

Diplomarbeit

**Die Rolle des MRT des Beckens in der Beurteilung der
tief infiltrierenden Endometriose**

eingereicht von

Michael Funk

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Radiologie

Klinische Abteilung für Allgemeine Radiologische Diagnostik

unter der Anleitung von Betreuer*innen

Univ.-Prof. Dr. med. univ. Michael Fuchsjäger

Univ. FÄ Priv.-Doz.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ med. univ. Emina Talakić

Graz, am 6.2.2025

Eidesstattliche Erklärung

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

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, am 6.2.2025

Michael Funk eh.

Danksagung

Zu Beginn möchte ich mich bei all jenen Lehrenden und Bekanntschaften bedanken, die mich während meines Studiums begleitet, motiviert und für die Medizin begeistert haben.

Meinen besonderen Dank möchte ich an dieser Stelle den Betreuer*innen dieser Diplomarbeit, Univ. Prof. Dr. Michael Fuchsjäger und Univ. FÄ Priv.-Doz.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Emina Talakić, aussprechen. Sie haben mich nicht nur dem Thema dieser Arbeit nähergebracht, sondern auch mein Verständnis für wissenschaftliches Arbeiten erweitert.

Besonders bei Univ. FÄ Priv.-Doz.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Emina Talakić bedanke ich mich für die zahlreichen Tipps und Hilfestellungen, ihre Geduld und die sehr gute und unkomplizierte Zusammenarbeit. Ohne diese wäre die Erstellung dieser Thesis nicht möglich gewesen.

Ein spezieller Dank geht an meine Studienkolleginnen und Studienkollegen sowie Freunde in Graz, welche mein Studium zu einer unvergesslichen Zeit gemacht haben. Sowohl in Phasen intensiven Studiums als auch in den ausgelassenen Zeiten danach, war ihre Gesellschaft unabdingbar.

Auch bei der Gemeinschaft des Elisabethheims Graz, welche ich in der Heimvertretung und schlussendlich auch als Heimsprecher vertreten durfte, möchte ich mich bedanken.

Weiters geht mein Dank an meine Schwester und gute Freunde in der Heimat, die immer ein offenes Ohr für mich hatten.

Schlussendlich möchte ich mich ganz besonders bei meinen Eltern bedanken, welche mich tatkräftig unterstützt haben. Sie haben mir immer Rückhalt geboten und mich auf meinem Lebensweg begleitet. Ohne sie wäre die Verwirklichung meiner Ziele und Wünsche nicht möglich gewesen.

Zusammenfassung

Einleitung

Die tief infiltrierende Endometriose ist die schwerwiegendste Form der Endometriose und kann zu einer erheblichen Einschränkung der Lebensqualität führen. Das MRT des Beckens wird zum jetzigen Zeitpunkt zur präoperativen Abklärung herangezogen, die endgültige Diagnose kann derzeit aber nur durch einen chirurgischen Eingriff bestätigt werden.

Diese Arbeit erhebt den Stellenwert dieser nichtinvasiven Diagnosemodalität in der Diagnostik der tief infiltrierenden Endometriose und analysiert, ob diese in Zukunft, die chirurgische Diagnosestellung ablösen könnte.

Methoden

Die PubMed-Datenbank wurde einer systematischen Recherche unterzogen, um relevante Publikationen zu identifizieren. Berücksichtigt wurden nur im Volltext verfügbare, englischsprachige Studien an volljährigen Frauen im Zeitraum vom 1.1.2014 bis zum 6.12.2024.

Ergebnisse

Einige der 17 eingeschlossenen Studien zeigten bessere, oder mit der chirurgischen Diagnostik vergleichbare, Sensitivitäten und Spezifitäten. Die eingeschlossenen Meta-Analysen brachten konkordante Ergebnisse. Uneinheitliche Diagnosestandards und Definitionen trugen jedoch zu einer signifikanten Heterogenität der Ergebnisse bei.

Konklusion

Das MRT hat das Potenzial, die Chirurgie als einzige valide Methode in der Diagnosestellung der tief infiltrierenden Endometriose abzulösen beziehungsweise zu ergänzen. Dies wird durch gute Ergebnisse bezüglich der Sensitivität und Spezifität dieser Methode unterstützt.

Abstract

Introduction

Deep infiltrating endometriosis is the most severe form of endometriosis and can lead to a significant reduction in the quality of life. The MRI of the pelvis is currently used for preoperative evaluation, but the definitive diagnosis can currently only be confirmed through surgery.

This thesis evaluates the value of this non-invasive diagnostic modality and analyses if it could, in the future, replace surgery in the diagnosis of deep infiltrating endometriosis.

Methods

A systematic search was conducted using the Pub-Med library to identify relevant publications. Only available full-text articles in the English language on adult women published between 1.1.2014 and 6.12.2024 were considered.

Results

Some of the 17 included publications showed better or comparable results considering the sensitivities and specificities. Included meta-analyses showed similar results. Inconsistent diagnostic standards and definitions however contributed to a significant heterogeneity of the results.

Conclusion

MRI has the potential to replace or at least complement surgery in the diagnosis of deep infiltrating endometriosis. This is due to good results concerning the sensitivity and specificity of this method.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG..... | 2 |
| DANKSAGUNG..... | 3 |
| ZUSAMMENFASSUNG..... | 4 |
| ABSTRACT..... | 5 |
| INHALTSVERZEICHNIS..... | 6 |
| ABKÜRZUNGEN UND DEREN ERKLÄRUNG..... | 8 |
| ABBILDUNGSVERZEICHNIS..... | 9 |
| TABELLENVERZEICHNIS..... | 10 |
| 1 EINLEITUNG..... | 11 |
| 1.1 MOTIVATION UND ZIEL DER ARBEIT..... | 11 |
| 1.2 ENDOMETRIOSE..... | 12 |
| 1.2.1 Tief infiltrierende Endometriose..... | 15 |
| 1.3 DIAGNOSTIK..... | 18 |
| 1.3.1 Klassifikationssysteme..... | 20 |
| 1.3.2 Diagnostik der TIE..... | 21 |
| 1.3.3 MRT bei TIE..... | 21 |
| 1.3.4 # ENZIAN-Klassifikation..... | 25 |
| 1.4 THERAPIE..... | 27 |
| 1.4.1 Therapie der TIE..... | 28 |
| 2 METHODEN..... | 29 |
| 2.1 FLUSSDIAGRAMM..... | 30 |
| 3 ERGEBNISSE..... | 31 |
| 3.1 KUMULIERTE ERGEBNISSE FÜR ALLE LOKALISATIONEN DER TIE..... | 31 |
| 3.2 ERGEBNISSE NACH #ENZIAN – KOMPARTIMENTEN..... | 33 |
| 3.3 LOKALISATIONSSPEZIFISCHE ERGEBNISSE..... | 36 |
| 3.3.1 MRT bei TIE der Blase..... | 36 |
| 3.3.2 MRT bei TIE der Ureteren..... | 38 |
| 3.3.3 MRT bei TIE des Uterus..... | 39 |
| 3.3.4 MRT bei TIE der uterosakralen Ligamente..... | 39 |
| 3.3.5 MRT bei TIE der Vagina..... | 40 |
| 3.3.6 MRT bei TIE des Septum Rektovaginale & des Retrovaginalem Raums..... | 41 |
| 3.3.7 MRT bei TIE im Rektosigmoid..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.8 MRT bei TIE der Parametrien und des Douglas Raums..... | 43 |
| 3.4 ERGEBNISSE VON META-ANALYSEN..... | 43 |
| 4 DISKUSSION..... | 46 |
| 4.1 SPEZIFISCHE LOKALISATIONEN..... | 49 |
| <i>Kompartimente A/B/C (#ENZIAN)</i> | 49 |
| <i>Blase und Urether</i> | 50 |
| <i>Uterus und Vagina</i> | 51 |
| <i>Uterosakrale Ligamente</i> | 51 |
| <i>Septum Rektovaginale und Retrovaginaler Raum</i> | 51 |
| <i>Rektosigmoid</i> | 52 |
| 4.2 VERGLEICHBARKEIT, EINSCHRÄNKUNGEN UND SYSTEMISCHE PROBLEME DER STUDIEN ZUR THEMATIK..... | 52 |
| 4.3 LIMITATIONEN DER ARBEIT..... | 54 |
| 4.4 CONCLUSIO..... | 54 |
| 5 LITERATURVERZEICHNIS..... | 55 |

Abkürzungen und deren Erklärung

| | |
|---------|---|
| AAGL | <i>American Association of Gynecologic Laparoscopists</i> |
| BMI | <i>Body Mass Index</i> |
| Bzw. | <i>Beziehungsweise</i> |
| CA-125 | <i>Cancer-Antigen-125</i> |
| CONSORT | <i>Consolidated Standards of Reporting Trials</i> |
| DGGG | <i>Deutsche Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe</i> |
| DIE | <i>Deep infiltrating Endometriosis</i> |
| EFI | <i>Endometriosis Fertility Index</i> |
| ESGE | <i>European Society of Gastrointestinal Endoscopy</i> |
| ESHRE | <i>European Society of Human Reproduction and Embryology</i> |
| ESUR | <i>European Society of Urogenital Radiology</i> |
| GnRH | <i>Gonadotropin-Releasing-Hormon</i> |
| IVF | <i>In-Vitro-Fertilisation</i> |
| KOK | <i>Kombinierte orale Kontrazeptiva</i> |
| miRNA | <i>micro-Ribonucleic Acid</i> |
| MRT | <i>Magnetresonanztomographie</i> |
| NSAR | <i>Nicht-steroidale Antirheumatika</i> |
| rASRM | <i>revised American Society of Reproductive Medicine</i> |
| RCT | <i>Randomized Controlled Trial</i> |
| TENS | <i>Transkutane elektrische Nervenstimulation</i> |
| TIE | <i>Tief infiltrierende Endometriose</i> |
| TVUS | <i>Transvaginaler Ultraschall</i> |
| WES | <i>World Endometriosis Society</i> |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Weibliches Becken sagittal in der Mittellinie,..... | |
| in Anlehnung an: (13)..... | 17 |
| Abbildung 2: Endometriose im Douglas-Raum..... | 23 |
| Abbildung 3: Großes Endometrioseimplantat im Douglas Raum..... | 24 |
| Abbildung 4: Großes Endometrioseimplantat am Harnblasendach..... | 24 |
| Abbildung 5: Verdickung des Ligamentum Teres uteri rechts..... | 24 |
| Abbildung 6: Die #ENZIAN-Klassifikation, nach: (21)..... | 25 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: MRT - Protokoll Empfehlungen für die Diagnose der Endometriose im Becken, nach (18)..... | 22 |
| Tabelle 2: Flussdiagramm, in Anlehnung an: (23)..... | 30 |
| Tabelle 3: Kumulierte Ergebnisse für alle Lokalisationen der TIE..... | 31 |
| Tabelle 4: Kompartiment A..... | 33 |
| Tabelle 5: Kompartiment B..... | 34 |
| Tabelle 6: Kompartiment C..... | 35 |
| Tabelle 7: MRT bei TIE der Blase..... | 36 |
| Tabelle 8: MRT bei TIE der Ureteren..... | 38 |
| Tabelle 9: MRT bei TIE des Uterus..... | 39 |
| Tabelle 10: MRT bei TIE der uterosakralen Ligamente..... | 39 |
| Tabelle 11: MRT bei TIE der Vagina..... | 40 |
| Tabelle 12: MRT bei TIE des Septum Rektovaginale & des Retrovaginalem Raums | 41 |
| Tabelle 13: MRT bei TIE im Rektosigmoid..... | 42 |
| Tabelle 14: Ergebnisse von Meta-Analysen..... | 43 |

1 Einleitung

1.1 Motivation und Ziel der Arbeit

Endometriose ist eine Erkrankung, die nicht nur zu einer erheblichen Einschränkung der Lebensqualität führen kann, sondern auch in der Diagnostik erhebliche Schwierigkeiten bereitet (1). So ist beispielsweise die genaue Prävalenz unbekannt; vorliegende Daten geben sie 10% weltweit an (1). Diese Zahlen sind jedoch kritisch zu betrachten, da Endometriose häufig asymptomatisch verläuft und oft mit sehr unspezifischen Symptomen einhergeht (2). Daher ist von einer hohen Dunkelziffer auszugehen.

Die schwerwiegendste Form der Endometriose, die tief infiltrierende Endometriose (TIE) oder auch deep infiltrating endometriosis (DIE), betrifft bis zu 20% der Frauen mit Endometriose und stellt somit einen großen Anteil der Betroffenen dar (2). Zur Diagnostik der TIE wird neben dem Goldstandard der Laparoskopie mit histologischer Sicherung auch der transvaginale Ultraschall (TVUS) und die Magnetresonanztomographie (MRT) herangezogen (3, 4). In den aktuellen ESHRE-Endometriose-Leitlinien wird darauf hingewiesen, dass in Zukunft eine Diagnose allein auf Basis positiver Bildgebung durch TVUS und MRT gestellt werden könnte, um eine invasive Diagnostik mittels Laparoskopie zu vermeiden (3). Die nichtinvasive, bildgebende Diagnostik gewinnt somit an Bedeutung in der Abklärung von TIE und sollte daher näher untersucht werden.

Das Ziel der Arbeit ist es, den Stellenwert der MRT des Beckens in der Diagnostik und Beurteilung der TIE aufzuzeigen. Hierfür werden Studien analysiert, die Parameter wie die Sensitivität und Spezifität angeben. Zudem soll untersucht werden, inwiefern die MRT eine Ergänzung oder sogar einen Ersatz für andere diagnostische Verfahren darstellen könnte.

1.2 Endometriose

Definition

Die Nomenklatur und Definition von Endometriose und deren Subtypen sind in der Literatur uneinheitlich und weisen eine Heterogenität auf. Grundlage für die vorliegende Arbeit bildet der Klassifikations- und Definitionskonsensus der internationalen Arbeitsgruppe von AAGL, ESGE, ESHRE and WES, veröffentlicht unter dem Titel „An International Terminology for Endometriosis, 2021“ (5).

Endometriose wird definiert als das Vorkommen von endometrialem Epithel und/oder Stroma außerhalb des Endometriums und Myometriums, das in der Regel von einem entzündlichen Prozess begleitet wird (5).

Folgende Subtypen und Ausprägungsformen der Endometriose werden unterschieden:

1. *Peritoneale/superfizielle Endometriose*

Definition: Das Vorkommen von endometrialem Gewebe auf der Oberfläche des Peritoneums in unterschiedlicher Form und Farbe (5).

2. *Ovarielle Endometriose*

Definition: Das Vorkommen von endometrialem Gewebe in Form von ovariellen Zysten. Diese treten als Invaginationen oder echte Zysten mit endometrialem Gewebe in der Zystenwand auf und sind aufgrund ihrer braunen Farbe und Konsistenz als „Schokoladenzysten“ bekannt (5).

3. *Tief infiltrierende Endometriose*

Definition: Das Vorkommen von endometrialem Gewebe im Abdomen, mit horizontaler oder vertikaler Ausbreitung über bzw. unter das Peritoneum. Die Läsionen sind üblicherweise nodulär und invasiv, mit der Fähigkeit benachbarte Strukturen oder Organe zu infiltrieren. Zudem können sie Fibrose verursachen und die normale Anatomie stören (5).

4. *Endometriose des Darms*

Definition: Das Vorkommen von endometrialem Gewebe in der Darmwand. Läsionen an der peritonealen Oberfläche des Darms werden hingegen als peritoneale Endometriose klassifiziert (5).

5. *Endometriose der Harnblase*

Definition: Das Vorkommen von endometrialem Gewebe im Epithel der Harnblase oder im Detrusor Vesicae. Läsionen an der peritonealen Oberfläche der Harnblase werden als peritoneale Endometriose klassifiziert (5).

6. *Extra-abdominelle Endometriose*

Definition: Das Vorkommen von endometrialem Gewebe außerhalb der Peritonealhöhle (5).

7. *Iatrogene Endometriose*

Definition: Läsionen, die durch direkte oder indirekte Dissemination von Endometrium während chirurgischen Eingriffen entstehen (5).

8. *Adhäsionen (peritoneal)*

Definition: Durch den begleitenden inflammatorischen Prozess entstehende fibröse Bänder, die abdominelle Organe und Peritoneum aneinanderheften (5).

Ätiologie

Eine definitive Ätiologie der Endometriose lässt sich auf Grundlage des aktuellen Wissensstandes nicht ableiten. Es existieren jedoch mehrere Theorien zur Entstehung und der Erkrankung (6).

Zu den prominentesten Erklärungsansätzen zählen die Zölometaplasie-Theorie, das Implantations- bzw. Transplantationskonzept sowie das Archimetra-Konzept. Zusätzlich werden die Entwicklung aus extrauterinen Stammzellen und eine hormonelle Dysregulation der endometrialen Zellen durch lokale Hyperöstrogenämie und Progesteronresistenz diskutiert (7).

Da keine dieser Theorien eine abschließende Erklärung bietet, geht man davon aus, dass genetische Defekte, epigenetische Phänomene sowie weitere Einflussfaktoren eine Rolle spielen und die Implantation metaplastischer Zellen in den fremden Milieus ermöglichen (6).

Als weitere Einflussfaktoren werden unter anderen auch Hyperperestaltik, Hyperöstrogenisierung, immunologische und inflammatorische Prozesse, gestörte Angiogenese sowie oxidativer Stress diskutiert (6).

Epidemiologie

Die am weitesten verbreitete Angabe der Prävalenz von Endometriose in der Gesamtbevölkerung liegt bei 10% (8, 9). Allerdings zeigen große populationsbasierte Studien auch niedrigere Prävalenzangaben von nur 1,1% (9). Bei klinischen Patientinnen mit Unterbauchschmerzen wird die Prävalenz auf 5-21% geschätzt, während sie bei Patientinnen mit Infertilität zwischen 5-50% liegt. Bei asymptomatischen Frauen, die sich einer Tubenligatur unterzogen haben, reichen die Schätzungen von 2-43% (8).

Es muss jedoch betont werden, dass keine verlässlichen Daten zur Prävalenz und Inzidenz der Erkrankung, insbesondere in der Allgemeinbevölkerung, vorliegen (6, 9). Dies liegt einerseits daran, dass viele Studienpopulationen ein hohes Risiko für Endometriose aufweisen, beispielsweise aufgrund von Infertilität oder chronischen Schmerzzuständen, was zu einer Überschätzung der Prävalenz führen kann. Andererseits ist von einer hohen Dunkelziffer auszugehen, die sich aus falsch kodierten und nicht diagnostizierten Fällen ergibt (6, 9).

Hinzu kommt ein langes Intervall zwischen dem Auftreten erster Symptome und der endgültigen Diagnose, das im Durchschnitt etwa 10 Jahre beträgt (9).

Zu den etablierten Risikofaktoren für Endometriose zählen unter anderem eine familiäre Häufung, eine späte Menarche, eine lange Zyklusdauer und Nulliparität. Weitere mögliche Risikofaktoren und Einflussfaktoren, die derzeit diskutiert werden, umfassen den sozio-ökonomischen Status, die Verhütungsmethode, den BMI, die periphere Fettdistribution, den Hauttyp und die Sonnenexposition, die Ernährung, körperliche Aktivität, den Konsum von Alkohol, Rauchen sowie verschiedene Umweltfaktoren (8, 10).

Lokalisationen

Endometriose kann an einer Vielzahl von Lokalisationen auftreten, die nach ihrer Häufigkeit geordnet sind: das Beckenperitoneum, die Ovarien, die sakrouterinen Ligamente, sowie das Septum rektovaginale und der Fornix vaginae, gehören zu den häufigsten Stellen. Seltener treten Endometrioseherde an extragenitalen Lokalisationen auf, wie beispielsweise am Zwerchfellperitoneum, der Appendix vermiformis und dem Nabel. Darüber hinaus können Endometrioseherde in

Operationsnarben entstehen, z.B. nach Hysterektomie, Sectio cesarea und Episiotomie/Dammriss. Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür ist die mechanische Übertragung von Endometriumpartikeln während der Operation. Zu den seltensten Manifestationen zählen Endometrioseherde in der Lunge, der Niere, dem Gehirn oder im Skelett (6).

Klinik

Endometriose geht mit einer beträchtlichen Morbidität einher. Neben einer deutlich eingeschränkten Lebensqualität, Beeinträchtigungen im Alltag und Beruf gehören verschiedenste Schmerzzustände und Fertilitätsprobleme zu den Leitsymptomen der Erkrankung (6).

Zu den weiteren mit Endometriose assoziierten Symptomen zählen Dysmenorrhoe, starke Menstruationsblutungen, Dyspareunie oder Blutungen nach dem Geschlechtsverkehr, Harnwegssymptome, Dyschezia, schmerzhafte rektale Blutungen, Schulterspitzenschmerzen, zyklischer Husten, Hämophysen oder Brustschmerzen, zyklische Narbenschwellungen mit Schmerzen sowie Fatigue (3). Das gleichzeitige Auftreten mehrerer dieser Symptome erhöht die Wahrscheinlichkeit für eine späte Diagnose erheblich (3).

1.2.1 Tief infiltrierende Endometriose

Es gibt zum jetzigen Zeitpunkt keine einheitliche Definition für die tief infiltrierende Endometriose (11). Eine weit verbreitete Definition beschreibt sie als das Vorkommen von endometrialen Läsionen mit einer Infiltrationstiefe von mehr als 5mm Infiltration unter die peritoneale Oberfläche (2, 4).

Andere Definitionsansätze umfassen:

- die Klassifikation als Adenomyosis externa
- das Vorkommen von endometrialem Gewebe im Abdomen mit horizontaler oder vertikaler Ausbreitung über/unter das Peritoneum
- sowie die Infiltration von fibrösem oder muskulärem Gewebe in von Endometriose betroffenen Organen ohne Angabe der Tiefe der Infiltration (2, 5, 11).

Tief infiltrierende Endometriose wird als die aggressivste Form der Endometriose angesehen, wobei 20% der an Endometriose erkrankten Frauen betroffen sind. Allerdings tritt TIE nur in 6,5% der Fälle als einzige Manifestation auf (2).

Die Pathogenese scheint derjenigen der klassischen Endometriose zu ähneln, weist jedoch auch Unterschiede auf. So besteht die Hypothese, dass die endometrialen Zellen tumorähnliche genetische und epigenetische Veränderung aufweisen, was ihre invasiven Eigenschaften erklären könnte (2).

Die Datenlage und klinische Erfahrungen sprechen dafür, dass TIE keine progressive oder rezidivierende Erkrankung ist. So vergrößert sich der Durchmesser der Läsionen nur äußerst selten (1 von 20 Fällen) und scheint unabhängig vom Alter und Symptombdauer zu sein (4).

Die verschiedenen Lokalisationen der TIE werden häufig in Kompartimente unterteilt. Rousset et al. erarbeiteten einen Konsensus zu Definition dieser Kompartimente (12):

- Anteriores Kompartiment: Harnblase und das Ligamentum Rotundum als zentrale Elemente (12).
- Mediales Kompartiment: Parametrien, Ureteren, proximale uterosakralee Ligamente, Torus uterinus, posteriorer vaginaler Fornix, anteriore bzw. posteriore externe Adenomyosis und Septum rektovaginale (12).
- Posteriores Kompartiment: Rektum, rektosigmoidale Übergang, distale sakrouterine Ligamente und sakrorektogenitales Septum (12).

Diese Kompartimente können weiters in laterale und mediale Subgruppen unterteilt werden (12).

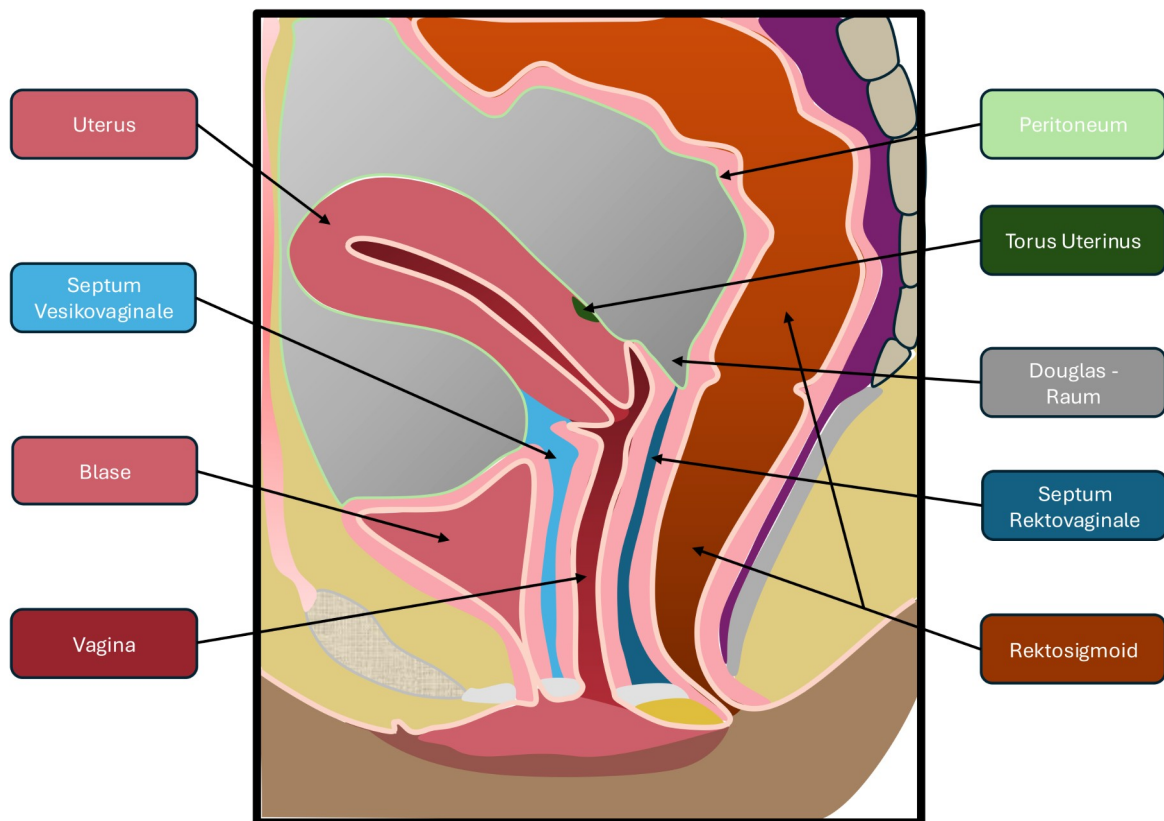


Abbildung 1: Weibliches Becken sagittal in der Mittellinie

In Anlehnung an: Priyanka et al., 2020 (13)

TIE-Läsionen zeigen tumorähnliche Eigenschaften und infiltrieren umliegendes Gewebe. Ausgangspunkt ist häufig der Douglas-Raum, mit Ausbreitung auf die uterosakralen Ligamente, das Septum rektovaginale, den Torus uterinus, und das Rektosigmoid (2, 11).

Weitere seltenere Lokalisationen stellen die Exkavatio vesikouterina, die Harnblase, die Parametrien und die Ureteren dar (11).

Die Symptome sind vielfältig und hängen stark von den jeweils betroffenen Strukturen ab (2).

1.3 Diagnostik

Die Diagnose der Endometriose beginnt mit der Erhebung der Anamnese, der Bewertung klinischer Symptome, dem Einsatz von endometriose-spezifischen Fragebögen und einer gynäkologischen Untersuchung (6). Aufgrund der hohen Heterogenität in der klinischen Präsentation, der hohen Rate an asymptomatischen Verläufen (2 -50%) und dem geringen Zusammenhang zwischen der Schwere der Symptome und der Ausbreitung der Erkrankung kann durch eine gynäkologische Untersuchung eine Erkrankung jedoch weder sicher bestätigt noch ausgeschlossen werden. Eine Studie zeigte, dass über 50% der Frauen mit laparoskopisch diagnostizierter Endometriose einen unauffälligen gynäkologischen Befund aufweisen (14).

Wenn nach der gynäkologischen Untersuchung ein Verdacht auf Endometriose besteht, stellt die transvaginale Sonographie (TVUS) die bevorzugte Erstdiagnostik dar (6, 14). Zusätzlich kann das MRT des Beckens bei unklaren Befunden oder bei Verdacht auf tief infiltrierende Endometriose eingesetzt werden, um eine präzisere Abklärung zu ermöglichen (6, 14).

TVUS

Die transvaginale Sonographie (TVUS) ist die am besten erforschte bildgebende Methode zur Diagnose der Endometriose (14). Sie weist eine moderate Sensitivität aber hohe Spezifität für Endometriose des Beckens und insbesondere für TIE auf. Daraus lässt sich ableiten, dass eine positive TVUS-Diagnose eine Endometriose mit hoher Wahrscheinlichkeit beweist, eine negative TVUS-Diagnostik eine Endometriose jedoch nicht ausschließen kann (14).

Diese Eigenschaften decken sich mit den Empfehlungen der Leitlinien, die TVUS als bevorzugte Methode der Erstdiagnostik empfehlen, aber darauf hinweisen, dass sie keine diagnostische Laparoskopie ersetzen kann (3, 6).

MRT des Beckens

Das MRT des Beckens ist der TVUS in der Diagnostik der peritonealen Endometriose unterlegen, aber in der Diagnostik der TIE überlegen (14).

Aufgrund dieser Stärke wird diskutiert, ob das MRT des Beckens die diagnostische Laparoskopie als einzige sicher Methode ersetzen könnte (3, 14).

Laparoskopie

Als einzige sichere Methode und Goldstandard in der Diagnose der Endometriose wird zum jetzigen Stand die Laparoskopie mit histologischer Diagnosesicherung angesehen (3, 6, 7, 15).

Biomarker

Biomarker wie CA-125, miRNA und andere werden intensiv erforscht, um einen nichtinvasiven diagnostischen Test für Endometriose zu entwickeln. Es besteht jedoch der Konsensus, dass Biomarker zum jetzigen Zeitpunkt nicht zur Diagnose einer Endometriose geeignet sind (3, 6, 7, 15, 16).

KOK-Test

Bei einem unauffälligen Untersuchungsbefund und gleichzeitig bestehender Symptomatik, kann ein KOK-Test mit einem kombinierten oralen Kontrazeptivum über einen Zeitraum von 3-6 Monate durchgeführt werden. Bleibt der Therapieerfolg aus, sollte im Anschluss eine weiterführende Diagnostik mittels Laparoskopie erfolgen (7, 15).

1.3.1 Klassifikationssysteme

Das am weitesten verbreitete und angewandte Scoring System für Endometriose ist die rASRM-Klassifikation. Vorteile des rASRM-Systems sind seine einfache Anwendung, eine globale Akzeptanz und weite Verbreitung. Zusätzlich ist dieses System für Patientinnen leicht zu verstehen. Nachteile stellen die Unterschiede zwischen histologisch und visuell diagnostizierten Läsionen, die schlechte Reproduzierbarkeit und die fehlende Korrelation zu Schmerzzuständen und Infertilität dar. Weiters wird das Vorkommen von TIE an Lokalisationen wie den uterosakralen Ligamenten, der Harnblase, der Vagina und dem Darm nicht berücksichtigt (17).

Die #ENZIAN-Klassifikation ist ein weiteres System, das speziell zur Beschreibung der tief infiltrierenden Endometriose (TIE) entwickelt wurde. Obwohl es weniger verbreitet ist, liegt seine Stärke in der Beschreibung der TIE (17). Eine ausführliche Darstellung dieses Systems folgt im Kapitel 1.3.4.

Das EFI-System (Endometriosis Fertility Index) dient primär zur Vorhersage der Schwangerschaftswahrscheinlichkeit bei chirurgisch diagnostizierter Endometriose, ohne dass zuvor eine IVF (In-vitro-Fertilisation) versucht wurde. Es gibt zudem Hinweise, dass auch die IVF-Ergebnisse mit diesem System gut prognostiziert werden können (17).

Zum aktuellen Zeitpunkt existierte kein universell anerkanntes Klassifikationssystem, das als Goldstandard für die Einteilung der Endometriose gilt. Es gibt lediglich einen Expertenkonsensus. Laut den Empfehlungen der WES (World Endometriosis Society) sollten Frauen, die operiert werden, nach der rASRM Klassifikation eingestuft werden. Liegt zudem eine TIE vor, wird empfohlen, die #ENZIAN Klassifikation ergänzend anzuwenden. Der EFI soll bei Frauen angewendet werden, bei denen Fertilität eine Rolle spielt (17).

1.3.2 Diagnostik der TIE

Zur Detektion von TIE-Herden durch eine routinemäßige gynäkologische Untersuchung liegen bislang nur wenige Daten vor. Es wird eine Sensitivität, abhängig von Lokalisation, zwischen 36-73% angegeben. Dies zeigt die limitierte Aussagekraft der klinischen Untersuchung (11).

Obwohl TVUS und MRT als diagnostische Mittel empfohlen werden, können sie nach aktuellem Wissenstand eine TIE weder mit Sicherheit ausschließen noch bestätigen. Daher bleibt die diagnostische Laparoskopie mit histologischer Aufarbeitung die einzige anerkannte sichere Modalität zur Diagnose einer TIE (3).

TVUS

Der TVUS stellt aufgrund seiner schnellen und weit verbreiteten Verfügbarkeit die bevorzugte Erstlinien-Diagnostik bei der TIE dar (11).

Der TVUS weist eine Sensitivität und Spezifität von 79% und 94% in der Diagnose von TIE auf. Allerdings liegen keine Daten zur minimalen Größe der detektierten Läsionen vor. Einschränkungen des TVUS ergeben sich aus seiner Untersucherabhängigkeit sowie der variierenden Sensitivität und Spezifität, die von der Lokalisation der Läsionen abhängt (3).

1.3.3 MRT bei TIE

Die MRT-Bildgebung wird je nach Leitlinie als gleichwertige Alternative (laut ESHRE) oder als Zweitliniendiagnostik (laut DGGG) nach dem TVUS bei der Diagnose von TIE empfohlen (3, 6).

Die European Society of Urogenital Radiology (ESUR) empfiehlt eine präoperative MRT-Bildgebung, insbesondere bei uneindeutigem TVUS-Befund, als Zweitlinien Diagnostik (18).

Definitionsgemäß werden Implantate oder Gewebe, die hypointense oder hyperintense Areale in T1- oder T2-gewichteten MRT-Sequenzen aufweisen, als TIE-Herde identifiziert. Diese Herde können in den folgenden Arealen lokalisiert sein: Torus uterinus, uterosakrale Ligamente, Vagina, Rektovaginales Ligament, Rektosigmoid, Douglas-Raum, Parametrium, Harnblase, und Rundes Ligament (11).

Die kumulierte Sensitivität und Spezifität von der MRT wird bei TIE mit 94% und 77% angegeben (14). Aufgrund der vorliegenden

Daten gibt es Überlegungen, ob das MRT die Laparoskopie als Goldstandard zur Diagnose der TIE ablösen könnte (3, 14). Jedoch kann dies zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht definitiv empfohlen werden, besonders angesichts möglicher falsch negativer Befunde (3).

MRT-Protokoll

In Tabelle 1 sind die Empfehlungen der ESUR für die MRT-Diagnostik bei Endometriose im Becken aufgelistet (18).

| MRT-Protokoll | Empfehlung |
|--|-------------------------|
| Voraussetzung | |
| <i>Gerät (1,5 oder 3 Tesla)</i> | <i>Keine Empfehlung</i> |
| <i>Phased-array-coil</i> | <i>Standard (C)</i> |
| <i>Untersuchungszeitpunkt</i> | <i>Keine Empfehlung</i> |
| <i>Nüchternheit</i> | <i>Standard (B)</i> |
| <i>Mittel gefüllte Blase</i> | <i>Standard (C)</i> |
| <i>Darmvorbereitung (Einlauf)</i> | <i>(GPP)</i> |
| <i>Rückenlage</i> | <i>Standard (B)</i> |
| <i>Bauchgurtung</i> | <i>Standard (C)</i> |
| <i>Antiperistaltikum</i> | <i>Standard (C)</i> |
| <i>Vaginales US-Gel</i> | <i>Optional (GPP)</i> |
| <i>Rectales US-Gel/Wasser</i> | <i>Optional (GPP)</i> |
| MRT-Sequenzen | |
| <i>2D-T2-gewichtet (sagittal, axial, schräg)</i> | <i>Standard (B)</i> |
| <i>3D-T2-gewichtet</i> | <i>Optional</i> |
| <i>T1-gewichtet mit/ohne Fettsuppression</i> | <i>Standard (B)</i> |
| <i>Dixon-Sequenz (alternativ zu T1)</i> | <i>Standard (C)</i> |
| <i>I.v. - Kontrastmittel</i> | <i>Keine Empfehlung</i> |
| <i>DWI-MRT</i> | <i>Keine Empfehlung</i> |
| <i>SWI-MRT</i> | <i>Keine Empfehlung</i> |
| <i>HASTE-Sequenz</i> | <i>Standard (C)</i> |
| GPP = good practice point, DWI = Diffusion weighted imaging, SWI = Susceptibility weighted imaging, HASTE-Sequenz = Half-fourier acquisition single shot turbo spin echo | |

Tabelle 1: MRT - Protokoll Empfehlungen für die Diagnose der Endometriose im Becken, nach (18).

Typische MRT-Befunde

Retrozervikaler Raum

Charakteristisch sind Endometriose-Plaques mit T1-Hyperintensität und variablem T2-Signal, welches in Abhängigkeit von Hämorrhagie, Drüsenfüllung und Fibrose schwankt. Aktive, hämorrhagische Implantate zeigen sich hyperintens, Fibroseareale hypointens in T1- und T2-gewichteten Sequenzen. In fortgeschrittenen Stadien können sich Adhäsionen mit Obliteration des retrozervikalen Raums zeigen (19).

Rektum/Sigmoid

Endometriose-Läsionen präsentieren sich hier ähnlich wie im retrozervikalen Raum. Adhäsionen und eine schlechte Darstellung bzw. Verlust der perikolischen Fettschicht können hinzukommen.

Charakteristisch für schwere Befunde ist das „Mushroom cap sign“ in T2-Gewichtung. Es zeigt sich eine hypointenser, fibrotischer „Stiel“ und eine hyperintense „Kappe“, welche die in das Darmlumen verdrängte Submukosa und Mukosa darstellt (19).

Sakrouterines Ligament

Die sakrouterine Ligamente sind typischerweise bilateral asymmetrisch verdickt und hypointens in T2 (19).



Abbildung 2: Endometriose im Douglas-Raum
Großer, bizarr konfigurierter Endometrioseknoten zwischen dem Uterus und rektosigmoidalen Übergang (langer Pfeil). „Kissing ovaries“ dorsal des Uterus adherentes Ovar mit großem Endometriom (kurzer Pfeil).

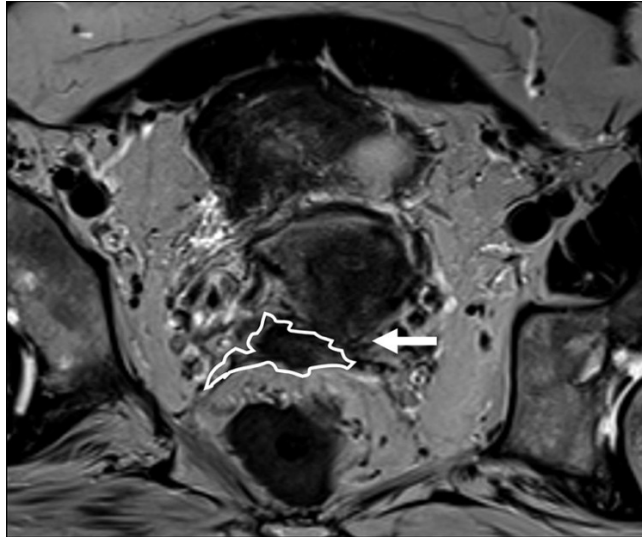


Abbildung 3: Großes Endometrioseimplantat im Douglas Raum.

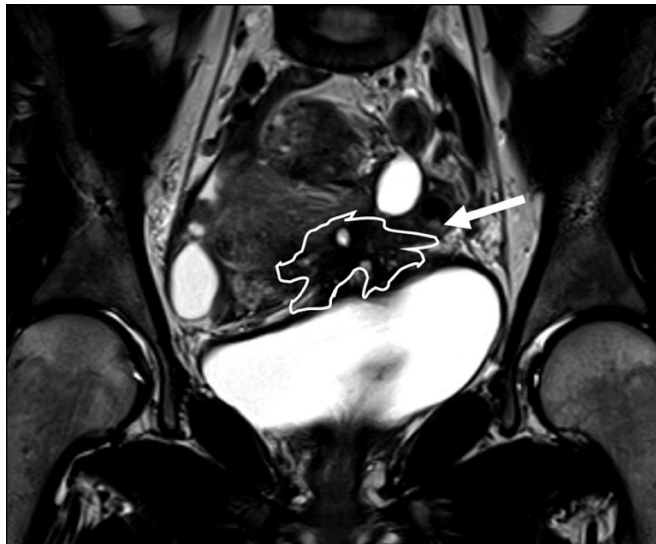


Abbildung 4: Großes Endometrioseimplantat am Harnblasendach.

Unmittelbare Lage zum linken Ostium, jedoch keine Dilatation des linken Ureters.

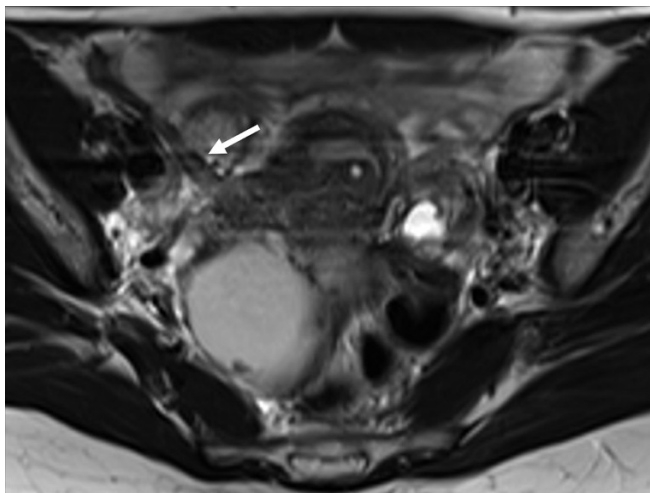


Abbildung 5: Verdickung des Ligamentum Teres uteri rechts.

Weitere typische Befunde sind zystische Läsionen im Uterus, seröse Plaques am Uterus, Ante-/Retroversion des Uterus, Verdickung des Torus uterinus und ein Befall der oberen, hinteren Vaginalwand mit Verdickung und Implantaten (19)

1.3.4 # ENZIAN-Klassifikation

Der r-ASRM-Score, das am weitesten verbreitete Klassifikationssystem für Endometriose, ist für die TIE nur bedingt geeignet. Aus diesem Grund empfehlen die Leitlinien der ESHRE, WES, CONSORT sowie der Deutschen, Schweizer, Österreichischen und Tschechischen Fachgesellschaft für Geburtshilfe und Gynäkologie die Anwendung der # ENZIAN Klassifikation für TIE (20).

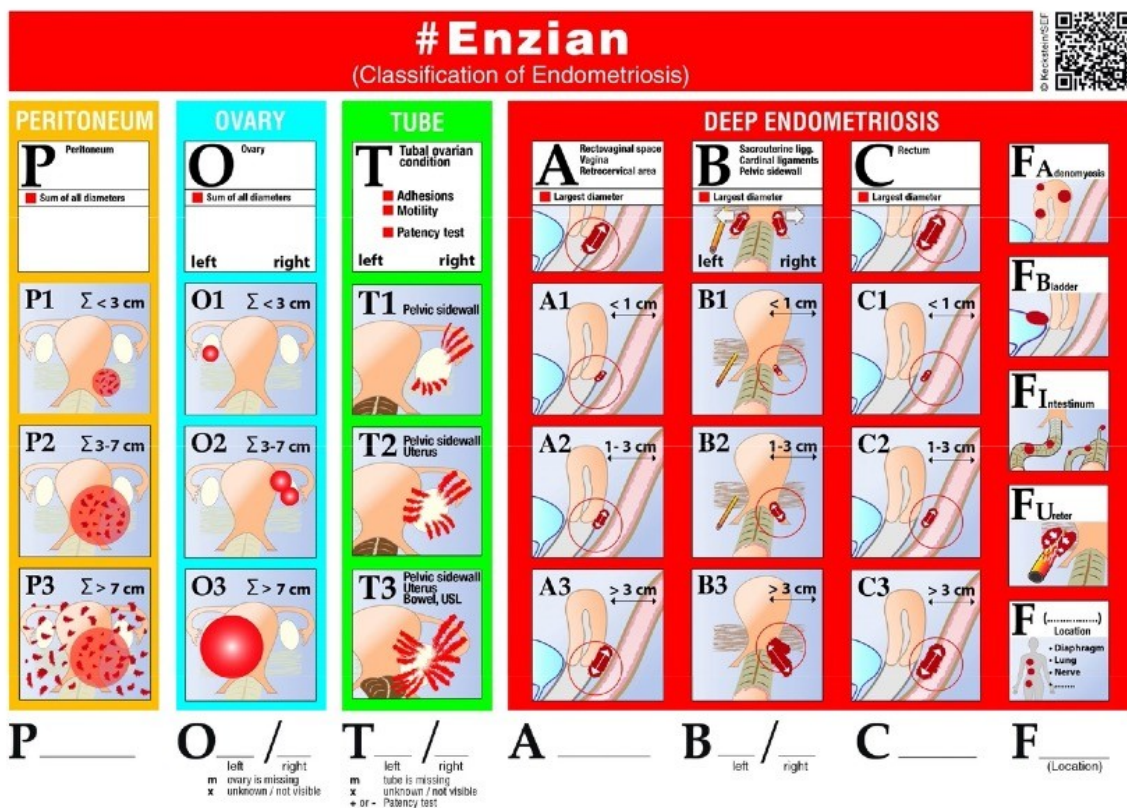


Abbildung 6: Die #ENZIAN-Klassifikation

Nach: Stiftung Endometriose Forschung,

(<https://endometriose-sef.de/wp-content/uploads/2023/10/Figure1new.pdf>) (21)

Die neueste Version der # ENZIAN-Klassifikation umfasst mittlerweile nicht nur die tief infiltrierende Endometriose, sondern auch peritoneale, ovarielle und tubäre Endometriose. Diese Beschreibung beschränkt sich jedoch auf die Klassifikation der TIE (22).

In der Klassifikation wird jede subperitoneale Läsion mit einer Infiltrationstiefe von mehr als 5mm als TIE definiert (22).

Es werden 4 Kompartimente unterschieden:

- **Kompartiment A** - Septum rektovaginale und retrozervikaler Raum, Vagina
- **Kompartiment B** - Sakrouterine Ligamente, Kardinal-Ligament, Beckenwand
- **Kompartiment C** - Rektum
- **Kompartiment F** - FA(Adenomyose), FI(weitere Darmherde > 16 cm ab ano), FU(Ureter, Stauung), F(...) für andere definierte Lokalisationen (22).

Die Läsionen werden zusätzlich in nach Durchmesser in 3 Subkategorien eingeteilt:

- **1** (<1cm)
- **2** (1-3cm)
- **3** (>3cm)

Extragenitale Herde (F) werden durch ein Suffix entsprechend ihrer Lokalisation spezifiziert. Im Kodierungssystem wird auch unterschieden, welche diagnostische Methode angewendet wurde, Ultraschall(u), MRT(m) oder Chirurgisch(s) respektive (22).

Die Autoren weisen jedoch darauf hin, dass weitere Studien notwendig sind, um die Validität, Genauigkeit und Reproduzierbarkeit dieser Klassifikation zu bestätigen (22).

1.4 Therapie

Die Therapie der Endometriose stützt sich auf zwei Hauptsäulen: die konventionellen medikamentösen Therapieansätze und operative Maßnahmen. Ergänzt werden diese durch eine Reihe von supportiven Therapiemaßnahmen. Die Wahl der geeigneten Therapie erfolgt individuell unter Berücksichtigung von Risiko-Nutzen-Abwägungen, Kontraindikationen und den spezifischen Bedürfnissen der Patientin (6).

Operative Maßnahmen

Das Mittel der Wahl zur Behandlung von Endometriose ist die Laparoskopie zur Entfernung endometrialer Läsionen. Sowohl die Exzision als auch die Ablation der Läsionen werden als gleichwertige Verfahren betrachtet, wobei die Exzision den Vorteil einer histologischen Sicherung bietet. Die Laparoskopie ist der Laparotomie überlegen, da sie mit kürzerer Operationszeit, geringerem Blutverlust, einer kleineren Inzisionslänge und insgesamt geringerer postoperativer Belastung einhergeht (6).

Medikamentöse hormonelle Therapie

Das Ziel dieser Therapiemodalität ist die Induktion einer therapeutischen Amenorrhoe, um eine Reduktion der Beschwerden zu erreichen. Dafür stehen sowohl systemische als auch lokale Therapieansätze zur Verfügung (6).

Als First-Line-Substanzen in der symptomatischen Therapie der Endometriose gelten geeignete Gestagene wie z.B. Dienogest dar. Als Second-Linie-Substanzen in der symptomatischen Therapie werden kombinierte orale Kontrazeptiva, andere Gestagene inklusive lokaler Anwendungsformen und GnRH-Analoga eingesetzt (6).

Medikamentöse nicht hormonelle Therapie

Die am weitesten verbreiteteten Therapeutika in der Schmerztherapie bei Endometriose sind NSARs (nichtsteroidale Antirheumatika). Alternativ kann auch Paracetamol eingesetzt werden. Allerdings lassen sich derzeit keine verlässlichen Aussagen über die Effektivität von NSARs in der allgemeinen Schmerztherapie machen. In der Behandlung der Dysmenorrhoe zeigen jedoch Studien, dass NSARs eine hohe Wirksamkeit haben und Paracetamol überlegen sind (6).

Weitere medikamentöse Therapieansätze, die derzeit diskutiert werden, umfassen Statine und Pycnogenol. Statine wird eine antiproliferative und proapoptotische Wirkung zugeschrieben, während Pycnogenol ebenfalls potenzielle therapeutische Eigenschaften aufweist. Beide Ansätze sind jedoch bislang nur unzureichend erforscht und daher als hypothetisch anzusehen (6).

Zu den supportiven Therapieansätzen in der Schmerz- und Dysmenorrhoeotherapie zählen die Blockade des Plexus hypogastricus inferior sowie die transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) dar. Beide Verfahren wurden in einzelnen randomisierten kontrollierten Studien (RCTs) beschrieben (6).

1.4.1 Therapie der TIE

Die chirurgische Therapie der TIE besteht in erster Linie aus der laparoskopischen Exzision von TIE-Herden und, bei Befall, der Resektion betroffener Darmsegmente (3). Dabei sollte eine komplette Resektion der Läsionen angestrebt werden (6).

Die operative Therapie zeigt nachweislich eine Verbesserung der Lebensqualität sowie eine Reduktion von Schmerzen bei den Betroffenen. Allerdings ist sie auch mit einem erhöhten Risiko für intra- und postoperative Komplikationen verbunden. Aus diesem Grund sollten Patientinnen umfassend über die Risiken, Vorteile und Langzeiteffekte der chirurgischen Behandlung aufgeklärt werden (3).

Es ist jedoch anzumerken, dass die verfügbare Literatur zu diesem Thema oft keine hohe Qualität aufweist, wodurch die Evidenz für die chirurgische Therapie begrenzt ist (3).

2 Methoden

Diese Arbeit basiert auf einem systematischen Review der vorliegenden Literatur. Zur Datensammlung wurde die PubMed-Datenbank mit den folgenden Suchbegriffen durchsucht:

(MRI[tiab] OR "magnetic resonance imaging"[tiab]) AND (DIE[tiab] OR "deep endometriosis"[tiab] OR "deep infiltrating endometriosis"[tiab] OR "deep pelvic endometriosis"[tiab] OR "deeply infiltrating endometriosis"[tiab])

Diese Suche ergab am 6.12.2024 insgesamt 713 Ergebnisse.

Der Einschlusszeitraum wurde auf die letzten 10 Jahre beschränkt, um aktuelle Studien zu berücksichtigen. Eingeschlossen wurden daher nur Artikel, die zwischen dem 1.1.2014 und dem 6.12.2024 publiziert wurden, wodurch die Anzahl der Artikel auf 488 reduziert wurde.

Eine erste Titel- und Abstract-Suche führte zu einer weiteren Reduktion der relevanten Publikationen auf 79 Artikel, die anschließend einer Volltextsuche unterzogen wurden.

Die weiteren Einschlusskriterien waren:

- im Volltext verfügbare Publikationen
- Publikationen in englischer Sprache
- Studien mit volljährigen Frauen ab dem 18. Lebensjahr

Letztendlich wurden 17 geeignete Artikel in diese Arbeit eingeschlossen.

2.1 Flussdiagramm

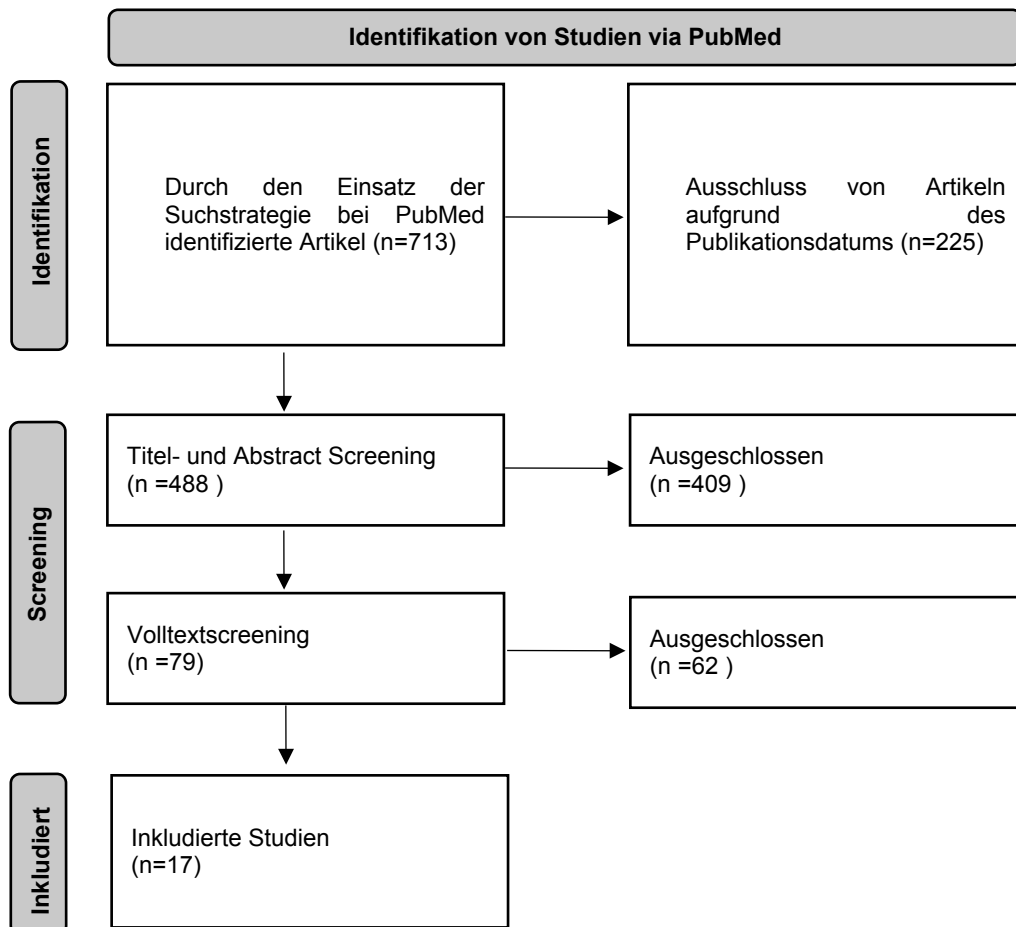


Tabelle 2: Flussdiagramm

In Anlehnung an: Page et al., The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews (23)

3 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse der eingeschlossenen Studien erfolgt strukturiert in drei Abschnitten:

1. Kumulierte Ergebnisse für alle Lokalisationen der TIE
2. Ergebnisse für einzelne Kompartimente und Regionen
3. Ergebnisse aus Meta-Analysen

3.1 Kumulierte Ergebnisse für alle Lokalisationen der TIE

Tabelle 3: Kumulierte Ergebnisse für alle Lokalisationen der TIE

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|------------------------|
| Roditis et al.(24) | 94,8 | / | / | 178 | 2023 | Histologie |
| Di Paola et al.(25) | 94,0 | 97,0 | 95,0 | 115 | 2015 | Histologie |
| Indrielle-Kelly et al.(26) | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 51 | 2020 | Histologie |
| Alborzi et al.(27) | 90,4 | 66,1 | 85,4 | 317 | 2018 | Histologie |
| Widschwendter et al.(28) | 76,9 | 53,3 | 72,5 | 80 | 2022 | ENZIAN |
| Harth et al.(29) | 67,0 | 84,7 | 75,0 | 160 | 2023 | Histologie & ENZIAN |

Sens., Sensitivität; Spez., Spezifität; Acc., Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie, Histopathologische Diagnosestellung; ENZIAN, intraoperativer ENZIAN - Score

Bei 6 Publikationen wurden Werte für die kumulierten Ergebnisse der MRT-Bildgebung für die gesamte Entität TIE angegeben (24, 25, 26, 27, 28, 29).

Roditis et al. berichtet über eine kumulierte Sensitivität von 94,8% für die Diagnose von TIE mittels MRT. Aufgrund der sehr geringen Anzahl an Patientinnen ohne Endometriose-Diagnose nach chirurgischer Exploration wurde die Spezifität in dieser Studie nicht berechnet. Die retrospektive Studie aus dem Jahr 2023 umfasste 178 volljährige Frauen, die einer chirurgischen Exploration unterzogen wurden. Der Referenzstandard war die histologische Diagnosestellung. Zusätzlich wurden in der

Studie der TVUS und die klinische Untersuchung analysiert., Es zeigte sich, dass die MRT eine höhere Sensitivität als die beiden genannten Modalitäten aufweist (24).

Di Paola et al. berichtet eine kumulierte Sensitivität von 94% und Spezifität von 97%. Die retrospektive Studie aus dem Jahr 2015 inkludierte 115 Patientinnen, wobei die histologische Diagnosestellung nach Laparoskopie oder Laparotomie als Referenzstandard diente. Sowohl für die MRT-Bildgebung als auch für die histologische Diagnose wurde der ENZIAN-Score aus dem Jahr 2010 angewendet (25).

Indrielle-Kelly et al. berichten eine kumulierte Sensitivität und Spezifität von jeweils 91% für die Diagnose von TIE mittels MRT. Die prospektive Studie aus dem Jahr 2020 umfasste 51 Patientinnen, wobei die histologische Diagnosestellung nach Laparoskopie als Referenzstandard diente. Die Studie verglich die Diagnostik mittels MRT und TVUS und kam zu dem Ergebnis, dass beide Modalitäten eine vergleichbar hohe Sensitivität und Spezifität aufweisen (26).

Alborzi et al. geben für die kumulierte Sensitivität und Spezifität des MRTs Werte von 90,4% und 66,1% an. Die prospektive Studie aus dem Jahr 2018 inkludierte 317 Patientinnen, die einer Laparoskopie unterzogen wurden. Die histologische Diagnosestellung diente als Referenzstandard. Die Studie verglich das MRT mit der TVUS und dem transrektalen Ultraschall und zeigte, dass das MRT die höchste Sensitivität und Accuracy für die Diagnose der TIE aufweist. Auf dieser Grundlage wird das MRT als Modalität der Wahl für die präoperative Diagnose von TIE empfohlen (27).

Widschwendter et al. berichten eine kumulierte Sensitivität von 76,9% und eine Spezifität von 53,3% für das MRT. Die retrospektive Studie aus dem Jahr 2022 umfasste 80 Patientinnen, wobei der intraoperative ENZIAN-Score nach Laparoskopie oder Laparotomie als Referenzstandard diente. Zusätzlich wurde der ENZIAN-Score ebenfalls für die MRT-Ergebnisse angewendet.

Die Studie untersuchte den Einfluss eines Expertentrainings der Befunder*innen durch einen erfahrenen Radiologen bzw. Radiologin. Dieses Training führte zu einer

höheren Sensitivität, allerdings auf Kosten einer geringeren Spezifität, was insgesamt keine signifikante Verbesserung der Accuracy bewirkte (28).

Harth et al. beschrieben eine kumulierte Sensitivität von 67,0% und Spezifität von 84,7% für das MRT. Die retrospektive Studie aus dem Jahr 2023 umfasste 160 Patientinnen, deren MRT-Ergebnisse nach dem #ENZIAN-Score kategorisiert wurden. Als Referenzstandard wurden der intraoperative #ENZIAN-Score und/oder histologische Ergebnisse nach der Laparoskopie herangezogen. Die Autoren betonen, dass die Ergebnisse die Rolle des MRTs bei der Bestätigung einer Diagnose unterstreichen. Sie weisen jedoch hin, dass negative MRT-Ergebnisse eine Diagnose nicht ausschließen können (29).

3.2 Ergebnisse nach #ENZIAN – Kompartimenten

Die #ENZIAN-Klassifikation ist, wie in Kapitel 1.3.4 beschrieben, eine weit verbreitete Klassifikation für TIE. In 5 eingeschlossenen Studien wurden die Ergebnisse nach den ENZIAN-Kompartimenten aufgeschlüsselt (25, 28, 29, 30, 31). Da die #ENZIAN-Kompartimente teilweise mehrere Strukturen zusammenfassen, werden die Ergebnisse in diesem Abschnitt getrennt von der Gliederung nach einzelnen Strukturen dargestellt. Für Studien, die bereits in Kapitel 3.1 vorgestellt wurden, werden hier ausschließlich die spezifischen Ergebnisse gemäß der #ENZIAN Kompartimente thematisiert.

Tabelle 4: Kompartiment A

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|--------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|------------------------|
| Fendal Tunca et al.(31) | 100 | 100 | 100 | 64 | 2023 | ENZIAN |
| Di Paola et al.(25) | 98 | 94 | 96 | 115 | 2015 | Histologie |
| Burla et al.(30) | 95,2 | 95,7 | 95,4 | 63 | 2019 | Histologie oder ENZIAN |
| Widschwendter et al.(28) | 59,5 | 88,2 | 72,4 | 80 | 2022 | ENZIAN |
| Harth et al.(29) | 57,5 | 88,5 | 79,4 | 160 | 2023 | Histologie |

Die retrospektive Studie von Fendal Tunca et al. analysierte die Daten von 64 Patientinnen. Der intraoperative ENZIAN-Score nach Laparoskopie diene als Referenzstandard. Die Studie berichtet folgende Sensitivitäten und Spezifitäten für die #ENZIAN-Kompartimente:

- Kompartiment A: 100 % / 100 %
- Kompartiment B: 97 % / 100 %
- Kompartiment C: 94 % / 95 %

Die Autoren schlussfolgern, dass das MRT für die Kompartimente A, B und C eine signifikant hohe Sensitivität und Spezifität aufweist (31).

Di Paola et al. analysierten ebenfalls die Sensitivität und Spezifität für die ENZIAN-Kompartimente und berichteten:

- Kompartiment A: 98% / 94%
- Kompartiment B: 97% / 99%
- Kompartiment C: 86% / 98% (25)

Tabelle 5: Kompartiment B

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|--------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|------------------------|
| Di Paola et al.(25) | 97 | 99 | 98 | 115 | 2015 | Histologie |
| Fendal Tunca et al.(31) | 97 | 100 | 98 | 64 | 2023 | ENZIAN |
| Burla et al.(30) | 78,4 | 100 | 83,1 | 63 | 2019 | Histologie oder ENZIAN |
| Harth et al.(29) | 61,3 | 82,5 | 71,9 | 160 | 2023 | Histologie |
| Widschwendter et al.(28) | 56,5 | 86,2 | 68,0 | 80 | 2022 | ENZIAN |

Die retrospektive Studie von Burla et al. aus dem Jahr 2019 untersuchte 63 Patientinnen, die nach der MRT-Bildgebung und der darauf basierenden ENZIAN-Klassifikation einer Laparoskopie oder Laparotomie unterzogen wurden. Als Referenzstandard diente entweder eine histologische Diagnosestellung oder der intraoperative ENZIAN-Score wurde herangezogen. Die Studie berichtete folgende Sensitivitäten und Spezifitäten für die ENZIAN-Kompartimente:

- Kompartiment A: 95,2% / 95,7%
- Kompartiment B: 78,4% / 100%
- Kompartiment C: 91,4% / 86,7%

Die Autoren betonen die hohe diagnostische Genauigkeit des MRTs für die Kompartimente A und C, während die niedrige Sensitivität im Kompartiment B auffällt. Sie konnten hierfür keine eindeutige Erklärung finden und empfehlen, diesem Kompartiment in zukünftigen Studien mehr Aufmerksamkeit zu widmen (30).

Tabelle 6: Kompartiment C

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|--------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|------------------------|
| Fendal Tunca et al.(31) | 94 | 95 | 95 | 64 | 2023 | ENZIAN |
| Burla et al.(30) | 91,4 | 86,7 | 89,2 | 63 | 2019 | Histologie oder ENZIAN |
| Di Paola et al.(25) | 86 | 98 | 96 | 115 | 2015 | Histologie |
| Harth et al.(29) | 82,1 | 97,7 | 95,0 | 160 | 2023 | Histologie |
| Widschwendter et al.(28) | 50,0 | 88,9 | 77,6 | 80 | 2022 | ENZIAN |

Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Acc, Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie, Histopathologische Diagnosestellung; ENZIAN, intraoperativer ENZIAN-Score

Widschwendter et al. berichten folgende Sensitivitäten und Spezifitäten für die ENZIAN-Kompartimente:

- Kompartiment A: 59,5% / 88,2%
- Kompartiment B: 56,5% / 86,2%
- Kompartiment C: 50,0% / 88,9%

Die Autoren führen die vergleichsweise schlechten Ergebnisse im Kompartiment A auf das Fehlen einer Applikation von vaginalem Ultraschall-Gleitgel während der MRT-Bildgebung zurück. Für das Kompartiment B wird eine schwierige Klassifikation des Übergangs vom Retrozervikalen Raum zu den sakrouterinen Ligamenten als mögliche Ursache genannt. Die ebenfalls geringe Sensitivität in Kompartiment C im Vergleich zu anderen Studien wird angemerkt, jedoch nicht erklärt (28).

Harth et al. geben folgende Sensitivitäten und Spezifitäten für die ENZIAN-Kompartimente an:

- Kompartiment A: 57,5% / 88,5%
- Kompartiment B: 61,3% / 82,5%
- Kompartiment C: 82,1% / 97,7% (29)

3.3 Lokalisationsspezifische Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studien präsentiert, die ihre Befunde nach spezifischen Lokalisationen geordnet darstellen. Diese beinhalten die Blase, die Ureteren, den Uterus, die uterosakralen Ligamente, die Vagina, das Septum rektovaginale bzw. den retrovaginalem Raum und das Rektosigmoid.

3.3.1 MRT bei TIE der Blase

Tabelle 7: MRT bei TIE der Blase

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|-----------------------|
| Manti et al.(32) | 100 | 100 | 100 | 72 | 2022 | Histologie |
| Alborzi et al.(27) | 100 | 99,7 | 99,7 | 317 | 2018 | Histologie |
| Indrielle-Kelly et al.(26) | 100 | 95 | 96 | 51 | 2020 | Histologie |

| | | | | | | |
|---------------------------------------|------|------|------|-----|------|------------|
| Burla et al.(30) | 85,7 | 98,3 | 96,9 | 63 | 2019 | Histologie |
| Roditis et al.(24) | 84,6 | 99,4 | 98,3 | 178 | 2023 | Histologie |
| Hernandez Gutierrez et al. (33) | 67 | 100 | 96 | 48 | 2019 | Histologie |
| Di Paola et al.(25) | 25 | 100 | 92 | 115 | 2015 | Histologie |

*Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Acc, Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie
Histopathologische Diagnosestellung;*

Insgesamt berichten 7 Studien spezifische Daten zur Diagnose von Endometriose in der Blase (24, 25, 26, 27, 30, 32, 33). Bei Di Paola et al. und Burla et al. wurde zur Beurteilung die ENZIAN Klassifikation (FB) zur Beurteilung angewandt (25, 30).

Die besten Ergebnisse in der Beurteilung von Endometriose in der Blase wurden von Manti et al. und Alborzi et al. berichtet, die jeweils eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 100%, 100% und 100% sowie 100%, 99,7% und 99,7% erzielten (27, 32).

Indrielle-Kelly et al. meldete ebenfalls sehr gute Ergebnisse mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 100%, 95% und 96% (26). Roditis et al. und Burla et al. erreichten Werte von:

- Roditis et al.: 84,6%, 99,4% und 98,3% (24).
- Burla et al.: 85,7%, 98,3% und 96,9% (30).

Hernandez Gutierrez et al. berichtete moderatere Ergebnisse mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 67%, 100% und 96% (33). Die niedrigsten Werte meldete Di Paola et al., mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 25%, 100% und 92% (25).

3.3.2 MRT bei TIE der Ureteren

Tabelle 8: MRT bei TIE der Ureteren

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|---------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|-----------------------|
| Alborzi et al.(27) | 100 | 100 | 100 | 317 | 2018 | Histologie |
| Indrielle-Kelly et al.(26) | 100 | 100 | 100 | 51 | 2020 | Histologie |
| Manti et al.(32) | 50 | 100 | 82 | 72 | 2022 | Histologie |
| Hernandez Gutierrez et al. (33) | 33 | 98 | 90 | 48 | 2019 | Histologie |

Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Acc, Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie, Histopathologische Diagnosestellung;

Insgesamt berichten 4 Studien spezifische Ergebnisse für die Diagnose von Endometriose an den Ureteren (26, 27, 32, 33).

- Alborzi et al. (2018) und Indrielle-Kelly et al. (2020) zeigten hervorragende Ergebnisse mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von jeweils 100%, 100% und 100% für diese Lokalisation (26, 27).
- Hernandez Gutierrez et al. (2022) berichtete moderatere Werte mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 33%, 98% und 90% (33).
- Manti et al. (2023) erreichte eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 50%, 100% und 82% (32).

Die Ergebnisse variieren erheblich zwischen den Studien, wobei insbesondere die Sensitivität in einigen Fällen begrenzt ist. Dennoch zeigen die Studien eine hohe Spezifität, die auf die Stärke des MRTs in der Identifizierung von Endometriose-Herden an den Ureteren hinweist.

3.3.3 MRT bei TIE des Uterus

Tabelle 9: MRT bei TIE des Uterus

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|-----------------------|
| Di Paola et al.(25) | 100 | 100 | 100 | 115 | 2015 | Histologie |
| Fendal Tunca et al.(31) | 88 | 87 | 87 | 64 | 2023 | ENZIAN |
| Burla et al.(30) | 57,1 | 82,8 | 80,8 | 63 | 2019 | Histologie |

Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Acc, Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie, Histopathologische Diagnosestellung; ENZIAN, intraoperativer ENZIAN-Score

Es wurden 3 Studien inkludiert, welche Ergebnisse für den Uterus angaben (25, 30, 31). Bei Di Paola et al. und Burla et al. wurde zur Beurteilung die ENZIAN Klassifikation (FA) angewandt (25, 30).

Di Paola et al. lieferte das beste Ergebnis mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von jeweils 100% (25). Das schlechteste Ergebnis zeigte Burla et al. mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 57,1%, 82,2% und 80,8% (30). Dazwischen liegen die Werte von Fendal Tunca et al. mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 88%, 87% und 87% (31).

3.3.4 MRT bei TIE der uterosakralen Ligamente

Tabelle 10: MRT bei TIE der uterosakralen Ligamente

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|--------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|-----------------------|
| Manti et al.(32) | 100 | 92,8 | 95,4 | 72 | 2022 | Histologie |
| Roditis et al.(24) | 94,1 | 66,7 | 92,7 | 178 | 2023 | Histologie |
| Indrielle-Kelly et al.(26) | 94,0 | 60,0 | 84,0 | 51 | 2020 | Histologie |
| Hernandez Gutierrez et al.(33) | 67,0 | 43,0 | 56,0 | 48 | 2019 | Histologie |
| Bausic et al.(34) | 65,9 | 66,3 | 66,1 | 256 | 2023 | Histologie |
| Alborzi et al.(27) | 63,6 | 94,0 | 97,5 | 317 | 2018 | Histologie |

Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Acc, Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie, Histopathologische Diagnosestellung;

Von den eingeschlossenen Studien berichteten 6 über Ergebnisse für die Uterosakralen Ligamente (24, 26, 27, 32, 33, 34).

Roditis et al. und Indrielle-Kelly et al. beschrieben eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von jeweils 94,1%, 66,7% und 92,7% sowie 94,0%, 60,0% und 84,0% für diese Lokalisation (24, 26). Bei Manti et al. zeigten sich Werte von 100%, 92,8% und 95,4% für Sensitivität, Spezifität und Accuracy (32). Alborzi et al. berichtet über eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 63,6%, 94,0% und 97,5% (27). Die schlechtesten Ergebnisse lieferten Bausic et al. sowie Hernandez Gutierrez et al. mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 65,9%, 66,3% und 66,1% sowie 67,0%, 43,0% und 56,0% (33, 34).

3.3.5 MRT bei TIE der Vagina

Tabelle 11: MRT bei TIE der Vagina

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|---------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|-----------------------|
| Indrielle-Kelly et al.(26) | 73,0 | 95,0 | 90,0 | 51 | 2020 | Histologie |
| Roditis et al.(24) | 55,6 | 84,5 | 78,8 | 178 | 2023 | Histologie |
| Hernandez Gutierrez et al. (33) | 33,0 | 93,0 | 89,0 | 48 | 2019 | Histologie |

Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Acc, Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie, Histopathologische Diagnosestellung;

Drei der eingeschlossenen Studien erbrachten separate Ergebnisse für die Vagina (24, 26, 33).

Das beste Ergebnis zeigte Indrielle-Kelly et al. mit einer Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 73,0%, 95,0% und 90,0% (26). Roditis et al. berichtet über eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 55,6%, 84,5% und 78,8% (24). Bei

Hernandez Gutierrez et al. lagen die Werte für Sensitivität, Spezifität und Accuracy bei 33,0%, 93,0% und 89,0% (33).

3.3.6 MRT bei TIE des Septum Rektovaginale & des Retrovaginalem Raums

Tabelle 12: MRT bei TIE des Septum Rektovaginale & des Retrovaginalem Raums

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|---------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|------|-----------------------|
| Indrielle-Kelly et al.(26) | 83,0* | 93,0* | 92,0* | 51 | 2020 | Histologie |
| Manti et al.(32) | 80,0** | 100** | 91,0** | 72 | 2022 | Histologie |
| Hernandez Gutierrez et al. (33) | 74,0* | 64,0* | 69,0* | 48 | 2019 | Histologie |
| Alborzi et al.(27) | 72,7** | 95,2** | 92,1%** | 317 | 2018 | Histologie |

*Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Acc, Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie, Histopathologische Diagnosestellung; * Retrovaginal Space; ** Septum Rektovaginale*

Für das Septum rektovaginale und den retrovaginalem Raum beschrieben 4 eingeschlossene Studien Ergebnisse (26, 27, 32, 33). Davon beziehen sich zwei auf das Septum rektovaginale(27, 32) und zwei auf den retrovaginalem Raum (26, 33). Für das Septum rektovaginale kamen Alborzi et al. auf eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 72,7%, 95,2% und 92,1% (27), während Manti et al. eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 80,0%, 100% und 91,0% beschrieb (32). Bezüglich des retrovaginalem Raums beschrieben Indrielle-Kelly et al. eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 83,0%, 93,0% und 92,0% (26). Hernandez Gutierrez berichtete hier über Werte von 74,0%, 64,0% und 69,0% für Sensitivität, Spezifität und Accuracy (33).

3.3.7 MRT bei TIE im Rektosigmoid

Tabelle 13: MRT bei TIE im Rektosigmoid

| Autor | Sens., % | Spez., % | Acc., % | Pat., n | Jahr | Referenz- standard |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|------|-----------------------|
| Manti et al.(32) | 100 | 93,3 | 95,4 | 72 | 2022 | Histologie |
| Indrielle-Kelly et al.(26) | 94,0 | 84,0 | 88,0 | 51 | 2020 | Histologie |
| Sandre et al.(35) | 90,0 | 100 | 92,0 | 37 | 2019 | Histologie |
| Roditis et al.(24) | 86,9 | 95,7 | 92,7 | 178 | 2023 | Histologie |
| Hernandez Gutierrez et al. (33) | 69,0 | 87,0 | 75,0 | 48 | 2019 | Histologie |
| Alborzi et al.(27) | 76,9* | 96,6* | 93,4* | 317 | 2018 | Histologie |
| Bausic et al.(34) | 66,3** 58,3*** | 94,5** 96,7*** | 80,8** 93,2*** | 256 | 2023 | Histologie |

*Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Acc, Accuracy; Pat, Patientinnen; Histologie, Histopathologische Diagnosestellung; * Rectal Wall; ** Rektum; *** Sigmoid*

Insgesamt berichteten 7 Studien über das Rektosigmoid (24, 26, 27, 32, 33, 34, 35). Bausic et al. unterteilten diesen Bereich noch zusätzlich in das Rektum und das Sigmoid (34), während Alborzi et al. nur das Rektum beschrieben (27).

Roditis et al. beschreiben eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 86,9%, 95,7% und 92,7% für diese Lokalisation (24). Indrielle-Kelly et al. kamen auf eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 94,0%, 84,0% und 88,0% (26). Bei Hernandez Gutierrez et al. wurden Werte von 69,0%, 87,0% und 75,0% für Sensitivität, Spezifität und Accuracy beschrieben (33). Manti et al. gab Werte von 100%, 93,3% und 95,4% für Sensitivität, Spezifität und Accuracy an (32). Auf eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 90,0%, 100% und 92,0% kam Sandre et al. (35).

Alborzi et al. gab nur Werte für das Rektum an, hier wurden eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 76,9%, 96,6% und 93,4% erzielt (27).

Bausic et al. unterteilten das Rektosigmoid in das Rektum und das Sigmoid und lieferten dafür separate Ergebnisse. Für das Rektum betrug die Sensitivität,

Spezifität und Accuracy 66,3%, 94,5% und 80,8%, während die Ergebnisse für das Sigmoid 58,3%, 96,7% und 93,2% betragen (34).

3.3.8 MRT bei TIE der Parametrien und des Douglas Raums

Die Parametrien und der Douglas Raum wurden nur in wenigen Studien untersucht. Im Folgenden werden die Ergebnisse zusammengefasst:

Bausic et al. gab für die Parametrien eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von jeweils 27,4%, 89,2% und 40,1% an (34).

Roditis et al. beschrieb für die Region der Parametrien und des sakrorektogenitalen Septums eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 36, 93,8% und 75,1% respektive. Die Accuracy wurde höher als jene von TVUS beschrieben (24).

Indrielle-Kelly et al. beschrieben im Douglas Raum eine Sensitivität, Spezifität und Accuracy von 58%, 44% und 55% (26).

3.4 Ergebnisse von Meta-Analysen

Es wurden insgesamt 5 Meta-Analysen eingeschlossen, welche im Zeitraum von 2015 bis 2020 publiziert wurden und Studien von 1994 bis 2018 analysierten (14, 36, 37, 38, 39).

Tabelle 14: Ergebnisse von Meta-Analysen

| Autor | Sens., % | Spez., % | Studien, n | Pat., n | Jahr | Zeitraum |
|---------------------------------|-------------|-------------|---------------|------------|------|-------------|
| Nisenblat et al. (14) | | | 6 | 266 | 2016 | 2005 - 2013 |
| TIE gesamt | 94 | 77 | | | | |
| Zhang et al. (37) | | | 13 | 1298 | 2020 | 1994 - 2018 |
| TIE gesamt | 82 | 87 | | | | |
| Medeiros et al. (36) | | | 20 | 1819 | 2015 | 1999 - 2013 |
| TIE gesamt | 83 | 90 | | | | |
| <i>Blase</i> | 64 | 98 | | | | |
| <i>Intestinum</i> | 84 | 97 | | | | |
| <i>Douglas Raum</i> | 89 | 94 | | | | |

| | | | | | |
|--|----|----|---|------|------------------|
| <i>Rektosigmoid</i> | 83 | 88 | | | |
| <i>Septum Rektovaginale</i> | 77 | 95 | | | |
| <i>Uterosakrale Ligamente</i> | 85 | 80 | | | |
| <i>Vagina und posteriorer vaginaler Fornix</i> | 82 | 90 | | | |
| Guerriero et al. (38) | | | 6 | 424 | 2018 2007 - 2012 |
| <i>Rektosigmoid</i> | 85 | 95 | | | |
| <i>Septum Rektovaginale</i> | 66 | 97 | | | |
| <i>Uterosakrale Ligamente</i> | 70 | 93 | | | |
| Moura et al. (39) | | | 8 | 1132 | 2019 2007 - 2018 |
| <i>Rektosigmoid</i> | 88 | 90 | | | |

Sens, Sensitivität; Spez, Spezifität; Studien, eingeschlossenen Studien; Pat, gesamte Patientinnenanzahl der Studien; Zeitraum, Zeitraum der eingeschlossenen Studien

Nisenblatt et al. beschrieben eine kumulierte Sensitivität von 94% und Spezifität von 77%. Es wurden 6 Studien im Zeitraum von 2005 bis 2013 mit einer gesamten Patientinnenanzahl von 266 analysiert. Das MRT erreichte in dieser Meta-Analyse die Kriterien für einen Ersatz-Test und schnitt damit besser ab als der TVUS (14).

Bei Zhang et al. zeigte sich eine Gesamtsensitivität und Spezifität von 82% und 87%. Hier wurden 13 Studien im Zeitraum von 1994 bis 2018 mit einer Gesamtpopulation von 1298 eingeschlossen (37).

Medeiros et al. beschrieben eine kumulierte Sensitivität und Spezifität von 83% und 90%, bei 20 eingeschlossenen Studien mit insgesamt 1819 Patientinnen im Zeitraum von 1999 bis 2013. In dieser Studie wurden auch einzelne Lokalisation

separat analysiert. Für die Harnblase zeigte sich eine Sensitivität und Spezifität von 64% und 98%. Im Intestinum betragen die Sensitivität und Spezifität 84% und 97%, im Douglas Raum 89% und 94%. Im Rektosigmoid zeigte sich eine Sensitivität und Spezifität von 83% und 88%. Für das Septum rektovaginale lieferte die Studie Werte für Sensitivität und Spezifität von 77% und 95%, bei den uterosakralen Ligamente lagen diese bei 85% und 80%. Zuletzt zeigte sich für die Vagina und den posterioren vaginalen Fornix eine Sensitivität und Spezifität von 82% und 90% (36).

Guerrero et al. analysierten 6 Studien mit insgesamt 424 Patientinnen aus dem Zeitraum von 2007 bis 2012. Es wurde keine kumulierte Sensitivität und Spezifität angegeben, sondern separate Werte für das Rektosigmoid, das Septum Rektovaginale und die uterosakralen Ligamente berechnet. Für das Rektosigmoid lag die Sensitivität und Spezifität bei 85% und 95%, für das Septum rektovaginale bei 66% und 97% und für die uterosakralen Ligamente bei 70% und 93% (38).

Moura et al. analysierten 8 Studien zur MRT und TVUS-Diagnostik der TIE im Rektosigmoid mit insgesamt 1132 Patientinnen aus dem Zeitraum von 2007 bis 2018. Es wurde eine kumulierte Sensitivität und Spezifität von 88% und 90% angegeben (39).

4 Diskussion

Diese Arbeit fasst die rezenteste Literatur zur MRT-Bildgebung bei tief infiltrierender Endometriose zusammen und stellt zentrale diagnostische Parameter wie Sensitivität und Spezifität dar, sowohl kumuliert als auch für spezifische Lokalisationen.

Die chirurgische Exploration mittels Laparoskopie oder Laparotomie bleibt derzeit die einzige anerkannte Modalität zur sicheren Diagnose von TIE (3, 6, 7, 15). Dies stellt jedoch eine sehr invasive Diagnostik dar und geht mit einem nicht vernachlässigbaren Risiko an Komplikationen, sowohl anästhesiologischer als auch chirurgischer Natur einher. Miranda et al. beschreibt etwa eine Gesamtkomplikationsrate von 0,79% und eine Rate an schweren Komplikationen von 0,46% bei gynäkologischen Laparoskopien (40).

Nur etwa ein Drittel der diagnostischen Laparoskopien führt tatsächlich zu einer Diagnose von Endometriose (41), was den Bedarf an genauen, nicht-invasiven Alternativen zur Diagnose der Endometriose unterstreicht (42).

Zum jetzigen Zeitpunkt wird zwar empfohlen, das MRT und den TVUS in der präoperativen Diagnostik von TIE einzusetzen, doch die endgültige Diagnose kann weiterhin nur durch eine chirurgische Exploration gestellt werden (3). Das MRT hat jedoch einen großen Stellenwert im präoperativen Staging (18) und ist im Vergleich zum TVUS nicht untersucherabhängig. Zudem hebt Nisenblat et al. die Überlegenheit des MRTs gegenüber dem TVUS in der Diagnostik der TIE hervor (14).

Interpretation der Ergebnisse

Ein zentraler Aspekt in der Interpretation der Ergebnisse ist die Frage, ab welchen Werten für Sensitivität und Spezifität das MRT oder andere Methoden die Laparoskopie als einzige Methode zur sicheren Diagnosestellung von TIE ablösen könnten.

Nisenblat et al. nutzten die Daten von Wykes et al., um die Anforderungen an einen diagnostischen Test zu definieren, der die Laparoskopie potenziell ersetzen könnte.

Als Kriterien für einen Ersatztest wurden eine Sensitivität von 94% und eine Spezifität 79% festgelegt. Weiterhin wurden spezifische Anforderungen für Triage-Tests definiert. So schließen eine Sensitivität über 95% und eine Spezifität über 50% bei einem negativen Testergebnis eine Diagnose mit hoher Wahrscheinlichkeit aus (SnOUT-Test), während eine Sensitivität über 50% und eine Spezifität über 95% bei einem positiven Testergebnis eine Diagnose mit hoher Wahrscheinlichkeit bestätigt (SpIN-Test) (43).

Basierend auf diesen Referenzwerten erreichte nur Di Paola et al. mit 94% und 97% die Referenzwerte für einen Ersatz der chirurgischen Exploration (25).

Roditis et al. erreichte zwar ebenfalls eine Sensitivität von 94,7%, aufgrund einer zu geringen Anzahl an Patientinnen mit negativen Ergebnissen nach der Operation wurde die Spezifität jedoch nicht berechnet (24).

Keine der Studien erreichte die Kriterien für einen SnOUT-Test, jedoch kamen 3 Studien mit Sensitivitäten von 90,4%, 91,0% und 94% knapp heran (25, 26, 27).

Die Kriterien für einen SpIN-Test erreichte ebenfalls nur Di Paola et al. (25), am nächsten der benötigten Spezifität lagen Indrielle-Kelly et al. mit einer Spezifität von 91,0% (26).

Von den drei Metaanalysen mit Gesamtergebnissen kam nur Nisenblat et al. mit einer Sensitivität von 94% und einer Spezifität von 77% sehr knapp an die Kriterien für einen Ersatztest heran, die Kriterien für einen SnOUT- oder SpIN-Test wurden von keiner Metaanalyse erfüllt (14).

Von den 6 Studien, welche kumulierte Ergebnisse lieferten, zeigten vier Sensitivitäten über 90% mit einem Maximalwert von 94,8%, während bei zwei diese mit 76,9% und 67,0% deutlich niedriger lagen. Die Spezifitäten fielen etwas geringer aus, wobei 2 Studien auch Werte über 90% lieferten. Der niedrigste Wert lag bei 53,3%, die restlichen Ergebnisse betragen 66,1% und 84,7 % (24, 25, 26, 27, 28, 29).

Die Meta-Analysen zeigten ähnliche Ergebnisse, wobei diese hauptsächlich ältere Publikationen analysierten, welche Aufgrund des Alters aus dieser Arbeit

ausgeschlossen wurden. So geben diese Werte von 94% bis 82% für die Sensitivität und 90% bis 77% für die Spezifität an (14, 36, 37).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass einige Studien und Metaanalysen die Kriterien für einen Ersatztest erfüllen bzw. sehr knapp herankommen.

Da diese Kriterien jedoch nur auf einer alten Studie aus dem Jahr 2004 basieren, besteht hier sicherlich Bedarf nach neuer Forschung um diese Werte zu untermauern.

Schlussfolgerungen

Die sehr guten Ergebnisse einzelner Studien und Metaanalysen unterstreichen das Potenzial des MRTs, die Chirurgie als Goldstandard in der Diagnose der TIE zu ersetzen. Diese Einschätzung wird von den Autoren der ESHRE-Guidelines und dem rezenten Review von Bazot et al. geteilt, welches die diagnostischen Modalitäten der TIE beleuchtet (3, 11).

Eine nichtinvasive Modalität, die eine vergleichbare Sensitivität und Spezifität, wie die Chirurgie aufweist, ist eindeutig zu bevorzugen (3). Der Verzicht auf einen invasiven diagnostischen Eingriff und dessen potentielle Komplikationen würde es Patientinnen erleichtern, eine schnellere Diagnose und damit auch eine korrekte Therapie zu erhalten. Angesichts der vermutlich hohen Anzahl an undiagnostizierten Patientinnen und dem langen Zeitraum von Beginn der Symptome bis zur Diagnose, an der die invasive Diagnosestellung sicherlich seinen Anteil hat, könnten so der Leidensweg vieler Patientinnen stark verkürzt werden. Diese Tatsachen müssen in der Evaluation des MRTs als diagnostische Alternative berücksichtigt werden (3).

Der Bedarf einer Diskussion und Einschätzung durch Expertinnen und Experten ist angesichts der Vorteile einer nichtinvasiven Diagnosestellung offensichtlich.

Eine solche Modalität könnte den diagnostischen Prozess erheblich erleichtern und den Zugang zu einer frühzeitigen Therapie verbessern. Dennoch sind weiterführende Studien erforderlich, um eine klarere und fundierte Datenlage zu schaffen. Insbesondere die Heterogenität der Ergebnisse und die unterschiedlichen Studiendesigns erschweren derzeit eine eindeutige Schlussfolgerung.

Es bleibt daher den Fachgesellschaften überlassen zu werten, ob die aktuelle Evidenz ausreicht um das MRT - sei es generell oder für spezifische klinische Situationen - als Ersatz für die operative Diagnostik zu empfehlen. Vieles deutet jedoch darauf hin, dass das MRT in Zukunft eine zentrale Rolle in der nichtinvasiven Diagnostik der TIE spielen könnte.

4.1 Spezifische Lokalisationen

Folgend werden die Ergebnisse sortiert nach einzelnen Lokalisationen interpretiert. Es wird auch hier mit den Werten für einen Ersatztest gearbeitet. Jedoch muss angemerkt werden, dass sich dessen Referenzparameter auf die gesamte Entität Endometriose beziehen und unklar ist, wie weit die lokalisationsspezifischen Werte in der chirurgischen Diagnostik abweichen.

Weiters wirft es die Frage nach dem hypothetischen klinischen Vorgehen auf, wenn für eine Lokalisation das MRT die Kriterien für einen Ersatztest erfüllt, für andere jedoch nicht. So könnte man bei einem positiven Ergebnis für eine Lokalisation zwar dann die Diagnose TIE für eine spezifische Lokalisation stellen, jedoch wäre unklar ob andere Lokalisationen ebenfalls betroffen sind. Es bestünde aber bei dem Entschluss für eine therapeutische Laparoskopie die Möglichkeit, die Diagnose für die restlichen Lokalisationen herkömmlich zu stellen.

Bei einem negativen Ergebnis in Lokalisationen, wo das MRT die Kriterien für einen Ersatztest erfüllt, aber dem Bestehen von Lokalisationen, wo dies nicht der Fall ist, könnte eine positive Diagnose wiederum nicht ausgeschlossen werden.

Kompartimente A/B/C (#ENZIAN)

Drei der fünf eingeschlossenen Studien überschritten für das #ENZIAN Kompartiment A die Werte für einen Ersatztest (25, 30, 31). Die zwei restlichen Studien schnitten jedoch deutlich schlechter ab mit Sensitivitäten von nur 59,5% und 57,5% (28, 29).

Im Kompartiment B erreichten 2 Studien die Schwelle für einen Ersatztest (25, 31). Die restlichen Studien zeigten zwar deutlich schlechtere Sensitivitäten von 56,5% bis 78,4 %, jedoch hohe Spezifitäten mit 100% bis 82,5% (28, 29, 30).

Für das Kompartiment C überschritt das MRT nur in einer Studie die Werte für einen Ersatztest (31). Auch hier zeigten sich sehr hohe Spezifitäten von 86,7% bis 98%, während die Sensitivitäten mit 50% bis 94% niedriger ausfielen (25, 28, 29, 30, 31).

Es zeigt sich hier insgesamt eine Diskrepanz der Ergebnisse, so schneiden Widschwendter et al. und Harth et al. in allen #ENZIAN Kompartimenten deutlich schlechter ab (28, 29). Die zugrundeliegenden Faktoren sind jedoch unklar.

Nichtsdestotrotz zeigen diese Ergebnisse das grundlegende Potenzial des MRTs auf, für diese Kompartimente einen validen Ersatztest für eine Operation darzustellen, jedoch sind sicherlich noch weiterführenden Studien nötig, um die Datenlage zu verbessern.

Blase und Urether

Drei der 7 Studien, welche Ergebnisse für die Blase lieferten, überschritten die Grenze für einen Ersatztest (26, 27, 32).

Während alle Studien sehr hohe Werte für die Spezifität angaben (95% - 100%) (24, 25, 26, 27, 30, 32, 33), zeigten sich für die Sensitivität auch sehr niedrige Werte bis hinunter zu 25% (25). Jedoch umfassten diese Studien teilweise nur sehr geringe Fallzahlen im einstelligen Bereich, was statistische Ausreißer unvermeidbar macht. Die Metaanalyse Medeiros et al. zeigt konkordante Ergebnisse, mit einer hohen Spezifität von 98% und geringerer Sensitivität von 64% (36).

Für die Ureteren zeigt sich ein ähnliches Bild. Zwei der vier Studien erfüllten die Kriterien für einen Ersatztest (26, 27), mit sehr hohen Spezifitäten von 98% bis 100%. Auch hier zeigten sich in 2 Fällen sehr niedrige Sensitivitäten (33% und 50%), welchen jedoch möglicherweise eine geringe Fallzahl zugrunde liegt (32, 33).

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass das MRT im Bereich der Blase und der Ureteren eine sehr hohe diagnostische Genauigkeit aufweist, insbesondere das eine negative Diagnose im MRT einen Befall dieser Lokalisation mit hoher Sicherheit ausschließt. Die niedrige Sensitivität erlaubt es zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht, das MRT als Alternative zur Chirurgie zu postulieren.

Uterus und Vagina

Während Di Paola et al. für den Uterus die Kriterien für einen Ersatztest mit jeweils 100% Sensitivität und Spezifität klar erfüllt (25), zeigen die zwei anderen Studien, welche diese Lokalisation beschreiben deutlich niedrigere Werte (30, 31). Aufgrund der geringen Anzahl an Studien und der widersprüchlichen Ergebnisse lässt sich für diese Lokalisation daher keine klare Aussage über den Wert der MRT-Bildgebung treffen.

Für die Vagina zeigte sich in den drei Studien eine niedrige Sensitivität, mit Werten zwischen 33% und 73%, jedoch im Vergleich hohe Spezifitäten von 84,5% bis 95% (24, 26, 33).

Daraus lässt sich ableiten, dass das MRT als diagnostisches Mittel zwar momentan keinen hohen Stellenwert für diese Lokalisationen aufweist, ein negatives Ergebnis aber mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Diagnose ausschließt.

Uterosakrale Ligamente

Lediglich eine der 6 Studien überschritt den Wert für einen Ersatztest (32).

Auffällig ist weiterhin, dass bei der Hälfte der Studien hohe Sensitivitäten über 94% angegeben werden (24, 26, 32), bei der anderen Hälfte diese jedoch deutlich niedriger im Bereich von 60% liegen (27, 33, 34).

Auch hier zeichnet sich somit der Trend für heterogene Ergebnisse ab, welcher auf unbekannte Variablen in den Studien hinweist, welche die Ergebnisse beeinflussen. Die Ergebnisse von 2 Metaanalysen (Sensitivität 85% / 70%, Spezifität 80% / 93%) liefern ebenfalls keine Ergebnisse, die klare Schlussfolgerungen zulassen (36, 38).

Septum Rektovaginale und Retrovaginaler Raum

Drei der 4 Studien geben eine hohe Spezifität für diese Lokalisation an (93% - 100%), während die Sensitivität im Bereich von 72,7% bis 83,0% liegt (26, 27, 32, 33). Zwei Metaanalysen zeigen übereinstimmende Ergebnisse, mit ebenfalls hoher Spezifität bei geringerer Sensitivität (36, 38).

Somit dürfte das MRT zwar geeignet für den Ausschluss eines Befalls dieser Lokalisation haben, jedoch keinen validen Ersatz für eine chirurgische Exploration darstellen. Weiters muss auf das Problem der abweichenden Definitionen der

Begriffe Septum rektovaginale und retrovaginaler Raum hingewiesen werden, was die Interpretation dieser Ergebnisse weiter erschwert.

Rektosigmoid

Zwei der 7 Studien erfüllte für das Rektosigmoid die Kriterien für einen Ersatztest (26, 32).

Eine Auffälligkeit ist der Umstand, dass zwar die Sensitivitäten sehr heterogen berichtet werden (69% - 100%), jedoch die Spezifitäten im Vergleich relativ konstant hoch angegeben werden (84% - 100%) (24, 26, 27, 32, 33, 34, 35).

Die Ergebnisse von 3 Metaanalysen zeigen jeweils ähnlich gute Ergebnisse, mit einer Sensitivität zwischen 83% und 88% sowie Spezifitäten von 88% bis 95% (36, 38, 39).

Die ESHRE-Guidelines kommen zu dem Schluss, dass das MRT im Rektosigmoid die Kriterien für einen Ersatz der Chirurgie erfüllt (3). Bazot et al. teilt diese Einschätzung und beschreibt die Möglichkeit, damit eine Therapie, ohne weitere invasive Diagnostik, beginnen zu können (11).

Das Rektosigmoid ist daher die einzige Lokalisation, wo zum jetzigen Zeitpunkt eine Einschätzung von Expertinnen und Experten sowie Fachgesellschaften über die Gleichwertigkeit bzw. Überlegenheit des MRTs zur Chirurgie besteht.

4.2 Vergleichbarkeit, Einschränkungen und systemische Probleme der Studien zur Thematik

Der Vergleich der Studien wird einerseits durch eine hohe Heterogenität erschwert. Die Studien variieren in Bezug auf Größe der Populationen, der MRT-Protokolle, der verwendeten MRT-Geräte, der Erfahrung der Befunderinnen und Befunder, der verwendeten Referenzstandards, der verwendeten Klassifikationskriterien und der Operationsmethoden. Diese Einschätzung wird von den Autoren der eingeschlossenen Metaanalysen geteilt (14, 37, 38).

Die hohe Prävalenz der TIE in den eingeschlossenen Studien stellt einen Risikofaktor für einen Selektionsbias dar. So zeigen etwa die Studien mit kumulierten Ergebnisse Prävalenzen im Bereich von 67,% bis 98,3% für die TIE (24, 29). Nisenblatt et al. und Medeiros et al. teilen diese Einschätzung (14, 36).

Diese Tatsachen unterstreichen die Hypothese, dass aufgrund der Invasivität und möglichen Komplikationen einer Operation Frauen mit geringer Symptomintensität wahrscheinlich eher vor einer Operation Abstand nehmen bzw. vermehrt Frauen mit schweren Symptomen zu einer Diagnose durch eine Operation kommen. Sollte dies zutreffen, würde eine nichtinvasive Methode wie das MRT zu einer höheren Anzahl an Diagnosen und folglich einer korrekten Behandlung führen.

Daraus lässt sich auch ableiten, dass Studien vermehrt Frauen mit stärkerer Ausprägung der Symptome repräsentieren und die erhobenen Werte folglich für Patientinnen mit geringen Symptomen möglicherweise weniger zutreffend sind.

Diese Überlegungen unterstreichen den Bedarf für eine anerkannte, nichtinvasive Methode wie das MRT zur Diagnose der Endometriose.

Bazot et al. beschreibt das Problem, dass die histologische Diagnose der Endometriose das gleichzeitige Vorkommen von endometrialen Zellen und Stroma voraussetzt. Jedoch ist die fibröse Komponente in Läsionen vorherrschend, die Verteilung von endometrialen Zellen, glatter Muskulatur und Stroma liegt bei 12.2%, 40.3%, und 47.5%. Die Autoren stellen daher die Vermutung auf, dass die Endometriose in der Histologie unterdiagnostiziert sein könnte (11).

Daraus folgend ergibt sich die Möglichkeit, dass bei Studien, wo die histologische Untersuchung den Referenzstandard darstellt, die Rate an falsch positiven Befunden und daher auch die Spezifität negativ verfälscht sein könnte.

Die laparoskopische Inspektion, welche von der ESHRE als Goldstandard festgesetzt wird, ist jedoch deutlich ungenauer als die histologische Diagnosestellung. So beschreibt Wykes et al. für die Laparoskopie eine Sensitivität von 94% und eine Spezifität von 79% im Vergleich zur histologischen Untersuchung (3, 44).

4.3 Limitationen der Arbeit

Eine Limitation dieser Arbeit stellt die Einschränkung der Suche nach relevanten Arbeiten auf PubMed dar. Studien, die hier nicht aufscheinen, wurden somit nicht berücksichtigt. Weiterhin waren einzelne Studien nicht im Volltext verfügbar und wurden somit nicht berücksichtigt.

Die Aussagekraft der Ergebnisse wird weiterhin durch den Vergleich von heterogenen Studien mit verschiedenen Referenzstandards, Klassifikationen und auch Definitionen eingeschränkt. Für bestimmte Lokalisationen wurde auch nur eine geringe Anzahl von relevanten Studien identifiziert bzw. nur geringe Fallzahlen beschrieben, was die Einschätzung der Ergebnisse erschwert.

Die teilweise heterogenen Ergebnisse für einzelne Lokalisationen erschweren weiters die Interpretation und zuletzt stellt eine hohe Prävalenz der TIE in den Studienpopulationen einen nicht zu vernachlässigenden Faktor dar.

4.4 Conclusio

Das MRT des Beckens zeigt vielversprechendes Potenzial, die Chirurgie als einziges valides Diagnosemittel für tief infiltrierende Endometriose (TIE) abzulösen oder zumindest für spezifische Lokalisationen, wie das Rektosigmoid, sinnvoll zu ergänzen. Diese Einschätzung wird gestützt durch Ergebnisse, die in Bezug auf Sensitivität und Spezifität sehr nahe an die diagnostische Genauigkeit der chirurgischen Exploration heranreichen.

Ein weiterer entscheidender Vorteil des MRTs liegt in seiner geringen Invasivität, insbesondere im Vergleich zur Hürde eines operativen Eingriffs allein zur Diagnosestellung.

Allerdings besteht ein dringender Bedarf an einem Konsens über die Definition und Diagnosestandards der TIE, um die Vergleichbarkeit von Studien zu verbessern und die bestehende Heterogenität der Ergebnisse zu minimieren. Solche Standards könnten dazu beitragen, das MRT noch gezielter in der Diagnostik einsetzen zu können und seine Rolle als mögliche Alternative zur Chirurgie zu etablieren.

5 Literaturverzeichnis

1. Zondervan KT, Becker CM, Missmer SA. Endometriosis. *N Engl J Med.* 2020;382(13):1244-56.
2. D'Alterio MN, D'Ancona G, Raslan M, Tinelli R, Daniilidis A, Angioni S. Management Challenges of Deep Infiltrating Endometriosis. *Int J Fertil Steril.* 2021;15(2):88-94.
3. European Society of Human Reproduction and Embryology. Endometriosis - Guideline of European Society of Human Reproduction and Embryology [Internet]. Strombeek-Bever; 2022 [cited 2024 Dez 6], Available from: <https://www.eshre.eu/guideline/endometriosis>.
4. Koninckx PR, Ussia A, Adamyan L, Wattiez A, Donnez J. Deep endometriosis: definition, diagnosis, and treatment. *Fertil Steril.* 2012;98(3):564-71.
5. International working group of Aagl EE, Wes, Tomassetti C, Johnson NP, Petrozza J, Abrao MS, et al. An International Terminology for Endometriosis, 2021. *J Minim Invasive Gynecol.* 2021;28(11):1849-59.
6. DGGG, OEGGG, SGGG. Leitlinienprogramm - Diagnostik und Therapie der Endometriose [Internet]. Berlin; 2020 [cited 2024 Dez 6] Available from: https://register.awmf.org/assets/guidelines/015-0451_S2k_Diagnostik_Therapie_Endometriose_2020-09.pdf.
7. Uhl B. Gynäkologie und Geburtshilfe compact - Alles für Station, Praxis und Facharztprüfung. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2018. 768 p.
8. Shafrir AL, Farland LV, Shah DK, Harris HR, Kvaskoff M, Zondervan K, et al. Risk for and consequences of endometriosis: A critical epidemiologic review. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2018;51:1-15.
9. Eisenberg VH, Weil C, Chodick G, Shalev V. Epidemiology of endometriosis: a large population-based database study from a healthcare provider with 2 million members. *BJOG.* 2018;125(1):55-62.
10. Parazzini F, Esposito G, Tozzi L, Noli S, Bianchi S. Epidemiology of endometriosis and its comorbidities. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2017;209:3-7.
11. Bazot M, Darai E. Diagnosis of deep endometriosis: clinical examination, ultrasonography, magnetic resonance imaging, and other techniques. *Fertil Steril.* 2017;108(6):886-94.
12. Rousset P, Florin M, Bharwani N, Touboul C, Monroc M, Golfier F, et al. Deep pelvic infiltrating endometriosis: MRI consensus lexicon and compartment-based approach from the ENDOVALIRM group. *Diagn Interv Imaging.* 2023;104(3):95-112.
13. Jha P, Sakala M, Chamie LP, Feldman M, Hindman N, Huang C, et al. Endometriosis MRI lexicon: consensus statement from the society of abdominal radiology endometriosis disease-focused panel. *Abdom Radiol (NY).* 2020;45(6):1552-68.
14. Nisenblat V, Bossuyt PM, Farquhar C, Johnson N, Hull ML. Imaging modalities for the non-invasive diagnosis of endometriosis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;2(2):CD009591.
15. W. Janni KH, T. Fehm, Ch. Scholz, B.Rack. *Facharztwissen Gynäkologie.* München: Elsevier GmbH; 2021.
16. Gupta D, Hull ML, Fraser I, Miller L, Bossuyt PM, Johnson N, et al. Endometrial biomarkers for the non-invasive diagnosis of endometriosis. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;4(4):CD012165.
17. Lee SY, Koo YJ, Lee DH. Classification of endometriosis. *Yeungnam Univ J Med.* 2021;38(1):10-8.

18. Bazot M, Bharwani N, Huchon C, Kinkel K, Cunha TM, Guerra A, et al. European society of urogenital radiology (ESUR) guidelines: MR imaging of pelvic endometriosis. *Eur Radiol.* 2017;27(7):2765-75.
19. Thalluri AL, Knox S, Nguyen T. MRI findings in deep infiltrating endometriosis: A pictorial essay. *J Med Imaging Radiat Oncol.* 2017;61(6):767-73.
20. Kennedy S, Bergqvist A, Chapron C, D'Hooghe T, Dunselman G, Greb R, et al. ESHRE guideline for the diagnosis and treatment of endometriosis. *Hum Reprod.* 2005;20(10):2698-704.
21. Stiftung Endometriose Forschung. #ENZIAN [image on the Internet]. 2021 [cited 2024 Dez 6]. Available from: <https://endometriose-sef.de/wp-content/uploads/2023/10/Figure1new.pdf>.
22. Keckstein J, Saridogan E, Ulrich UA, Sillem M, Oppelt P, Schweppe KW, et al. The #Enzian classification: A comprehensive non-invasive and surgical description system for endometriosis. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2021;100(7):1165-75.
23. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021;372:n71.
24. Reditis A, Florin M, Rousset P, Touboul C, Bendifallah S, Bazot M, et al. Accuracy of combined physical examination, transvaginal ultrasonography, and magnetic resonance imaging to diagnose deep endometriosis. *Fertil Steril.* 2023;119(4):634-43.
25. Di Paola V, Manfredi R, Castelli F, Negrelli R, Mehrabi S, Pozzi Mucelli R. Detection and localization of deep endometriosis by means of MRI and correlation with the ENZIAN score. *Eur J Radiol.* 2015;84(4):568-74.
26. Indrielle-Kelly T, Fruhauf F, Fanta M, Burgetova A, Lavu D, Dundr P, et al. Diagnostic Accuracy of Ultrasound and MRI in the Mapping of Deep Pelvic Endometriosis Using the International Deep Endometriosis Analysis (IDEA) Consensus. *Biomed Res Int.* 2020;2020:3583989.
27. Alborzi S, Rasekhi A, Shomali Z, Madadi G, Alborzi M, Kazemi M, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging, transvaginal, and transrectal ultrasonography in deep infiltrating endometriosis. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(8):e9536.
28. Widschwendter P, Kohler M, Friedl T, Ammann B, Janni W, Rhomberg C, et al. Diagnosis of presence and extent of deep infiltrating endometriosis by preoperative MRI-improvement of staging accuracy by expert training. *J Gynecol Obstet Hum Reprod.* 2022;51(1):102236.
29. Harth S, Roller FC, Zeppernick F, Meinhold-Heerlein I, Krombach GA. Deep Infiltrating Endometriosis: Diagnostic Accuracy of Preoperative Magnetic Resonance Imaging with Respect to Morphological Criteria. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(10).
30. Burla L, Scheiner D, Samartzis EP, Seidel S, Eberhard M, Fink D, et al. The ENZIAN score as a preoperative MRI-based classification instrument for deep infiltrating endometriosis. *Arch Gynecol Obstet.* 2019;300(1):109-16.
31. Fendal Tunca A, Iliman DE, Akdogan Gemici A, Kaya C. Predictive value of preoperative MRI using the #ENZIAN classification score in patients with deep infiltrating endometriosis. *Arch Gynecol Obstet.* 2023;307(1):215-20.
32. Manti F, Battaglia C, Bruno I, Ammendola M, Navarra G, Curro G, et al. The Role of Magnetic Resonance Imaging in the Planning of Surgical Treatment of Deep Pelvic Endometriosis. *Front Surg.* 2022;9:944399.
33. Hernandez Gutierrez A, Spagnolo E, Hidalgo P, Lopez A, Zapardiel I, Rodriguez R. Magnetic resonance imaging versus transvaginal ultrasound for complete survey of the pelvic compartments among patients with deep infiltrating endometriosis. *Int J Gynaecol Obstet.* 2019;146(3):380-5.

34. Bausic AIG, Matasariu DR, Manu A, Bratila E. Transvaginal Ultrasound vs. Magnetic Resonance Imaging: What Is the Optimal Imaging Modality for the Diagnosis of Endometriosis? *Biomedicines*. 2023;11(10).
35. Sandre A, Philip CA, De-Saint-Hilaire P, Maissiat E, Bailly F, Cortet M, et al. Comparison of three-dimensional rectosonography, rectal endoscopic sonography and magnetic resonance imaging performances in the diagnosis of rectosigmoid endometriosis. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2019;240:288-92.
36. Medeiros LR, Rosa MI, Silva BR, Reis ME, Simon CS, Dondossola ER, et al. Accuracy of magnetic resonance in deeply infiltrating endometriosis: a systematic review and meta-analysis. *Arch Gynecol Obstet*. 2015;291(3):611-21.
37. Zhang X, He T, Shen W. Comparison of physical examination, ultrasound techniques and magnetic resonance imaging for the diagnosis of deep infiltrating endometriosis: A systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy studies. *Exp Ther Med*. 2020;20(4):3208-20.
38. Guerriero S, Saba L, Pascual MA, Ajossa S, Rodriguez I, Mais V, et al. Transvaginal ultrasound vs magnetic resonance imaging for diagnosing deep infiltrating endometriosis: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2018;51(5):586-95.
39. Moura APC, Ribeiro H, Bernardo WM, Simoes R, Torres US, D'Ippolito G, et al. Accuracy of transvaginal sonography versus magnetic resonance imaging in the diagnosis of rectosigmoid endometriosis: Systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2019;14(4):e0214842.
40. Miranda CS, Carvajal AR. Complications of operative gynecological laparoscopy. *JLS*. 2003;7(1):53-8.
41. Frishman GN, Salak JR. Conservative surgical management of endometriosis in women with pelvic pain. *J Minim Invasive Gynecol*. 2006;13(6):546-58.
42. Rogers PA, Adamson GD, Al-Jefout M, Becker CM, D'Hooghe TM, Dunselman GA, et al. Research Priorities for Endometriosis. *Reprod Sci*. 2017;24(2):202-26.
43. Nisenblat V, Prentice L, Bossuyt PM, Farquhar C, Hull ML, Johnson N. Combination of the non-invasive tests for the diagnosis of endometriosis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;7(7):CD012281.
44. Wykes CB, Clark TJ, Khan KS. Accuracy of laparoscopy in the diagnosis of endometriosis: a systematic quantitative review. *BJOG*. 2004;111(11):1204-12.