. & POOLE, W. K. 2006. Growth in the neonatal intensive care unit influences neurodevelopmental and growth outcomes of extremely low birth weight infants. *Pediatrics,* 117**,** 1253–61.

ELLIS, K. J., ABRAMS, S. A. & WONG, W. W. 1999. Monitoring childhood obesity: assessment of the weight/height index. *Am J Epidemiol,* 150**,** 939–46.

ELLIS, K. J., YAO, M., SHYPAILO, R. J., URLANDO, A., WONG, W. W. & HEIRD, W. C. 2007. Body-composition assessment in infancy: air-displacement plethysmography compared with a reference 4-compartment model. *Am J Clin Nutr,* 85**,** 90–5.

EMBLETON, N. D., JENNIFER MOLTU, S., LAPILLONNE, A., VAN DEN AKKER, C. H. P., CARNIELLI, V., FUSCH, C., GERASIMIDIS, K., VAN GOUDOEVER, J. B., HAIDEN, N., IACOBELLI, S., JOHNSON, M. J., MEYER, S., MIHATSCH, W., DE PIPAON, M. S., RIGO, J., ZACHARIASSEN, G., BRONSKY, J., INDRIO, F., KÖGLMEIER, J., DE KONING, B., NORSA, L., VERDUCI, E. & DOMELLÖF, M. 2023. Enteral Nutrition in Preterm Infants (2022): A Position Paper From the ESPGHAN Committee on Nutrition and Invited Experts. *J Pediatr Gastroenterol Nutr,* 76**,** 248–268.

ERIKSSON, B., LÖF, M. & FORSUM, E. 2010. Body composition in full-term healthy infants measured with air displacement plethysmography at 1 and 12 weeks of age. *Acta Paediatr,* 99**,** 563–8.

ERIKSSON, J., FORSÉN, T., OSMOND, C. & BARKER, D. 2003. Obesity from cradle to grave. *Int J Obes Relat Metab Disord,* 27**,** 722–7.

FEWTRELL, M. S., LUCAS, A., COLE, T. J. & WELLS, J. C. 2004. Prematurity and reduced body fatness at 8-12 y of age. *Am J Clin Nutr,* 80**,** 436–40.

FIELDS, D. A. & ALLISON, D. B. 2012. Air-displacement plethysmography pediatric option in 2-6 years old using the four-compartment model as a criterion method. *Obesity (Silver Spring),* 20**,** 1732–7.

FIELDS, D. A., DEMERATH, E. W., PIETROBELLI, A. & CHANDLER-LANEY, P. C. 2012. Body composition at 6 months of life: comparison of air displacement plethysmography and dual-energy X-ray absorptiometry. *Obesity (Silver Spring),* 20**,** 2302–6.

FIELDS, D. A. & GORAN, M. I. 2000. Body composition techniques and the four-compartment model in children. *J Appl Physiol (1985),* 89**,** 613–20.

FIELDS, D. A., GUNATILAKE, R. & KALAITZOGLOU, E. 2015. Air displacement plethysmography: cradle to grave. *Nutr Clin Pract,* 30**,** 219–26.

FIELDS, D. A., WILSON, G. D., GLADDEN, L. B., HUNTER, G. R., PASCOE, D. D. & GORAN, M. I. 2001. Comparison of the BOD POD with the four-compartment model in adult females. *Med Sci Sports Exerc,* 33**,** 1605–10.

FOMON, S. J., HASCHKE, F., ZIEGLER, E. E. & NELSON, S. E. 1982. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr,* 35**,** 1169–75.

FORSUM, E., FLINKE CARLSSON, E., HENRIKSSON, H., HENRIKSSON, P. & LÖF, M. 2013. Total body fat content versus BMI in 4-year-old healthy Swedish children. *J Obes,* 2013**,** 206715.

FORSUM, E. K., FLINKE, E. & OLHAGER, E. 2020. Premature birth was not associated with increased body fatness in four-year-old boys and girls. *Acta Paediatr,* 109**,** 327–331.

FRANZ, A. R., POHLANDT, F., BODE, H., MIHATSCH, W. A., SANDER, S., KRON, M. & STEINMACHER, J. 2009. Intrauterine, early neonatal, and postdischarge growth and neurodevelopmental outcome at 5.4 years in extremely preterm infants after intensive neonatal nutritional support. *Pediatrics,* 123**,** e101–9.

FREEDMAN, D. S., HORLICK, M. & BERENSON, G. S. 2013. A comparison of the Slaughter skinfold-thickness equations and BMI in predicting body fatness and cardiovascular disease risk factor levels in children. *Am J Clin Nutr,* 98**,** 1417–24.

FREY, H. A. & KLEBANOFF, M. A. 2016. The epidemiology, etiology, and costs of preterm birth. *Semin Fetal Neonatal Med,* 21**,** 68–73.

GALLAGHER, D., HEYMSFIELD, S. B., HEO, M., JEBB, S. A., MURGATROYD, P. R. & SAKAMOTO, Y. 2000. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr,* 72**,** 694–701.

GALLO, P., CIOFFI, L., LIMAURO, R., FARRIS, E., BIANCO, V., SASSI, R., DE GIOVANNI, M., GALLO, V., D'ONOFRIO, A. & DI MAIO, S. 2016. SGA Children in Pediatric Primary Care: What Is the Best Choice, Large or Small? A 10-Year Prospective Longitudinal Study. *Glob Pediatr Health,* 3**,** 2333794x16659993.

GATELY, P. J., RADLEY, D., COOKE, C. B., CARROLL, S., OLDROYD, B., TRUSCOTT, J. G., COWARD, W. A. & WRIGHT, A. 2003. Comparison of body composition methods in overweight and obese children. *J Appl Physiol (1985),* 95**,** 2039–46.

GIANNÌ, M. L., MORA, S., ROGGERO, P., AMATO, O., PIEMONTESE, P., ORSI, A., VEGNI, C., PURICELLI, V. & MOSCA, F. 2008. Regional fat distribution in children born preterm evaluated at school age. *J Pediatr Gastroenterol Nutr,* 46**,** 232–5.

GIANNÌ, M. L., ROGGERO, P., PIEMONTESE, P., MORLACCHI, L., BRACCO, B., TARONI, F., GARAVAGLIA, E. & MOSCA, F. 2015. Boys who are born preterm show a relative lack of fat-free mass at 5 years of age compared to their peers. *Acta Paediatr,* 104**,** e119–23.

GIDI, N. W., GOLDENBERG, R. L., NIGUSSIE, A. K., MCCLURE, E., MEKASHA, A., WORKU, B., SIEBECK, M., GENZEL-BOROVICZENY, O. & MUHE, L. M. 2020. Incidence and associated factors of extrauterine growth restriction (EUGR) in preterm infants, a cross-sectional study in selected NICUs in Ethiopia. *BMJ Paediatr Open,* 4**,** e000765.

HALES, C. N. & BARKER, D. J. 2001. The thrifty phenotype hypothesis. *Br Med Bull,* 60**,** 5–20.

HAMATSCHEK, C., YOUSUF, E. I., MÖLLERS, L. S., SO, H. Y., MORRISON, K. M., FUSCH, C. & ROCHOW, N. 2020. Fat and Fat-Free Mass of Preterm and Term Infants from Birth to Six Months: A Review of Current Evidence. *Nutrients,* 12.

HE, X., ZHU, Z., ZANG, J., WANG, Z., LIAO, P., WANG, W., SHI, Y. & FU, C. 2023. Percent body fat, but not body mass index, is associated with cardiometabolic risk factors in children and adolescents. *Chronic Dis Transl Med,* 9**,** 143–153.

HENCHE, S. A., TORRES, R. R. & PELLICO, L. G. 2008. An evaluation of patterns of change in total and regional body fat mass in healthy Spanish subjects using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Eur J Clin Nutr,* 62**,** 1440–8.

HENDRIX, M. L. E., VAN KUIJK, S. M. J., EL BAHAEY, S. E., GERVER, W. J. M., FERON, F. J. M., KUIN, M. E., SPAANDERMAN, M. E. A., BONS, J. A. P. & AL-NASIRY, S. 2020. 'Postnatal growth during the first five years of life in SGA and AGA neonates with reduced fetal growth'. *Early Hum Dev,* 151**,** 105199.

HJORTH, M. F., CHAPUT, J. P., MICHAELSEN, K., ASTRUP, A., TETENS, I. & SJÖDIN, A. 2013. Seasonal variation in objectively measured physical activity, sedentary time, cardio-respiratory fitness and sleep duration among 8-11 year-old Danish children: a repeated-measures study. *BMC Public Health,* 13**,** 808.

HOFMAN, P. L., REGAN, F., JACKSON, W. E., JEFFERIES, C., KNIGHT, D. B., ROBINSON, E. M. & CUTFIELD, W. S. 2004. Premature birth and later insulin resistance. *N Engl J Med,* 351**,** 2179–86.

HOKKEN-KOELEGA, A. C. S., DE RIDDER, M. A. J., LEMMEN, R. J., HARTOG, H. D., DE MUINCK KEIZER-SCHRAMA, S. M. P. F. & DROP, S. L. S. 1995. Children Born Small for Gestational Age: Do They Catch Up? *Pediatric Research,* 38**,** 267–271.

HOVI, P., ANDERSSON, S., ERIKSSON, J. G., JÄRVENPÄÄ, A. L., STRANG-KARLSSON, S., MÄKITIE, O. & KAJANTIE, E. 2007. Glucose regulation in young adults with very low birth weight. *N Engl J Med,* 356**,** 2053–63.

HUKE, V., RUDLOFF, S., BRUGGER, M., STRAUCH, K., BERTHOLD, L. D. & LANDMANN, E. 2013. Prematurity is not associated with intra-abdominal adiposity in 5- to 7-year-old children. *J Pediatr,* 163**,** 1301–6.

IBÁÑEZ, L., ONG, K., DUNGER, D. B. & DE ZEGHER, F. 2006. Early development of adiposity and insulin resistance after catch-up weight gain in small-for-gestational-age children. *J Clin Endocrinol Metab,* 91**,** 2153–8.

IUGHETTI, L., LUCACCIONI, L. & FERRARI, F. 2017. Challenges in the development and growth of small for gestational age newborns. *Expert Rev Endocrinol Metab,* 12**,** 253–260.

JOHNSON, M. J., WOOTTON, S. A., LEAF, A. A. & JACKSON, A. A. 2012. Preterm birth and body composition at term equivalent age: a systematic review and meta-analysis. *Pediatrics,* 130**,** e640–9.

JOOSTEN, K., EMBLETON, N., YAN, W. & SENTERRE, T. 2018. ESPGHAN/ESPEN/ESPR/CSPEN guidelines on pediatric parenteral nutrition: Energy. *Clin Nutr,* 37**,** 2309–2314.

KHADGAWAT, R., MARWAHA, R. K., TANDON, N., MEHAN, N., UPADHYAY, A. D., SASTRY, A. & BHADRA, K. 2013. Percentage body fat in apparently healthy school children from northern India. *Indian Pediatr,* 50**,** 859–66.

KHWANCHUEA, R. & PUNSAWAD, C. 2021. Sex differences in the relationship between body composition and biomarkers of bone and fat metabolism in obese boys and girls. *Bone Rep,* 14**,** 101087.

KOUWENHOVEN, S. M. P., ANTL, N., TWISK, J. W. R., KOLETZKO, B. V., FINKEN, M. J. J. & VAN GOUDOEVER, J. B. 2021. Methods to Assess Fat Mass in Infants and Young Children: A Comparative Study Using Skinfold Thickness and Air-Displacement Plethysmography. *Life (Basel),* 11.

KROMEYER-HAUSCHILD, K., WABITSCH, M., KUNZE, D., GELLER, F., GEIß, H. C., HESSE, V., VON HIPPEL, A., JAEGER, U., JOHNSEN, D., KORTE, W., MENNER, K., MÜLLER, G., MÜLLER, J. M., NIEMANN-PILATUS, A., REMER, T., SCHAEFER, F., WITTCHEN, H. U., ZABRANSKY, S., ZELLNER, K., ZIEGLER, A. & HEBEBRAND, J. 2001. Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschrift Kinderheilkunde,* 149**,** 807–818.

KURIYAN, R. 2018. Body composition techniques. *Indian J Med Res,* 148**,** 648–658.

LAWN, J. E., COUSENS, S. & ZUPAN, J. 2005. 4 million neonatal deaths: when? Where? Why? *Lancet,* 365**,** 891–900.

LEE, P. A., CHERNAUSEK, S. D., HOKKEN-KOELEGA, A. C. & CZERNICHOW, P. 2003. International Small for Gestational Age Advisory Board consensus development conference statement: management of short children born small for gestational age, April 24-October 1, 2001. *Pediatrics,* 111**,** 1253–61.

LINGWOOD, B. E., STORM VAN LEEUWEN, A. M., CARBERRY, A. E., FITZGERALD, E. C., CALLAWAY, L. K., COLDITZ, P. B. & WARD, L. C. 2012. Prediction of fat-free mass and percentage of body fat in neonates using bioelectrical impedance analysis and anthropometric measures: validation against the PEA POD. *Br J Nutr,* 107**,** 1545–52.

LIU, L., OZA, S., HOGAN, D., CHU, Y., PERIN, J., ZHU, J., LAWN, J. E., COUSENS, S., MATHERS, C. & BLACK, R. E. 2016. Global, regional, and national causes of under-5 mortality in 2000-15: an updated systematic analysis with implications for the Sustainable Development Goals. *Lancet,* 388**,** 3027–3035.

LOOMBA-ALBRECHT, L. A. & STYNE, D. M. 2009. Effect of puberty on body composition. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes,* 16**,** 10–5.

MAAS, C., FRANZ, A. R., VON KROGH, S., ARAND, J. & POETS, C. F. 2018. Growth and morbidity of extremely preterm infants after early full enteral nutrition. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed,* 103**,** F79–f81.

MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, M. D., GÓMEZ-GARCÍA, F. J., GIL-CAMPOS, M. & PÉREZ-NAVERO, J. L. 2020. Comorbidities in childhood associated with extrauterine growth restriction in preterm infants: a scoping review. *Eur J Pediatr,* 179**,** 1255–1265.

MCCRORY, M. A., GOMEZ, T. D., BERNAUER, E. M. & MOLÉ, P. A. 1995. Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Med Sci Sports Exerc,* 27**,** 1686–91.

MERZ, A. L., TROTTER, M. & PETERSON, R. R. 1956. Estimation of skeleton weight in the living. *Am J Phys Anthropol,* 14**,** 589–609.

NAGEL, E., DESJARDINS, C., EARTHMAN, C., RAMEL, S. & DEMERATH, E. 2021. Weight for length measures may not accurately reflect adiposity in preterm infants born appropriate for gestational age during hospitalisation or after discharge from the neonatal intensive care unit. *Pediatr Obes,* 16**,** e12744.

NEHAB, S. R. G., VILLELA, L. D., ABRANCHES, A. D., GOMES JUNIOR, S. C. S., SOARES, F. V. M. & MOREIRA, M. E. L. 2024. Association between preterm infant body composition in the first 3 months of life and preschool age: a cohort study. *Eur J Pediatr*.

NEHAB, S. R. G., VILLELA, L. D., SOARES, F. V. M., DE ABRANCHES, A. D., JUNIOR, S. G. & MOREIRA, M. E. L. 2022. Body composition at 4 to 7 years of age in children born <32 weeks gestational age or 1500 g: A cohort study. *Early Hum Dev,* 173**,** 105659.

NORRIS, T., RAMEL, S. E., CATALANO, P., CAOIMH, C. N., ROGGERO, P., MURRAY, D., FIELDS, D. A., DEMERATH, E. W. & JOHNSON, W. 2019. New charts for the assessment of body composition, according to air-displacement plethysmography, at birth and across the first 6 mo of life. *Am J Clin Nutr,* 109**,** 1353–1360.

O'LEARY, D. H. & POLAK, J. F. 2002. Intima-media thickness: a tool for atherosclerosis imaging and event prediction. *Am J Cardiol,* 90**,** 18l–21l.

OHUMA, E. O., MOLLER, A. B., BRADLEY, E., CHAKWERA, S., HUSSAIN-ALKHATEEB, L., LEWIN, A., OKWARAJI, Y. B., MAHANANI, W. R., JOHANSSON, E. W., LAVIN, T., FERNANDEZ, D. E., DOMÍNGUEZ, G. G., DE COSTA, A., CRESSWELL, J. A., KRASEVEC, J., LAWN, J. E., BLENCOWE, H., REQUEJO, J. & MORAN, A. C. 2023. National, regional, and global estimates of preterm birth in 2020, with trends from 2010: a systematic analysis. *Lancet,* 402**,** 1261–1271.

ONG, K. K., AHMED, M. L., EMMETT, P. M., PREECE, M. A. & DUNGER, D. B. 2000. Association between postnatal catch-up growth and obesity in childhood: prospective cohort study. *Bmj,* 320**,** 967–71.

ONG, K. K. & LOOS, R. J. 2006. Rapid infancy weight gain and subsequent obesity: systematic reviews and hopeful suggestions. *Acta Paediatr,* 95**,** 904–8.

PANDIT, D., CHIPLONKAR, S., KHADILKAR, A., KHADILKAR, V. & EKBOTE, V. 2009. Body Fat Percentages by Dual-energy X-ray Absorptiometry Corresponding to Body Mass Index Cutoffs for Overweight and Obesity in Indian Children. *Clin Med Pediatr,* 3**,** 55–61.

PARKINSON, J. R., HYDE, M. J., GALE, C., SANTHAKUMARAN, S. & MODI, N. 2013. Preterm birth and the metabolic syndrome in adult life: a systematic review and meta-analysis. *Pediatrics,* 131**,** e1240–63.

PFISTER, K. M., GRAY, H. L., MILLER, N. C., DEMERATH, E. W., GEORGIEFF, M. K. & RAMEL, S. E. 2013. Exploratory study of the relationship of fat-free mass to speed of brain processing in preterm infants. *Pediatr Res,* 74**,** 576–83.

PFISTER, K. M., ZHANG, L., MILLER, N. C., INGOLFSLAND, E. C., DEMERATH, E. W. & RAMEL, S. E. 2018. Early body composition changes are associated with neurodevelopmental and metabolic outcomes at 4 years of age in very preterm infants. *Pediatr Res,* 84**,** 713–718.

PIETROBELLI, A., FAITH, M. S., ALLISON, D. B., GALLAGHER, D., CHIUMELLO, G. & HEYMSFIELD, S. B. 1998. Body mass index as a measure of adiposity among children and adolescents: a validation study. *J Pediatr,* 132**,** 204–10.

RADLEY, D., GATELY, P. J., COOKE, C. B., CARROLL, S., OLDROYD, B. & TRUSCOTT, J. G. 2005. Percentage fat in overweight and obese children: comparison of DXA and air displacement plethysmography. *Obes Res,* 13**,** 75–85.

RAITAKARI, O. T., JUONALA, M. & VIIKARI, J. S. 2005. Obesity in childhood and vascular changes in adulthood: insights into the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Int J Obes (Lond),* 29 Suppl 2**,** S101–4.

RAMEL, S. E., DEMERATH, E. W., GRAY, H. L., YOUNGE, N., BOYS, C. & GEORGIEFF, M. K. 2012. The relationship of poor linear growth velocity with neonatal illness and two-year neurodevelopment in preterm infants. *Neonatology,* 102**,** 19–24.

RAMEL, S. E., GRAY, H. L., CHRISTIANSEN, E., BOYS, C., GEORGIEFF, M. K. & DEMERATH, E. W. 2016. Greater Early Gains in Fat-Free Mass, but Not Fat Mass, Are Associated with Improved Neurodevelopment at 1 Year Corrected Age for Prematurity in Very Low Birth Weight Preterm Infants. *J Pediatr,* 173**,** 108–15.

RAMEL, S. E., GRAY, H. L., ODE, K. L., YOUNGE, N., GEORGIEFF, M. K. & DEMERATH, E. W. 2011. Body composition changes in preterm infants following hospital discharge: comparison with term infants. *J Pediatr Gastroenterol Nutr,* 53**,** 333–8.

RAMEL, S. E., ZHANG, L., MISRA, S., ANDERSON, C. G. & DEMERATH, E. W. 2017. Do anthropometric measures accurately reflect body composition in preterm infants? *Pediatr Obes,* 12 Suppl 1**,** 72–77.

REILLY, J. J., WILSON, J. & DURNIN, J. V. 1995. Determination of body composition from skinfold thickness: a validation study. *Arch Dis Child,* 73**,** 305–10.

ROGERS, I. S., NESS, A. R., STEER, C. D., WELLS, J. C., EMMETT, P. M., REILLY, J. R., TOBIAS, J. & SMITH, G. D. 2006. Associations of size at birth and dual-energy X-ray absorptiometry measures of lean and fat mass at 9 to 10 y of age. *Am J Clin Nutr,* 84**,** 739–47.

ROGGERO, P., GIANNÌ, M. L., AMATO, O., ORSI, A., PIEMONTESE, P., MORLACCHI, L. & MOSCA, F. 2009. Is term newborn body composition being achieved postnatally in preterm infants? *Early Hum Dev,* 85**,** 349–52.

ROTTEVEEL, J., VAN WEISSENBRUCH, M. M., TWISK, J. W. & DELEMARRE-VAN DE WAAL, H. A. 2008. Infant and childhood growth patterns, insulin sensitivity, and blood pressure in prematurely born young adults. *Pediatrics,* 122**,** 313–21.

SACCHI, C., O'MUIRCHEARTAIGH, J., BATALLE, D., COUNSELL, S. J., SIMONELLI, A., CESANO, M., FALCONER, S., CHEW, A., KENNEA, N., NONGENA, P., RUTHERFORD, M. A., EDWARDS, A. D. & NOSARTI, C. 2021. Neurodevelopmental Outcomes following Intrauterine Growth Restriction and Very Preterm Birth. *J Pediatr,* 238**,** 135–144.e10.

SCHEURER, J. M., ZHANG, L., GRAY, H. L., WEIR, K., DEMERATH, E. W. & RAMEL, S. E. 2017. Body Composition Trajectories From Infancy to Preschool in Children Born Premature Versus Full-term. *J Pediatr Gastroenterol Nutr,* 64**,** e147–e153.

SCHEURER, J. M., ZHANG, L., PLUMMER, E. A., HULTGREN, S. A., DEMERATH, E. W. & RAMEL, S. E. 2018. Body Composition Changes from Infancy to 4 Years and Associations with Early Childhood Cognition in Preterm and Full-Term Children. *Neonatology,* 114**,** 169–176.

SCHIENKIEWITZ, A., BRETTSCHNEIDER, A.-K., DAMEROW, S. & ROSARIO, A. S. 2018. Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. Robert Koch-Institut, Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung.

SCHMELZLE, H. R. & FUSCH, C. 2002. Body fat in neonates and young infants: validation of skinfold thickness versus dual-energy X-ray absorptiometry. *Am J Clin Nutr,* 76**,** 1096–100.

SCHMELZLE, H. R., QUANG, D. N., FUSCH, G. & FUSCH, C. 2007. Birth weight categorization according to gestational age does not reflect percentage body fat in term and preterm newborns. *Eur J Pediatr,* 166**,** 161–7.

SCHUTTE, J. E., TOWNSEND, E. J., HUGG, J., SHOUP, R. F., MALINA, R. M. & BLOMQVIST, C. G. 1984. Density of lean body mass is greater in blacks than in whites. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol,* 56**,** 1647–9.

SEALE, R. U. 1959. The weight of the dry fat-free skeleton of American whites and Negroes. *Am J Phys Anthropol,* 17**,** 37–48.

SIMÕES, R. V., MUÑOZ-MORENO, E., CRUZ-LEMINI, M., EIXARCH, E., BARGALLÓ, N., SANZ-CORTÉS, M. & GRATACÓS, E. 2017. Brain metabolite alterations in infants born preterm with intrauterine growth restriction: association with structural changes and neurodevelopmental outcome. *Am J Obstet Gynecol,* 216**,** 62.e1–62.e14.

SINAIKO, A. R., STEINBERGER, J., MORAN, A., HONG, C. P., PRINEAS, R. J. & JACOBS, D. R., JR. 2006. Influence of insulin resistance and body mass index at age 13 on systolic blood pressure, triglycerides, and high-density lipoprotein cholesterol at age 19. *Hypertension,* 48**,** 730–6.

SLAUGHTER, M. H., LOHMAN, T. G., BOILEAU, R. A., HORSWILL, C. A., STILLMAN, R. J., VAN LOAN, M. D. & BEMBEN, D. A. 1988. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol,* 60**,** 709–23.

SOTO, N., BAZAES, R. A., PEÑA, V., SALAZAR, T., AVILA, A., IÑIGUEZ, G., ONG, K. K., DUNGER, D. B. & MERICQ, M. V. 2003. Insulin sensitivity and secretion are related to catch-up growth in small-for-gestational-age infants at age 1 year: results from a prospective cohort. *J Clin Endocrinol Metab,* 88**,** 3645–50.

STEINBERGER, J., JACOBS, D. R., RAATZ, S., MORAN, A., HONG, C. P. & SINAIKO, A. R. 2005. Comparison of body fatness measurements by BMI and skinfolds vs dual energy X-ray absorptiometry and their relation to cardiovascular risk factors in adolescents. *Int J Obes (Lond),* 29**,** 1346–52.

STEINBERGER, J., MORAN, A., HONG, C. P., JACOBS, D. R., JR. & SINAIKO, A. R. 2001. Adiposity in childhood predicts obesity and insulin resistance in young adulthood. *J Pediatr,* 138**,** 469–73.

STIGSON, L., KISTNER, A., SIGURDSSON, J., ENGSTRÖM, E., MAGNUSSON, P., HELLSTRÖM, A. & SWOLIN-EIDE, D. 2014. Bone and fat mass in relation to postnatal levels of insulin-like growth factors in prematurely born children at 4 y of age. *Pediatr Res,* 75**,** 544–50.

STRØMMEN, K., BLAKSTAD, E. W., MOLTU, S. J., ALMAAS, A. N., WESTERBERG, A. C., AMLIEN, I. K., RØNNESTAD, A. E., NAKSTAD, B., DREVON, C. A., BJØRNERUD, A., COURIVAUD, F., HOL, P. K., VEIERØD, M. B., FJELL, A. M., WALHOVD, K. B. & IVERSEN, P. O. 2015. Enhanced nutrient supply to very low birth weight infants is associated with improved white matter maturation and head growth. *Neonatology,* 107**,** 68–75.

STRYDOM, K., VAN NIEKERK, E. & DHANSAY, M. A. 2019. Factors affecting body composition in preterm infants: Assessment techniques and nutritional interventions. *Pediatr Neonatol,* 60**,** 121–128.

SWANTON, S., CHOH, A. C., LEE, M., LAUBACH, L. L., LINDERMAN, J. K., CZERWINSKI, S. A. & PETERSON, M. J. 2017. Body mass index associations between mother and offspring from birth to age 18: the Fels Longitudinal Study. *Obes Sci Pract,* 3**,** 127–133.

URLANDO, A., DEMPSTER, P. & AITKENS, S. 2003. A new air displacement plethysmograph for the measurement of body composition in infants. *Pediatr Res,* 53**,** 486–92.

UTHAYA, S., THOMAS, E. L., HAMILTON, G., DORÉ, C. J., BELL, J. & MODI, N. 2005. Altered adiposity after extremely preterm birth. *Pediatr Res,* 57**,** 211–5.

VAN BEIJSTERVELDT, I., BEUNDERS, V. A. A., BIJLSMA, A., VERMEULEN, M. J., JOOSTEN, K. F. M. & HOKKEN-KOELEGA, A. C. S. 2022. Body Composition Assessment by Air-Displacement Plethysmography Compared to Dual-Energy X-ray Absorptiometry in Full-Term and Preterm Aged Three to Five Years. *J Clin Med,* 11.

VARLAMOV, O., BETHEA, C. L. & ROBERTS, C. T., JR. 2014. Sex-specific differences in lipid and glucose metabolism. *Front Endocrinol (Lausanne),* 5**,** 241.

VELDHUIS, J. D., ROEMMICH, J. N., RICHMOND, E. J., ROGOL, A. D., LOVEJOY, J. C., SHEFFIELD-MOORE, M., MAURAS, N. & BOWERS, C. Y. 2005. Endocrine control of body composition in infancy, childhood, and puberty. *Endocr Rev,* 26**,** 114–46.

VOHR, B. R., WRIGHT, L. L., DUSICK, A. M., MELE, L., VERTER, J., STEICHEN, J. J., SIMON, N. P., WILSON, D. C., BROYLES, S., BAUER, C. R., DELANEY-BLACK, V., YOLTON, K. A., FLEISHER, B. E., PAPILE, L. A. & KAPLAN, M. D. 2000. Neurodevelopmental and functional outcomes of extremely low birth weight infants in the National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research Network, 1993-1994. *Pediatrics,* 105**,** 1216–26.

WAGNER, D. R. & HEYWARD, V. H. 2000. Measures of body composition in blacks and whites: a comparative review. *Am J Clin Nutr,* 71**,** 1392–402.

WELLS, J. C. 2000. A Hattori chart analysis of body mass index in infants and children. *Int J Obes Relat Metab Disord,* 24**,** 325–9.

WELLS, J. C. & FEWTRELL, M. S. 2006. Measuring body composition. *Arch Dis Child,* 91**,** 612–7.

WELLS, J. C., FULLER, N. J., DEWIT, O., FEWTRELL, M. S., ELIA, M. & COLE, T. J. 1999. Four-component model of body composition in children: density and hydration of fat-free mass and comparison with simpler models. *Am J Clin Nutr,* 69**,** 904–12.

WELLS, J. C. K., DAVIES, P. S. W., FEWTRELL, M. S. & COLE, T. J. 2020. Body composition reference charts for UK infants and children aged 6 weeks to 5 years based on measurement of total body water by isotope dilution. *Eur J Clin Nutr,* 74**,** 141–148.

WIECHERS, C., AVELLINA, V., LUGER, B., BÖCKMANN, K., MINARSKI, M., MAAS, C., BERNHARD, W., POETS, C. F. & FRANZ, A. R. 2022. Body Composition of Preterm Infants following Rapid Transition to Enteral Feeding. *Neonatology,* 119**,** 246–254.

WIECHERS, C., FÖRSTER, V., BRÜCKNER, J. C., BERNHARD, W., MINARSKI, M., POETS, C. F., QUANTE, M. & FRANZ, A. 2025. Körperzusammensetzung bei frühgeborenen Zwillingen mit konkordantem und diskordantem Geburtsgewicht im Alter von 6–10 Jahren: Vergleich mit einer Kohorte frühgeborener Einlinge. *Z Geburtsh Neonatol,* 229**,** FV–11.

WIECHERS, C., KIRCHHOF, S., MAAS, C., POETS, C. F. & FRANZ, A. R. 2019. Neonatal body composition by air displacement plethysmography in healthy term singletons: a systematic review. *BMC Pediatr,* 19**,** 489.

WORLD HEALTH ORGANIZATION 1977. Recommended definitions, terminology and format for statistical tables related to the perinatal period and use of a new certificate for cause of perinatal deaths. Modifications recommended by FIGO as amended October 14, 1976. *Acta Obstet Gynecol Scand,* 56**,** 247–53.

WORLD HEALTH ORGANIZATION 2000. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser,* 894**,** i–xii, 1–253.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2009. *The WHO child growth standards* [Online]. Available: https://www.who.int/tools/child-growth-standards/standards [Accessed 22.10. 2023].

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2023a. *Born too soon: decade of action on preterm birth* [Online]. Geneva: World Health Organization. Available: https://www.who.int/publications/i/item/9789240073890 [Accessed 28.10. 2024].

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2023b. *Preterm Birth* [Online]. Available: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/preterm-birth [Accessed 22.10. 2023].

YAO, M., NOMMSEN-RIVERS, L., DEWEY, K. & URLANDO, A. 2003. Preliminary evaluation of a new pediatric air displacement plethysmograph for body composition assessment in infants. *Acta Diabetol,* 40 Suppl 1**,** S55–8.

YOUNG, B. E., JOHNSON, S. L. & KREBS, N. F. 2012. Biological determinants linking infant weight gain and child obesity: current knowledge and future directions. *Adv Nutr,* 3**,** 675–86.

YUMANI, D. F. J., DE JONGH, D., LAFEBER, H. N. & VAN WEISSENBRUCH, M. M. 2021. A comparative study using dual-energy X-ray absorptiometry, air displacement

plethysmography, and skinfolds to assess fat mass in preterms at term equivalent age. *Eur J Pediatr,* 180**,** 919–927.

ZILLIKENS, M. C. & CONWAY, J. M. 1990. Anthropometry in blacks: applicability of generalized skinfold equations and differences in fat patterning between blacks and whites. *Am J Clin Nutr,* 52**,** 45–51.

7 Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Die Arbeit wurde in der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin Tübingen, Neonatologie, Abteilung Kinderheilkunde IV, unter Betreuung von Prof. Dr. med. Cornelia Wiechers und Prof. Dr. med. Mirja Quante durchgeführt. Daten dieser Studie wurden im Oktober 2026 publiziert.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Prof. Dr. med. Cornelia Wiechers und Prof. Dr. med. Mirja Quante.

Die Rekrutierungen und Aufklärungen der Eltern der Probanden und die Messungen der Probanden wurden nach erfolgter Einarbeitung von Prof. Dr. med. Cornelia Wiechers und Prof. Dr. med. Mirja Quante und nach einer Einweisung in den BodPod® von mir in Zusammenarbeit mit meinen Studienkolleginnen Annkathrin Gies und Saskia-Caroline Koller, sowie meinem Studienkollegen Vadim Förster durchgeführt.

Die statistische Auswertung in dieser Arbeit und der daraus resultierenden Veröffentlichung erfolgte eigenständig durch mich mit Unterstützung von Prof. Dr. med. Cornelia Wiechers, Prof. Dr. med. Mirja Quante und Prof. Dr. med. Axel Franz. Die Veröffentlichung der Daten erfolgte unter beratender Unterstützung von Prof. Dr. med. Christian Poets und Prof. Dr. Gerhard Binder.

Die Daten der Referenzkohorte von Reifgeborenen wurden von Marlene Harnack und Helen Deutsch im Jahr 2021 unter Betreuung von Prof. Dr. med. Cornelia Wiechers und Prof. Dr. med. Mirja Quante erhoben. Die Berechnung der Ergebnisse und der statistische Vergleich mit unserer Frühgeborenenkohorte erfolgte eigenständig durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 26.03.2026 Johanna Catharina Brückner

8 Liste der Veröffentlichungen

BRÜCKNER, J. C., FRANZ A. R., GIES, A., FÖRSTER, V., KOLLER, S., BINDER, G., POETS, C. F., QUANTE, M: & WIECHERS, C. 2026. Body composition at school age after very preterm birth: a cohort study, *Archives of disease in Childhood – Fetal and Neonatal Edition, fetalneonatal-2026* 330434.

BRÜCKNER, J. C., GIES, A., KOLLER, S. C., FÖRSTER, V., MAIWALD, C. A., BERNHARD, W., QUANTE, M., POETS, C. F., FRANZ, A. R. & WIECHERS, C. 2025. Frühgeborene mit bronchopulmonaler Dysplasie: Neurokognitive Entwicklung im Alter von 2 Jahren und Körperzusammensetzung im Grundschulalter. *Z Geburtshilfe Neonatol, 229*, BA_27.

BRÜCKNER, J. C., GIES, A., KOLLER, S. C., FÖRSTER, V., BERNHARD, W., QUANTE, M., POETS, C. F., FRANZ, A. R. & WIECHERS, C. 2024. Körperzusammensetzung bei sehr unreifen Frühgeborenen im Alter von 6 bis 10 Jahren. *Abstractband zur GNPI 50. Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin e. V. 2024***,** QF5-14.

WIECHERS, C., FÖRSTER, V., BRÜCKNER, J. C., BERNHARD, W., MINARSKI, M., POETS, C. F., QUANTE, M. & FRANZ, A. 2025. Körperzusammensetzung bei frühgeborenen Zwillingen mit konkordantem und diskordantem Geburtsgewicht im Alter von 6–10 Jahren: Vergleich mit einer Kohorte frühgeborener Einlinge*. Z Geburtsh Neonatol, 229*, FV-11.

9 Danksagung

Ich möchte meinen aufrichtigen Dank an alle aussprechen, die mich während meiner Doktorarbeit unterstützt und begleitet haben.

Ein besonderer Dank gilt Prof. Dr. med. Cornelia Wiechers die mir unabhängig von der Tages- oder Nachtzeit mit ihrem unermüdlichen Engagement, wertvollen Ratschlägen und konstruktivem Feedback stets zur Seite stand. Ihre herzliche und menschliche Art hat mich in jeder Phase meiner Doktorarbeit motiviert und aufgebaut.

Prof. Dr. med. Mirja Quante und Prof. Dr. med. Axel Franz danke ich für die Betreuung und die vielen Ratschläge bei der Planung, der Datenerhebung und der Auswertung der Studiendaten.

Prof. Dr. Christian Poets danke ich für die Möglichkeit der Durchführung dieser Studie in der Abteilung für Neonatologie.

Ein weiterer Dank gilt meinen „Doktorgeschwistern“ Annkathrin Gies, Saskia-Caroline Koller und Vadim Förster für die gemeinsamen Arbeitsstunden bei der Studiendurchführung.

Ich danke den Kindern und deren Familien, für das Vertrauen und die Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie.

Mein abschließender Dank gilt meiner Familie – für ihre unerschütterliche Unterstützung, ihre Geduld und ihren Glauben an mich. Sie hat mir stets den Rücken gestärkt, mich aufgefangen und mir auf allen Wegen Kraft gegeben.