

Aus der Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe

Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München



***Anthropologische Betrachtung des weiblichen Beckens
hinsichtlich des Geburtsmodus –
Methodik und erste Ergebnisse der MVPelviStudie***

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Lisa Maria Schmidhuber

aus

München

Jahr

2024

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Erster Gutachter: *Prof. Dr. med. Uwe Hasbargen*

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Philipp Kazmierczak

Dritter Gutachter: Prof. Dr. Stefan Milz

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Teresa Starrach

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 12.12.2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Zusammenfassung:	5
Abstract (English):	6
Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
1. Einleitung	10
1.1 Beckenanatomie und Geburtsmechanik.....	10
1.2 Warum ist die Geburt beim Menschen so schwierig?.....	11
1.3 Das Geburtsdilemma	12
1.4 Das Cliff-edge model	14
1.5 Sexualdimorphismus	16
1.6 Untersuchungsmöglichkeiten des knöchernen Beckens	17
1.7 Dreidimensionale Vermessungsmethoden	17
1.8 Ziel der MVPelviStudie	19
2. Material und Methoden	20
2.1 Studiendesign	20
2.2 Studienteilnehmerinnen	20
2.2.1 Allgemeines	20
2.2.2 Ausschlusskriterien	20
2.3 Fragebogen MVPelviS	23
2.3.1 Fragebogen – geburtshilflicher Teil	23
2.3.2 Fragebogen – urogynäkologischer Teil	24
2.4 CT-Scans	24
2.5 Rekonstruktion des knöchernen Beckens	25
2.6 Vermessung des knöchernen Beckens	28
2.7 Datenerfassung, Datenauswertung und Datenschutz	30
2.7.1 Datenerfassung	30
2.7.2 Datenauswertung.....	30
2.7.3 Datenschutz.....	32
3. Ergebnisse	33
3.1 Allgemeine Charakterisierung der Studienkohorte	33
3.2 Geburten vor und nach 1990	36
3.3 Vergleich der Beckenmorphologie.....	37
4. Diskussion	39
4.1 Wahl der Bildgebung und klinische Anwendbarkeit der Methode.....	39
4.2 Übertragbarkeit auf die Gesamtbevölkerung	41
4.3 Betrachtung der Geburtenziffer	42

4.4	Betrachtung der Gruppe „Sectio caesarea“	42
4.5	Betrachtung der Gruppe „keine Kinder“	44
4.6	Ergebnisse und Ausblick	44
	Literaturverzeichnis	47
	Anhang A: Geburtshilflicher und urogynäkologischer Fragebogen.....	50
	Anhang B: Anleitung zum Setzen der 274 Landmarks.....	58
	Danksagung.....	64
	Affidavit.....	65
	Publikationsliste.....	66

Zusammenfassung:

Einleitung: Die Frage, ab wann ein weibliches Becken weit genug für eine spontane Geburt ist, ist schon lange Gegenstand der geburtshilflichen Forschung (1). Die Hypothese besagt, dass Frauen mit einer weiten Beckenform als Geburtsmodus häufiger eine unkomplizierte, vaginale Geburt haben. Eine weite Beckenform geht im Alter jedoch mit einem erhöhten Risiko für Beckenbodeninsuffizienzen und urogynäkologischen Erkrankungen einher. Viele Variablen waren bisher Gegenstand der Forschung. Die MVPelviStudie verwendet eine neue dreidimensionale (3D) Methode zum Vermessen des weiblichen Beckens. Es wird ein Vergleich gezogen zwischen der Morphologie der Becken von Frauen mit vaginalen Geburten, Frauen mit Sectio caesarea und Frauen ohne Geburten. Das Ziel der Studie ist es, Unterschiede hinsichtlich der Beckenmorphologie zwischen den jeweiligen Gruppen zu finden und zu kategorisieren. (1) In dieser Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Betrachtung der Methodik und einer ersten Auswertung von 76 Studienteilnehmerinnen.

Material und Methoden: Es wurden in dieser Beobachtungsstudie die Becken von Frauen ab dem 50. Lebensjahr, die aufgrund eines medizinischen Grundes computertomographisch untersucht wurden, rekrutiert. Biometrische Daten, wie die Größe oder das Gewicht der Frau wurden erhoben. Zudem wurde ein Fragebogen ausgefüllt, der eine ausführliche geburtshilfliche und urogynäkologische Anamnese beinhaltet. In einem weiteren Schritt wurde das knöcherne Becken aus den CT-Scans extrahiert und in einem 3D-Modell rekonstruiert. Anschließend erfolgte eine manuelle Vermessung der rekonstruierten Becken nach Platzierung von 274 definierten Messpunkten auf deren Oberfläche. Insgesamt wurden die Becken von 76 Patientinnen untersucht. Als Ausschlusskriterien wurden Fremdmaterial im Knochen, der unbekannte Geburtsmodus eines Kindes, die ausschließliche Geburt von Frühgeborenen, sowie Frauen, die ihre Kinder mit unterschiedlichen Geburtsmodi zur Welt brachten, festgelegt. (1)

Ergebnisse: Es wurden nach Anwendung der Ausschlusskriterien die Becken von 65 Frauen kategorisiert und final ausgewertet: Gruppe „vaginale Geburt“ (n = 46), „Sectio caesarea“ (n = 6) und „keine Geburt“ (n = 13). Die Auswertungen zeigten, dass die Beckeneingangsebene der Gruppe „Sectio caesarea“ (Durchschnitt 128,19 cm²) im Durchschnitt 4% kleiner ist als die der Gruppe „vaginale Geburt“ (Durchschnitt 133,28 cm²). Der Vergleich der Gruppe „vaginale Geburt“ mit der Gruppe „keine Kinder“ (Durchschnitt 132,98 cm²) zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied.

Schlussfolgerung:

Bei 76 Probandinnen wurde die im Rahmen der MVPelviStudie weiterentwickelte und standardisierte Methodik zur exakten dreidimensionalen Vermessung von weiblichen Becken aus computertomografischen Untersuchungsdaten angewendet. Mit 274 einzelnen Messpunkten konnte eine deutlich höhere dreidimensionale Messgenauigkeit, als bisher in Studien publiziert, erzielt werden. Die Korrelation der geburtshilflichen Anamnesen mit den Flächen der Beckeneingangsebene zeigte eine größere Beckeneingangsebene bei

Probandinnen die vaginal geboren hatten, als bei Probandinnen die per Kaiserschnitt entbanden. Dieser Trend kann, jetzt nach Etablierung der Methode, am Gesamtkollektiv der MVPelviStudie weiter untersucht werden.

Abstract (English):

Introduction: The question whether a female pelvis is wide enough for a spontaneous birth has been a subject of obstetric research for a long time (1). The hypothesis suggests that women with a wide pelvic shape are more likely to have an uncomplicated vaginal birth as their mode of delivery. However, a wide pelvic shape is also associated with pelvic floor insufficiencies and urogynecological conditions in older age. Many variables have been the subject of research and some have been proposed as guiding factors, but with limited precision. The MVPelviStudy employs a new three-dimensional (3D) method to measure the female pelvis. It compares the morphology of the pelvises of women who had vaginal births, those who had caesarean sections, and those who had no births. Aim of the study is to identify and categorize differences in pelvic morphology between the groups. (1) The focus of this thesis lies on the detailed description of the methodology and an initial evaluation of 76 female study participants.

Materials and Methods: In this observational study, women aged 50 and above, who underwent a computed tomographic (CT) examination of the pelvis for any medical reason, were recruited. Biometric data, such as the woman's height and weight, were collected. Additionally, a questionnaire was filled out, including detailed obstetric and urogynecological history. Subsequently, the bony pelvis was extracted from the CT scans and reconstructed into a 3D model. The models were then manually measured by placing 274 landmarks on the surface of the reconstructed pelvis. Specifically, the pelvic inlet plane was measured with 32 landmarks. For the first part of this study 76 patients were screened and exclusion criteria were established, such as synthetic material in the bones, unknown mode of childbirth, preterm birth and women who had both, given birth by caesarean section and vaginally. (1)

Results: After applying the exclusion criteria, the pelvises of 65 women were categorized and evaluated into three groups: "vaginal birth" (n = 46), "caesarean section" (n = 6), and "no birth" (n = 13). The analyses revealed that the pelvic inlet plane of the "caesarean section" group (average 128.19 cm²) was, on average, 4% smaller than that of the "vaginal birth" group (average 133.28 cm²). There was no statistically significant difference between the "vaginal birth" and the "no children" group (average 132.98 cm²).

Conclusion: The placement of 274 landmarks on a three-dimensionally reconstructed pelvis, used here for the first time in a clinical setting, allows a very accurate measurement of the female pelvis, enabling a significantly more precise investigation of female pelvic morphology compared to previous studies. Already in the first group of participants investigated here,

a difference in pelvic inlet area between the “vaginal birth” and “caesarean section” groups was found. (1)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Menschliches Becken mit Ossa coxae und Os sacrum	10
Abbildung 2: Vergleich der relativen Größe des Geburtskanals bei Primaten	12
Abbildung 3: Das Cliff-edge model	15
Abbildung 4: Beckenfraktur CT axial und 3D-Rekonstruktion	21
Abbildung 5: Endoprothesen-Einlage CT, coronar und 3D-Rekonstruktion	21
Abbildung 6: Fehlende Rekonstruktion von zwei Ebenen	22
Abbildung 7: Unvollständiges CT mit abgeschnittenen Sitzbeinhöckern	22
Abbildung 8: Stufenbildung im 3D-Modell bei 5mm Schichtdicke in der CT	23
Abbildung 9: Darstellung der CT-Daten in den drei Schnittebenen	25
Abbildung 10: Verbleibende Becken-Darstellung nach Bearbeitung mit „Crop Volume“	25
Abbildung 11: Modul Segment Editor mit „Threshold Effekt“	26
Abbildung 12: „Islands“-Effekt	26
Abbildung 13: „Scissor“-Effekt	27
Abbildung 14: „Erase“-Effekt	27
Abbildung 15: Finale Rekonstruktion im 3D Slicer	28
Abbildung 16: Darstellung des Beckens im STL-Format	28
Abbildung 17: Fertig vermessenes Becken-Modell in Checkpoint mit 274 Landmarks	29
Abbildung 18: Becken-Modell mit zunächst 63 Ankerpunkten	30
Abbildung 19: Becken-Modell mit 98 Semilandmarks	30
Abbildung 20: Landmarks der Beckeneingangsebene	31
Abbildung 21: Landmarks des gesamten Beckens	32
Abbildung 22: Charakterisierung der Stichprobe der Studie	34
Abbildung 23: Mütterliche Größenverteilung: „Vaginale Geburt“ vs. „Sectio caesarea“	35
Abbildung 24: Mütterliche Größenverteilung: „Vaginale Geburt“ vs. „keine Geburt“	35
Abbildung 25: Kindliche Gewichtsverteilung: „Vaginale Geburt“ vs. „Sectio caesarea“	36
Abbildung 26: Vergleich der Verteilung der Beckeneingangflächen	37
Abbildung 27: Beckeneingangfläche vs. Körpergröße aller drei Vergleichsgruppen	38

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der verwendeten 274 Landmarks	29
Tabelle 2: Biometrische und geburtshilfliche Daten der drei Gruppen	34
Tabelle 3: Kindliche Gewichtsdaten der drei Gruppen	36

Abkürzungsverzeichnis

2D	= zweidimensional
3D	= dreidimensional
APGAR	= postpartaler Score: Atmung, Puls, Grundtonus, Aussehen, Reflexe
CPD	= cephalopelvic disproportion = cephalopelvines Missverhältnis
CSV	= comma-separated-values
CT	= Computertomographie
DICOM	= Digital Imaging and Communications in Medicine
KI	= künstliche Intelligenz
MRT	= Magnetresonanztomographie
MVPelviS	= Munich Vienna Pelvis Study = München Wien Becken Studie
SD	= Standardabweichung
SSW	= Schwangerschaftswoche
STL	= Standard Transformation Language
TEP	= Totalendoprothese
VE	= Vakuumextraktion

1. Einleitung

1.1 Beckenanatomie und Geburtsmechanik

Das menschliche Becken besteht aus den beiden Ossa coxae (Hüftbeinen) und dem Os sacrum (Kreuzbein). Diese Knochen bilden den Beckenring. Ein Os coxae besteht jeweils aus drei bei Erwachsenen fest miteinander verwachsenen Knochen, dem Os ilium, Os ischium und Os pubis. Es gibt neben dem Acetabulum zwei weitere Gelenkflächen: die Articulatio sacroiliaca zwischen Sakrum und Ilium und die Symphysis pubica zwischen dem linken und rechten Os pubis. (2) Beim Geburtsvorgang kommt es zu einem evolutionär ge-



Abbildung 1: Menschliches Becken mit Ossa coxae und Os sacrum

schickt entwickelten Zusammenspiel der Beckenanatomie der Mutter und der Anatomie des Kindes. Hierbei muss das Kind zwei entscheidende Rotationen durchmachen. Bei der vaginalen Entbindung in Schädellage steht der kindliche Kopf zunächst meist quer in der Beckeneingangsebene. In der Beckenmitte kommt es zur zunehmenden Beugung des Kopfes, damit wird auch der geburtswirksame kindliche Kopfumfang kleiner. Anschließend kommt es zur ersten Rotation, der inneren Drehung, um in den längsovalen Beckenausgang zu passen. Hierzu dreht sich der Kopf in den geraden Durchmesser. (3)

Während des Austritts aus dem Becken streckt sich der Kopf zunehmend, bevor es zur zweiten Rotation, der äußeren Drehung, kommt. Damit auch die Schultern im geraden Durchmesser geboren werden können, müssen diese die Kopfdrehung nachvollziehen und der Kopf dreht sich dabei wieder zurück, sodass er wieder quer zur Beckeneingangsebene steht. (3)

Die kindliche Kopfhaltung und Form stimmt unter Normalbedingungen bei der physiologischen Geburt jeweils mit der Beckenebene (dem querovalen Beckeneingang, der runden Beckenmitte und dem längsovalen Beckenausgang) überein. In der Realität sind jedoch auch Abweichungen von diesem Vorgang möglich. (3)

1.2 Warum ist die Geburt beim Menschen so schwierig?

Beim Vergleich der Föten anderer Primaten, haben menschliche Neugeborene relativ zu den geburtsrelevanten Becken- und Geburtskanalmaßen große Köpfe. Das menschliche Neugeborene kann nur geboren werden, wenn sich die Position des Kopfes optimal an den mütterlichen Geburtskanal anpasst und während der Austreibungsperiode der Geburt oben beschriebene Rotation durchführt. (4)

In 3-6% aller Geburten weltweit kommt es zu einem Geburtsstillstand. Dieser ist verantwortlich für 8% der mütterlichen Todesfälle. (5)

Der häufigste Grund für einen Geburtsstillstand ist das cephalopelvine Missverhältnis, auch genannt cephalopelvine Disproportion (CPD). Die CPD beschreibt die Diskrepanz zwischen der Größe des fetalen Kopfes und den Maßen des mütterlichen Beckeneingangs. Dieses Missverhältnis kommt vor allem zustande, wenn der Kopf des Kindes im Verhältnis zum mütterlichen Becken zu groß ist. Andere Ursachen für einen Geburtsstillstand sind Einstellungsanomalien, z.B. Deflektionshaltungen, occipitoposteriore Einstellung, Asynklitismus oder andere Fehllagen des Fetus sowie auch die ausbleibende nötige Rotation während der Geburt. In seltenen Fällen kann ein zu gering dimensioniertes mütterliches Becken zu CPD führen. Ein zu kleines Becken kann bei Schwangerschaften von sehr jungen Mädchen auftreten, da das Becken mit der Geschlechtsreife meist noch nicht ausgewachsen ist. Zu geringe Beckendimensionen können auch durch Mangelernährung entstehen. (6)

Ohne eine medizinische Intervention, im Sinne einer sekundären Sectio caesarea oder einer vaginal operativen Entbindung (Vakuumentextraktion (VE) oder Forceps), liegt die maternale Mortalität bei 1,5%. Es können zahlreiche Morbiditäten auftreten. Zu diesen gehören auf Seiten der Mutter peripartale Blutungen, ausgedehnte Verletzungen der Geburtswege, orthopädische und neurologische Läsionen, Infektionen und vaginale Fisteln. Auch eine Harn- oder Stuhlinkontinenz unmittelbar nach der Geburt oder langfristig aufgrund von Schäden des Beckenbodens sowie Folgesymptome einer Beckenbodeninsuffizienz, wie ein Organprolaps oder -deszensus, können auftreten (7-11). Das Kind ist unter anderem durch Infektionen und Sauerstoffmangel während der Geburt gefährdet. Schwierige Kindsentwicklungen bei einer vaginal operativen Entbindung, aber auch bei einer sekundären Sectio bergen das Risiko von kindlichen Verletzungen, Hämatomen und intrakraniellen Blutungen.

Es stellt sich daher die Frage, wieso der menschliche Fetus nur sehr eng in den mütterlichen Geburtskanal passt. Weshalb nimmt die Natur bei der Fortpflanzung eine derart hohe Morbiditäts- und Mortalitätsrate in Kauf und weshalb war die Evolution nicht imstande, hier eine risikoärmere Lösung zu finden? Warum sind die Maße so eng und warum gibt es keinen

größeren Sicherheitsabstand zwischen dem mütterlichen Becken und dem Kind, wie es etwa bei anderen Primaten der Fall ist (siehe Abb. 2).

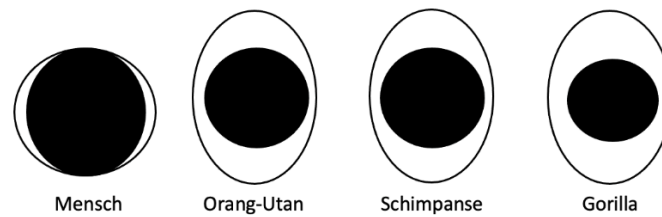


Abbildung 2: Vergleich der relativen Größe des Geburtskanals bei Primaten

Beckeneingangsebene (weißes Oval) und des Neugeborenen Kopfes (schwarzes Oval) beim Menschen, Orang-Utan, Schimpansen und Gorilla (erstellt durch Lisa M. Schmidhuber, basierend auf Pavlicev et al. (12) und Schultz (13))

Weshalb haben sich im Laufe der Evolution keine breiteren Becken oder kleinere kindliche Köpfe entwickelt? Ein höheres Geburtsgewicht geht mit einer größeren Gehirn- und Kopfgröße bei der Geburt einher und diese sind positiv mit der kindlichen Überlebensrate bei der Geburt korreliert. Eine Verkürzung der Schwangerschaft, um den Kopf bei Geburt kleiner zu halten und um damit Geburtskomplikationen vorzubeugen, ist aber von Nachteil, da dies zur Beeinträchtigung kognitiver Funktionen im späteren Leben führen kann. (14-16)

Der andere evolutionäre Lösungsansatz für das Problem von CPD wäre ein breiterer und größerer Geburtskanal. Warum diese Lösung nicht von der Evolution realisiert wurde, steht unter anderem im Mittelpunkt dieser Arbeit und der MVPelviStudie.

1.3 Das Geburtsdilemma

Es gibt in der wissenschaftlichen Literatur unterschiedliche Theorien dazu, weshalb das weibliche knöcherne Becken und damit der Geburtskanal sich nicht im Laufe der Evolution erweiterten.

Manche EvolutionsbiologInnen argumentieren, dass nicht die Beckengröße der eigentliche limitierende Faktor ist, sondern dass vielmehr der Geburtszeitpunkt und die Größe des Neugeborenen durch den limitierten mütterlichen Metabolismus beschränkt sind. (17) Dieser Ansatz kann allerdings den engen Geburtskanal und die mit der Geburt zusammenhängende Mortalität und Morbidität nicht erklären. Andere Hypothesen fokussieren sich auf die Evolution der Beckenanatomie und vermuten, dass die Beckenevolution ein Kompromiss ist, der aufgrund verschiedenster Selektionsdrücke entstanden ist. Zum einen herrscht ein Selektionsdruck auf die Evolution eines engen Beckens – enge Becken scheinen vorteilhaft zu sein (19). Zum anderen herrscht ein Selektionsdruck immer größere Neugeborene mit auch größeren Köpfen zu evolvieren, da diese, sobald sie einmal geboren sind, eine geringere Mortalität haben. (18)

Die klassische Erklärung für dieses sogenannte Geburtsdilemma lieferte S. L. Washburn 1960 (19). Seine Hypothese besagt, dass das enge Becken als evolutionärer Kompromiss zwischen dem aufrechten Gang und der Geburt entsteht. Vor über 5-7 Millionen Jahren etablierte sich bei den Vorläufern des modernen Menschen der Bipedalismus, also der zwei-beinige, aufrechte Gang, durch Veränderungen des Beckens, vermutlich um die Hände für den Werkzeuggebrauch frei verwenden zu können. In einem zweiten Schritt, allerdings erst vor rund 2 Millionen Jahren, folgte ein Wachstum des Gehirns und damit des Kopfes, um eben diesen Werkzeuggebrauch zu verbessern. Dies führte zu einem Selektionskonflikt bei der Entwicklung des Beckenknochens, denn ein weiteres Becken wäre Washburns Argumentation nach nachteilhaft für die Fortbewegung auf zwei Beinen. Die Vorteile eines weiteren Beckens für die Geburt der größeren Köpfe werden also durch biomechanische Nachteile beim aufrechten Gang aufgewogen. Denn dann hätten Menschen mit weiteren Beckenknochen zwar eine einfachere Geburt, würden aber mehr Energie zur Fortbewegung auf zwei Beinen benötigen. (12, 18, 19)

Diese These wurde jedoch in den letzten Jahren von mehreren Autoren angezweifelt. Experimentell wurde gezeigt, dass die Größe und Breite des Beckens keine unmittelbaren energetischen Einbußen beim schnellen Laufen verursachen. Frauen mit einer deutlich breiteren Beckenanatomie als Männer sind beim Gehen oder Laufen ebenso energetisch effizient. Es wurde argumentiert, dass weitere Becken die Schnelligkeit erhalten, indem sie sich eine größere Rotation zunutze machen. (20-22) Wenn beim modernen Menschen die Beckenweite nicht die Effizienz des aufrechten Gangs beeinflusst, so muss ein breites Becken, das die Geburt deutlich erleichtern würde, andere Nachteile haben (12).

Ein anderer Ansatz stellt den Beckenboden in den Fokus. Durch den aufrechten Gang des Menschen lastet das Gewicht der abdominalen Organe nicht mehr auf der vorderen Bauchwand, wie bei Tieren, die sich auf vier Beinen fortbewegen, sondern auf dem Beckenboden. (7, 18) Der Beckenboden ist eine komplexe Struktur aus Bändern und diversen Muskelschichten, die sich zwischen dem knöchernen Becken aufspannen. Die Idee ist, dass hier ein Selektionsdruck hin zu schmalere Becken mit einem engen Beckeneingang herrscht. Je schmaler der Beckeneingang ist, desto mehr wird die Funktion des Beckenbodens im Tragen der Eingeweide und auch des Fetus in der Schwangerschaft erleichtert.

Die Evolution versucht also, einen Kompromiss zwischen der Stabilität bei einer aufrechten Körperhaltung und der Flexibilität bei der Geburt zu finden. Zum einen muss der Beckenboden die inneren Organe und das Ungeborene in der neunmonatigen Schwangerschaft suffizient tragen und stabilisieren, zum anderen muss er für die Passage des Kindes bei der Geburt ausreichend flexibel und im Becken genug Platz sein. (12, 23)

Einer alternativen Hypothese nach ist die Evolution des Beckens und der gesamten Körperform und -statur durch die Thermoregulation des menschlichen Organismus beschränkt. Die Bergmannsche Regel besagt, dass in höheren Breiten lebende, gleichwarme Säugetiere größer sind als verwandte Arten in südlicheren Lebensräumen. Größere Lebewesen stellen

also mehr Wärme her, verlieren aber auch weniger Wärme, da sie im Verhältnis zum Körpervolumen eine kleinere Körperoberfläche haben. Dies gilt für die gesamte Körpergröße und -statur und damit auch für die Breite des Beckens, das die gesamte Körperbreite bestimmt. (18, 24-26)

Diese drei Hypothesen, die die vielen und teilweise gegensätzlichen Anforderungen des menschlichen Beckens beschreiben, zeigen, dass die sich entwickelte menschliche Beckenform eine Kompromisslösung ist, um allen Anforderungen gerecht zu werden.

Die beste Kompromisslösung ist jedoch nicht global gleich in der ganzen menschlichen Population, sondern ist auch abhängig von der jeweiligen Körperstatur und Kopfgröße. Fischer und Mitteroecker (27) fanden heraus, dass Kopfumfang und Statur positiv korreliert sind und auch die Beckenform signifikant mit der Statur bei beiden Geschlechtern und mit dem Kopfumfang bei Frauen assoziiert ist. Im Schnitt haben Frauen ein breiteres und flacheres Becken mit einer weiteren Beckenhöhle im Vergleich zu Männern. Größere Individuen zeigten durchschnittlich höhere Becken mit längsovaleren Beckeneingängen. Starke geburtshilflche Selektionsdrücke auf kleine Frauen mit kleineren Becken, die allgemein einem höheren Risiko eine CPD zu entwickeln ausgesetzt sind, haben zu einem runderen Beckeneingang bei kleineren Frauen geführt, der die Geburt ebenfalls erleichtert. (27) Diese These wurde von der Wiener Arbeitsgruppe anhand Daten aufgestellt, die an einer 100jährigen Skelettsammlung gemessen wurden(27). Bei dieser Datensammlung fehlen allerdings sämtliche anamnestische Angaben zur Entbindung. Eine weitergehende Untersuchung hinsichtlich dieser Resultate soll mit dem Datensatz der MVPelviStudie erfolgen.

1.4 Das Cliff-edge model

Einen theoretischen Ansatz, die heutzutage hohen Raten von CPD zu erklären, liefern Mitteroecker et al. mit dem Cliff-edge model (28).

Die Größe des Neugeborenen in Relation zu den mütterlichen Beckenmaßen ist sehr variabel. Je kleiner der Kopf des Fetus im Verhältnis zum Geburtskanal, desto leichter kann er durch das mütterliche Becken entbunden werden. Gleichzeitig ist ein geringes Geburtsgewicht und eine Geburtsgröße aber von Nachteil für den Fetus. Übersteigt die relative Größe des Fetus bzw. des Kopfes ein bestimmtes Maß, ist eine natürliche Geburt durch das mütterliche Becken nicht mehr möglich und der Fetus stirbt beim Geburtsvorgang. Im Modell wird angenommen, dass keine Entbindung per Sectio möglich ist. Dieses Optimum wird im Modell als Klippenrand der Fitness-Funktion dargestellt, da noch größere Feten nicht geboren werden können und ihre Fitness daher gleich 0 ist. Die Größe des Fetus in Bezug auf das mütterliche Becken ist also in diesem Modell der limitierende Faktor bei der natürlichen Geburt. Umgangen wird dieses reproduktive, limitierende Problem in der Realität durch die Verfügbarkeit der Sectio caesarea, die auch die Entbindung sehr großer Neugeborener möglich macht.

Bleibt eine medizinische Intervention aus, kann die CPD, wie unter 1.1 beschrieben zu einer schweren Morbidität bis hin zum mütterlichen und/oder kindlichen Tod führen. Das Cliff-edge Modell beschreibt diesen Zusammenhang mit der Variablen D als Differenz zwischen der Kindsgröße und den Abmessungen des mütterlichen Beckenkanals. Die reproduktive Fitness steigt mit D an bis sie ein Maximum bei $D = 0$ erreicht. Hinter diesem Punkt passt das Kind nicht mehr durch das Becken der Mutter und die Fitness der Kurve fällt steil ab auf 0. Es können also keine Nachkommen überleben und die Kurve hat damit die Form einer asymmetrischen Klippe (= cliff-edge, Abb. 3, B). (28, 29)

Werden so entstehende Geburtskomplikationen durch die Verfügbarkeit medizinischer Interventionen, etwa der Sectio caesarea, verhindert, so kommt es zu keinem Abfall der Kurve und die Fitness steigt stetig an (Abb. 3, C) (28).

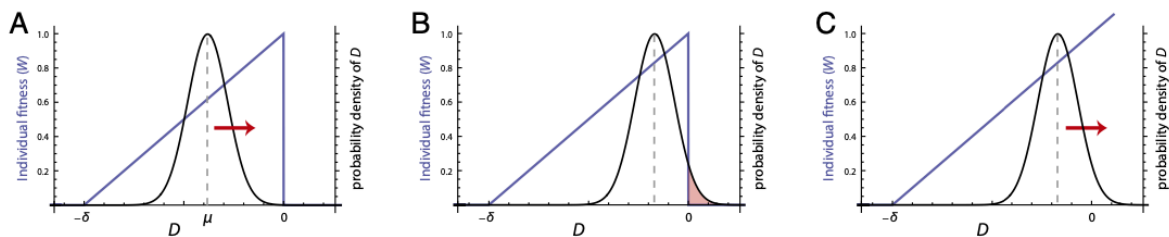


Abbildung 3: Das Cliff-edge model

Kurve D beschreibt die Differenz zwischen der Neugeborenenengröße und den Maßen des mütterlichen Beckenkanals. Bis zu einem Punkt $D = 0$ kommt es zu einem Ansteigen der Kurve, danach fällt die Fitness ohne das Vorhandensein medizinischer Interventionen wie die Sectio caesarea steil ab (B). Sind medizinische Interventionen verfügbar, kommt es zu keinem Abfall der Kurve und die Fitness steigt weiter an (C).

Schwarze Kurve: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von D . Blaue Kurve: individuelle weibliche Fitness (Erlaubnis zur Nutzung der Graphik nach Mitteroecker et al. (29)).

Allerdings ist der Erfolg der Geburt nicht nur durch die Variable D beeinflusst, sondern auch durch Faktoren wie Flexibilität der Beckenbänder und -weichteile, die korrekte Einstellung des vorangehenden Kindsteils in der mütterlichen Beckenebene oder die Effizienz der Uteruskontraktionen während der Geburt. (11, 28, 30)

Zudem spielen Umweltfaktoren wie etwa die Klimazone/Umgebungstemperatur, individuelle Essgewohnheiten, Adipositas und Diäten eine Rolle bei der Entwicklung der Kindsgröße und der mütterlichen Beckenanatomie (31). Die Maße des mütterlichen Geburtskanals sind auch durch das Alter der Mutter beeinflusst: Je älter die Frau ist, desto mehr verändert sich das Becken und es kommt zu Umbauvorgängen. (32)

Die Differenz D zwischen geburtsrelevanten Maßen von Kind und Mutter ist demnach einerseits umweltbedingt, wird andererseits aber auch polygenetisch beeinflusst. So korrelieren die Kopfgröße des Kindes und die Form des mütterlichen Beckens (27) vermutlich durch pleiotrope genetische Effekte, das bedeutet, dass ein Gen verschiedene phänotypische Merkmale festlegen kann. Größe und Gewicht des Kindes korrelieren mit der mütterlichen

Statur, was zum Teil auf gemeinsame Gene zwischen Mutter und Kind zurückzuführen ist. (33) Auch die väterliche Genetik beeinflusst die geburtshilfliche Selektion.

In den Industrienationen hat die Sectio caesarea die mütterliche Mortalität aufgrund von Geburtskomplikationen minimiert. Der Selektionsdruck entspannt sich dadurch zwar, aber die Evolution ist damit nicht angehalten. Das Modell sieht voraus, dass es zu einer zwanzigprozentigen Steigerung der Inzidenz von CPD gekommen ist, seit der weitverbreiteten Anwendung der Sectio caesarea. (28)

Das Risiko für eine CPD und damit auch für eine Sectio caesarea ist bei Frauen, die aufgrund von CPD bereits selbst per Kaiserschnitt geboren wurden, etwa 2,8-mal so hoch wie bei vaginal geborenen Frauen. Allerdings haben Geburtskomplikationen und Dystokien, wie oben bereits erwähnt, auch psychische, soziale und biologische Risikofaktoren. (29)

1.5 Sexualdimorphismus

Die geburtshilfliche Selektion hinsichtlich der Beckenmaße betrifft nur das weibliche Geschlecht, aber auch bei Männern herrscht ein Selektionsdruck vor. Männliche und weibliche Maße sind genetisch korreliert oder zumindest der gleichen nichtgeburthilflichen Selektion unterworfen. (28)

Im Vergleich zu anderen Primatenarten liegt beim Menschen zwischen männlichen und weiblichen Becken ein sehr starker sexueller Dimorphismus in der Beckengestalt vor. (18)

Dimorphismus bedeutet, dass es zwei verschiedene Erscheinungsformen in der gleichen Art gibt. Das klassische Beispiel ist der Sexualdimorphismus, bei dem zwischen Mann und Frau Unterschiede in bestimmten Merkmalen, wie etwa Größe und Gestalt, vorliegen. (34)

Dieser Sexualdimorphismus stellt für die Evolution aber eine große Herausforderung dar. Sexualdimorphismen bei Merkmalen, die in beiden Geschlechtern vorhanden sind und denselben genetischen Faktoren unterliegen, können sich nur dann entwickeln, wenn unterschiedliche Selektionsdrücke auf die beiden Geschlechter wirken. Die gerichtete Selektion auf nur ein Geschlecht wäre nicht ausreichend. Die Tatsache, dass Männer ein schmaleres Becken im Vergleich zu Frauen behalten haben, setzt also einen Selektionsdruck entgegen der Erweiterung des Beckens voraus. Weite Männerbecken scheinen einen Nachteil im Vergleich zu schmalen Becken zu haben. (12, 18)

Möglicherweise birgt auch bei Männern ein weites Becken ein höheres Risiko für die Entwicklung von Beckenbodeninsuffizienzen. Eine solche Beckenbodenschwäche kann, ebenso wie bei Frauen, zu Inkontinenz führen, oder auch Erektionsprobleme begünstigen. Daher könnte auch bei Männern das schmalere Becken evolutionär gesehen einen Vorteil darstellen und es könnte ein Selektionsdruck entstehen, der bei Frauen nicht existiert. (18) Mögliche Risikofaktoren für eine Beckenbodendysfunktion, sowohl bei Frauen als auch bei Männern, wurden bisher nur isoliert betrachtet (35, 36) und nie in Bezug auf die menschliche Beckenentwicklung und Beckenform analysiert. Auf Grundlage des in der MVPelviStudie

entstandenen Datensatzes soll in weiteren Auswertungen auch geprüft werden, ob eine breitere Beckenform tatsächlich für Beckenbodenfunktionsstörungen prädisponiert. Hierbei werden bekannte Risikofaktoren in beiden Geschlechtern berücksichtigt.

1.6 Untersuchungsmöglichkeiten des knöchernen Beckens

Zur bildlichen Darstellung des knöchernen Beckens stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Gängige bildgebende Verfahren sind das klassische Röntgen, die Computertomographie (CT) und die Magnetresonanztomographie (MRT).

Seit der Einführung der Computertomographie in die Praxis in den 1970er Jahren ist eine Darstellung von allen Bereichen des menschlichen Körpers möglich. Die CT ist ein Röntgenschnittverfahren, das den Körper in Querschnittsbildern darstellt und so eine überlagerungsfreie Darstellung aller Körperstrukturen ermöglicht. Im Vergleich zum klassischen Röntgen wird kein statisches Bild erstellt. Durch Rotation der Röntgenröhre um den Patienten und durch Vorschub des Tisches in der Längsachse wird eine Reihe von Bildern erzeugt, die anschließend mittels eines Computers zusammengesetzt wird. Das akquirierte Bildmaterial ermöglicht eine nachträgliche dreidimensionale Rekonstruktion von Knochen, Gefäßen, Organen etc. Die Strahlendosis durch eine CT-Untersuchung ist im Vergleich zum klassischen Röntgen deutlich höher: So beträgt die Strahlendosis bei einer Röntgenaufnahme etwa 0,2 Millisievert (mSv) und bei einem CT, je nach untersuchtem Körperabschnitt, zwischen eins und zwölf mSv. Im Vergleich zur natürlichen Strahlenbelastung pro Jahr, etwa durch Langstreckenflüge, liegt diese etwa 0,5- bis fünf-mal höher. Allerdings ermöglicht die CT eine schnelle und im Vergleich zum klassischen Röntgen überlagerungsfreie Darstellung großer Körperpartien und ist somit ein fester Bestandteil der medizinischen Diagnostik. (37)

Aufgrund der stetigen Verfügbarkeit, der Indikation und Durchführung der CT bei vielen Fragestellungen, der Überlegenheit bei Knochendarstellungen im Vergleich zur MRT, sowie der Eignung für die Erstellung von 3D-Rekonstruktionen, ist sie das Mittel der Wahl zur Bildgebung in der MVPelviStudie.

1.7 Dreidimensionale Vermessungsmethoden

Die meisten geburtshilflichen Studien mit Untersuchungen zu Beckenmaßen und der Vermessung des weiblichen Beckens nutzen bisher vor allem lineare, zweidimensionale Messmethoden für die inneren Durchmesser des Geburtskanals z.B. die Conjugata vera oder die Diameter transversa. Zweidimensionale Vermessungen des Beckens können entweder durch konventionelles Röntgen oder durch klinische Untersuchungen erfolgen, sind allerdings mit großem Messfehler behaftet. Eine bessere Darstellung des Beckenknochens liefert eine dreidimensionale Vermessung mithilfe von MRT- und CT-Untersuchungen. (1, 38-44)

In einer 1982 erschienenen Studie von Reynolds et al. (45) wurde das menschliche Becken dreidimensional vermessen. Hierbei wurden die Beckenknochen von sowohl Frauen als auch Männern mit Hilfe einer Skelettsammlung aus dem Natural History Museum in Cleveland untersucht mit dem Ziel eine möglichst genaue Abbildung der US-amerikanischen Bevölkerung zu generieren. Die beiden Beckenhälften wurden voneinander getrennt und das jeweils linke Hemipelvis mit 99 sogenannten Landmarks versehen. Landmarks sind fest definierte, meist sehr prominente Knochenpunkte oder -kanten auf dem Becken, dargestellt als Punkte im dreidimensionalen Raum mit jeweils drei definierenden Koordinaten. Reynolds et al. generierten ausführliche Definitionen für jeden Referenzpunkt, um das Setzen der Messpunkte zu vereinheitlichen. Das System wurde auf den gesamten Datensatz angewendet und damit für jedes einzelne Hemibecken eine Tabelle mit 99 Messpunkten erstellt. Diese Koordinatenpunkte konnten im Anschluss verglichen und kategorisiert werden. Ziel der Studie war es, eine repräsentative Reihe von Maßstäben für Beckenmodelle aus der US-Bevölkerung zu erstellen, um diese für anthropologische Tests, wie etwa für das Testen von Rückhaltesystemen in Autos bei Unfall-Simulationen, zu nutzen. (45)

In der Vermessung von Fischer et al. (27, 46) wurde das Reynolds et al.-Schema als Grundlage verwendet, überarbeitet und auf das gesamte Becken angewandt. Hierbei wurde der aus zunächst 99 Messpunkten bestehende Datensatz um fehlende bzw. qualitativ nicht gut definierte Messpunkte reduziert. Die verbleibenden 71 Messpunkte waren teilweise mittig gesetzt und fanden sich meist nur auf dem linken Hemipelvis. Um eine Vermessung des ganzen Beckenknochens zu ermöglichen, wurden die unpaarigen links gesetzten Messpunkte auf das rechte Hemipelvis gespiegelt. Somit war mithilfe von 126 Messpunkten eine Vermessung des gesamten Beckenknochens gewährleistet. Ziel der Studie war es, Zusammenhänge zwischen der menschlichen Beckenanatomie und -formen, der Statur und der Kopfgröße zu untersuchen und hinsichtlich eines sexuellen Dimorphismus zu vergleichen. (27, 46)

Die von Fischer et al. entwickelte Vermessungsmethode diente wiederum als Grundlage für Waltenberger et al. (47). Hier wurden nicht nur Landmarks, sondern auch sogenannte Semilandmarks auf den Beckenknochen gesetzt. Diese markieren keine festen Punkte auf den Knochen wie die anatomischen Messpunkte, sondern sind flexibel auf einer gedachten Verbindungslinie zwischen den zuvor gesetzten Landmark-Endpunkten beweglich. Sie verlaufen meist an relevanten Knochenkanten. Die Semilandmarks machen es möglich, auch zwei- oder dreidimensionale Kanten, Kurven oder Oberflächen darzustellen und erreichen damit eine detailliertere Abbildung des Knochens. (48, 49) Anstatt wie etwa bei der Vermessung des Acetabulums nur vier Punkte (oben, unten, vorne und hinten) wie zu Beginn bei Reynolds et al. zu setzen, werden durch die Semilandmarks die gesamte Knochenlinie und damit das ganze Acetabulum genauer abgebildet. Ziel der Studie von Waltenberger et al. war es, zu untersuchen, ob es eine Assoziation zwischen der Beckenform und der Expression bestimmter Beckenmerkmale gibt, die potenziell durch Geburtsnarben, das bedeutet Residuen durch den Geburtsvorgang, am Beckenknochen verursacht werden könnten. (47)

1.8 Ziel der MVPelviStudie

Ziel der Studie ist es, zum einen zu untersuchen, ob der Geburtsmodus mit der Form und Größe des knöchernen Beckens assoziiert ist. Zum anderen soll nachgewiesen werden, ob Frauen mit einem weiten Becken zwar eine größere Chance auf eine komplikationslose Spontangeburt, jedoch auch ein höheres Risiko für die Entwicklung einer Beckenbodeninsuffizienz im Alter haben.

Ziel dieser Arbeit soll es sein, potenzielle Unterschiede der Beckenform zwischen den drei verschiedenen Gruppen zu erkennen: Frauen, die vaginal entbunden haben, Frauen mit Sectio caesarea und Frauen ohne Geburt.

Zuvor aufgestellte Thesen von Fischer et al. (27) sollen mit dem vorliegenden Datensatz untersucht werden. Zu den Thesen gehören unter anderem, dass die Selektion Muster von Kovarianz zwischen der Beckenform und anderen Körpermaßen geschaffen hat und dass das individuelle Risiko eine Komplikation bei der Geburt zu erleiden auch von anderen Faktoren außer der Beckenform abhängig sein kann (27). Zusätzlich stehen hierfür anamnestiche Angaben zur Entbindung, der Mutter und dem Neugeborenen für eine umfassende Beurteilung zur Verfügung.

Die vorliegende Arbeit stellt ein Pilotprojekt der MVPelviStudie dar. Es wird hier insbesondere auf die Methodik der komplexen dreidimensionalen Beckenvermessung eingegangen und die Ergebnisse der ersten 76 Studienteilnehmerinnen hinsichtlich Beckenform und Geburtsmodus betrachtet.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Die MVPelviStudie untersuchte prospektiv Becken-Computertomographien von Frauen ab dem 50. Lebensjahr hinsichtlich standardisierter Referenzpunkte auf einer dreidimensionalen Darstellung des jeweiligen knöchernen Beckens. In dieser Arbeit wird ein Pilotprojekt mit 75 teilnehmenden Patientinnen beschrieben. Geburtshilfliche und urogynäkologische Variablen wurde mit Hilfe eines ausführlichen Anamnesebogens erfragt.

Das Studienprotokoll der MVPelviStudie wurde von der Ethik-Kommission des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität begutachtet und am 25.09.2019 genehmigt (Projekt-nummer 19-601). Die Studie wurde zudem beim Deutschen Register Klinischer Studien (DRKS) registriert (Registriernummer: DRKS00017690).

Sie erfolgte in Zusammenarbeit mit Dr. Barbara Fischer von der Universität Wien am Department für Evolutionsbiologie, Abteilung für theoretische Biologie.

Infrage kommende Studienteilnehmerinnen wurden durch persönliches Ansprechen im Wartebereich der Radiologie im Klinikum Großhadern auf die Studie aufmerksam gemacht. Anschließend erfolgte eine Aufklärung über Ablauf und Inhalt der Studie und das Unterzeichnen der Einverständnis- und Datenschutzerklärung. (1)

Mit jeder Teilnehmerin wurde gemeinsam, oder durch die Patientin selbst, der siebenseitige Fragebogen ausgefüllt. Die biometrischen Standarddaten (Größe, Gewicht, Kopfumfang) der Teilnehmerinnen wurden gemessen.

Im Anschluss an die erfolgte Computer-Tomographie-Untersuchung wurde das gewonnene Bildmaterial auf eine CD/DVD gebrannt.

Alle erhobenen Daten wurden pseudonymisiert.

2.2 Studienteilnehmerinnen

2.2.1 Allgemeines

In die Studie wurden Frauen ab dem 50. Lebensjahr aufgenommen, bei denen aufgrund anderer medizinischer Indikationen ohnehin eine CT-Aufnahme des Abdomens, Beckens oder der unteren Extremität durchgeführt wurde, die das knöcherne Becken vollständig enthielt. Es spielte dabei keine Rolle, ob die Frau Kinder geboren hat oder nicht. Grundsätzlich schloss die Studie alle Frauen verschiedener Ethnien ab dem 50. Lebensjahr ein.

2.2.2 Ausschlusskriterien

Als Ausschlusskriterien wurden zum einen hinsichtlich der Qualität der CT-Bilder aktuelle oder vergangene Verletzungen mit oder ohne Versorgung im Bereich des Beckenknochens

festgelegt. Beispiele hierfür sind eine frische oder alte Fraktur (siehe Abb. 4) oder ein künstlicher Knochenersatz, wie zum Beispiel eine Totalendoprothese des Hüftgelenks (siehe Abb. 5) oder eine Verschraubung des Os sacrum. Eingesetztes Fremdmaterial zeigt sich im CT-Bild durch Artefakte und verfälscht damit das erstellte dreidimensionale Modell, das damit nicht suffizient ausgewertet werden kann. Verletzungen des Beckens stellen ein Ausschlusskriterium dar, da die Beckenform vom ursprünglichen Verlauf abweicht und damit nicht in den standardisierten Formenkreis eingeteilt werden kann.

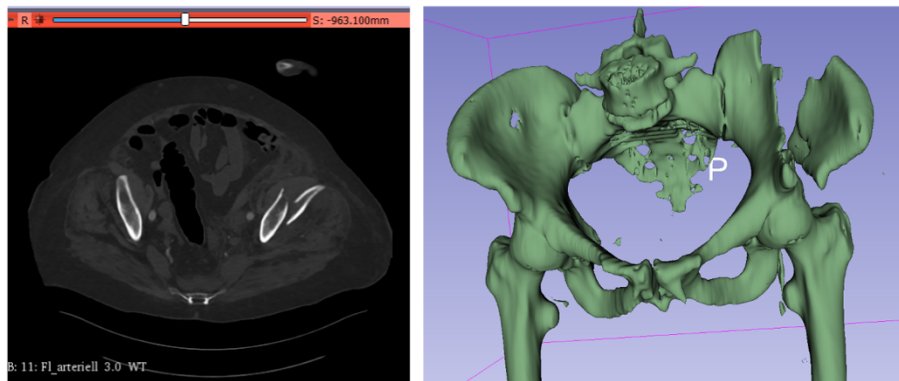


Abbildung 4: Beckenfraktur CT axial und 3D-Rekonstruktion

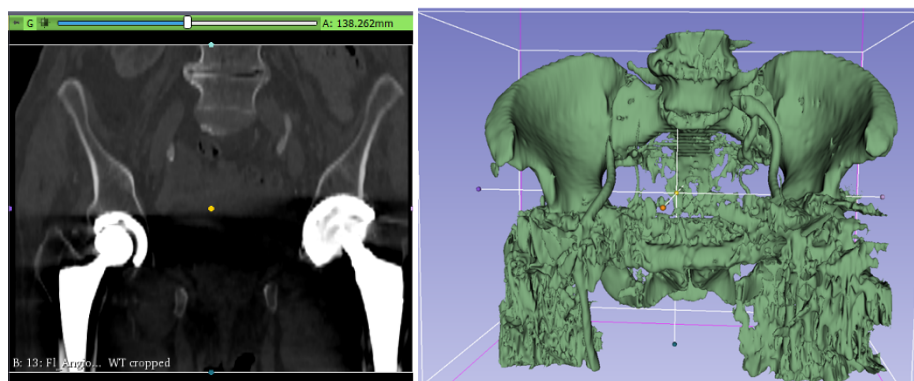


Abbildung 5: Endoprothesen-Einlage CT, coronar und 3D-Rekonstruktion

Des Weiteren wurden Patientinnen, denen es nicht möglich war, den deutschen Fragebogen suffizient auszufüllen, etwa aufgrund einer Sprachbarriere oder einer Demenzerkrankung, ausgeschlossen.

Patientinnen, die wichtige Angaben im Fragebogen lückenhaft oder gar nicht ausgefüllt hatten (z.B. Geburtsmodus), mussten im Nachhinein ebenfalls ausgeschlossen werden. Vor einem Ausschluss wurde versucht, die Studienteilnehmerinnen telefonisch zu erreichen und fehlende Informationen nachzufragen. Gegebenenfalls könnten, wenn nur relevante Angaben im geburtshilflichen Teil des Fragebogens fehlten, entsprechende Patientinnen aber am urogynäkologischen Teil der Studie teilnehmen.

Ein weiteres Ausschlusskriterium waren CT-Darstellungen, bei denen eine bzw. mehrere der drei nötigen Ebenen (coronar, axial und sagittal) durch das radiologische Personal nicht rekonstruiert wurden (siehe Abb. 6).



Abbildung 6: Fehlende Rekonstruktion von zwei Ebenen

Auch konnten CT-Aufnahmen, bei denen der Beckenknochen der Patientin nicht vollständig abgebildet waren, nicht verwendet werden, da eine selbst nur um einige Millimeter abgeschnittene Darstellung die Beckenform verfälschen würde (siehe Abb. 7)

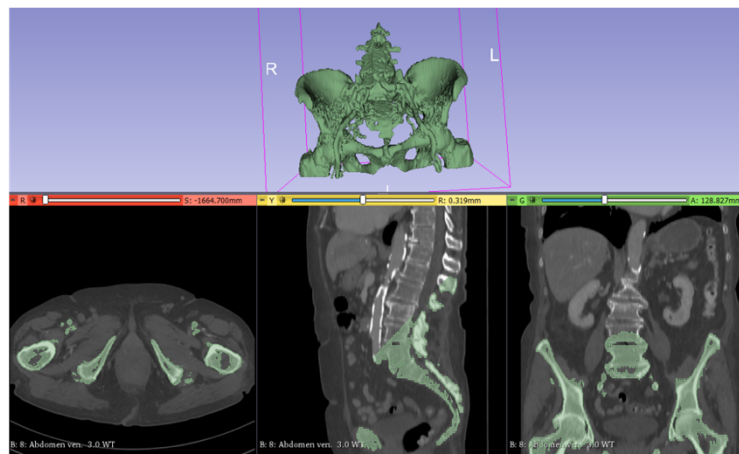


Abbildung 7: Unvollständiges CT mit abgeschnittenen Sitzbeinhöckern

Die CTs wurden in der Regel mit einer Schichtdicke von ein bis fünf Millimeter rekonstruiert. Überstieg die Schichtdicke jedoch drei Millimeter, konnten diese CTs ebenfalls nicht verwendet werden. Es kam in der dreidimensionalen Darstellung in diesem Fall zu einer Stufenbildung (siehe Abb. 8), da das Programm zwischen den Schichten interpoliert und größere Abstände nicht flüssig dargestellt werden können.

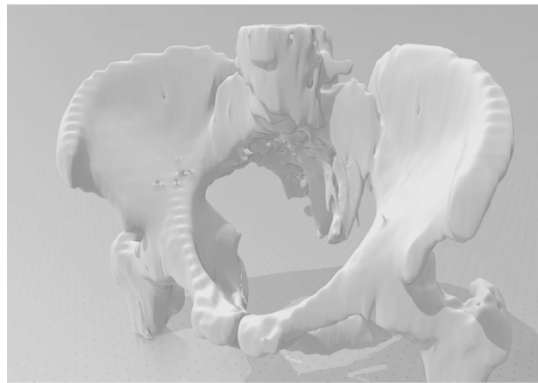


Abbildung 8: Stufenbildung im 3D-Modell bei 5mm Schichtdicke in der CT

2.3 Fragebogen MVPelviS

Zunächst wurden allgemeine Informationen der Teilnehmerin erhoben. Hierzu zählen das Geburtsdatum, die CT-Indikation, die ursprüngliche Herkunft (Europa, Arabien, Südamerika, Afrika, West-Asien, Südost-Asien, Sonstige) und die Telefonnummer sowie die E-Mail-Adresse für mögliche spätere Rückfragen. Es wurden Größe, Gewicht und Kopfumfang der Teilnehmerin gemessen.

Der weitere Fragebogen besteht aus einem geburtshilflichen und einem urogynäkologischen Teil.

2.3.1 Fragebogen – geburtshilflicher Teil

Folgende Rubriken umfasst der geburtshilfliche Teil des Fragebogens:

- Anzahl der geborenen Kinder und Anzahl der davon noch lebenden Kinder
- Höchster Bildungsabschluss von Studienteilnehmerin und deren Kind/Kindern zum Abbilden des sozioökonomischen Status
- Geburtsklinik und Geburtsdatum des Kindes/der Kinder
- Schwangerschaftswoche zum Zeitpunkt der Geburt
- Geburtsmodus: Spontangeburt, Vakuumextraktion, Zangengeburt, Sectio caesarea
- Falls keine Spontangeburt: Indikation zu Vakuumextraktion, Zangengeburt oder Sectio caesarea
- Anästhesie: keine Anästhesie, Periduralanästhesie, Spinalanästhesie, Vollnarkose
- Geburtsdauer ab Wehenbeginn
- Lage des Kindes bei Geburt: regelrechte Schädellage, hintere Hinterhauptslage („Sterngucker“), Beckenendlage, Querlage
- Geburtsverletzungen der Mutter: keine Verletzung, Dammschnitt, Dammriss, Scheidenriss, Labienriss
- Stationäre Aufenthaltsdauer der Mutter nach Geburt
- Intensivstationsaufenthalt des Kindes nach Geburt und ggf. Dauer des Aufenthaltes

- Langzeitfolgen bei Kind und Mutter
- Kindliche Daten: Geschlecht, Gewicht, Größe, Kopfumfang, Nabelschnur-pH-Wert, APGAR- Score je 1/5/10min nach Geburt
- Bei verstorbenen Kindern: Datum und Ursache des Todes

Zusätzlich wurde der Besitz des Mutterpasses oder Kinderuntersuchungsheft erfragt, um die geburtshilflichen Daten so genau und vollständig wie möglich erheben zu können und gegebenenfalls per Telefon noch fehlende Informationen und Variablen erfragen zu können. (1)

2.3.2 Fragebogen – urogynäkologischer Teil

Hier wurden Einfluss- und Risikofaktoren für die Entwicklung einer Beckenbodeninsuffizienz erfasst. Zudem wurden mithilfe des validierten deutschen Beckenbodenfragebogens (50) mögliche Symptome einer Beckenbodeninsuffizienz wie Senkungsbeschwerden und/ oder Inkontinenz erhoben.

Folgende Einflussfaktoren beinhaltet der zweite Teil des Fragebogens:

- Nikotinabusus in Packungsjahren
- Sportliche Betätigung: Sportart und zeitlicher Umfang
- Operationen im Unterbauch und Beckenbereich, insbesondere urogynäkologische Voroperationen
- Beckentrauma
- Vorerkrankungen, die eine Beckenbodeninsuffizienz bzw. Inkontinenz begünstigen: chronische Obstipation, Bindegewebsschwäche, Diabetes mellitus, Multiple Sklerose, Morbus Parkinson, chronischer Husten, Lendenwirbelsäulenerkrankung
- Einnahme von Medikamenten mit erhöhtem Risiko für eine Inkontinenz: Anticholinergika, Calciumantagonisten, Antidepressiva, Diuretika.

Zuletzt schloss sich der validierte deutsche Beckenbodenfragebogen mit 42 Fragen an, der die Rubriken Blasen-Funktion (15 Fragen), Darm-Funktion (12 Fragen), Senkungsbeschwerden (5 Fragen) und Sexualfunktion (10 Fragen) umfasst.

Alle Daten wurden schriftlich auf dem Fragebogen fixiert und anschließend in eine Kalkulationstabelle (Excel, Microsoft) übertragen. (1)

Der vollständige Fragebogen ist im Anhang dieser Arbeit aufgeführt (Anhang A).

2.4 CT-Scans

Die Computertomographien wurden mit Spiral-CT-Scannern (SOMATOM Drive) erstellt und es wurden standardmäßige abdominelle Protokolle in der venösen Phase durchgeführt. Die Aufnahmen wurden in drei Millimeter dicken Schichten rekonstruiert und mit einem medium-soft Umwandlungs-Kernel standardisiert hochgerechnet.

2.5 Rekonstruktion des knöchernen Beckens

Die CT-Rohdaten wurden anschließend mit Hilfe des Programmes 3D Slicer (51, 52) bearbeitet. Das Programm beinhaltet mehrere Module mit jeweils verschiedenen Funktionen.

Die CT-Aufnahmen wurden zunächst als DICOM-Datei in den drei Schnittebenen Coronarebene, Axialebene und Sagittalebene (siehe Abb. 9) hochgeladen und nebeneinander dargestellt.

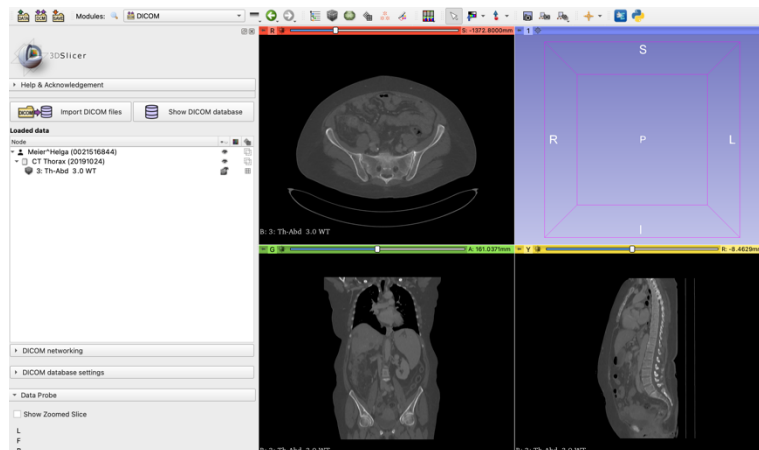


Abbildung 9: Darstellung der CT-Daten in den drei Schnittebenen

Anschließend wurde in den drei Ebenen jeweils mit dem Modul „Crop Volume“ nur der für die Auswertung nötige Abschnitt des knöchernen Beckens eingegrenzt. Hierfür wurde unter dem Effekt „Input ROI“ der Unterpunkt „Create new AnnotationROI“ und unter dem Effekt „Interpolation“ der Unterpunkt „B-spline“ ausgewählt. Es konnten dann die Seiten des angezeigten Quadrates in jeder Ebene so verkleinert werden, dass nur noch der gewünschte Beckenausschnitt auf dem CT sichtbar war (siehe Abb. 10).

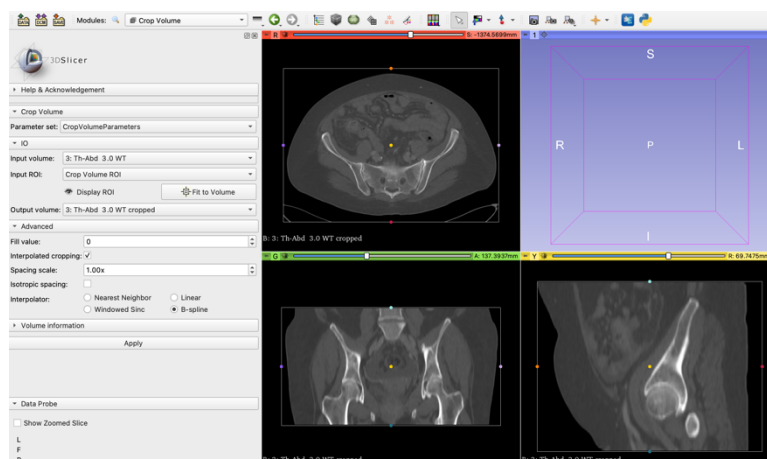


Abbildung 10: Verbleibende Becken-Darstellung nach Bearbeitung mit „Crop Volume“

In einem zweiten Schritt wurde im Modul „Segment Editor“ eine neue Segmentierung hinzugefügt und diese weiterbearbeitet. Unter diesem Modul genutzte Effekte waren:

- „None“ zum Verschieben der CT-Bilder und des Modells im dreidimensionalen Raum,
- „Erase“ zum Entfernen von Knochenteilen mit einem Radierer,
- „Threshold“ zum Erstellen des 3D-Modells,
- „Scissors“ zum Herausschneiden von nicht benötigten CT-Abschnitten,
- „Islands“ zur groben Entfernung von zunächst 3D dargestellten Organ- und Gefäßabschnitten.

Zunächst wurde mit dem Effekt „Threshold“ entsprechend der Dichte von Knochen, nur der knöcherne Teil des ausgewählten Abschnitts dargestellt. Dies entsprach, nach der Dichte des jeweiligen Beckens, einer Einstellung bei „Threshold Range“ von ca. 100 bis 125 Einheiten (siehe Abb. 13, hier eingestellte „Threshold Range“ von 115). Es erschien nach dem Ausführen von „Show 3D“ eine grüne dreidimensionale Darstellung der ausgewählten Abschnitte im vierten Feld.

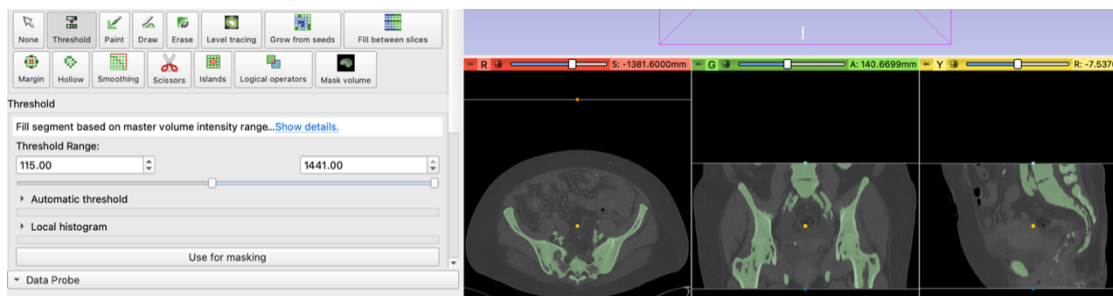


Abbildung 11: Modul Segment Editor mit „Threshold Effekt“

Die Daten wurden mit Hilfe des Moduls „Segment Editor“ so bearbeitet, dass am Ende nur das knöcherne Becken mit dem Os ilium, Os ischii, Os pubis und Os sarcum übrigblieb. Auch angrenzende Knochen (dargestellte Wirbelkörper inklusive des Lendenwirbelkörpers fünf bis zur Gelenkfläche zum Os Sacrum und der Femurkopf) sowie gegebenenfalls Weichteile (Blutgefäße; Nerven; Muskeln; Organe) wurden zunächst dargestellt, da sie, etwa aufgrund von Kalkeinlagerungen im Gewebe, eine ähnliche Dichte wie Knochen besaßen. Mit Hilfe verschiedener Effekte konnten diese entfernt werden. Als erster Schritt wurden mit dem Effekt „Islands“ alle unzusammenhängenden Bereiche, wie etwa Organe, Gefäße oder abgebildete Reste des Untergrunds, entfernt (siehe Abb. 12).

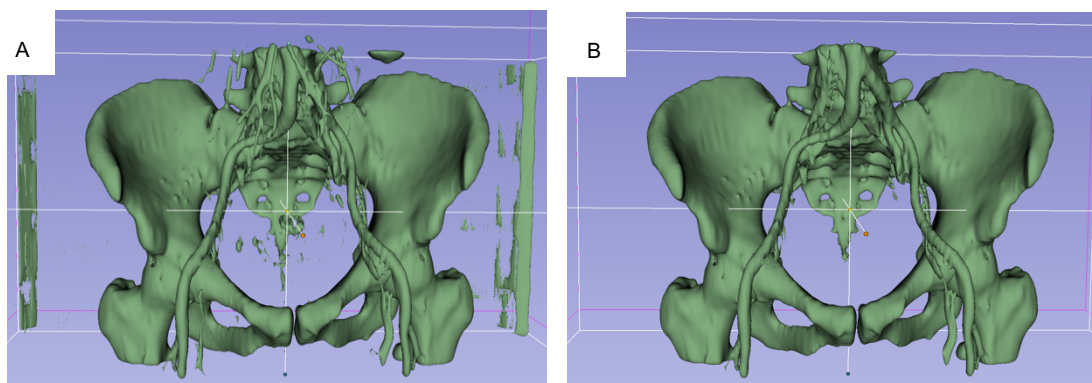


Abbildung 12: „Islands“-Effekt
A: 3D-Modell vor „Islands“-Effekt, B: nach „Islands“-Effekt

Es konnte auch der Effekt „Erase“ zum Einsatz kommen. Die mit dem Effekt „Scissor“ (siehe Abb. 13) nicht zu entfernenden Knochenteile, wie zum Beispiel der Femurkopf aus dem Acetabulum, konnten so herausgelöst werden.

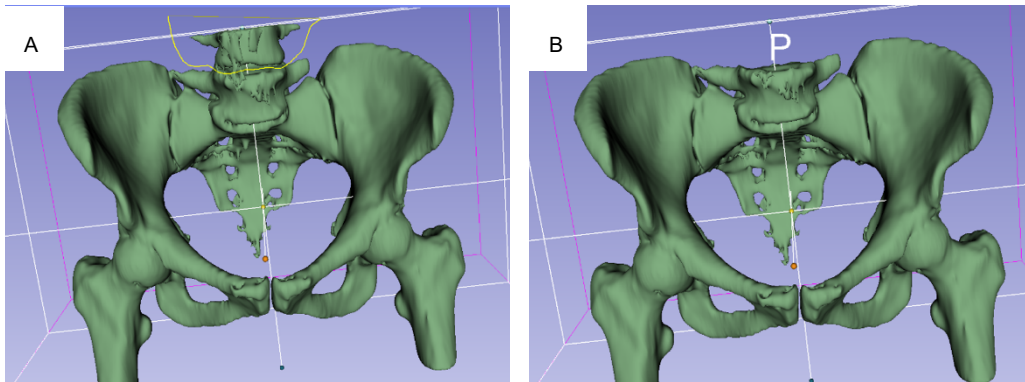


Abbildung 13: „Scissor“-Effekt
 A: 3D-Modell vor „Scissor“-Effekt: Entfernung 4. LWK (gelbe Linie),
 B: 3D-Modell nach „Scissor“-Effekt

Hierbei wurde der Effekt „Sphere brush“ ausgewählt, was einem kugelförmigen Radierer entspricht. Der Durchmesser des Radierers wurde unter Diameter bei etwa 5-8% eingestellt. Dieser variierte von Becken zu Becken, je nach benötigter Größe und Einstellung, sodass der Femurkopf jeweils als Ganzes herausgelöst werden konnte (siehe Abb. 14).

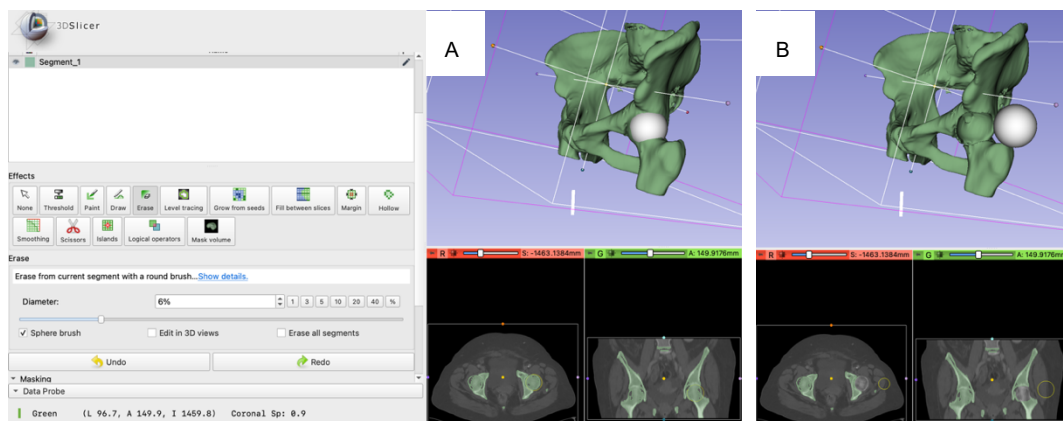


Abbildung 14: „Erase“-Effekt
 A: 3D-Modell vor „Erase-Effekt“,
 B: 3D-Modell nach „Erase-Effekt“ und herausgelöstem Femurkopf

So wurde manuell in dem Programm 3D Slicer ein für den nächsten Schritt benötigtes dreidimensionales Becken-Modell hergestellt (siehe Abb. 15).

Zuletzt wurde das erstellte Modell im STL-Format exportiert (siehe Abb. 16), um anschließend in einem weiteren Programm die Messpunkte auf die dreidimensionale Knochenoberfläche zu setzen. (1)

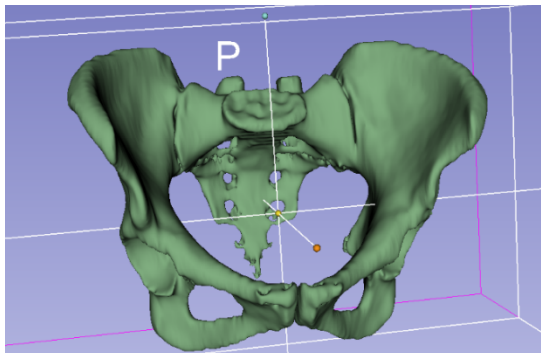


Abbildung 15: Finale Rekonstruktion im 3D Slicer

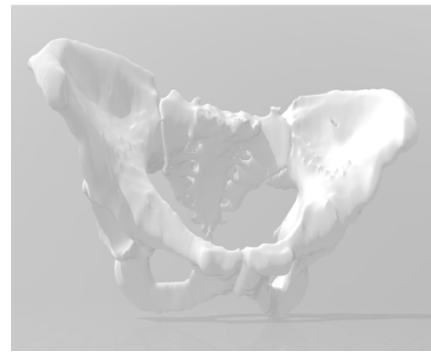


Abbildung 16: Darstellung des Beckens im STL-Format

2.6 Vermessung des knöchernen Beckens

Im zweiten Schritt der Verarbeitung der Rohdaten folgte das Setzen von 274 Messpunkten auf die rekonstruierten Becken in der Software Checkpoint von Stratovan (53). Bei den Messpunkten handelte es sich um Punkte im dreidimensionalen Raum mit jeweils 3 Koordinaten (X, Y und Z).

Basierend auf den in den Studien von Reynolds et al. (45), Fischer und Mitteroecker (27, 46) und Waltenberger et al. (47) entwickelten Methoden zur Vermessung des menschlichen Beckens (siehe auch unter 1.7) wurden die im 3D Slicer erstellten 3D Modelle der Becken manuell mit insgesamt 274 Landmarks und Semilandmarks versehen.

Bei der in der MVPelviStudie angewandten Vermessung wurde das von Waltenberger et al. (47) verwendete Schema in modifizierter Form angewandt. Auf jedes 3D-Modell wurden manuell 274 Landmarks nach derselben Anleitung gesetzt, um vergleichbare Daten zu generieren (Tab. 1; Abb. 17-19; Anhang B).

Sacrum	Os Coxa	Semilandmarks (L + R)	Anzahl gesetzter Semilandmarks
Promontorium	Iliospinale posterior superior/inferior alle L + R		
Promontorium	Posterior superior iliospinale	Acetabulum	10
S1 posterior body	Posterior inferior iliospinale	Pelvic inlet	15
S1 lateral body	Apex of sciatic notch	Lateral iliac crest	15
First segment union point	Iliospinale	Medial iliac crest	15
Second segment union point	Anterior inferior iliospinale	Alar auricular ridge curvature & lateral sacral ridge	10
Third segment union point	Ischio-spinale	Lateral ischial tuberosity	5
Fourth segment union point	Pubotubercle	Medial ischial tuberosity	5
Caudion	Anterior acetabulion	Greater sciatic notch	5
Tip of coccyx	Inferior acetabulion	Inferior pubic ramus	5
Inflexion	Acetabulion, center point	Obturator foramen	10
Lateral alar auricular point	L + R	Pubic eminence point	
Anterior alar point	L + R	Superior pole, pubic symphysis	
Mid alar point	L + R	Anterior symphyseal point	

Inferior sacro-iliac junction	L + R	Posterior symphyseal point
Sacral canal anterior floor		Inferior symphyseal pole
Sacral canal anterior roof		Obturator tubercle point
Sacral canal anterior wall	L + R	Superior tuberosity point
Superior articular facet: medial superior	L + R	Ischiale
Superior articular facet: lateral superior	L + R	Inferior tuberosity point
Superior articular facet: medial inferior	L + R	Posterior ischial border point
Superior articular facet: lateral inferior	L + R	Midpoint of pubic cartilage (only once)
Posterior alar-auricular point	L + R	
Posterior sacral tubercle	L + R	
Dorsal spine of the first sacral vertebra		
Dorsal spine of the second sacral vertebra		
Sacral canal, posterior roof		
Posterior caudion		
Lateral caudion	L + R	
Sacral inlet point		

Tabelle 1: Liste der verwendeten 274 Landmarks

Ursprüngliche anatomische Landmarks nach Reynolds et al. (1982) und Semilandmarks. Bilaterale Punkte jeweils auf beiden Seiten des Beckens gesetzt (L=links, R=rechts)

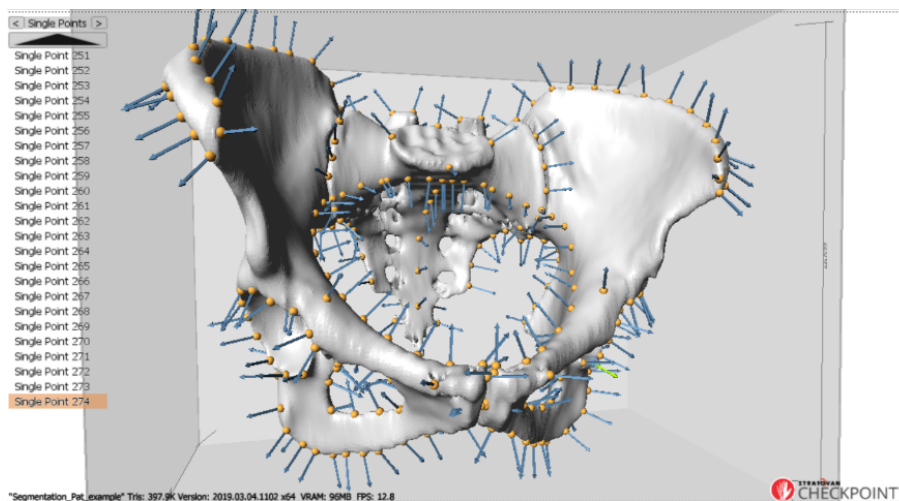


Abbildung 17: Fertig vermessenes Becken-Modell in Checkpoint mit 274 Landmarks

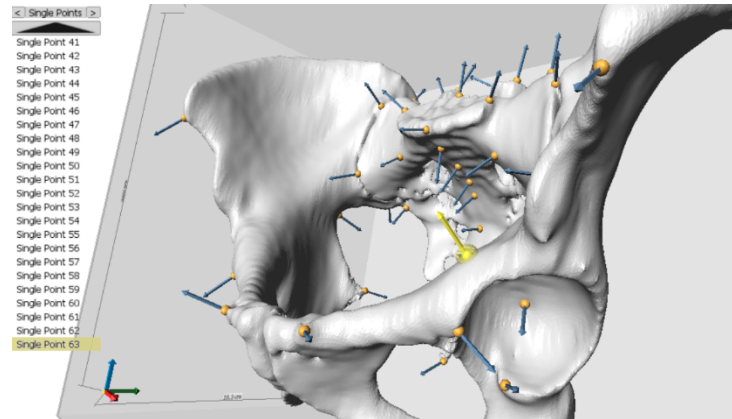


Abbildung 18: Becken-Modell mit zunächst 63 Ankerpunkten

Der gelb markierte Landmark 63 stellt den linken höchst erhaltenen pubischen Punkt (left pubic eminence point) auf dem Becken dar.

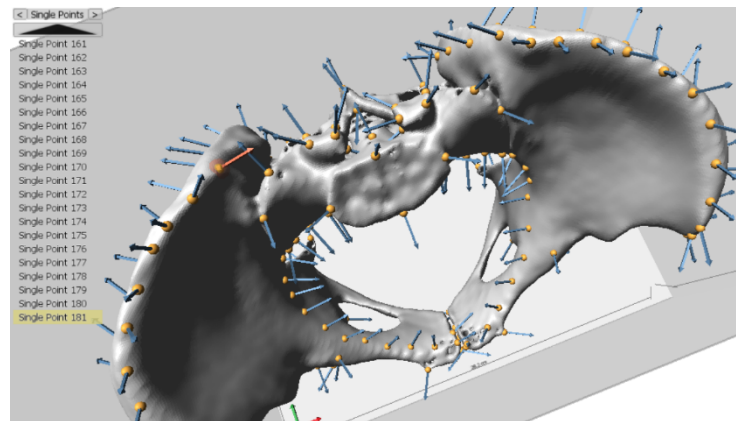


Abbildung 19: Becken-Modell mit 98 Semilandmarks

Auf Beckenkämmen und im Beckeneingang gesetzte Landmarks und Semilandmarks zur Darstellung des Verlaufes der relevanten Knochenkanten und -öffnungen.

2.7 Datenerfassung, Datenauswertung und Datenschutz

2.7.1 Datenerfassung

Die erhobenen Daten aus den Fragebögen wurden fortlaufend in eine Exceltabelle eingetragen.

2.7.2 Datenauswertung

Die statistische Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit Dr. Barbara Fischer vom Department für Evolutionsbiologie, Abteilung für Theoretische Biologie der Universität Wien. Ein Teil der Auswertung, insbesondere die Kollektivbeschreibung erfolgte in Microsoft Excel.

Für jedes weibliche Becken wurde die sogenannte Zentroid-Größe errechnet, basierend auf den zuvor gesetzten Messpunkten. Die Zentroid-Größe ist ein Standard-Größenmaß aus

der geometrischen Morphometrie, das die Größe eines Objekts basierend auf allen vermessenen Landmark-Punkten gemeinsam errechnet. Die Zentroid-Größe ist daher ein objektiveres Größenmaß als z.B. die Länge eines Objekts und fasst Größenunterschiede präziser, insbesondere wenn sich dreidimensionale Objekte in vielen Aspekten unterscheiden. Das Zentroid selbst ist der Schwerpunkt eines Objekts und man berechnet es als Mittelpunkt (d.h. als Durchschnitt) aller Landmarks eines Objekts. Die Zentroid-Größe ist dann die Wurzel der Summe der quadrierten Abstände aller Landmarks von dem Zentroid (Abstände vom Schwerpunkt). (1) Es erfolgte anschließend eine Standardisierung der Landmark-Konfigurationen durch Procrustes-Analyse (54). Hiermit wird die Variation der Landmarks hinsichtlich Position, Orientierung und Größe minimiert. Diese Analyse ermöglichte es, Unterschiede zwischen den Beckenformen der verschiedenen Gruppen zu beurteilen. (1)

In einem nächsten Schritt wurde ein Algorithmus angewandt, der ermöglichte, dass die Semilandmarks auf gedachten Linien gleiten konnten. Das Gleiten reduziert Unterschiede, die beim manuellen, individuellen Platzieren der Landmarks entlang von Knochenlinien entstehen. Das „Gleiten“ wird rechnerisch durchgeführt, indem die Biegeenergie zwischen den einzelnen Becken und dem Durchschnitt aller Beckenformen minimiert wird. (1, 48, 55)

Anschließend wurden Unterschiede zwischen den Beckenformen der verschiedenen Gruppen mittels des Permutationstests auf statistische Signifikanz überprüft. (56)

Zur Vermessung der Beckeneingangsebene wurden 32 Landmarks ausgehend vom oberen Rand der Symphyse über die Linea terminalis zum Promontorium des Os Sacrum und anschließend symmetrisch auf der jeweiligen Gegenseite gesetzt (siehe Abb. 20).

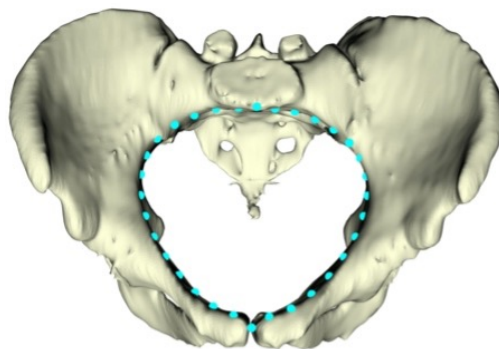


Abbildung 20: Landmarks der Beckeneingangsebene

32 Landmarks auf einem durchschnittlichen weiblichen Becken
(Erlaubnis zur Nutzung der Graphik nach Starrach et. al. (1)).

Neben der Vermessung der Beckeneingangsebene wurde auch das gesamte Becken mit Landmarks versehen (siehe Abb. 21) und ausgewertet.

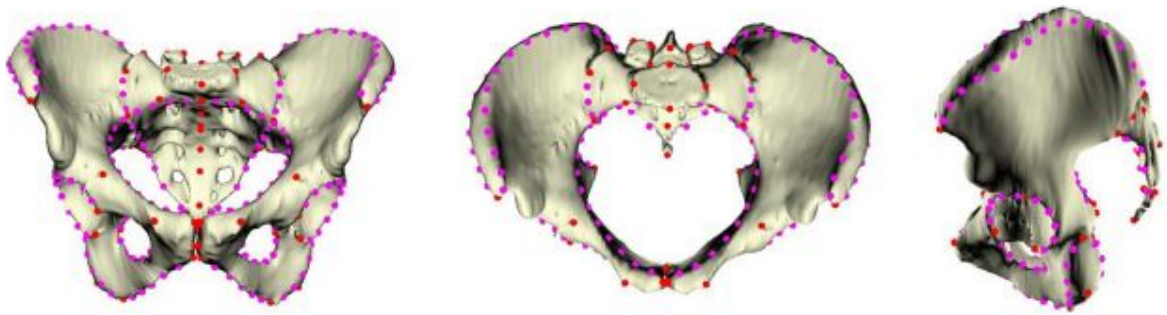


Abbildung 21: Landmarks des gesamten Beckens

Landmarks auf einem durchschnittlichen weiblichen Becken
(Erlaubnis zur Nutzung der Graphik nach Starrach et. al. (1)).

Anschließend wurden diese Messpunkte aus dem gesamten Datensatz extrahiert und auf eine zweidimensionale Ebene projiziert. Auf die so entstandenen 2D-Landmarks wurde erneut der Semilandmark-Algorithmus angewandt. Auf die fertig standardisierten Landmark-Konfigurationen wurden wiederum Permutationstests angewandt, um die statistische Signifikanz der Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Um die Fläche des Beckeneingangs zu berechnen, wurde die von den 32 Landmarks eingeschlossene Fläche berechnet. Eine Regressionsanalyse wurde durchgeführt, um festzustellen, ob die Größe der Beckeneingangsebene mit der mütterlichen Körpergröße assoziiert ist. Die Residuen aus dieser Regression wurden anschließend als von der Körpergröße unabhängige Unterschiede analysiert. Es wurden erneut Gruppenunterschiede mittels Permutationstests überprüft. Die Datenanalysen erfolgten mit dem Programm Wolfram Mathematica 12. (1)

2.7.3 Datenschutz

Entsprechend der Pseudonymisierung wurden die Studienteilnehmerinnen fortlaufend nach Aufnahme in die Studie mit einer Kennziffer MVPelvis001 etc. versehen. In der Exceltabelle erschienen keine Vor- und Nachnamen, sondern nur die Kennziffer sowie das Geburtsdatum der Patientin. Zusätzlich zu der Kennziffer wurde jeder Patientin ein sechsstelliger Code aus Buchstaben und Zahlen zugeordnet. Hiermit wurden die persönlichen Daten aus dem Fragebogen, sowie die mit dem Namen beschrifteten CT-CDs pseudonymisiert und getrennt vom mit der Kennziffer benannten Rest des Fragebogens aufbewahrt.

3. Ergebnisse

3.1 Allgemeine Charakterisierung der Studienkohorte

Von Oktober 2019 bis März 2020 wurden insgesamt 76 Frauen für die Studie rekrutiert. Eine Patientin wurde aufgrund der nicht verwertbaren CT-Daten wegen Fremdmaterial im Becken ausgeschlossen.

Unter den 75 Frauen hatten vier Frauen (5,3%) ausschließlich Kinder vor 37+0 Schwangerschaftswochen und damit in der Frühgeburtlichkeit geboren. Fünf Patientinnen (6,7%) hatten sowohl eine vaginale Geburt als auch eine Sectio caesarea. Bei einer Patientin (1,3%) war keine Zuordnung in eine der Gruppen möglich wegen fehlender Angaben zum Geburtsmodus und der Schwangerschaftswoche. Diese 10 Studienteilnehmerinnen wurden von der Auswertung ausgenommen, daher beträgt die auswertbare Zahl an Studienteilnehmerinnen 65 (86,7%).

Die 65 Studienteilnehmerinnen wurden in 3 Gruppen eingeteilt: ausschließlich vaginale Entbindung (Spontanpartus, Vakuumextraktion und Forcepsentbindung), ausschließlich Sectiones und keine Geburt.

46 Frauen (70,8%) hatten ausschließlich vaginale Geburten, bei der mindestens eines der Kinder nach 37+0 Schwangerschaftswochen geboren wurde. Sechs Frauen (9,2%) hatten als Geburtsmodus ausschließlich Sectiones. 13 Frauen (20,0%) hatten nicht geboren. (Tab. 2).

Unter den 65 Patientinnen waren 63 (96,9%) europäischer Herkunft, eine Frau stammte aus Südamerika und eine Frau aus Afrika. Diese beiden Frauen hatten vaginal geboren.

Von den insgesamt 76 Frauen wurden 96 Kinder geboren. Davon wurden 85 Kinder (88,5%) vaginal und 11 (11,5%) per Sectio caesarea geboren. Im Mittel hat jede Frau 1,85 (SD =0,79) Kinder geboren, das Maximum lag bei vier Kindern.

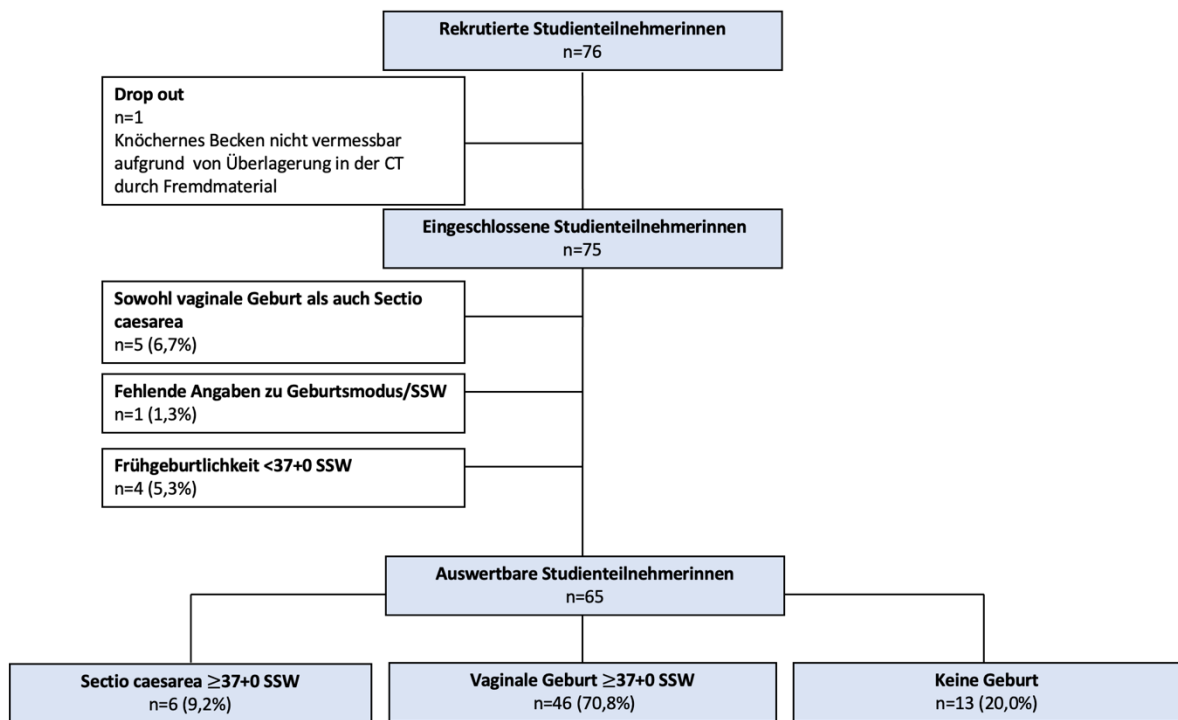


Abbildung 22: Charakterisierung der Stichprobe der Studie

Prozentuale Angaben der Teilnehmerinnen in den drei Gruppen beziehen sich auf die auswertbaren Studienteilnehmerinnen (n=65 entspricht 100%).

	Sectio caesarea	Vaginale Geburt	Keine Geburt
Größe Mutter (m)	1,61 (0,06)	1,66 (0,06)	1,68 (0,07)
Gewicht Mutter (kg)	61,33 (12,22)	66,37 (16,41)	65,08 (12,48)
BMI Mutter (kg/m ²)	23,71 (4,67)	24,22 (6,24)	23,11 (3,86)
Kopfumfang Mutter (cm)	55,00 (1,91)	55,40 (1,53)	55,58 (1,44)
Anzahl geborener Kinder (n)	1,83 (0,69)	1,85 (0,81)	
Alter Mutter bei Geburt (a)	28,03 (4,59)	27,34 (5,05)	
Gestationswoche bei Geburt (w)	39,64 (0,98)	39,41 (3,24)	

Tabelle 2: Biometrische und geburtshilfliche Daten der drei Gruppen

Angegeben sind die Mittelwerte, Standardabweichungen in Klammern.

In der Gruppe der Studienteilnehmerinnen mit vaginaler Geburt (n= 46 Mütter) wurden 85 Kinder geboren. Im Durchschnitt gebar jede der Frauen 1,85 (Minimum: 1, Maximum: 4) Kinder und es wurde durchschnittlich die 39,41 (SD=3,24; Minimum: 20. SSW; Maximum: 43. SSW) Schwangerschaftswoche erreicht. Drei Kinder dieser Gruppe wurden vor der 37. SSW geborenen, jedoch hatten diese Mütter noch weitere Geburten nach der 37. SSW. Bei drei Studienteilnehmerinnen gab es keine Angaben zur SSW. Frauen aus der Gruppe mit vaginaler Geburt waren im Durchschnitt mit 1,66m (SD=0,06m) sowohl etwas größer als auch schwerer mit 66,37kg (SD=16,41kg) als die Frauen in der Sectio Vergleichsgruppe. Es muss aber beachtet werden, dass das Gewicht zum Zeitpunkt der CT-Untersuchung erhoben wurde und nicht prä- oder peripartal.

In der Gruppe der Patientinnen mit Sectio caesarea, die sechs Patientinnen umfasste (9,2%), wurden elf Kinder geboren (11,5%). Im Durchschnitt gebar jede Frau aus dieser Gruppe 1,83 Kinder (SD=0,69) Kinder. Die Frauen erreichten durchschnittlich die 39,64. (SD =0,98) Schwangerschaftswoche, alle Kinder wurden in oder nach der 37. SSW geboren (Minimum: 37. SSW; Maximum: 41. SSW). In der Sectio-Gruppe waren die Frauen im Schnitt etwas kleiner mit 1,61m (SD=0,06m) und leichter mit 61,33kg (SD=12,22kg) als in den Gruppen vaginale und keine Geburt.

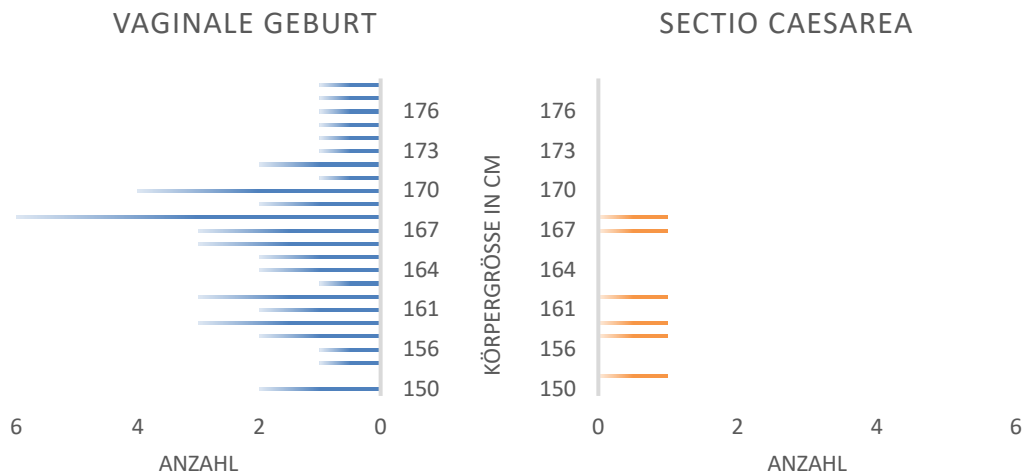


Abbildung 24: Mütterliche Größenverteilung: „Vaginale Geburt“ vs. „Sectio caesarea“

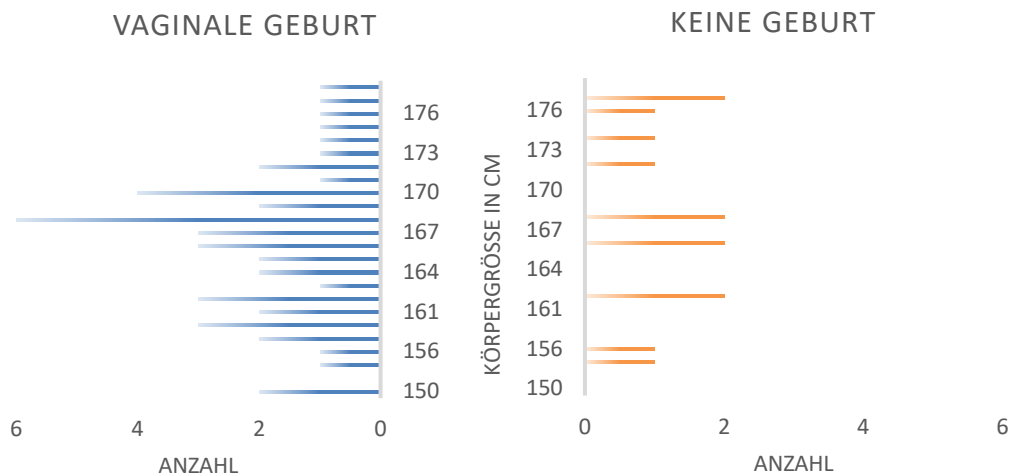


Abbildung 23: Mütterliche Größenverteilung: „Vaginale Geburt“ vs. „keine Geburt“.

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Schwangerschaftsdauer und des Geburtsgewichts (Permutationstest für Unterschiede der Gruppenmittelwerte der Gestationsdauer der erstgeborenen Kinder, $p=0,81$). In der Studienpopulation zeigte das kindliche Gewicht eine starke Korrelation mit der Schwangerschaftsdauer. Für alle erstgeborenen Kinder ($n = 51$) war die Korrelation $r = 0,76$.

	Vaginale Geburt	Sectio caesarea
Geburtsgewicht Kind (g)	3353,83 (576,13)	3033,64 (479,08)
Gewichtsminimum (g)	500	2000
Gewichtsmaximum (g)	4500	3670

Tabelle 3: Kindliche Gewichtsdaten der drei Gruppen“

Angegeben sind die jeweiligen Mittelwerte und ihre Standardabweichungen in Klammer.

Das Geburtsgewicht in der Gruppe „vaginale Geburt“ war bei 64 von 85 Kindern angegeben (75,3%). Das durchschnittliche Geburtsgewicht betrug 3353,83g (SD=576,13g) mit einem minimalen Gewicht von 500g und einem Maximum von 4500g.

In der Gruppe „Sectio caesarea“ war bei allen Kindern das Geburtsgewicht angegeben und es betrug durchschnittlich 3033,64g (SD=479,08g). Das Minimum der Gruppe lag bei 2000g, das maximale Gewicht bei Geburt betrug 3670g.

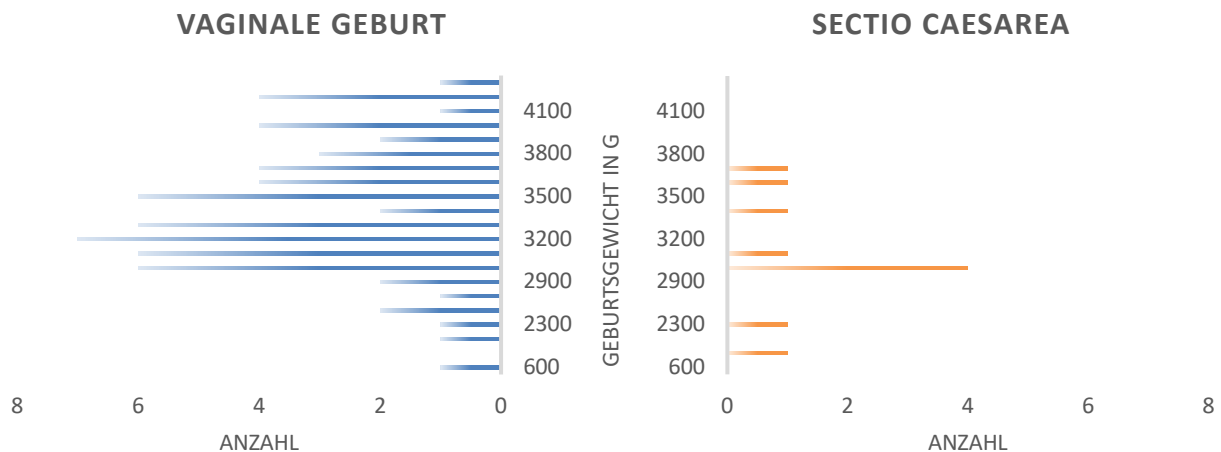


Abbildung 25: Kindliche Gewichtsverteilung: „Vaginale Geburt“ vs. „Sectio caesarea“

3.2 Geburten vor und nach 1990

Insgesamt wurden in der Gruppe der Studienteilnehmerinnen mit vaginaler Geburt 85 Kinder geboren. Davon wurden 62 Kinder vor dem Jahr 1990 und 23 nach 1990 geboren. Die Geburtsjahre umfassten den Zeitraum von 1959 bis 2006.

In der Gruppe der Patientinnen mit Sectio caesarea, die sechs Patientinnen umfasst, also 9,2% der Studienpopulation, wurden elf Kinder geboren (11,5%). Hierbei wurden neun Kinder vor und 2 Kinder nach 1990 geboren. Hier umfassten die Geburtsjahre einen Zeitraum zwischen 1970 und 2002.

Die Sectio-Rate der gesamten Studienpopulation beträgt 16,8%. In der Gruppe der vor 1990 geborenen Kinder, wurden von insgesamt 71 Kindern neun per Sectio caesarea geboren,

was eine Sectio-Rate von 12,7% bedeutet. In der Gruppe der nach 1990 geborenen Kinder beträgt die Rate 8% bei insgesamt 25 Kindern.

3.3 Vergleich der Beckenmorphologie

Die Beckengröße wurde anhand der Zentroid-Größe des Beckeneingangs berechnet (siehe unter 2.7). Sie betrug bei der Gruppe „vaginale Geburt“ durchschnittlich 37,15 cm (SD=1,65 cm) und bei der Gruppe „Sectio caesarea“ durchschnittlich 36,36 cm (SD=1,90 cm). Die

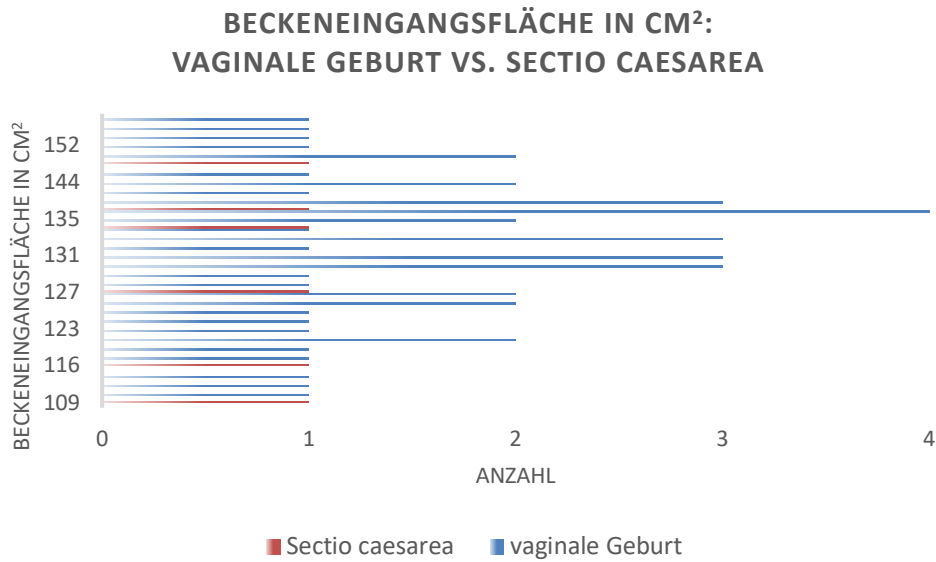


Abbildung 26: Vergleich der Verteilung der Beckeneingangsflächen in cm² zwischen den Gruppen „vaginale Geburt“ und „Sectio caesarea“

durchschnittliche Fläche der Beckeneingangsebene betrug bei der Gruppe „vaginale Geburt“ 133,28 cm² (SD=11,55 cm²). In der Gruppe „Sectio caesarea“ betrug diese durchschnittlich 128,19 cm² (SD=14,25 cm²) und war damit im Durchschnitt 4 % kleiner.

Für alle Patientinnen aus allen Gruppen (vaginale Geburt, Sectio caesarea, keine Kinder) war die Körpergröße positiv korreliert mit der Beckeneingangsfläche (r = 0,62).

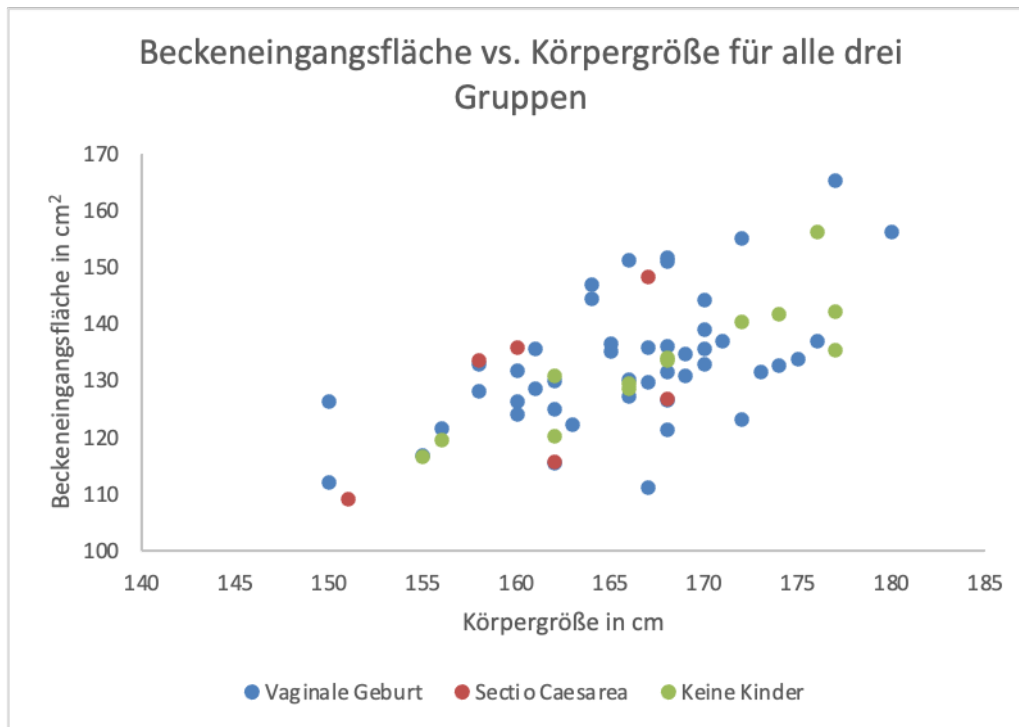


Abbildung 27: Beckeneingangsfläche vs. Körpergröße aller drei Vergleichsgruppen

Die Beckengröße betrug bei der Gruppe „keine Kinder“ durchschnittlich 37,01 (\pm SD 1,45). Die durchschnittliche Fläche der Beckeneingangsebene betrug bei der Gruppe „keine Kinder“ 132,98 cm² (SD=10,81 cm²). Im Vergleich zur Gruppe mit vaginaler Geburt zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied.

Es fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied in der dreidimensionalen gesamten Beckenform zwischen den drei Gruppen.

Da die Gruppengrößen angesichts der niedrigen Sectio-Rate klein sind, wurde geprüft, ob es einen Unterschied machen würde, die Frauen die sowohl eine vaginale Geburt als auch Sectio caesarea hatten mit auszuwerten. Dies zeigte jedoch keine relevanten Unterschiede.

4. Diskussion

Die MVPelviStudie untersucht Unterschiede hinsichtlich der Beckenmorphologie zwischen den Gruppen „vaginale Geburt“, „Sectio caesarea“ und „keine Geburt“. Mithilfe einer neuen dreidimensionalen Messmethode zum Vermessen des weiblichen Beckens wurde versucht Unterschiede zu finden und diese zu kategorisieren. (1)

4.1 Wahl der Bildgebung und klinische Anwendbarkeit der Methode

Die Neuheit der MVPelviStudie ist die Methode der Vermessung des Beckens mit 274 Landmarks im dreidimensionalen Raum. Es wurde die gesamte Form des Beckens dreidimensional vermessen.

Bis zur MVPelviStudie gab es keine andere vergleichbare Untersuchung zur Assoziation der Beckenmorphologie und des Geburtsmodus, die gleichzeitig 3D-Analysen und anamnestisch erhobene geburtshilfliche Daten umfasste (1, 57). Basierend auf der Untersuchung von Skelettsammlungen und CT-Scans der Becken von Primatenarten wurde diese Methode entwickelt (27, 45, 47) und hier zum ersten Mal an einer aktuellen Patientinnen-Population angewandt.

Die meisten geburtshilflichen Studien mit Untersuchungen zu Beckenmaßen und der Vermessung des weiblichen Beckens nutzten bisher vor allem lineare, zweidimensionale Messmethoden für die inneren Durchmesser des Geburtskanals z.B. die Conjugata vera oder die Diameter transversa. Zweidimensionale Vermessungen des Beckens können entweder durch konventionelles Röntgen oder durch klinische Untersuchungen erfolgen, sind allerdings mit großem Messfehler behaftet. Neben dieser Art der Vermessung kann jedoch auch eine dreidimensionale Vermessung mithilfe von MRT- und CT-Untersuchungen für eine bessere Darstellung des Beckenknochens genutzt werden.

Pattinson et al. (58) unterstreichen in ihrem Cochrane Review die Rolle der Pelvimetrie bei der Entscheidungsfindung hinsichtlich des Geburtsmodus. Es wird jedoch auch auf die Komplexität des Themas und die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung hingewiesen, bei der nicht nur das Becken, sondern auch andere klinische Faktoren berücksichtigt werden müssen. Pattinson et al. betonen die Notwendigkeit weiterer Forschung im Bereich der Pelvimetrie als Instrument zur Vorhersage von CPD. (58)

Bisherige Studien konzentrierten sich vor allem auf Methoden zur Vermessung des Beckens, wie die digitale Pelvimetrie, die Röntgen-Pelvimetrie oder Darstellungen via Sonographie.

Hofmeyr G.J. (38) konzentrierte sich darauf herauszufinden, wie bereits bestehende Technologien und Messmethoden eingesetzt werden können, um die Sterblichkeitsraten im Zusammenhang mit Geburtsstillständen zu verringern. Als hilfreich kristallisierten sich Verfahren wie VE, Sectio Caesarea oder die Amniotomie heraus. Von unklarer Nützlichkeit waren

Messwerte wie die mütterliche Größe und als nicht hilfreich wiederum erwies sich unter anderem die Pelvimetrie. (38) Vorteile der digitalen Pelvimetrie sind die Verfügbarkeit und die einfache und schnelle Durchführbarkeit. Nachteile sind unter anderem die Abhängigkeit vom Untersuchenden und die Ungenauigkeit der Methode gegenüber einer Vermessung in der Bildgebung.

Friedman et al. (40) beschäftigten sich in ihrer Studie mit der Röntgen-Cephalopelvimetrie zur Feststellung von Engstellen im weiblichen Becken bei schwangeren Frauen. Es wurde eine grafische Skala gebildet zur Vorhersage von potenziellen Problemen bei der Geburt und zur Hilfe bei der Entscheidungsfindung des Geburtsmodus (40). Korhonen et al. (43) beschäftigte sich mit der Anwendung des fetalen Beckenindex zur Vorhersage über die Notwendigkeit einer Sectio Caesarea bei CPD. Der fetale Beckenindex kombiniert Parameter aus der sonographischen Vermessung des fetalen Kopf- und Bauchumfangs mit denen einer mütterlichen Röntgen-Pelvimetrie. Der Index erwies sich als ungünstiges prognostisches Mittel zur Vorhersage von Geburtsstillständen bei CPD (43). Vorteile der Röntgen-Pelvimetrie sind die stetige Verfügbarkeit und schnelle Durchführbarkeit. Nachteile sind die Strahlenbelastung der Mutter und vor allem die des ungeborenen Fetus und die ungenauere Vermessung im zweidimensionalen Raum.

Die MR-Pelvimetrie wurde dagegen von Zaretsky et al. (41) und Franz et al. (44) zur Vermessung des mütterlichen Beckens verwendet. Die Methode von Zaretsky et al. (41) bestand unter anderem im Vergleich des im MR gemessenen fetalen Kopfvolumens zum Weichteilvolumen des mütterlichen Beckens. Die Ergebnisse aus der MR-Vermessung erlaubten eine Vorhersage über eine Dystokie, jedoch ohne signifikante Verbesserung gegenüber bereits bewährter pelvimetrischer Techniken (41). Franz et al. (44) versuchten via MR-Pelvimetrie des Beckeneingangs Rückschlüsse auf den Geburtsmodus und CPD zu ziehen. Es wurden die Conjugata vera obstetrica und der Durchmesser transversalis erhoben und diese zwischen den Gruppen „vaginale Geburt“ und „geplanter Kaiserschnitt“ verglichen (44). Der größte Vorteil der MR-Pelvimetrie gegenüber der CT- und Röntgen-Pelvimetrie ist die fehlende Strahlenbelastung. Nachteil der hier aufgeführten Methoden o.g. Studien ist die Vermessung nur im zweidimensionalen Raum und eine damit einhergehende Ungenauigkeit.

Lenhard et al. (42) untersuchte via postpartaler CT-Vermessung, ob Vorhersagen über eine Dystokie aufgrund von CPD getroffen werden können. Die Studie zeigte, dass der sagittale mittlere Beckendurchmesser eine Vorhersage ermöglicht (42). Nachteile in der Wahl der CT-Bildgebung ist die Strahlenbelastung, sowie in der hier betrachteten Methodik die Verwendung eines nur zweidimensionalen Parameters.

In der MVPelviStudie erfolgte eine dreidimensionale Vermessung auf der Basis einer CT-Untersuchung. Die Stärke hierbei liegt in der Erhebung und Vermessung der kompletten dreidimensionalen Beckenform, die allein in einer einfachen Röntgen-, MRT- oder CT-

Untersuchung des Beckens nicht darstellbar ist. Nachteile sind der zeitliche Aufwand und die hohe Strahlenbelastung der CT.

In zukünftigen Vermessungen könnte man sich, etwa im Hinblick auf das Zeitmanagement, auf die Landmarks des Beckeneingangs beschränken, da diese die für einige Fragestellungen relevanteren Maße darstellen. Die Rekonstruktion und Vermessung des gesamten Beckens dauert ca. 3-4 Stunden durch eine geübte Person. Diese Prozedur ist sehr zeitaufwändig und erfordert hohe Konzentration und damit ist diese Methode aktuell nicht für den klinischen Alltag verfügbar und umsetzbar. Es ist jedoch zweifelsfrei zu erwarten, dass die Erfassung der validierten Parameter mit Methoden der Künstlichen Intelligenz automatisiert werden kann und damit das geschilderte zeitaufwändige Verfahren erheblich vereinfacht werden kann.

Aufgrund der geringeren Strahlenbelastung wäre die Bildgebung via MR die Methode der Wahl in dieser Patientinnen-Gruppe. In der MVPelviStudie wurde als Bildgebungstool die CT verwendet, da diese Untersuchungsmethode im klinischen Alltag häufiger und schneller angewendet wird und daher rasch ein großer Datensatz kreiert werden konnte. Eine 3D-Vermessung des Beckens via MR könnte unter anderem für Frauen, die nach einer vorangegangenen Sectio caesarea eine vaginale Geburt erwägen, unterstützend für die Entscheidungsfindung sein. Man könnte so herausfinden, ob die vorherige Sectio caesarea mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine CPD zurückzuführen ist und damit den passenden Geburtsmodus auch für zukünftige Geburten wählen. (1)

4.2 Übertragbarkeit auf die Gesamtbevölkerung

Es ist zu beobachten, dass aufgrund der Rekrutierung in einem deutschen Klinikum unter den insgesamt 65 Patientinnen 63 Frauen europäischer Herkunft waren und lediglich jeweils eine Frau aus Südamerika und eine aus Afrika stammte. Beide dieser Frauen hatten eine spontane Geburt. Dies zeigt, dass wir bei der Betrachtung der Kohorte eher eine europäische Population hinsichtlich unserer Fragestellungen untersuchen und die Ergebnisse nicht auf die gesamte Weltbevölkerung bezogen werden können.

Limitierend ist sicherlich auch die Größe der Gruppe „Sectio caesarea“, da nur sechs Frauen in der Population ausschließlich Geburten mit Sectiones vorzuweisen hatten bei einer Population von insgesamt 75 Frauen. Dies könnte einerseits daran liegen, dass die Sectio-Rate in der stärker vertretenen Gruppe, der vor 1990 geborenen Kinder, deutlich geringer war. Andererseits waren die Einschlusskriterien sehr strikt gewählt, indem Frauen, die sowohl eine vaginale Geburt als auch eine Sectio caesara hatten ausgeschlossen wurden, ebenso wie Frauen, die ausschließlich Geburten vor der 37.SSW hatten (1).

Die gesamte Kohorte der MVPelviStudie wird am Ende eine Populationsgröße von über 200 Frauen umfassen. Darunter sind bisher 21 Frauen der Sectio-Gruppe zuzuordnen. Dies ist eine ausreichende Größe, um Unterschiede zwischen Beckenmaßen von Frauen mit

ausschließlich Sectiones und Frauen mit vaginalen Geburten zu detektieren, im Vergleich zu den Populationsgrößen anderer Studien, wie z.B. mit Frémondrière et al. (59) oder Korhonen et al. (43). (1)

Die Studienpopulation bei Frémondrière et al. (59) umfasste 114 schwangere Frauen, bei denen jeweils diverse Beckenvariablen und fötale Maße erhoben wurden. Per Sectio caesarea haben davon 25 entbunden, 38 Frauen gebären mit instrumenteller Hilfeleistung und 51 hatten eine spontane vaginale Geburt. Ziel der Studie war es eine Vorhersage über die Wahrscheinlichkeit einer Sectio caesarea bzw. instrumenteller Hilfeleistung bei Geburt zu treffen (59). Die Populationsgröße bei Korhonen et al. (43) umfasste 274 Frauen, von denen 32 Frauen via Sectio caesarea aufgrund eines Geburtsstillstandes entbunden haben. Die Studie beschäftigte sich wie oben bereits erwähnt mit der Anwendung des fetalen Beckenindex (43).

Der Vergleich mit den Populationsgrößen der beiden Studien und der jeweiligen Anzahl an Sectiones zeigt, dass die Kohorte in der MVPelviStudie am Ende der Rekrutierung ausreichend groß ist, um aussagekräftige Ergebnisse zu liefern.

4.3 Betrachtung der Geburtenziffer

Laut statistischem Bundesamt betrug die Geburtenziffer oder durchschnittliche Kinderzahl, d.h. die Anzahl an Kindern, die eine Frau in Deutschland zwischen dem 15. und 49. Lebensjahr im Durchschnitt zur Welt bringt, im Jahr 2022 bei 1,46 (60, 61). Die Geburtsjahre der Kinder in der hier betrachteten Studie lagen zwischen dem Jahr 1959 und 2006. Für einen Vergleich der Daten aus der MVPelviStudie mit der vom statistischen Bundesamt erhobenen durchschnittlichen Geburtenziffer muss man also auch die Geburtenziffern früherer Jahre betrachten.

In der Nachkriegszeit gebar eine Frau in Deutschland im Durchschnitt 2,5 Kinder, woraufhin die Geburtenziffer seit den 1960er Jahren stetig sank, um in der Mitte der 1980er Jahre ein Tief in Westdeutschland bei 1,3 Kindern pro Frau zu erreichen. Im Jahr 1990 lag die durchschnittliche Geburtenziffer bei 1,45, wohingegen sie im Jahr 2000 erneut auf 1,38 Kinder je Frau sank. (62)

In der hier betrachteten Studie lag in der gesamten Population die Geburtenziffer bei durchschnittlich 1,85. Damit lag diese auf den gesamten betrachteten Zeitraum von 1959 bis 2006 gerechnet niedriger als im bundesweiten Durchschnitt bis in die 1960er Jahre, aber höher als im bundesweiten Durchschnitt seit den 1970er Jahren. (63)

4.4 Betrachtung der Gruppe „Sectio caesarea“

Die hier betrachtete Population umfasste Frauen, die zum Zeitpunkt der Rekrutierung mindestens 50 Jahre alt waren und die Kinder im Zeitraum zwischen 1959 und 2011 gebären.

In dieser Zeit war die Sectio-Rate in Deutschland wesentlich geringer als sie es heute ist. (64)

Die deutschlandweite Sectio-Rate lag im Jahr 2014 bei 31,8 %. Im Jahr 1991 lag diese bei 15,3%. (65) Die Sectio-Rate der hier betrachteten Population betrug insgesamt 16,8% (n=75), was in etwa der Rate von 16,5%, die im Jahr 1980 in den USA erreicht wurde, entspricht. (64, 66, 67)

Jedoch wurden bei der hier vorliegenden Studie enge Auswahlkriterien für die Einteilung in die Gruppe Sectio caesarea vorgenommen. Es wurde versucht durch das Ausschließen von Frühgeburten und von Frauen, die sowohl vaginale Geburten als auch Sectiones hatten vor allem die Sectiones aufgrund von CPD zu extrahieren.

Die 37. Schwangerschaftswoche (37+0SSW) definiert das Ende der Bezeichnung des Kindes als Frühgeborenes (68). Es kommt zu einer erschwerten Vergleichbarkeit mit reif geborenen Kindern aufgrund der durchschnittlich geringeren Größe und Gewichts der Frühgeborenen. Sectiones bei Frühgeborenen werden außerdem oft auch aufgrund einer kindlichen Indikation, etwa um die körperlichen Belastungen einer vaginalen Geburt zu vermeiden, und nicht aufgrund einer CPD durchgeführt (69). Wir schlossen also alle Frauen mit einer Sectio caesarea vor der 37. Schwangerschaftswoche aus der Sectio-Gruppe aus.

Sectiones aufgrund anderer Indikationen als einer CPD hätten zu einer Schwächung des Effekts im Gruppenvergleich geführt. Außerdem wäre die Effektstärke des Vergleichs der verschiedenen Beckeneingangsflächen vermutlich stärker ausgefallen, hätte man nur Sectiones aufgrund einer CPD mit der Gruppe „vaginale Geburt“ verglichen. Die Sectio-Indikation CPD ist jedoch Jahre nach den Geburten anamnestisch nicht mehr in allen Fällen sicher zu erheben. Da aber trotzdem eine signifikante Differenz gefunden wurde, kann davon ausgegangen werden, dass diese morphologischen Unterschiede der Beckeneingangsfläche zwischen Frauen, die vaginal entbunden haben versus Frauen mit einer Sectio caesarea entscheidend sind für das Outcome der Geburt. (1)

In unserer Population betrug die Sectio-Rate vor 1990 12,7% (n=9) und danach 8% (n=2). Anders als im deutschlandweiten Vergleich (65) wächst hier die Rate also nicht stetig an. Allerdings muss man hierbei die kleine Populationsgröße beachten. Ein Grund für die fallende Sectio-Rate der betrachteten Population ist, dass hier nur Frauen ab dem 50. Lebensjahr eingeschlossen wurden. Dies wiederum bedeutet, dass die meisten Kinder vor den 1990er Jahren geboren wurden und nur sehr wenige danach bzw. in den 2000er Jahren. Für eine Betrachtung der Sectio-Raten im Vergleich vor und nach den 1990er Jahren wäre eine andere Altersverteilung der Mütter nötig, man müsste auch jüngere Frauen mit noch nicht abgeschlossenem Kinderwunsch und Kinderplanung einschließen und es sollte gegebenenfalls eine größere Studienpopulation untersucht werden.

4.5 Betrachtung der Gruppe „keine Kinder“

In der Studienpopulation waren 13 Frauen kinderlos, was 20% aller auswertbarer Studienteilnehmerinnen ausmacht. Wichtig bei einem Vergleich mit den Daten des statistischen Bundesamts ist ein Vergleich mit Frauen, die sich am Ende bzw. nach Abschluss der fertilen Phase befinden. In der MVPelviStudie werden Frauen ab dem 50. Lebensjahr eingeschlossen, d.h. in der Regel Frauen nach Abschluss der Kinderplanung bzw. mit einer finalen Kinderlosigkeit. Laut statistischem Bundesamt hielt sich die Kinderlosenquote der Frauen am Ende der fertilen Phase in den letzten Jahren stabil bei ca. 20% (70).

Laut Statistischem Bundesamt ist für die durchschnittliche Kinderzahl der Bildungsstand der Frauen ausschlaggebend. Im Vergleich zu Nichtakademikerinnen sind Frauen mit akademischem beruflichen Bildungsabschluss, worunter ein Bachelor-, Master-, Diplomabschluss oder eine Promotion zählen, häufiger kinderlos. Außerdem gibt es Unterschiede zwischen Ost- und Westdeutschland. Die Quote in Ostdeutschland betrug für Frauen am Ende der fertilen Phase im Jahr 2022 13%, in Westdeutschland hingegen fiel diese mit 21% deutlich höher aus. (70)

Einen Vergleich mit unserer Studienpopulation zu ziehen, stellt sich als schwierig dar, da keine Unterscheidung in Ost- und Westdeutschland vorgenommen wurde. Es kann zwar davon ausgegangen werden, dass der Großteil der rekrutierten Studienteilnehmerinnen wohnhaft in Bayern ist oder war und damit Westdeutschland zuzuordnen ist. Zudem wurde zwar eine Angabe des Bildungsabschlusses erfragt, jedoch zum einen nicht mit derselben Unterteilung wie die des statistischen Bundesamtes (70). Zum anderen fehlte bei vielen Teilnehmerinnen eine Angabe, sodass keine sinnvolle Auswertung erfolgen kann.

4.6 Ergebnisse und Ausblick

Für die Auswertung der Daten wurde die Beckeneingangsebene betrachtet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Beckeneingangsflächen der Sectio-Gruppe im Durchschnitt 4% kleiner waren als die der Gruppe mit vaginaler Entbindung. Wie bereits in anderen Studien belegt (71, 72), zeigten auch die hier betrachteten Studienteilnehmerinnen eine positive Korrelation zwischen Körpergröße und der Größe des Beckeneingangs. Dies wiederum bedeutet, dass kleinere Frauen mit durchschnittlich kleineren Beckeneingängen eher dazu tendieren als Geburtsmodus eine Sectio caesarea zu haben. Verschiedene Studien haben Belege gefunden, dass die Körpergröße und die Wahrscheinlichkeit einer Sectio caesarea korrelieren miteinander (73, 74). Marbaniang et al. konnten an einem Datensatz aus Indien zeigen, die Wahrscheinlichkeit einer Sectio caesarea mit zunehmender Körpergröße der Mutter signifikant abnimmt (74). Auch Merchant et al. konnte in ihrer Studie einen Zusammenhang zwischen einer kleinen Körpergröße der Mutter und einem erhöhten Risiko für intrapartale Kaiserschnitte feststellen (73).

Es handelt sich hier jedoch lediglich um Wahrscheinlichkeiten, die keine Vorhersagen hinsichtlich des künftigen Geburtsmodus anhand der Körpergröße der Mutter zulassen.

Das durchschnittliche knöcherne Becken bzw. die durchschnittlichen Maße des Beckeneingangs sind der einzige Teil des menschlichen Körpers, der beim weiblichen Geschlecht absolut größer ist als bei Männern. Es zeigte sich, dass die Fläche des weiblichen Beckeneingangs durchschnittlich 11% größer ist (75). Ein Vergleich der Ergebnisse mit einer Männer-Vergleichsgruppe wäre in einer Erweiterung der MVPelviStudie interessant. Hieraus könnte man eine Aussage über den Sexualdimorphismus zwischen Männern und Frauen hinsichtlich einer Gestaltvariation des gesamten knöchernen Beckens, insbesondere des Beckeneingangs, untersuchen. Darüber hinaus könnte die Fragestellung untersucht werden, ob eine Beckenbodenschwäche mit der Beckenform korrelieren könnte. Hierbei sollte sowohl bei den Studienteilnehmern die Frage nach einer Beckenbodenschwäche im Mittelpunkt stehen, sowie bei Männern zusätzlich nach einer erektilen Dysfunktion.

Der Vergleich der Beckeneingangsflächen und der verschiedenen Geburtsmodi zeigt einen Zusammenhang und ist damit relevant. Im Gegensatz zur gesamten Beckenform, bei der bisher kein Unterschied detektiert werden konnte. Bisher fand noch keine gesonderte Betrachtung der Beckenmitte oder der Beckenausgangsebene statt. Vermutlich ist die Beckeneingangsfläche entscheidender für den Geburtsmodus als die Beckenform als Ganzes. (1)

In der MVPelviStudie wurde der Schwerpunkt allein auf den Effekt der Maße des knöchernen Beckens auf den Geburtsmodus gelegt. Jedoch gibt es viele andere Auswirkungen, die über eine erfolgreiche vaginale Geburt entscheiden, z.B. fetale Maße wie Größe bei Geburt oder Kopfumfang, die Stärke und Frequenz der Kontraktionen des Uterus in der Austreibungsphase oder auch die Stabilität von muskulären bzw. bindegewebigen Anteilen des Beckenbodens (1, 76, 77). Man müsste also einen Zusammenhang zwischen allen Variablen untersuchen, um zu einer endgültigen Antwort zu kommen bzgl. der Frage, wie viel Einfluss die Beckenmaße tatsächlich auf eine erfolgreiche vaginale Geburt nehmen. Letztendlich ist der Geburtsvorgang ein dynamischer, multifaktorieller Vorgang und kann nicht über eine alleinige morphologische Variable vorhergesagt werden. (1)

Bisherige Hypothesen könnten in Zukunft anhand der MVPelviStudie überprüft werden und neue Erkenntnisse gewonnen werden. Zukünftige Studien könnten sich mit der Festlegung von Cut-Off-Werten befassen, welche Beckenmaße nötig sind, um eine vaginale Geburt zu ermöglichen bzw. welche Beckenmaße zu klein für eine vaginale Geburt sind (1). In der hier betrachteten Population haben alle Frauen mit Beckeneingangsflächen von unter 110cm^2 nur per Sectio caesarea geboren. Frauen mit Maßen größer als 149cm^2 haben nur vaginal geboren (siehe Abb. 32). Jedoch muss man die Generalisierbarkeit der hier bzw. in der gesamten MVPelviStudie erlangten Ergebnisse kritisch hinterfragen: Aufgrund der kleinen Populationsgröße, insbesondere der Gruppe „Sectio caesarea“ und einer fast ausschließlichen Vertretung europäischer Frauen, kann nicht auf die Gesamtheit der Menschheit

geschlossen werden. Generelle Aussagen könnten allenfalls nach Prüfung der Methode an größeren Populationen und mit Testung potenzieller Cut-Off-Werte getroffen werden. (1)

Während das manuelle Vermessen der Becken sehr zeitaufwändig ist, könnte über das Nutzen von künstlicher Intelligenz (KI) diese Methode weiterentwickelt werden. Man könnte dadurch höhere Präzision, geringeren Zeitaufwand und eine bessere Verlässlichkeit durch Beständigkeit erreichen. So könnte die Methode zukünftig im klinischen Alltag bei präpartalen MR-Untersuchungen standardmäßig angewendet werden.

Des Weiteren ist diese Methode ein wertvolles Tool für weitere morphologische und evolutionsbiologische Betrachtungen des Beckens. Die Untersuchung weiterer Beckenräume neben der Beckeneingangsebene, die sich potenziell auf den Geburtsmodus auswirken, kann in zukünftigen Studien an dem Datensatz erfolgen.

Literaturverzeichnis

1. Starrach T, Schmidhuber L, Elger L, Franz M, Buechel J, Hübener C, et al. Pelvic inlet area is associated with birth mode. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 2022.
2. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. *Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem* 2007.
3. Weyerstahl T SM. *Duale Reihe Gynäkologie und Geburtshilfe* [online e-book]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013 [cited 2021 25.06.]. Available from: https://eref-thieme-de.emedien.uni-muenchen.de/ebooks/pdf/937361/149490104_006_005_003.pdf.
4. DeSilva JM, Rosenberg KR. Anatomy, Development, and Function of the Human Pelvis. *The Anatomical Record*. 2017;300(4):628-32.
5. Dolea C, Abouzahr C. Global burden of obstructed labour in the year 2000. *Evidence and Information for Policy*. 2000.
6. Wells JC. The New "Obstetrical Dilemma": Stunting, Obesity and the Risk of Obstructed Labour. *Anat Rec (Hoboken)*. 2017;300(4):716-31.
7. Wall LL. Obstetric vesicovaginal fistula as an international public-health problem. *Lancet*. 2006;368(9542):1201-9.
8. Hallock JL, Handa VL. The Epidemiology of Pelvic Floor Disorders and Childbirth: An Update. *Obstet Gynecol Clin North Am*. 2016;43(1):1-13.
9. Murray CJL, Lopez AD, World Health O, World B, Harvard School of Public H. *The Global burden of disease : a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020 : summary / edited by Christopher J. L. Murray, Alan D. Lopez*. Geneva: World Health Organization; 1996.
10. van Ierberghe W, Debrouwere V. Reducing maternal mortality in a context of poverty. *Safe motherhood strategies: a review of the evidence*. 2001;17.
11. Neilson JP, Lavender T, Quenby S, Wray S. Obstructed labour. *Br Med Bull*. 2003;67:191-204.
12. Pavličev M, Romero R, Mitteroecker P. Evolution of the human pelvis and obstructed labor: new explanations of an old obstetrical dilemma. *Am J Obstet Gynecol*. 2020;222(1):3-16.
13. Schultz AH. *The life of primates* [by] Adolph H. Schultz. London: Weidenfeld & Nicolson; 1969.
14. Alberman E. Are our babies becoming bigger? *J R Soc Med*. 1991;84(5):257-60.
15. MacKay DF, Smith GC, Dobbie R, Pell JP. Gestational age at delivery and special educational need: retrospective cohort study of 407,503 schoolchildren. *PLoS Med*. 2010;7(6):e1000289.
16. Wells JCK. Between Scylla and Charybdis: renegotiating resolution of the 'obstetric dilemma' in response to ecological change. *Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B, Biological sciences*. 2015;370(1663):20140067-.
17. Dunsworth HM, Warrener AG, Deacon T, Ellison PT, Pontzer H. Metabolic hypothesis for human altriciality. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2012;109(38):15212-6.
18. Grunstra NDS, Zachos F, Herdina AN, Fischer B, Pavlicev M, Mitteroecker P. Humans as inverted bats: A comparative approach to the obstetric conundrum. *American Journal of Human Biology*. 2019;31.
19. Washburn SL. Tools and human evolution. *Sci Am*. 1960;203:63-75.
20. Warrener AG, Lewton KL, Pontzer H, Lieberman DE. A wider pelvis does not increase locomotor cost in humans, with implications for the evolution of childbirth. *PLoS One*. 2015;10(3):e0118903.
21. Wall-Scheffler CM, Myers MJ. The Biomechanical and Energetic Advantages of a Mediolaterally Wide Pelvis in Women. *Anat Rec (Hoboken)*. 2017;300(4):764-75.
22. Whitcome KK, Miller EE, Burns JL. Pelvic Rotation Effect on Human Stride Length: Releasing the Constraint of Obstetric Selection. *Anat Rec (Hoboken)*. 2017;300(4):752-63.
23. Abitbol MM. Evolution of the ischial spine and of the pelvic floor in the hominoidea. *American Journal of Physical Anthropology*. 1988;75(1):53-67.
24. Meiri S, Dayan T. On the validity of Bergmann's rule. *Journal of Biogeography*. 2003;30(3):331-51.
25. Bergmann C. *Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Größe* 1848.
26. Mayr E. GEOGRAPHICAL CHARACTER GRADIENTS AND CLIMATIC ADAPTATION. *Evolution*. 1956;10(1):105-8.
27. Fischer B, Mitteroecker P. Covariation between human pelvis shape, stature, and head size alleviates the obstetric dilemma. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(18):5655-60.

28. Mitteroecker P, Huttegger SM, Fischer B, Pavlicev M. Cliff-edge model of obstetric selection in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016;113(51):14680-5.
29. Mitteroecker P, Windhager S, Pavlicev M. Cliff-edge model predicts intergenerational predisposition to dystocia and Caesarean delivery. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017;114(44):11669-72.
30. Boulet SL, Alexander GR, Salihu HM, Pass M. Macrosomic births in the united states: determinants, outcomes, and proposed grades of risk. *Am J Obstet Gynecol*. 2003;188(5):1372-8.
31. Wells JC, DeSilva JM, Stock JT. The obstetric dilemma: an ancient game of Russian roulette, or a variable dilemma sensitive to ecology? *Am J Phys Anthropol*. 2012;149 Suppl 55:40-71.
32. Huseynov A, Zollikofer CP, Coudyzer W, Gascho D, Kellenberger C, Hinzpeter R, et al. Developmental evidence for obstetric adaptation of the human female pelvis. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016;113(19):5227-33.
33. Zhang G, Bacelis J, Lengyel C, Teramo K, Hallman M, Helgeland Ø, et al. Assessing the Causal Relationship of Maternal Height on Birth Size and Gestational Age at Birth: A Mendelian Randomization Analysis. *PLoS Med*. 2015;12(8):e1001865.
34. Osche PDGN, Ingo; Paulus, Prof. Dr. Hannes Sexualdimorphismus Lexikon der Biologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg1999 [Available from: <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/sexualdimorphismus/61291>].
35. Brown KM, Handa VL, Macura KJ, DeLeon VB. Three-dimensional shape differences in the bony pelvis of women with pelvic floor disorders. *Int Urogynecol J*. 2013;24(3):431-9.
36. Campeau L, Gorbachinsky I, Badlani GH, Andersson KE. Pelvic floor disorders: linking genetic risk factors to biochemical changes. *BJU Int*. 2011;108(8):1240-7.
37. Radeleff B KG. Röntgendiagnostik. Kaufmann G SR, Weber W, editor. Urban & Fischer Verlag: Elsevier GmbH, München; 2011.
38. Hofmeyr GJ. Obstructed labor: using better technologies to reduce mortality. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*. 2004;85(S1):S62-S72.
39. Mengert WF. Estimation of pelvic capacity. *J Am Med Assoc*. 1948;138(3):169-74.
40. Friedman EA, Taylor MB. A modified nomographic aid for x-ray cephalopelvimetry. *Am J Obstet Gynecol*. 1969;105(7):1110-5.
41. Zaretsky MV, Alexander JM, McIntire DD, Hatab MR, Twickler DM, Leveno KJ. Magnetic resonance imaging pelvimetry and the prediction of labor dystocia. *Obstet Gynecol*. 2005;106(5 Pt 1):919-26.
42. Lenhard MS, Johnson TR, Weckbach S, Nikolaou K, Friese K, Hasbargen U. Pelvimetry revisited: analyzing cephalopelvic disproportion. *Eur J Radiol*. 2010;74(3):e107-11.
43. Korhonen U, Taipale P, Heinonen S. Fetal pelvic index to predict cephalopelvic disproportion – a retrospective clinical cohort study. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. 2015;94(6):615-21.
44. Franz M, von Bismarck A, Delius M, Ertl-Wagner B, Deppe C, Mahner S, et al. MR pelvimetry: prognosis for successful vaginal delivery in patients with suspected fetopelvic disproportion or breech presentation at term. *Arch Gynecol Obstet*. 2017;295(2):351-9.
45. Reynolds Herbert M. CSC, Young Joseph W. Spatial Geometry of the Human Pelvis 1982.
46. Fischer B, Mitteroecker P. Allometry and Sexual Dimorphism in the Human Pelvis. *Anat Rec (Hoboken)*. 2017;300(4):698-705.
47. Waltenberger L, Pany-Kucera D, Rebay-Salisbury K, Mitteroecker P. The association of parturition scars and pelvic shape: A geometric morphometric study. *Am J Phys Anthropol*. 2021;174(3):519-31.
48. Gunz P, Mitteroecker P. Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*. 2013;24(1):103-9.
49. Slice D. Modern Morphometrics in Physical Anthropology 2005.
50. Baessler K, Kempkensteffen C. [Validation of a comprehensive pelvic floor questionnaire for the hospital, private practice and research]. *Gynakol Geburtshilfliche Rundsch*. 2009;49(4):299-307.
51. contributors BaDS. 3 D Slicer 2020 [cited 2020. Available from: <https://www.slicer.org/>].
52. Fedorov A, Beichel R, Kalpathy-Cramer J, Finet J, Fillion-Robin J-C, Pujol S, et al. 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network. *Magnetic resonance imaging*. 2012;30(9):1323-41.
53. Corporation S. Stratovan Checkpoint 2020 [cited 2020. Available from: <https://www.stratovan.com/products/checkpoint>].
54. Gower JC. Generalized procrustes analysis. *Psychometrika*. 1975;40(1):33-51.
55. Gunz P, Mitteroecker P, Bookstein F. Semilandmarks in Three Dimensions. 2005. p. 73-98.

56. Good P. *Permutation Tests: A Practical Guide to Resampling Methods for Testing Hypotheses*: Springer New York; 2013.
57. Starrach T, Schmidhuber L, Elger L, Franz M, Buechel J, Hübener C, et al. Pelvic inlet area is associated with birth mode. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*.n/a(n/a).
58. Pattinson RC, Cuthbert A, Vannevel V. Pelvimetry for fetal cephalic presentations at or near term for deciding on mode of delivery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017;3(3):Cd000161.
59. Frémondrière P, Thollon L, Adalian P, Delotte J, Marchal F. Which Foetal-Pelvic Variables Are Useful for Predicting Caesarean Section and Instrumental Assistance? *Med Princ Pract*. 2017;26(4):359-67.
60. Statistisches Bundesamt D. Geburtenziffer 2023 [cited 2023 08/12]. Available from: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Glossar/geburtenziffer.html>.
61. Statistisches Bundesamt D. Zusammengefasste Geburtenziffer nach Kalenderjahren 2023 [updated 07/21/2023; cited 2023 08/12]. Available from: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Geburten/Tabellen/geburtenziffer.html>.
62. Statistisches Bundesamt D. Wie veränderte sich die zusammengefasste Geburtenziffer zwischen 1950 und 2012? 2023 [cited 2023 08/12]. Available from: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Geburten/FAQ/geburtenziffer1950bis2012.html#:~:text=Danach%20stieg%20die%20zusammengefasste%20Geburtenziffer,für%20Familien%20mit%20Kindern%20entgegen>.
63. Bevölkerungsforschung Bf. Zusammengefasste Geburtenziffer in West- und Ostdeutschland (1945-2021) 2023 [cited 2023 08/12]. Available from: <https://www.bib.bund.de/DE/Fakten/Fakt/F09-Zusammengefasste-Geburtenziffer-West-Ost-ab-1945.html>.
64. Antoine C, Young BK. Cesarean section one hundred years 1920-2020: the Good, the Bad and the Ugly. *J Perinat Med*. 2020;49(1):5-16.
65. (DGGG) DGfGuGeV. S3 Leitlinie Die Sectio caesarea AWMF online2020 [updated 01.06.2020; cited 2023 06/03]. Version 1.1:[Available from: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/015-084>.
66. Hamilton BE, Martin JA, Osterman M, Driscoll AK, Rossen LM. Vital statistics rapid release. *Birth*. 2019;35:39.
67. Taffel SM, Placek PJ. Complications in cesarean and non-cesarean deliveries: United States, 1980. *American Journal of Public Health*. 1983;73(8):856-60.
68. Goerke K. Frühgeburt Pschyrembel online: Pschyrembel online; 2020 [cited 2021 08/22].
69. Frühgeburt vor 32 Schwangerschaftswochen: Ist der Kaiserschnitt gerechtfertigt? *Z Geburtshilfe Neonatol*. 2021;225(06):462-3.
70. Statistisches Bundesamt D. Kinderlosigkeit und Mutterschaft 2022 [cited 2023 08/12]. Available from: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Geburten/kinderlosigkeit-und-mutterschaft.html?nn=208824#die%20endgueltige%20kinderlosenquote%20im%20alter%20zwischen%2045%20und%2049%20Jahren%20beträegt%20seit%202012%20unverändert%2020%20%>.
71. BENJAMIN SJ, DANIEL AB, KAMATH A, RAMKUMAR V. Anthropometric measurements as predictors of cephalopelvic disproportion. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. 2012;91(1):122-7.
72. Tague RG. Do big females have big pelves? *Am J Phys Anthropol*. 2000;112(3):377-93.
73. Merchant KM, Villar J, Kestler E. Maternal height and newborn size relative to risk of intrapartum caesarean delivery and perinatal distress. *Bjog*. 2001;108(7):689-96.
74. Marbaniang SP, Lhungdim H, Chaurasia H. Effect of maternal height on the risk of caesarean section in singleton births: evidence from a large-scale survey in India. *BMJ Open* [Internet]. 2022 2022/01//; 12(1):[e054285 p.]. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/34987043>
75. Fischer B, Grunstra NDS, Zaffarini E, Mitteroecker P. Sex differences in the pelvis did not evolve de novo in modern humans. *Nature Ecology & Evolution*. 2021;5(5):625-30.
76. Liao JB, Buhimschi CS, Norwitz ER. Normal labor: mechanism and duration. *Obstet Gynecol Clin North Am*. 2005;32(2):145-64, vii.
77. Davenport MH, Ruchat SM, Sobierajski F, Poitras VJ, Gray CE, Yoo C, et al. Impact of prenatal exercise on maternal harms, labour and delivery outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2019;53(2):99-107.

Anhang A: Geburtshilflicher und urogynäkologischer Fragebogen

Liebe Patientin,

wir möchten mehr über Ihre Symptome und deren Auswirkung auf Ihr Leben erfahren. Bitte füllen Sie diesen Fragebogen so genau wie möglich aus.

Wenn Sie Fragen zu diesem Fragebogen haben, können Sie diese direkt stellen.

Ihre Teilnahme ist natürlich freiwillig. Ihre Daten werden pseudonymisiert. Ihre Daten und Angaben werden stets vertraulich behandelt, die ärztliche Schweigepflicht wird selbstverständlich eingehalten.

Haben Sie herzlichen Dank für Ihre Kooperation.

Fragebogen-Erheber: _____

CT-Indikation: _____

Allgemeines

Name _____

Email (für eventuelle weitere Rückfragen) _____

Telefonnummer _____

Geburtsdatum _____

Herkunft

Europa Arabien Südamerika Afrika West-Asien Südost-Asien

sonstiges:

Größe _____

Gewicht _____

Kopfumfang _____

Wie viele Kinder haben Sie geboren? _____

Davon lebende Kinder: _____ (Todesdatum: _____)

Falls **0**, gehen Sie **weiter auf Seite 4**.

Daten zur Geburt

Haben Sie Ihren Mutterpass noch? ja nein

	Kind 1	Kind 2	Kind 3	Kind 4
Geburtsdatum				
Höchster Schulabschluss des Kindes				
Höchster Schulabschluss der Mutter				
Geburtsklinik				
Schwangerschaftswoche am Geburtstermin, Frühgeburt				
Geburtsmodus: Spontangeburt, Geburt mit Saugglocke oder Zange, Kaiserschnitt				
<i>Indikation</i> Falls Saugglocke, Zange oder Kaiserschnitt: warum?				
Anästhesie (Periduralanästhesie PDA, Spinalanästhesie, Vollnarkose)				
Geburtsdauer (ab Wehenbeginn)				
Lage des Kindes bei Geburt Schädellage (Kopf zuerst), wenn ja, Sterngucker? Steißgeburt (Po zuerst)				
Geburtsverletzung/en (Dammschnitt, Dammriss, Scheidenriss, Schamlippenriss)				
Stationäre Aufenthaltsdauer der Mutter nach Geburt				
Intensivstationsaufenthalt des Kindes nach Geburt, Wenn ja, wie lange?				
Langzeitfolgen beim Kind				
Langzeitfolgen bei der Mutter				

<i>Kindliche Daten bei Geburt</i>	Kind 1	Kind 2	Kind 3	Kind 4
Geschlecht				
Gewicht				
Größe/Länge				
Kopfumfang				
pH				
APGAR				
Nach 1min				
Nach 5min				
Nach 10min				

1. Rauchen Sie?

- ja
- nein

Wenn ja, wie viele Zigaretten pro Tag und seit wann?

= _____ packyears

2. Treiben Sie Sport?

- ja
- nein

Wenn ja, wie viele Stunden pro Woche

Welche Sportart(en)?

3. Wurden bei Ihnen bereits Operationen im Beckenbereich durchgeführt?

(z.B. gynäkologische/ urologische; insbes. Inkontinenz-OPs: via abdominal, vaginal, transurethral?)

- ja
- nein

Wenn ja, welche? _____

4. Haben Sie schon mal ein Beckentrauma erlitten?

- ja
- nein

Wenn ja, wann? _____

Welches? _____

5. Leiden Sie an einer der folgenden Erkrankungen?

Chronische Obstipation/Häufige Verstopfung

- ja
- nein

Bindegewebsschwäche,

z.B. Marfan-Syndrom

- ja
- nein

Diabetes mellitus

- ja, seit _____
- nein

Multiple Sklerose

- ja
- nein

Morbus Parkinson

- ja
- nein

Chronischer Husten (COPD, Asthma)

- ja
- nein

Erkrankung der Lendenwirbelsäule (= der unteren Wirbelsäule)

- ja
- nein

6. Nehmen Sie eine der folgenden Medikamentengruppen ein?

Anticholinergika

(muskelentspannend, zur Behandlung von COPD, überaktiver Blase, M. Parkinson

z.B. Atropin, Butylscopolamin, Ipratropiumbromid, Biperiden)

- ja, folgende: _____
- nein

Calciumantagonisten

(zur Behandlung von Bluthochdruck, koronarer Herzkrankheit und Herzrhythmusstörungen,

z.B. Verapamil, Diltiazem, Nifedipin)

- ja, folgende: _____
- nein

Antidepressiva

(zur Behandlung von Depressionen oder Schlaf-, Zwangsstörungen, Panikattacken, chronische Schmerzen,

z.B. Citalopram, Fluoxetin, Amitriptylin, Desipramin, Doxepin, Mirtazapin)

- ja, folgende: _____
- nein

Diuretika

(zur vermehrten Ausschwemmung von Urin,

z.B. Furosemid, Hydrochlorothiazid, Amilorid, Spironolacton, Acetazolamid)

- ja, folgende: _____
- nein

Deutscher Beckenbodenfragebogen

Bei den folgenden Fragen handelt es sich um einen standardisierten Fragebogen zur Beckenbodenschwäche bezogen auf die Kategorien Blasenfunktion, Darmfunktion, Deszensus Symptome und Sexualfunktion.

(siehe „deutscher Beckenbodenfragebogen“ von Baessler und Kempkensteffen 2009)

Bitte beantworten Sie die untenstehenden Fragen in Bezug auf

Ihr Befinden in den **vergangenen VIER Wochen**.

Blasen-Funktion

1. Wie häufig lassen Sie Wasser am Tage?

- bis zu 7
- zwischen 8 und 10
- zwischen 11 und 15
- mehr als 15

2. Wie häufig stehen Sie in der Nacht auf, weil Sie Urin lassen müssen?

- 0–1
- 2
- 3
- mehr als 3

3. Verlieren Sie Urin während Sie schlafen?

- niemals
- manchmal (z.B. weniger als einmal pro Woche)
- häufig (z.B. einmal oder mehr pro Woche)
- meistens – täglich

4. Ist der Harndrang so stark, dass Sie sofort zur Toilette eilen müssen?

- niemals
- manchmal (z.B. weniger als einmal pro Woche)
- häufig (z.B. einmal oder mehr pro Woche)
- meistens – täglich

5. Verlieren Sie Urin, bevor Sie die Toilette erreichen?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

6. Verlieren Sie Urin beim Husten, Niesen, Lachen oder Sport?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

7. Ist Ihr Harnstrahl schwach, verlangsamt oder verlängert?

- niemals

- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

8. Haben Sie das Gefühl, dass Sie Ihre Blase nicht vollständig entleeren?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

9. Müssen Sie pressen, um Urin zu lassen?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

10. Tragen Sie Vorlagen oder Binden wegen eines Urinverlustes?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

11. Schränken Sie Ihre Trinkmenge ein, um Urinverlust zu vermeiden?

- nein – niemals
- vorm Aus-dem-Haus-Gehen etc.
- ziemlich häufig
- regelmässig – täglich

12. Haben Sie Schmerzen beim Wasserlassen?

- niemals
- manchmal – weniger
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

13. Haben Sie häufig Blaseninfektionen?

- nein
- 1–3 pro Jahr
- 4–12 pro Jahr
- >1 pro Monat

14. Beeinträchtigt der Urinverlust Ihr tägliches Leben? (Einkauf, Ausgehen, Sport z.B.)

- überhaupt nicht
- ein wenig
- ziemlich
- stark

15. Wie sehr stört Sie Ihr Blasenproblem?

- nicht zutreffend – habe kein Problem
- überhaupt nicht
- ein wenig
- ziemlich
- stark

Darm-Funktion

16. Wie häufig haben Sie Stuhlgang?

- weniger als einmal Woche
- weniger als alle 3 Tage
- mehr als dreimal pro Woche oder täglich
- mehr als einmal pro Tag

17. Wie ist die Konsistenz Ihres Stuhls beschaffen?

- weich geformt
- sehr hart
- dünn/breiig
- verschieden

18. Müssen Sie beim Stuhlgang sehr stark pressen?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

19. Nehmen Sie Abführmittel ein?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- immer – täglich

Welches: _____

20. Denken Sie, dass Sie unter Verstopfung leiden?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

21. Entweichen Ihnen Winde oder Blähungen versehentlich, ohne dass Sie sie zurückhalten können?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

22. Bekommen Sie Stuhldrang, den Sie nicht zurückdrängen können?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche

- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

23. Verlieren Sie oder entweicht Ihnen versehentlich dünner Stuhl?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

24. Verlieren Sie oder entweicht Ihnen versehentlich fester Stuhl?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

25. Haben Sie das Gefühl, den Darm nicht vollständig zu entleeren?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

26. Müssen Sie die Darmentleerung mit Fingerdruck auf Scheide, Darm oder Damm unterstützen?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

27. Wie sehr stört Sie Ihr Darmproblem?

- nicht zutreffend – habe kein Problem
- überhaupt nicht
- ein wenig
- ziemlich
- stark

Senkung

28. Haben Sie ein Fremdkörpergefühl in der Scheide?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

29. Haben Sie das Gefühl, dass sich Ihr Genitale abgesenkt hat?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

32. Wie sehr stört Sie Ihre Senkung?

- nicht zutreffend – habe kein Problem
- überhaupt nicht
- ein wenig
- ziemlich
- stark

30. Müssen Sie die Senkung zurückschieben, um Wasser lassen zu können?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

31. Müssen Sie die Senkung zurückschieben zum Stuhlgang?

- niemals
- manchmal – weniger als einmal pro Woche
- häufig – einmal oder mehr pro Woche
- meistens – täglich

Sexualfunktion

33. Sind Sie sexuell aktiv?

- gar nicht
- selten
- regelmässig

Wenn Sie hier „gar nicht“ angekreuzt haben, beantworten Sie bitte nur noch **Fragen 34 und 42**.

34. Wenn Sie keinen Verkehr haben, warum nicht:

- kein Partner
- Partner impotent
- kein Interesse
- vaginale Trockenheit
- Schmerzen
- zu peinlich (z.B. wegen Inkontinenz/Senkung)
- anderes: _____

35. Wird die Scheide ausreichend feucht während des Verkehrs?

- ja
- nein

36. Wie ist das Gefühl in der Scheide während des Verkehrs?

- normal
- fühle wenig
- fühle gar nichts
- schmerzhaft

37. Denken Sie, dass Ihre Scheide zu schlaff oder weit ist?

- nein – niemals
- manchmal
- häufig
- immer

38. Denken Sie, dass Ihre Scheide zu eng oder straff ist?

- nein – niemals
- manchmal
- häufig
- immer

39. Haben Sie Schmerzen während des Verkehrs?

- nein – niemals
- selten
- meistens
- immer

40. Wo haben Sie Schmerzen während des Verkehrs?

- keine Schmerzen
- am Scheideneingang
- tief innerlich/im Becken
- beides

41. Verlieren Sie Urin beim Geschlechtsverkehr?

- nein – niemals
- manchmal
- häufig
- immer

42. Wie sehr stören Sie diese Probleme?

- nicht zutreffend – habe kein Problem
- überhaupt nicht
- ein wenig
- ziemlich
- stark

**Falls Sie noch Anmerkungen oder Fragen haben,
können Sie diese hier formulieren.**

Anhang B: Anleitung zum Setzen der 274 Landmarks

Index	Name	Description
1	Promontorium	Most ant. point of the promontorium in the median-sagittal level
2	S1 posterior body	Most post. point of the promontorium in the median-sagittal level
3	S1 lateral body L	Most left lateral point at the promontorium
4	S1 lateral body R	Most right lateral point at the promontorium
5	1st Segment Union Point	Point at the first transverse line in the median-sagittal level
6	S1 center	In the middle between the promontorium and first sacral segment point in the median-sagittal plain
7	2nd Segment Union Point	Point at the second transverse line in the median-sagittal level
8	3rd Segment Union Point	Point at the third transverse line in the median-sagittal level
9	4th Segment Union Point	Point at the fourth transverse line in the median-sagittal level; if a sacralization is present; skip the 4th segment union point and collect the 5th segment union point instead
10	Caudion	Point at the fac. sacrococcygea of the sacrum at the anterior margin in the median-sagittal level
11	Tip of coccyx	Most inferior point of the tip of the coggyx
12	Inflexion	This point is located at the intersection of the longest perpendiculars from the extreme anterior ends of the sacrum. Inflexion is a geometric point which uses S1 at the proximal end and Caudion at the distal end
13	Left lateral alar auricular point	Most posterior-superior point at the sacral sacro-iliac articulation facet
14	Left anterior alar point	Most anterior-superior point of the apex of the left sacral auricular facet; not measured at the tip of the auricular exostosis
15	Left mid alar point	This point is defined on the ant. aspect of the sacrum as the midpoint of a line on the anterior surface of the alar wing between S1 center and anterior alar point
16	Left inferior Sacro-iliac junction	A point on the anterior edge of the sacroiliac joint where the inf. Curve of the sacral articular margin intersection the anterior sacral surface
17	Right lateral alar auricular point	Most posterior-superior point at the sacral sacro-iliac articulation facet
18	Right anterior alar point	Most anterior-superior point of the apex of the left sacral auricular facet; not measured at the tip of the auricular exostosis
19	Right mid alar point	This point is defined on the ant. aspect of the sacrum as the midpoint of a line on the anterior surface of the alar wing between S1 center and anterior alar point
20	Right inferior Sacro-iliac junction	A point on the anterior edge of the sacroiliac joint where the inf. Curve of the sacral articular margin intersection the anterior sacral surface

21	Sacral canal anterior floor	The sacrum is viewed in the posterior aspect. The landmark is defined as a point on the posterior body of the first sacral vertebra at the intersection of a horizontal plane tangent to the anterior roof point of the sacral canal in the midsagittal plane
22	Sacral canal anterior roof	The most antero-superior point of the roof of the sacral canal
23	Left Sacral canal anterior wall	The most lateral point on the left lateral wall of the sacral canal. This point is found when the sacrum is oriented such that Promontorium, lateral point on S1 and posterior point of S1 form a horizontal plane. The sacrum is viewed in the posterior aspect
24	Right Sacral canal anterior wall	The most lateral point on the right lateral wall of the sacral canal. This point is found when the sacrum is oriented such that Promontorium, lateral point on S1 and posterior point of S1 form a horizontal plane. The sacrum is viewed in the posterior aspect
25	Left superior articular facet: Medial superior	The most superior point on the medial side of the superior articular facet
26	Left superior articular facet: lateral superior	The most superior point on the lateral side of the superior articular facet
27	Left superior articular facet: Medial inferior	The most inferior point on the medial side of the superior articular facet
28	Left superior articular facet: lateral inferior	The most inferior point on the lateral side of the superior articular facet
29	Left Posterior Alar-Auricular Point	The point is found on the superior aspect as the most postero-lateral bony projection on the wing of the sacrum.
30	Left Posterior Superior Iliospinale	The right innominate bone rests on its medial surface with the iliac blade and pubic symphysis in contact with the horizontal surface of an osteometric board. The bone is moved into the right angle corner of the board in such a way that the superior border of the iliac crest is in contact with one of the vertical plates and the anterior border of the iliac crest and the pubic bone are in contact with the second vertical plate of the osteometric board. Posterior Superior Iliospinale, the posterior superior iliac spine, is defined as the point along the posterior border of the iliac crest in contact with a movable vertical plate oriented at right angles to the vertical plates of the osteometric board.
31	Left Posterior inferior Iliospinale	The most prominent point on the tubercle of Bouisson located at the apex of a tubercle formed by the origin of m. piriformis if present or the tip of the posterior inferior iliospinale
32	Left Posterior sacral Tubercle	The sacrum is viewed from the lateral aspect while oriented in a horizontal plane defined by Promontorium; Lateral Point on First Sacral Vertebral Body, and Posterior Point on First Sacral Vertebral Body. The landmark is defined as the most posterior point on the posterior sacral tubercle adjacent to the second vertebral foramen.
33	Right superior articular facet: Medial superior	The most superior point on the medial side of the superior articular facet
34	Right superior articular facet: lateral superior	The most superior point on the lateral side of the superior articular facet
35	Right superior articular facet: Medial inferior	The most inferior point on the medial side of the superior articular facet

36	Right superior articular facet: lateral inferior	The most inferior point on the lateral side of the superior articular facet
37	Right Posterior Alar-Auricular	The point is found on the superior aspect as the most postero-lateral bony projection on the wing of the sacrum.
38	Right Posterior Superior Iliospinale	The right innominate bone rests on its medial surface with the iliac blade and pubic symphysis in contact with the horizontal surface of an osteometric board. The bone is moved into the right angle corner of the board in such a way that the superior border of the iliac crest is in contact with one of the vertical plates and the anterior border of the iliac crest and the pubic bone are in contact with the second vertical plate of the osteometric board. Posterior Superior Iliospinale, the posterior superior iliac spine, is defined as the point along the posterior border of the iliac crest in contact with a movable vertical plate oriented at right angles to the vertical plates of the osteometric board.
39	Right Posterior inferior Iliospinale	The most prominent point on the tubercle of Bouisson located at the apex of a tubercle formed by the origin of m. piriformis if present or the tip of the posterior inferior iliospinale
40	Right Posterior sacral Tubercle	The sacrum is viewed from the lateral aspect while oriented in a horizontal plane defined by Promontorium; Lateral Point on First Sacral Vertebral Body, and Posterior Point on First Sacral Vertebral Body. The landmark is defined as the most posterior point on the posterior sacral tubercle adjacent to the second vertebral foramen.
41	Dorsal Spine of the First Sacral Vertebra	The most posterior point on the dorsal spine of the first sacral segment. In the instance of a continuous bony ridge, the point is estimated by reference to the superior and inferior margins of the laminae plates that join to form the dorsal spines
42	Dorsal Spine of the Second Sacral Vertebra	The most posterior point on the dorsal spine of the second sacral segment. In the instance of a continuous bony ridge, the point is estimated by reference to the superior and inferior margins of the laminae plates that join to form the dorsal spines.
43	Sacral Canal, Posterior Roof	The point is located in the midsagittal plane at the most inferior aspect of the sacral canal roof.
44	Caudion, Posterior	The midpoint of the posterior-inferior margin of the last sacral segment. Morphological observations of the sacral segments should be examined to determine the exact sacral or coccygeal vertebrae upon which Point Caudion is located.
45	Left Caudion, Lateral	This point is the most lateral point on the inferior margin of the last sacral segment.
46	Right Caudion, Lateral	This point is the most lateral point on the inferior margin of the last sacral segment.
47	Left Apex of Sciatic Notch	The point on the sciatic notch border at the greatest perpendicular distance from a projected line between Posterior Inferior Iliospinale, and Ischial Spinale.
48	Left Iliospinale	The left innominate rests on its medial surface with the iliac blade and pubic symphysis in contact with the horizontal surface of an osteometric board. Move the bone into the right corner of the board in such a way that the superior border of the iliac crest is in contact with one of the vertical plates and the anterior border of the iliac crest and the pubic bone are in contact with the second vertical plate of the osteometric board. Iliospinale summum, the anterior superior iliac spine, is defined as the point along the anterior border of the iliac crest in contact with the vertical plate. In cases where a large area is in contact with the board, the landmark is taken as the midpoint of the contact area.
49	Left Iliospinale, posterior Inferior	This point is located at the apex of the posterior border of the anterior inferior iliac spine as viewed from the medial aspect of the innominate.
50	Left Ischio-Spinale	The superior posterior angle of the ischial spine.

51	Left Pubotubercle	This point is located at the anterior most projecting point of the summit of the pubic tubercle with the innominate oriented in the anatomical position.
52	Left Acetabulion, Anterior	The most anteriorly projecting point defined on the pubic portion of the acetabular rim.
53	Left Acetabulion, Inferior	The point is marked on the acetabular rim closest to the inferior diameter line when the innominate is oriented in the anatomical position.
54	Left Acetabulion, Center Point	Deepest point of the acetabulum
55	Right Apex of Sciatic Notch	The point on the sciatic notch border at the greatest perpendicular distance from a projected line between Posterior Inferior Iliospinale, and Ischial Spinale.
56	Right Iliospinale	The left innominate rests on its medial surface with the iliac blade and pubic symphysis in contact with the horizontal surface of an osteometric board. Move the bone into the right corner of the board in such a way that the superior border of the iliac crest is in contact with one of the vertical plates and the anterior border of the iliac crest and the pubic bone are in contact with the second vertical plate of the osteometric board. Iliospinale summum, the anterior superior iliac spine, is defined as the point along the anterior border of the iliac crest in contact with the vertical plate. In cases where a large area is in contact with the board, the landmark is taken as the midpoint of the contact area.
57	Right Iliospinale, posterior Inferior	This point is located at the apex of the anterior border of the posterior inferior iliac spine as viewed from the medial aspect of the innominate.
58	Right Ischio-Spinale	The superior posterior angle of the ischial spine.
59	Right Pubotubercle	This point is located at the anterior most projecting point of the summit of the pubic tubercle with the innominate oriented in the anatomical position.
60	Right Acetabulion, Anterior	The most anteriorly projecting point defined on the pubic portion of the acetabular rim.
61	Right Acetabulion, Inferior	The point is marked on the acetabular rim closest to the inferior diameter line when the innominate is oriented in the anatomical position.
62	Right Acetabulion, Center Point	Deepest point of the acetabulum
63	Left Pubic Eminence Point	The summit of the ilio-pectineal eminence.
64	Left Superior Pole, Pubic Symphysis	The point at the intersection of the longitudinal midline axis of the pubic symphysis with the superior margin of the symphyseal face of the left innominate bone.
65	Left Anterior Symphyseal Point	This point is located on the anterior margin of the pubic symphysis where it is intersected by a line perpendicular to the longitudinal axis equidistant between the pubic polar points.
66	Left Posterior Symphyseal Point	This point is located on the anterior margin of the pubic symphysis where it is intersected by a line perpendicular to the longitudinal axis equidistant between the pubic polar points.
67	Left Inferior Symphyseal Pole	This point is located at the inferior intersection of the anterior and posterior margins of the symphyseal surface.
68	Left Obturator Tubercle Point	The point on the lateral margin of the obturator foramen generally marked by a small tubercle. In instances where there are two tubercles, the apex of the most superior

		tubercle is marked as the point with the innominate oriented in the anatomical position.
69	Left Superior Tuberosity Point	The most Superior point on the margin of the ischial tuberosity with the innominate held in the anatomical position and viewed from the lateral aspect.
70	Left Ischiale	The right innominate rests on its medial surface with the iliac blade and pubic symphysis in contact with the horizontal surface of an osteometric board. The bone is moved into the right angle corner of the board in such a way that the superior border of the iliac crest is in contact with one of the vertical plates and the anterior border of the iliac crest and the pubic bone are in contact with the second vertical plate of the osteometric board. Ischiale is defined as the highest point on the ischial tuberosity from the surface of the osteometric board.
71	Left Inferior Tuberosity Point	The point of convergence of the medial and lateral margins of the ischial tuberosity.
72	Left Posterior Ischial Border Point	The point on the posterior margin of the ischial border equidistant between Ischio-Spinale, Medial Tuberosity Point.
73	Right Pubic Eminence Point	The summit of the ilio-pectineal eminence.
74	Right Superior Pole, Pubic Symphysis	The point at the intersection of the longitudinal midline axis of the pubic symphysis with the superior margin of the symphyseal face of the right innominate bone.
75	Right Anterior Symphyseal Point	This point is located on the anterior margin of the pubic symphysis where it is intersected by a line perpendicular to the longitudinal axis equidistant between the pubic polar points.
76	Right Posterior Symphyseal Point	This point is located on the anterior margin of the pubic symphysis where it is intersected by a line perpendicular to the longitudinal axis equidistant between the pubic polar points.
77	Right Inferior Symphyseal Pole	This point is located at the inferior intersection of the anterior and posterior margins of the symphyseal surface.
78	Right Obturator Tubercle Point	The point on the lateral margin of the obturator foramen generally marked by a small tubercle. In instances where there are two tubercles, the apex of the most superior tubercle is marked as the point with the innominate oriented in the anatomical position.
79	Right Superior Tuberosity Point	The most Superior point on the margin of the ischial tuberosity with the innominate held in the anatomical position and viewed from the lateral aspect.
80	Right Ischiale	The right innominate rests on its medial surface with the iliac blade and pubic symphysis in contact with the horizontal surface of an osteometric board. The bone is moved into the right angle corner of the board in such a way that the superior border of the iliac crest is in contact with one of the vertical plates and the anterior border of the iliac crest and the pubic bone are in contact with the second vertical plate of the osteometric board. Ischiale is defined as the highest point on the ischial tuberosity from the surface of the osteometric board.
81	Right Inferior Tuberosity Point	The point of convergence of the medial and lateral margins of the ischial tuberosity.
82	Right Posterior Ischial Border Point	The point on the posterior margin of the ischial border equidistant between Ischio-Spinale, Medial Tuberosity Point.
83	Midpoint of the pubic cartilage	Middle between Left and Right anterior symphyseal point

84 -93	Right Acetabulum	From Acetabulum anterior to acetabulum inferior along the outline of the acetabulum (10 Semis)
94 - 108	Left pelvic inlet	From the left superior pole of the pubic symphysis along the pectineal line and pelvic inlet through Left anterior alar point to the Promontorium (20 Semis)
109	Sacral inlet point	Point on the pelvic inlet, midpoint on the sacrum on first sacral vertebrae (this is a new landmark, not previously defined)
110 - 124	Right pelvic inlet	From the right superior pole of the pubic symphysis along the pectineal line and pelvic inlet through right anterior alar point to the Promontorium (15 Semis)
125 - 139	Left lateral iliac crest	From left iliospionale lateral along the iliac crest to left Posterior Superior Iliospinale (15 Semis)
140-154	Left medial iliac crest	From left iliospionale medial along the iliac crest to left Posterior Superior Iliospinale (15 Semis)
155 - 169	Right lateral iliac crest	From right iliospionale lateral along the iliac crest to right Posterior Superior Iliospinale (20 Semis)
170 - 184	Right medial iliac crest	From right iliospionale medial along the iliac crest to right Posterior Superior Iliospinale (20 Semis)
185- 194	Left alar auricular ridge curvature & Left lateral sacral ridge	From Left lateral alar auricular point to Left inferior Sacro-iliac junction along the auricular curvature and from left inferior Sacro-iliac junction to left Caudion, Lateral along the outline of the sacral ridge (10 Semis)
195- 204	Right alar auricular ridge curvature & Right lateral sacral ridge	From right lateral alar auricular point to right inferior Sacro-iliac junction along the auricular curvature and from right inferior Sacro-iliac junction to right Caudion, Lateral along the outline of the sacral ridge (10 Semis)
205 - 209	Left ischial tuberosity lateral	From Left superior tuberosity point to left inferior tuberosity point at the lateral side of ischial tuberosity (5 Semis)
210 - 214	Left ischial tuberosity medial	From Left superior tuberosity point to left inferior tuberosity point at the medial side of ischial tuberosity (5 Semis)
215-219	Left greater sciatic notch	Left posterior inferior Iliospinale to left Ischio-Spinale along the curvature of the greater sciatic notch (5 Semis)
220-224	Right greater sciatic notch	Right posterior inferior Iliospinale to right Ischio-Spinale along the curvature of the greater sciatic notch (5 Semis)
225-229	Right ischial tuberosity lateral	From right superior tuberosity point to right inferior tuberosity point at the lateral side of ischial tuberosity (5 Semis)
230-234	Right ischial tuberosity medial	From right superior tuberosity point to right inferior tuberosity point at the medial side of ischial tuberosity (5 Semis)
235-239	Left inferior pubic ramus	From left inferior tuberosity point to left inferior pole of pubic symphysis (5 Semis)
240-244	Right inferior pubic ramus	From right inferior tuberosity point to right inferior pole of pubic symphysis (5 Semis)
245-254	Left Obturator Foramen	From left obturator tubercle point inferior around the obturator foramen and superior back to the obturator tubercle point (10 Semis)
255-264	Right Obturator Foramen	From right obturator tubercle point inferior around the obturator foramen and superior back to the obturator tubercle point (10 Semis)
265-274	Left Acetabulum	From Acetabulum anterior to acetabulum inferior along the outline of the acetabulum (10 Semis)

Danksagung

Zunächst ein besonderes Dankeschön an meine Betreuerin Frau Dr. Teresa Starrach, die mir eine Promotion an der Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe ermöglichte. Vielen lieben Dank für die unzähligen schnellen Antworten auf Emails und Nachrichten zu allen Tages- und Nachtzeiten, für die tatkräftige Unterstützung seit der ersten Minute an und für das große Interesse und die Mühe, meine Promotion so schnell vorwärtszubringen.

Auch möchte ich Frau Dr. Barbara Fischer vom Department der Evolutionsbiologie der Universität Wien für die großartige Zusammenarbeit danken. Frau Fischer führte mich in die Methodik ein, kümmerte sich um die Auswertung der Rohdaten und stellte ihr Wissen aus vorherigen Projekten und ihre Hilfe zu jeder Zeit ausführlich zur Verfügung.

Zudem möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Uwe Hasbargen, Oberarzt und Leiter des Perinatalzentrums des Klinikums Großhadern, danken. Vielen Dank für die stete Unterstützung seit Beginn an, für die vielen Treffen sowohl online als auch persönlich und die konstruktive und ausführliche Kritik und Hilfe.

Vielen Dank an meine Mitdoktorandinnen Luisa Elger und Bianca Wrage, die die Patienten-Rekrutierung so komplikationslos und engagiert übernommen haben und das Projekt so wunderbar beendet haben. Danke für eure Mühen und Hilfe, die Datensätze zu vervollständigen.

Weiterhin möchte ich den Teilnehmerinnen der MVPelviStudie für ihre Zeit und Mitarbeit danken.

Meinen Eltern Wolfgang und Beate und meinem Bruder David Schmidhuber, sowie Georg Graf, die mich alle jederzeit unterstützen, viel Zeit und Mühe in Korrekturlesen investieren und mich stets ermutigen, gilt ein besonders herzlicher Dank.

Affidavit



Eidesstattliche Versicherung

Schmidhuber Lisa Maria

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Anthropologische Betrachtung des weiblichen Beckens hinsichtlich des Geburtsmodus –
Methodik und erste Ergebnisse der MVPelviStudie

.....

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Heide, 03.02.2024

Lisa M. Schmidhuber

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand

Publikationsliste

Starrach T, Schmidhuber L, Elger L, Franz M, Buechel J, Hübener C, Kolben T, Koliogiannis V, Mahner S, Hasbargen U, Fischer B. Pelvic inlet area is associated with birth mode. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2023 Jan;102(1):59-66. doi: 10.1111/aogs.14478. Epub 2022 Nov 1. PMID: 36320156; PMCID: PMC9780724.