

1 Anatomie

Thilo Wedel, Sigmar Stelzner

1.1 Kapitelzusammenfassung

Das Verständnis der Anatomie von Kolon, Anorektum und Beckenboden ist unabdingbare Voraussetzung für die Diagnostik und Therapie koloproktologischer Erkrankungen. Die stetig zunehmenden technischen Innovationen und alternativen operativen Zugangswege erfordern einen entsprechend anspruchsvollen Umgang mit den topographischen anatomischen Verhältnissen. Die aus der Embryologie sowie makroanatomischen und mikroskopischen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse haben entscheidend dazu beigetragen, die chirurgischen Interventionen einerseits so radikal wie nötig, andererseits so funktionserhaltend wie möglich durchzuführen – und dies zunehmend unter der Maxime eines minimal-invasiven Vorgehens. Vor diesem Hintergrund widmet sich das Kapitel der klinisch-chirurgisch orientierten Anatomie und vermittelt die morphologischen Grundlagen zu dem in diesem Buch vorgestellten koloproktologischen Krankheitsspektrum.

1.2 Kolon

1.2.1 Wandaufbau des Kolons

Entsprechend des allgemeinen Wandaufbaus des Magen-Darm-Traktes setzt sich die Kolonwand aus folgenden Schichten zusammen:

- Mucosa
- Submucosa
- Tunica muscularis mit Ring- und Längsmuskelschicht
- Adventitia bzw. Serosa

In Abgrenzung zu anderen gastrointestinalen Abschnitten weist das Kolon charakteristische Merkmale auf:

- subserosale Fettanhängsel (Appendices epiploicae)
- regelmäßige Aussackungen (Haustra coli)
- halbmondförmige Schleimhautfalten (Plicae semilunares)
- drei bandförmige Verdickungen der Längsmuskelschicht (Taenia libera, Taenia omentalis, Taenia mesenterialis)

1.2.2 Kolonsegmente

Die Kolonlänge beträgt normalerweise 140–160 cm. Durch die während der Embryonalentwicklung entgegen des Uhrzeigersinnes vollzogene 270-Grad-Drehung um die Nabelschleife legt sich das Kolon wie ein Fensterrahmen („Kolonrahmen“) um die Dünndarmschlingen. Aufgrund dieser Konfiguration lassen sich folgende Segmente und Flexuren beschreiben (Abb. 1.1).

Zökum mit Appendix vermiformis

Das Zökum (Blinddarm) ist der blind endende, 6–9 cm durchmessende Anfangsteil des Dickdarms, der sackförmig nach unten in die rechte Fossa iliaca ragt. Normalerweise ist das Zökum rückwandig fixiert, kann jedoch bei embryologisch nicht erfolgter Anheftung sein Mesenterium behalten und dadurch eine freie intraperitoneale Lage einnehmen (Coecum mobile). Medialseitig mündet das terminale Ileum über die Valva ileocaecalis (Bauhin-Klappe) in das Zökum. Die Ileozökalklappe besteht aus einem lippenartig in das Zökum hineinragenden, ringförmigen Wulst, der durch Verdickung der Ringmuskelschicht gebildet wird. 2–3 cm unterhalb befindet sich die Einmündung der 7–12 cm langen, 3–8 mm durchmessenden Appendix vermiformis (Wurmfortsatz). An der Basis der Appendix vereinigen sich die drei Tännien des Zökums zu einer kon-

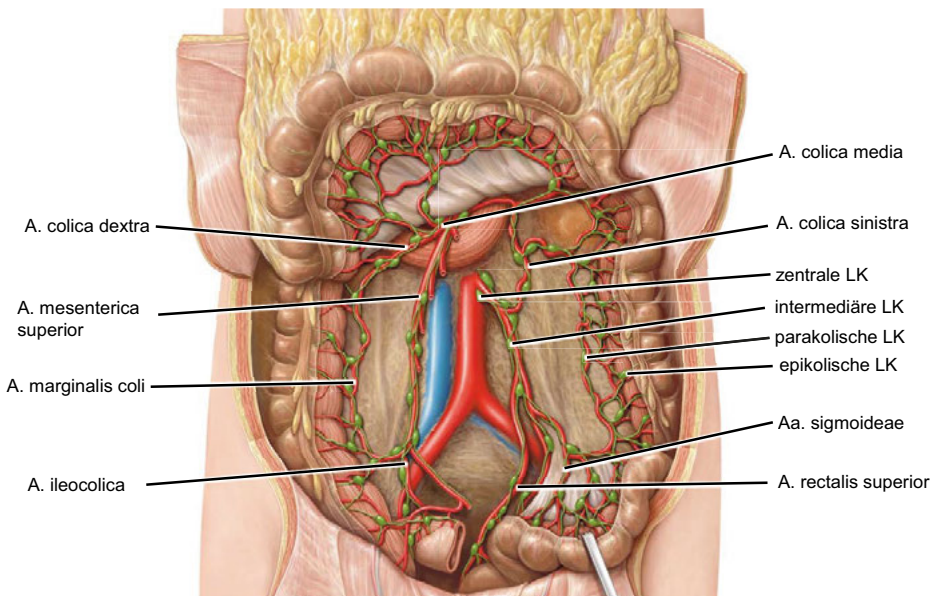


Abb. 1.1: Kolon mit arterieller Gefäßversorgung und Lymphknotenstationen. Ansicht von ventral. Dünndarm weitgehend entfernt, Colon transversum mit Omentum majus hochgeklappt. LK = Lymphknoten (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schünke et al. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie, Innere Organe, 5. Aufl. Thieme, 2018).

tinuierlichen Längsmuskelschicht. Bei intraperitonealer Lage besitzt die Appendix ein eigenes Mesenterium (Mesoappendix), in dem die A. appendicularis verläuft. Zumeist befindet sich die Appendix in retrozökaler Position (65 %) im gleichnamigen Recessus oder intrapelvin (30 %), selten prä- oder retroileal. Der Ileozökalpol liegt durch die embryonal erfolgte Fixierung der Fossa iliaca dextra auf und steht in topographischer Beziehung nach dorsal zum M. psoas, Nerven des Plexus lumbalis (insbesondere N. cutaneus femoris lateralis, N. genitofemoralis) sowie Vasa testicularia/ovarica, nach medial zum Ureter und nach kaudal zu den Beckenorganen (bei der Frau insbesondere zu den Adnexen).

Colon ascendens

Das Colon ascendens (aufsteigender Dickdarm) hat mit 4–7 cm einen kleineren Durchmesser als das Zökum. Es erstreckt sich vom Zökum über ca. 15 cm bis zur rechten Kolonflexur unterhalb des rechten Leberlappens (Flexura coli hepatica) und ist dorsalseitig fixiert. Durch peritoneale Umschlagfalten, die vom Zwerchfell, dem rechten Nierenlager sowie der Leber zum Kolon ziehen und als zarte Ligamente imponieren können (Lig. phrenicocolicum dextrum, renocolicum dextrum, hepatocolicum), wird die Flexur in Position gehalten. Darüber hinaus stehen das Colon ascendens und die rechte Kolonflexur mit dem Gallenblasenfundus und dem Duodenum (Pars descendens) sowie über die Fascia renalis anterior nach dorsal mit der rechten Nebenniere bzw. dem oberen Nierenpol in enger Lagebeziehung.

Colon transversum

Das Colon transversum (querer Dickdarm) erstreckt sich von der rechten bis zur linken Kolonflexur und ist über das Mesocolon transversum mit der hinteren Leberwand verbunden. Darüber hinaus hat sich während der Embryonalentwicklung das Mesogastrium dorsale schürzenförmig in Form des Omentum majus über das Querkolon gelegt und ist entlang der Taenia omentalis mit diesem verwachsen. Der Teil des Omentum majus, der von der großen Magenkurvatur bis zum Querkolon reicht, wird als Lig. gastrocolicum bezeichnet. Über das Mesocolon transversum und das Lig. gastrocolicum besteht eine enge Lagebeziehung des Colon transversum zu den Oberbauchorganen, insbesondere Magen, Pankreas und Duodenum. Die Länge und Lage des Colon transversum sind aufgrund der flexiblen mesenterialen Aufhängungen sehr variabel. Erst an der linken Kolonflexur im Bereich der Milzunterfläche (Flexura coli splenica) sorgen wieder peritoneale Umschlagfalten, die das Zwerchfell, das linke Nierenlager sowie die Milz mit dem Kolon verbinden (Lig. phrenicocolicum sinistrum, renocolicum sinistrum, splenocolicum), für entsprechenden Halt. Die linke Kolonflexur liegt meist kranialer und dorsaler als die rechte Kolonflexur und hat topographischen Bezug zum Pankreasschwanz und Milzhilus sowie über die Fascia renalis anterior nach dorsal zur linken Nebenniere bzw. zum oberen Nierenpol.

Colon descendens

Das Colon descendens (absteigender Dickdarm) hat einen Durchmesser von 3–5 cm und zieht von der linken Kolonflexur ca. 15 cm nach kaudal zur linken Fossa iliaca. Im Vergleich zum Colon ascendens liegt das Colon descendens etwas weiter dorsal und ist ventralseitig meist von Dünndarmschlingen bedeckt. Der Wechsel vom fixierten zum mobilen Mesokolon im Bereich der linken Fossa iliaca markiert den Übergang in das Colon sigmoideum.

Colon sigmoideum

Das Colon sigmoideum (S-förmiger Dickdarm) ist frei in der Bauchhöhle beweglich und über ein entsprechendes Mesocolon sigmoideum (Mesosigma) mit der hinteren Leibeswand verbunden. Der S- oder omega-förmig gewundene Dickdarmabschnitt erstreckt sich vom Ende des Colon descendens bis zum Beginn des Rektums. Die Länge beträgt normalerweise 35–45 cm, kann jedoch erheblich variieren (10–60 cm). Abhängig von ihrer Länge und Lage kann die Sigmaschlinge Kontakt zu allen von Peritoneum bedeckten Beckenorganen aufnehmen (z. B. Harnblase, Adnexe und Uterus, vordere Rektumwand) oder auf bzw. zwischen die Beckenkompartimente (Sigmoidozele) gedrückt werden.

1.2.3 Mesenterien des Kolons

Embryologische Entwicklung

Die embryonale Bauchhöhle wird von einer mesenchymalen Schicht (parietale Faszie) ausgekleidet, die von einem serösen Mesothel (Peritoneum) überzogen ist. Das in die Bauchhöhle hineinwachsende primitive Darmrohr wird ebenfalls von dieser mesenchymalen Schicht (viszerale Faszie) überzogen und befindet sich somit in einer intraperitonealen Lage. Die Aufhängung des primitiven Darmrohrs an die hintere Leibeswand erfolgt über ein kontinuierliches dorsales Mesenterium, das einerseits als mechanische Aufhängung, andererseits als funktionelle Versorgungsschiene fungiert. So verlaufen alle den Magen-Darm-Trakt versorgenden Blut- und Lymphgefäße einschließlich der autonomen Nerven innerhalb dieses Mesenteriums. Der Truncus coeliacus zieht zum Vorderdarm, die A. mesenterica superior zum Mitteldarm, die A. mesenterica inferior zum Hinterdarm. Während Zökum, Colon ascendens und zwei Drittel des Colon transversum Mitteldarmabkömmlinge sind, sind das restliche Drittel des Colon transversum, Colon descendens und sigmoideum sowie das Rektum aus dem Hinterdarm hervorgegangen.

Alle Kolonabschnitte besitzen ein korrespondierendes Mesokolon und befinden sich zunächst in intraperitonealer Lage. Im Zuge des Längenwachstums, der Rotation und Reposition des Kolons in die Bauchhöhle heften sich einzelne Dickdarmabschnitte an die hintere Leibeswand. Entgegen der tradierten Lehrmeinung kommt es

hierbei nicht zu einer Verschmelzung und vollständigen Auflösung dieser Mesos – die mesothelialen Überzüge bleiben erhalten und lassen sich entlang des sog. „mesofascial interface“, von der retroperitonealen Faszie separieren. Insofern sind die fixierten Kolonabschnitte zwar an der hinteren Leibeswand angeheftet, jedoch nicht sekundär retroperitonealisiert. Im chirurgischen Kontext bedeutet dies, dass eine vollständige Mobilisierung aller Mesokolonabschnitte einschließlich der darin enthaltenen Blut- und Lymphgefäße ohne Beeinträchtigung ihrer Integrität möglich ist (Abb. 1.2).

Mesocolon ascendens und Mesocolon descendens

Mesocolon ascendens und descendens werden an die hintere Leibeswand verlagert und heften sich an das dorsale parietale Peritoneum. Zwischen Retroperitonealraum, der Nieren, Harnleiter, gonadale Blutgefäße, Aorta und V.cava inferior beherbergt, und diesen Mesokolonabschnitten verbleibt jedoch eine bindegewebige, weitgehend blutgefäßfreie Schicht, die beide Kompartimente abgrenzt („mesofascial interface“). Während das Mesocolon descendens direkt an die hintere Leibeswand fixiert wird, lagert sich das kraniale Mesocolon ascendens der pankreatoduodenalen Platte ventralseitig an. Insbesondere im Mesocolon ascendens fehlen häufig die sonst für Mesenterien typischen Fetteinlagerungen, sodass diese transparent wirkenden mesokolischen Abschnitte auch als „mesocolic windows“ bezeichnet werden.

Mesocolon transversum

Die Anheftungslinie des Mesocolon transversum (Radix mesocoli transversi) erstreckt sich zwischen beiden Kolonflexuren und zieht über das Duodenum (Pars descendens) und Pankreas (Kopf, Unterrand von Körper und Schwanz). Eine feste Verbindung zum Retroperitonealraum besteht allerdings lediglich im Bereich des Truncus gastro-

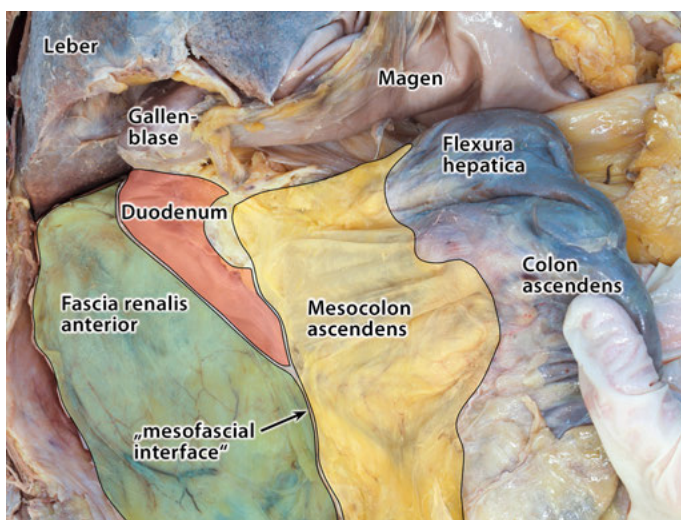


Abb. 1.2: Colon und Mesocolon ascendens. Ansicht von ventral. Mesocolon ascendens von retroperitonealer Faszie (Fascia renalis anterior dextra) sowie von Duodenum und Pankreaskopf entlang des „mesofascial interface“ abgelöst. Formalinfixiertes Humanpräparat.

pancreaticocolicus sowie insbesondere über die Vasa mesenterica superiora – wobei die V. mesenterica superior aufgrund ihrer zentralen Leitstrukturfunktion in diesem Abschnitt auch als „surgical trunk“ bezeichnet wird. Die kraniale Fläche des Mesocolon transversum bildet – zusammen mit Anteilen des dorsalen Mesogastriums – den Boden der Bursa omentalis und ist rechtsseitig häufig mit dem Lig. gastrocolicum verwachsen. Linksseitig scheinen sich die beiden Blätter des Mesocolon transversum über die Vorder- und Hinterfläche des Pankreas fortzusetzen.

Mesocolon sigmoideum

Die Anheftungslinie des Mesocolon sigmoideum (Mesosigma) ist ca. 9 cm lang und reicht von der linken Fossa iliaca über den M. psoas und die Beckeneingangsebene bis zum Beginn des Rektums auf Höhe des zweiten Sakralwirbels. Das Mesocolon sigmoideum bildet an seiner Unterseite einen Recessus intersigmoideus und hat enge Lagebeziehungen zu den linksseitigen Vasa testicularia/ovarica, Vasa iliaca externa/interna, Ureter sowie Nerven des Plexus lumbalis (insbesondere N. cutaneus femoris lateralis, N. genitofemoralis).

1.2.4 Arterielle Blutversorgung des Kolons

A. mesenterica superior und A. mesenterica inferior

Da das Kolon embryologisch aus Mittel- und Hinterdarm hervorgegangen ist, wird es von Ästen der Aa. mesenterica superior und inferior versorgt (Abb. 1.1). Beide Arterien stehen über eine Kolonrandarkade im Bereich der linken Kolonflexur in Verbindung, die der sog. „Wasserscheide“ beider arteriellen Stromgebiete entspricht. Die Kolonrandarkaden verlaufen parakolisch als A. marginalis coli (Drummond Marginalarterie) entlang des gesamten Kolonrahmens und sind meistens durchgängig bis zum proximalen Rektum vorhanden. Darüber hinaus können Anastomosen zwischen A. colica media und sinistra (Riolon-Anastomose) ausgebildet sein oder – sehr selten – auch direkte Kurzschlüsse zwischen A. mesenterica superior und inferior (Williams-Klop-Anastomose) bestehen.

A. ileocolica

Die A. ileocolica ist der größte Endast der A. mesenterica superior, verläuft in etwa 50 % der Fälle vor bzw. hinter der V. mesenterica superior und versorgt neben Anteilen des terminalen Ileums vor allem das Zökum und den aufsteigenden Dickdarm. Im Bereich des ileozökalen Winkels teilt sich das Hauptgefäß auf in R. ilealis, R. caecalis anterior und posterior, R. colicus sowie eine fast immer retroileal verlaufende A. appendicularis.

A. colica dextra

Die rechte Kolonarterie ist inkonstant und liegt nur selten als eigenständiges Blutgefäß vor. Häufiger geht die A. colica dextra als zusätzlicher Ast aus der A. colica media oder der A. ileocolica hervor. Entsprechend findet sich im Mesocolon ascendens meist ein sog. „mesocolic window“ ohne eine durchkreuzende A. colica dextra.

A. colica media

Die A. colica media ist ein sehr konstantes Blutgefäß mit einem Durchmesser von $3,3 \pm 0,8$ mm. Es entspringt aus dem infrapankreatischem Segment der A. mesenterica superior, zieht ins Mesocolon transversum hinein und teilt sich nach etwa 3 cm in einen rechten und linken Ast auf – wobei Varianten mit proximaler bzw. distaler Aufteilung häufig anzutreffen sind. Seltener gehen beide Äste separat aus der A. mesenterica superior hervor.

A. colica sinistra

Die A. colica sinistra entspringt als konstanter erster Abgang aus der A. mesenterica inferior mit einem Durchmesser von $3,1 \pm 1,0$ mm und teilt sich in einen auf- und absteigenden Ast auf. Der R. ascendens verläuft häufig zunächst mit der V. mesenterica inferior nach kranial und erreicht dann die Kolonrandarkade im Bereich der linken Kolonflexur. Der R. descendens tritt an das Colon descendens heran und anastomosiert nach kaudal mit den Aa. sigmoideae.

Aa. sigmoideae

Aus der A. mesenterica inferior gehen 2–5 Arterien mit einem Durchmesser von $3,0 \pm 0,5$ mm hervor, die im Mesocolon sigmoideum Arkaden bilden und darüber das Colon sigmoideum erreichen. Es bestehen sowohl Anastomosen zu A. colica sinistra über den R. descendens als auch zur A. rectalis superior. Letztere Anastomose wird als Sudeck-Punkt bezeichnet, unterhalb dessen die Blutversorgung des Rektums ausschließlich von den unteren Rektalgefäßen übernommen wird.

Vasa recta

Aus der A. marginalis coli entspringen in regelmäßigen Abständen gradlinig auf die Kolonwand zulaufende Gefäße. Diese Vasa recta erreichen mit kurzen und langen Ästen die gesamte Zirkumferenz des Kolons und ziehen entlang der Tänenränder durch die Muskelschicht bis zur Darmschleimhaut. Die schräg in der Muskulatur angeordneten perivaskulären Bindegewebssepten stellen präformierte Schwachstellen (Loci minoris resistentiae) dar und können als „Bruchpforten“ für den Schleimhautdurchtritt bei Kolondivertikeln fungieren.

1.2.5 Venöse Drainage des Kolons

Während die peripheren, kolonnahen Venen parallel zu den entsprechenden Arterien verlaufen, ergeben sich nach zentral für die größeren Kolonvenen unterschiedliche, von den gleichnamigen Arterien abweichende Verläufe mit teilweise erheblichen Variationen (Abb. 1.3).

V. mesenterica inferior

Nach Einmündung der V. rectalis superior und Vv. sigmoideae in die V. mesenterica inferior verläuft diese im Mesocolon descendens lateral der gleichnamigen Arterie parallel zur Aorta. Das venöse Blutgefäß zieht links an der Flexura duodenojejunalis bzw. am Lig. suspensorium duodeni (Treitz-Ligament) vorbei bis zum Pankreasunterrand und nimmt im Verlauf häufig Beziehung zum R. ascendens der A. colica sinistra auf. In 70 % der Fälle erfolgt die Mündung retropankreatisch in die V. lienalis. Hinter dem Pankreaskopf vereinigt sich die Milzvene mit der V. mesenterica superior zur V. portae hepatis (Confluens venae portae). Die V. mesenterica inferior kann jedoch auch unter Umgehung der Milzvene direkt in die V. mesenterica superior münden oder als isolierter Ast den portalen Confluens erreichen.

Venen aus dem rechtsseitigen Kolon

Die V. ileocolica verläuft in etwa 10 % der Fälle getrennt von der gleichnamigen Arterie. Neben der eigentlichen V. colica dextra liegt in etwa einem Drittel der Fälle eine zusätzliche Vene vor, die als V. colica dextra superior bezeichnet wird und das Blut aus der rechten Kolonflexur und dem rechtsseitigen Querkolon drainiert. Besonders bemerkenswert ist, dass in etwa 70 % der Fälle die rechtsseitigen Kolonvenen gemeinsam mit Venen des Magens und des Pankreas über den sog. Truncus gastropancreaticocolicus drainiert werden.

Truncus gastropancreaticocolicus

Der nach dem Erstbeschreiber auch als Henle-Truncus bezeichnete Truncus gastropancreaticocolicus beschreibt einen Zusammenfluss von Venen aus dem Magen, Pankreas und Dickdarm in die V. mesenterica superior. Es handelt sich dabei um die V. gastroepiploica dextra, die V. pancreaticoduodenalis anterosuperior sowie die V. colica dextra, V. colica dextra superior und – seltener – die V. colica media. Nur in ca. 25 % der Fälle münden die genannten Kolonvenen separat in die V. mesenterica superior, sodass dann lediglich ein Truncus gastropancreaticus vorliegt.

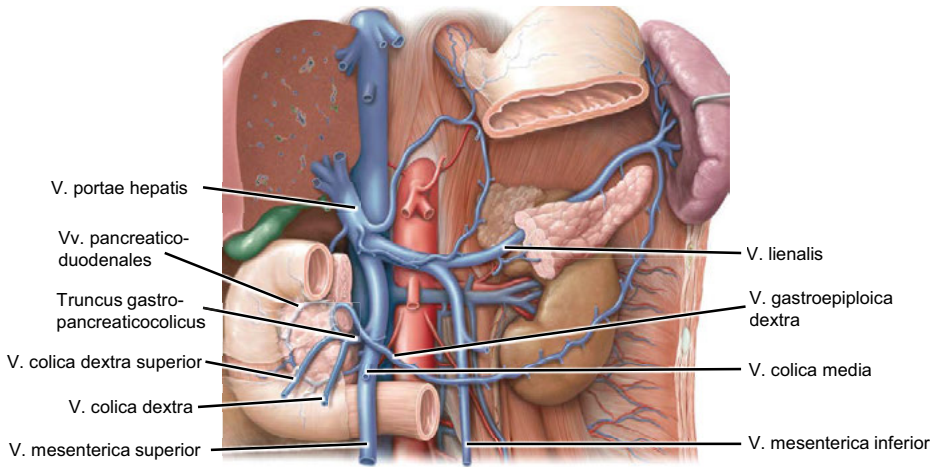


Abb. 1.3: Venöse Drainage des Kolons. Ansicht von ventral. Magen und Pankreas teilweise entfernt. Darstellung der gemeinsamen venösen Drainage von rechtsseitigem Kolon, Pankreaskopf und großer Magenkurvatur in den Truncus gastropancreaticocolicus (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schünke et al. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 5. Aufl. Thieme, 2018).

1.2.6 Lymphdrainage des Kolons

Zentripetale Lymphdrainage

Klassischerweise erfolgt die Lymphdrainage des Kolons von peripher nach zentral und folgt den arteriellen Blutgefäßen innerhalb der jeweiligen Kolonmesos. Der Lymphabfluss mündet für das Zökum, Colon ascendens und transversum in die Nodi lymphatici mesenterici superiores, für das Colon descendens und sigmoideum sowie das Rektum in die Nodi lymphatici mesenterici inferiores. Folgende Lymphknotenstationen werden im Verlauf beschrieben (Abb. 1.1):

- epikolische Lymphknoten auf der Kolonwand
- parakolische Lymphknoten entlang der arteriellen Kolonrandarkaden
- intermediäre Lymphknoten entlang der größeren mesokolischen Blutgefäße
- zentrale Lymphknoten in Umgebung der A. mesenterica superior und inferior

Lymphdrainage entlang der Darmachse

Darüber hinaus findet der Lymphabfluss innerhalb der Darmwand statt. Die Lymphdrainage entlang der longitudinalen Darmachse erfolgt bidirektional über eine Länge von maximal 10 cm. Somit kann es bei Karzinomen im linken Querkolon bzw. an der linken Kolonflexur zur lymphogenen Ausbreitung sowohl über die A. colica media in Richtung A. mesenterica superior als auch über die A. colica sinistra in Richtung A. mesenterica inferior kommen.

Atypische Lymphdrainage

Als atypische Lymphdrainage werden solche Lymphabflusswege bezeichnet, die kompartiment- bzw. organübergreifend erfolgen. So lassen sich kleinere Blut- und Lymphgefäßverbindungen vom Querkolon sowohl zum Pankreas via Mesocolon transversum als auch zum Magen via Lig. gastrocolicum aufzeigen. Diese atypischen Lymphabflusswege erklären möglicherweise das Auftreten von pankreatischen und infrapylorischen Lymphknotenmetastasen insbesondere bei fortgeschrittenen Transversumkarzinomen.

1.2.7 Nervenversorgung des Kolons

Plexus mesentericus superior und Plexus mesentericus inferior

Die autonome Innervation des Kolons erfolgt über sympathische und parasympathische Nervenfasern, die sich präaortal zu Geflechten anordnen und entlang der arteriellen Blutgefäße die Kolonwand erreichen. Sympathikus und Parasympathikus führen sowohl efferente als auch afferente Nervenfasern. Über den Plexus mesentericus superior werden neben dem gesamten Dünndarm das rechtsseitige Kolon, über den Plexus mesentericus inferior das linksseitige Kolon versorgt. In Form relativ derber und engmaschiger Geflechte umhüllen die ganglionären Plexus insbesondere die abgangsnahen Abschnitte der jeweiligen arteriellen Mesenterialgefäße.

Sympathische Nervenversorgung

Präganglionäre sympathische Nervenfasern stammen aus den Rückenmarksegmenten Th5–Th12 sowie L1–L2. Via Nn. splanchnici majores und minores sowie lumbales erreichen die Nervenfasern die Ganglia mesenterica superius und inferius, wo sie auf postganglionäre Nervenfasern umgeschaltet werden. Die postganglionären Nervenfasern folgen den Abgängen der jeweiligen arteriellen Mesenterialgefäße und gelangen so bis zu den entsprechenden Kolonabschnitten.

Parasympathische Nervenversorgung

Die Nn. vagi repräsentieren den kranialen Teil des Parasympathikus und versorgen das rechtsseitige Kolon bis zur linken Kolonflexur (Cannon-Böhm-Punkt). Die präganglionären Nervenfasern verlaufen ab den präaortalen Nervenplexus zusammen mit den sympathischen Nervenfasern, werden jedoch erst auf Organebene innerhalb der enterischen Nervengeflechte umgeschaltet. Der sakrale Teil des Parasympathikus stammt aus den Rückenmarksegmenten S2–S4 und erreicht über die Nn. splanchnici pelvici den Plexus hypogastricus inferior/superior sowie den Plexus mesentericus inferior. Das linksseitige Kolon wird überwiegend über direkte, perivaskulär verlaufende Äste innerviert.

Enterisches Nervensystem

Innerhalb der Kolonwand befindet sich das enterische Nervensystem, das sich durch den gesamten Magen-Darm-Trakt erstreckt und mit 400–600 Millionen Nervenzellen das größte zusammenhängende periphere Nervensystem darstellt (Abb. 1.4). Enterische Nervenzellen gruppieren sich zu intramuralen Ganglien, die innerhalb der Tunica muscularis (Plexus myentericus) und der Tela submucosa (Plexus submucosus) flächenhafte Nervengeflechte ausbilden und wesentliche sensomotorische Funktionen des Magen-Darm-Traktes übernehmen. Klinische Bedeutung erlangt das enterische Nervensystem insbesondere dann, wenn es aufgrund von enterischen Neuropathien (z.B. Aganglionose, Hypoganglionose, enterische Ganglionitis) zu schwerwiegenden kolorektalen Motilitätsstörungen kommt.

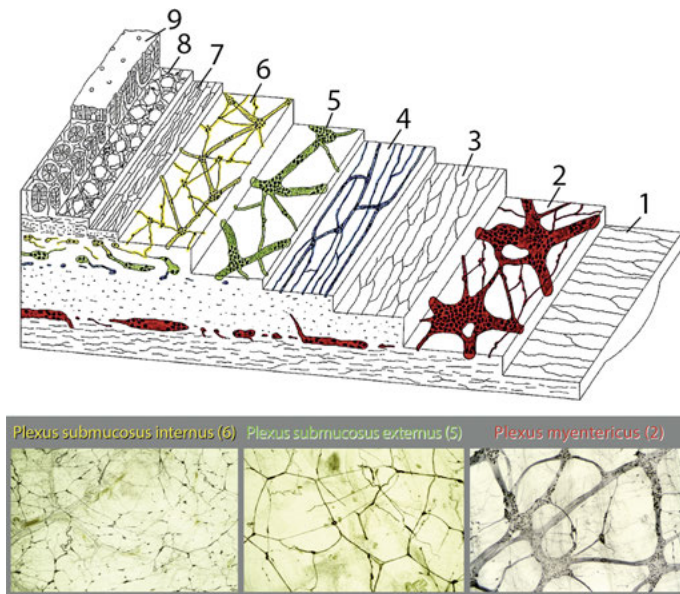


Abb. 1.4: Aufbau des enterischen Nervensystems. Plexus muscularis longitudinalis (1), Plexus myentericus (2), Plexus muscularis circularis (3), Plexus submucosus extremus (4), Plexus submucosus externus (5), Plexus submucosus internus (6), Plexus muscularis mucosae (7), Plexus mucosus subglandularis (8), Plexus mucosus periglandularis (9). Immunhistochemische Darstellung (neuronaler Marker PGP 9.5) der flächig präparierten ganglionären Plexus.

1.3 Rektum

1.3.1 Definition und Wandaufbau

Als Rektum (Mastdarm, Enddarm) wird der dem Colon sigmoideum folgende und durch den Anus abgeschlossene letzte Abschnitt des Gastrointestinaltrakts bezeichnet. Rektum und Analkanal stehen im Dienste einer kontrollierten Defäkation und Kontinenzleistung und bilden als sog. Anorektum eine funktionelle Einheit. Das Rektum liegt im hinteren Kompartiment des kleinen Beckens und folgt in der Sagittalen der Konkavität des Sakrums. Das Konfluieren der Kolontänen markiert den Beginn des Rektums, wobei dieser Übergang sowie die Länge des Rektums variabel sind. Bewährt hat sich die schematische Festlegung der Union International Contre le Cancer (UICC), den Beginn des Rektums mit Hilfe der starren Rektoskopie bei 16 cm ab Analrand festzulegen und die Grenzen zwischen proximalen, mittleren und distalem Rektumdrittel bei jeweils 12 cm und 6 cm zu definieren. Der allgemeine Wandaufbau ähnelt dem des Kolons, wobei das Rektum eine durchgehende Längsmuskelschicht

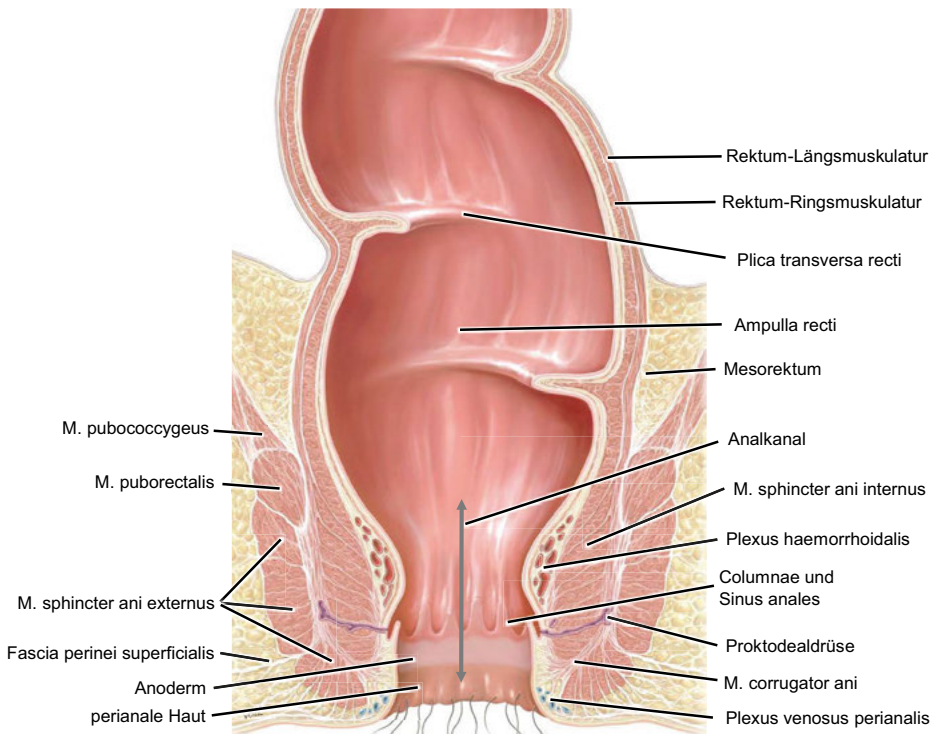


Abb. 1.5: Anorektum. Frontalschnitt, Ansicht von ventral. Die aus didaktischen Gründen lateral eingezeichneten Proktodealdrüsen sind überwiegend dorsal bei 6 Uhr Steinschnittlage ausgebildet (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schünke et al. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 5. Aufl. Thieme, 2018).

besitzt und durch häufig weit in das Lumen vorspringende, semizirkuläre Falten gekennzeichnet ist, deren mittlere nach Kohlrausch benannt ist (Abb. 1.5).

1.3.2 Mesorektum

Die Adventitia des Rektums entspricht einem perirektalen Fettkörper, der von der Fascia recti propria begrenzt wird. Der in Anlehnung an das Mesokolon klinisch etablierte Begriff des Mesorektum erlangt insbesondere eine tumorchirurgische Bedeutung, da innerhalb dieses perirektalen Fettkörpers die lymphogene und vaskuläre Metastasierung von Rektumkarzinomen erfolgt. Das Mesorektum ist dorsolateral am ausgeprägtesten und bildet hier zwei von der mesorektalen Faszie umhüllte, mittig durch eine angedeutete Raphe geteilte Wangen. Nach kaudal verjüngt sich das Mesorektum, läuft konisch aus und endet oberhalb des M. puborectalis (Abb. 1.6).

1.3.3 Perirektale Faszien

Parietale pelvine Faszie

Die parietale pelvine Faszie kleidet die inneren Wandungen des kleinen Beckens aus. Mit ihren beiden Lamellen umhüllt sie die pelvinen autonomen Nerven (u. a.

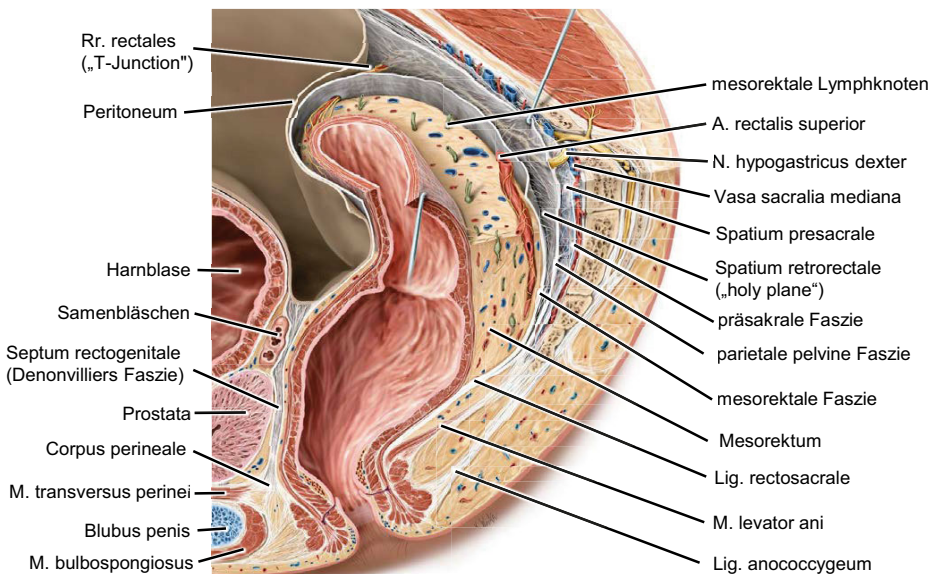


Abb. 1.6: Rektum mit Mesorektum und perirektalen Faszien. Männliches Becken, Sagittalschnitt, Ansicht von links (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schünke et al. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 5. Aufl. Thieme, 2018).

die Nn. hypogastrici) wie eine Scheide, wodurch der Begriff des „hypogastric sheath“ geprägt wurde. Zwischen der inneren Lamelle der parietalen pelvinen Faszie und der mesorektalen Faszie erstreckt sich ein durch Zug und Gegenzug gut zu öffnender Spaltraum, das Spatium retrorectale („holy plane“ nach Heald), der zur chirurgischen Mobilisierung des Mesorektum genutzt wird. Lediglich punktuell bestehen dorsolateral Verbindungen über kleinere Venen und Nervenfasern zwischen beiden Faszien. Während die innere Lamelle nach ventral in das Septum rectogenitale (Denonvilliers-Faszie) übergeht, überdeckt die äußere Lamelle die Blutgefäße des Stromgebiets der A. iliaca interna (Abb. 1.6, Abb. 1.7).

Paraproktien

Anterolateral steht das Rektum/Mesorektum mit der parietalen pelvinen Faszie über die sog. Paraproktien in Verbindung, die auch als laterale rektale Ligamente, Rektumpedikel oder „T-Junction“ bezeichnet werden. In den Bindegewebszügen treten Rr. rectales aus dem Plexus pelvici über eine Strecke von 2–4 cm an das Rektum heran, begleitet von kleineren Blutgefäßen, die nur selten die Größe einer makroskopisch erkennbaren A. rectalis media erreichen (Abb. 1.7).

Lig. rectosacrale

Dorsal in variabler Höhe ab etwa dem dritten Sakralwirbel bildet sich häufig median eine bindegewebige Verdichtung, die vom Sakrum zur medianen Raphe des Meso-

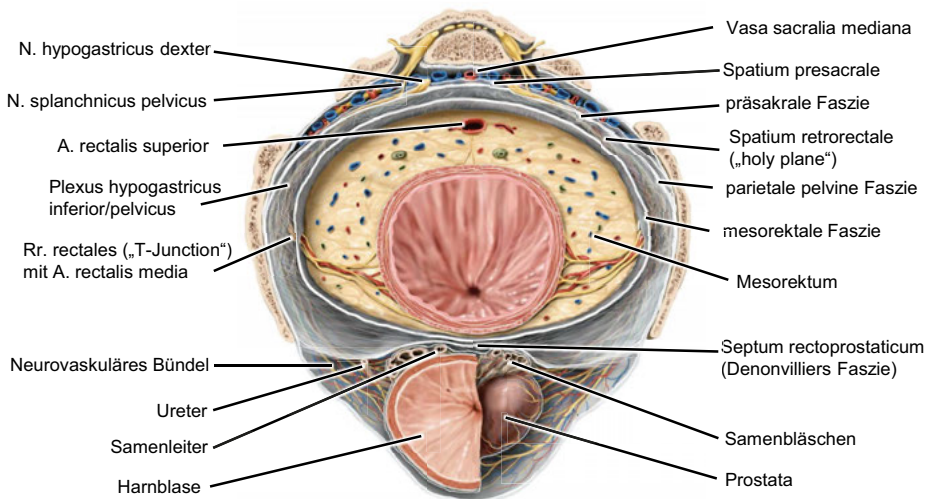


Abb. 1.7: Rektum mit Mesorektum und perirektalen Faszien. Männliches Becken, Transversalschnitt, Ansicht von kranial. Linksseitige Harnblase entfernt zur Darstellung von Prostata und Samenbläschen (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schünke et al. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 5. Aufl. Thieme, 2018).

rektums zieht. Dieses sog. Lig. rectosacrale wird im englischsprachigen Raum auch als Waldeyer-Faszie bezeichnet, wohingegen im deutschsprachigen Raum mit diesem Eponym die dorsale parietale pelvine Faszie gemeint ist (Abb. 1.6).

Präsakrale Faszie

Dorsal der parietalen pelvinen Faszie befindet sich eine weitere Faszie, die sich der Vorderfläche des Sakrums eng anlagert und die präsakralen Blutgefäße, ventralen Sakralforamina und austretenden Spinalnerven bedeckt. Zwischen der präsakralen Faszie und der parietalen pelvinen Faszie erstreckt sich ebenfalls ein leicht zu separierender Spaltraum, das Spatium presacrale. Entsprechend ist bei der Mobilisation des Mesorektums darauf zu achten, nicht hinter, sondern vor der parietalen pelvinen Faszie die Präparation vorzunehmen (Abb. 1.6., Abb. 1.7).

1.3.4 Blutversorgung des Rektums

Aa. rectales

Das wichtigste Blutgefäß für die Versorgung des Rektums ist die unpaare A. rectalis superior ($3 \pm 1,1$ mm Durchmesser). Sie stellt nach dem Abgang der A. colica sinistra die direkte Fortsetzung der aus der Aorta entspringenden A. mesenterica inferior dar. Innerhalb des Mesorektums verzweigt sie sich in zwei bis vier dorsolateral verlaufende Äste, die bis in den anorektalen Übergangsbereich reichen und hier den Hämorrhoidalplexus speisen. In ca. 25 % aller Individuen tritt über die Paraproktien aus der A. iliaca interna eine A. rectalis media an das Rektum heran – wobei diese häufig nur einseitig ausgebildet ist. Entscheidender für die alternative Blutversorgung des Rektums ist die beidseitig aus der A. pudenda interna entspringende A. rectalis inferior. Diese Gefäße versorgen normalerweise nur den unteren Abschnitt des Analkanals, können aber über intramurale Anastomosen nach Resektion der A. rectalis superior in der Regel das gesamte Rektum durchbluten, weshalb auch eine Anastomosenbildung im oberen Rektum möglich ist (Abb. 1.8).

Rektale Venen

Der venöse Abstrom erfolgt hauptsächlich über die im Mesorektum verlaufende V. rectalis superior in die V. mesenterica inferior. Darüber hinaus können kleine venöse Verbindungen bestehen, die die mesorektale Faszie überschreiten. Bei fortgeschrittenen Karzinomen, die eine ausgeprägte extramurale vaskuläre Invasion aufweisen, werden diese Gefäße als Ausbreitungswege in das pelvine Seitenkompartiment diskutiert.

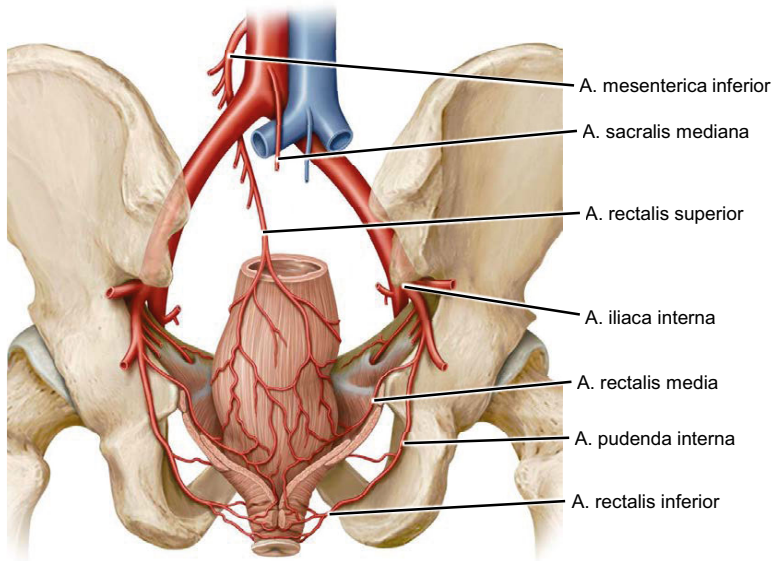


Abb. 1.8: Arterielle Blutversorgung des Anorekts. Ansicht von dorsal. Dorsale Anteile des Levatortrichters entfernt (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schünke et al. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 5. Aufl. Thieme, 2018).

1.3.5 Lymphdrainage des Rektums

Die Lymphdrainage des Rektums erfolgt entlang der A. rectalis superior über mesorektale Lymphknotenstationen bis zur zentralen Lymphknotengruppe der Nodi lymphatici mesenterici inferiores am Abgang der A. mesenterica inferior (Abb. 1.1, Abb. 1.6, Abb. 1.7). Entsprechend basiert eine erfolgreiche Rektumkarzinomchirurgie auf einer vollständigen Entfernung der rektalen Lymphdrainage mittels der totalen mesorektalen Exzision (TME). Nur in 5–10 % der Fälle werden auch positive Lymphknoten im pelvinen Seitenkompartiment gefunden. Inwiefern für eine Metastasierung relevante Lymphgefäße entlang der A. rectalis media oder mit den das Mesorektum überschreitenden kleinen Venen ziehen, ist nicht abschließend geklärt.

1.3.6 Nervenversorgung des Anorekts

Prinzipiell wird das Anorektum – so wie das Kolon – extrinsisch über sympathische und parasympathische Nervenfasern und intrinsisch durch das enterische Nervensystem innerviert. Besondere klinische Bedeutung hat der Verlauf extrinsischer autonomer Nervenfasern im kleinen Becken, da sie nicht nur anorektale, sondern auch urogenitale Funktionen steuern (Abb. 1.9).

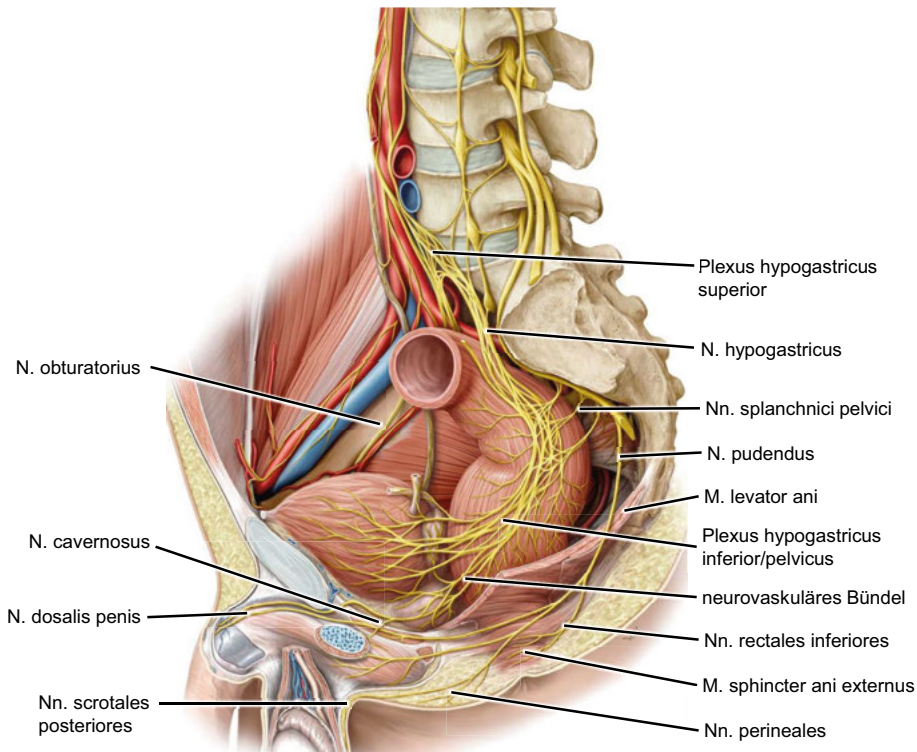


Abb. 1.9: Pelvine autonome Nerven und N. pudendus beim Mann. Männliches Becken, Paramedianer Schnitt, Ansicht von links. Vordere Anteile des Levatortrichters entfernt zur Darstellung von Harnblase, Prostata und Samenbläschen (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schünke et al. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 5. Aufl. Thieme, 2018).

Plexus hypogastricus superior, Nn. hypogastrici, Nn. splanchnici pelvici

Die sympathischen Nervenfasern formieren sich als Plexus hypogastricus superior aus dem unteren präaortalen Plexus. Hier besteht eine enge topographische Beziehung zum Pedikel der A. rectalis superior, dessen Mobilisation immer auch die Schonung des Plexus beinhalten sollte. Unterhalb der Aortenbifurkation auf Höhe des Promontoriums teilt sich der Plexus hypogastricus superior in die Nn. hypogastrici, wobei selten ein singulärer Nerv, sondern häufig mehrere Nervenfasersstränge vorliegen. Die beiden Nn. hypogastrici verlaufen links- und rechtsseitig eingebettet in der parietalen pelvinen Faszie („hypogastric sheath“) und strahlen in den Plexus pelvicus ein. Von dorsal erhält dieser Plexus parasympathischen Zufluss aus den Nn. splanchnici pelvici, meist über zwei Nervenfasersstränge aus den Spinalnerven S2–S4.

Plexus pelvicus/Plexus hypogastricus inferior

Der Plexus hypogastricus inferior – aufgrund seiner Lage und Funktion auch treffender als Plexus pelvicus – bezeichnet, erstreckt sich innerhalb der parietalen pelvinen Faszie entlang der seitlichen Beckenwand (Abb. 1.10). Von diesem ausgedehnten Nervengeflecht strahlen eine Vielzahl von Nervenfasern nach ventral und innervieren Ureter, Harnblase, Samenbläschen, Prostata bzw. Uterus und Vagina sowie als Nn. cavernosi die Schwellkörper der äußeren Genitalien. Nach medial zweigen die Nerven via Paraproktium zum Rektum ab – wegen ihres rechtwinkligen Verlaufs im Bezug zum Plexus pelvicus auch als „T-junction“ bezeichnet. Darüber hinaus verlaufen gemeinsam mit den Nn. cavernosi im anterolateralen Zwickel zwischen Rektum, Prostata bzw. Vagina und M. pubococcygeus distinkte Nervenfasern zum inneren analen Schließmuskel, die Nn. sphincter ani internus. Diese autonomen extrinsischen Nerven treten im Fusionsbereich vom M. corrugator ani und Sphincter ani internus in die Rektumwand ein, erreichen die intrinsischen Nervenplexus und üben damit modulierende Funktionen auf den inneren analen Schließmuskel aus. Aufgrund eines nur spärlich oder nicht ausgebildeten Plexus myentericus („physiologische Hypoganglionose bzw. Aganglionose“) im Bereich des Sphincter ani internus steht dieser unter einem physiologischen Dauertonus, der im Rahmen des sog. rektoanal Inhibitionsreflexes durch Stickoxydausschüttung intrinsischer Nervenfasern erschlafft.

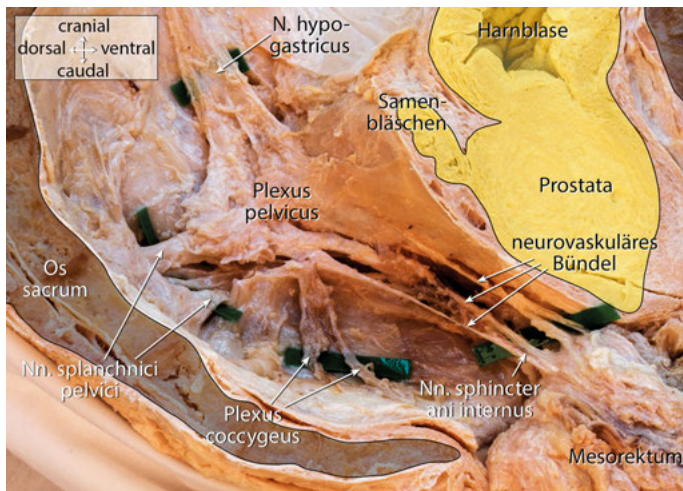


Abb. 1.10: Pelvine autonome Nerven. Männliches Becken, Sagittalschnitt, Ansicht von rechts. Mesorektum nach ventrocaudal verlagert, Urogenitalorgane durch gelb gefärbte Flächen, autonome Nerven durch dunkelgrüne Streifen hervorgehoben. Formalinfixiertes Humanpräparat.

1.4 Analkanal

1.4.1 Definition des Analkanals

Der Analkanal stellt zusammen mit Rektum und Beckenboden die anale Kontinenz sicher und gewährleistet eine kontrollierte Defäkation. Die untere Öffnung ist der Anus und befindet sich in der Rima ani dorsal des Dammes, wobei die Lage in Bezug zur Oberfläche sehr variabel sein kann (z. B. tief eingezogener Trichteranus, prominenter Anus bei verstrichener Rima ani). Der Analrand entspricht pragmatischerweise der Linie, die beim vorsichtigen Spreizen der Gesäßwangen gerade sichtbar ist bzw. sich beim Rektoskopieren an das starre Instrument anlegt. Der obere Abschluss wird klinisch durch die gut tastbare und für den anorektalen Winkel verantwortliche Puborektalisschlinge markiert. Der sich dem tastenden Finger anlegende Zylinder entspricht der analen Schließmuskulatur.

1.4.2 Innenrelief des Analkanals

Die innere Auskleidung des Analkanals besteht aus vier aufeinanderfolgenden, durch ihre jeweilige epitheliale Beschaffenheit abgrenzbaren Abschnitten (Abb. 1.5, Abb. 1.11). Der obere Abschnitt entspricht dem Zylinderepithel der distalen Rektumschleimhaut (Zona colorectalis), welcher ohne scharfe Begrenzung in die Transitionalzone (Zona transitionalis) übergeht. Dieser Übergangsbereich ist gekennzeichnet durch ein Nebeneinander von Zylinderepithel und Plattenepithel, bedeckt den Hämorrhoidalplexus und erscheint dadurch häufig bläulich-livide. Durch die säulenförmig angeordneten hämorrhoidalen Gefäßpolster ist die Schleimhautoberfläche ziehharmonikaförmig in Columnae und Sinus anales aufgeworfen. Die Linea dentata am distalen Rand der Columnae und Sinus anales markiert den scharfen Übergang zum Anoderm (Zona squamosa). Das Anoderm besteht aus unverhorntem Plattenepithel, weist eine glatte, häufig leicht spiegelnde Oberfläche auf und besitzt keinerlei Hautanhangsgebilde. Für die Kontrolle von Kontinenz und Defäkation funktionell relevant ist die Ausstattung mit hochsensiblen somatoafferenten Nervenendigungen unterschiedlichster sensorischer Modalitäten, die über den N. pudendus vermittelt werden. An der Linea anocutanea geht das Anoderm in die perianale Haut (Zona perianalis) über. Obwohl das Anoderm typischerweise eine etwas dunklere Pigmentierung aufweist als die Umgebung, ist der Übergang häufig nicht scharf begrenzt.

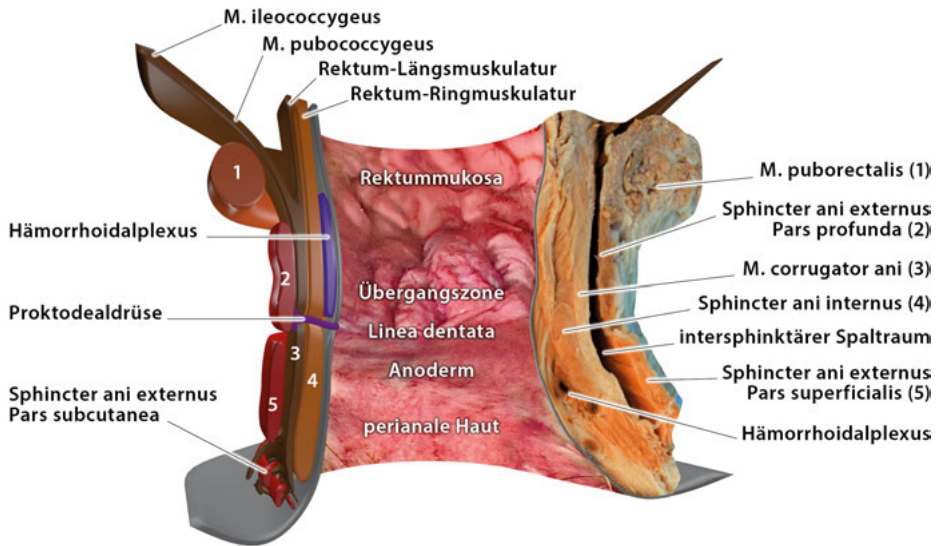


Abb. 1.11: Analkanal mit Kontinenzapparat. Kombination aus formalinfixiertem Humanpräparat (rechte Bildhälfte), endoskopischem In-vivo-Bild (Innenrelief) und Schemazeichnung (linke Bildhälfte). Die aus didaktischen Gründen lateral eingezeichneten Proktodealdrüsen sind überwiegend dorsal bei 6 Uhr Steinschnittlage ausgebildet. Der Hämorrhoidalplexus im formalinfixierten Humanpräparat ist aufgrund altersbedingter Veränderungen nach kaudal verlagert. In der Übergangszone deutlich erkennbare Columnae und Sinus anales (mit freundlicher Genehmigung von Florian Keller).

1.4.3 Analer Sphinkterapparat

Sphincter ani internus

Der Sphincter ani internus entspricht der verdickten Fortsetzung der Rektumringmuskulatur und leistet durch seinen unwillkürlichen Dauertonus den wichtigsten Beitrag zur analen Kontinenz. Die zirkulär verlaufenden Muskelfasern sind lamellenartig angeordnet und außen an den M. corrugator ani angeheftet, wobei die Lamellen in Fließrichtung des Stuhles ausgerichtet sind. Bei der digitalen Untersuchung ist der Muskel als fester, geschlossener Zylinder tastbar mit einer Höhe von 4,4 cm (3,2–5,3 cm) bei Männern und 4 cm (3–5 cm) bei Frauen. Normalerweise zeichnet sich der Unterrand bei Inspektion als ringförmiger Wulst ab und ist durch eine kreisförmige Einsenkung vom etwas weiter nach kaudal vorstehenden Sphincter ani externus abgrenzbar. Diese Einsenkung wird als intersphinktäre Grube, Linea anocutanea oder auch Hilton-Linie bezeichnet (Abb. 1.5, Abb. 1.11).

M. corrugator ani

Der M. corrugator ani bildet sich einerseits aus der kaudalen Fortsetzung der Rektumlängsmuskulatur, andererseits aus Fasern des Levatorentrichters (M. pubococcy-

geus). Diese im Querschnitt Y-förmige Vereinigung wird im englischen Sprachraum treffend als „conjoint longitudinal muscle“ bezeichnet. Aboral durchflechtet der Muskel den subkutanen Anteil des Sphincter ani externus und ist bindegewebig an der Cutis verankert, wodurch die radiären Falten der analen Rosette entstehen (lat. *corrugare* = runzlig machen) (Abb. 1.5, Abb. 1.11)

Sphincter ani externus

Die äußere Ummantelung des Sphinkterapparats bildet der willkürliche, durch den N. pudendus innervierte, Sphincter ani externus. Er ist nicht komplett konzentrisch, sondern besteht aus mehreren Komponenten mit unterschiedlicher Morphologie und Ausrichtung. Die Unterscheidung in Pars profunda, superficialis und subcutanea widerspiegelt dabei eher ein didaktisches Konzept als eine regelhaft nachweisbare anatomische Dreiteilung. Der kraniale Anteil des Sphincter ani externus ist eng mit der Puborektalisschlinge verbunden und nach ventral nicht zwingend komplett geschlossen. Die elipsoidförmige Pars superficialis ist nach dorsal an das Lig. anococcygeum angeheftet, wohingegen die Pars subcutanea über die Fascia perinei superficialis wiederum nach ventral orientiert ist. Aufgrund dieser Ausrichtung entstehen bei Anspannung entgegengesetzte Kraftvektoren, die neben der konzentrischen Druckerhöhung auf den Analkanal zusätzlich noch einen kulissenartigen Quetschmechanismus bedienen (Abb. 1.5, Abb. 1.11, Abb. 1.12).

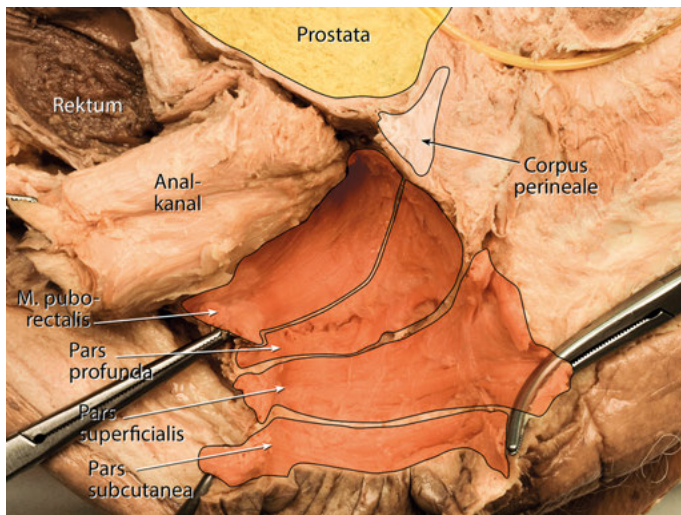


Abb. 1.12: M. sphincter ani externus und M. puborectalis. Männliches Becken, paramedianer Sagittalschnitt, Ansicht von rechts. Analkanal mit M. sphincter ani internus und M. corrugator ani im intersphinkteren Spaltraum mobilisiert und nach dorsokranial verlagert, Corpus perineale scharf vom ventralen Anorektum abgelöst. Muskelanteile durch rot gefärbte Fläche, Prostata durch gelb gefärbte Fläche, Urethra durch gelben Schlauch hervorgehoben. Formalinfixiertes Humanpräparat.

Intersphinktärer Spaltraum

Der M. corrugator ani grenzt an seiner Außenseite an die Externusmuskulatur. Diese angrenzenden Strukturen sind leicht voneinander zu separieren, weshalb sich der Begriff des intersphinktären Raumes eingebürgert hat, obwohl dieser Raum nur virtuell existiert und deshalb besser von einem Spatium bzw. Spaltraum gesprochen werden sollte. Nach kaudal ist der intersphinktäre Spaltraum durch die Verflechtung des M. corrugator ani mit dem Sphincter ani externus und der perianalen Haut abgeschlossen. Auch nach kranial besteht durch die Vereinigung vom M. pubococcygeus und Rektumlängsmuskulatur keine direkte Verbindung nach pararektal bzw. zum konisch auslaufenden Mesorektum. Nach anterior wird der kraniale Abschluss zusätzlich durch die Verbindung des Anorektums mit dem Corpus perineale verstärkt. Klinische Bedeutung erlangt der intersphinktäre Spaltraum vor allem als Ausbreitungsweg für perianale Fisteln und Abszesse, die von den hier eingelagerten Proktodealdrüsen ausgehen, sowie für die chirurgische Präparation bei der intersphinktären Rektumresektion (Abb. 1.11).

1.4.4 Hämorrhoidalplexus

Der Hämorrhoidalplexus ist ein wichtiger Bestandteil des analen Kontinenzorgans und gewährleistet durch die mit Blut gefüllten Gefäßpolster einen luft- und wasserdichten Verschluss des Analkanals. Auf feingeweblicher Ebene besteht der Blutgefäßplexus aus sakkulär ausladenden Venolen, die durch sphinkterartige Wandverengungen in wurstschlangenartige Abschnitte gegliedert werden, wodurch es zu einer physiologischen Schwellung und Volumenvergrößerung kommt. Zusätzlich wird der Blutaufstau im Hämorrhoidalplexus aufgrund des Verlaufs der drainierenden Venen durch den dauerhaft angespannten Sphincter ani internus unterstützt. Bei Relaxation des Sphincter ani internus, z. B. während der Defäkation, kann das Blut aus dem Hämorrhoidalplexus abfließen, die Gefäßpolster entleeren sich und die kissenartige Schwellung wird kurzzeitig aufgehoben. Aufgrund dieser Eigenschaften wurde auch der Begriff des rektalen Schwellkörpers (Corpus cavernosum recti) geprägt. Neben den funktionellen Hämorrhoidalgefäßen ziehen versorgende Blutgefäße bis zur Schleimhaut (nutritiver Kreislauf).

Der Blutzufluss erfolgt aus Ästen der A. rectalis superior, weshalb die Rektalarterien zuweilen auch als Aa. haemorrhoidales bezeichnet wurden. Häufig wird eine Betonung der Hämorrhoidalkissen bei 3, 7 und 11 Uhr in Steinschnittlage beobachtet, was für klinische Belange zwar als Orientierung dienen, keinesfalls aber als anatomisches Fixum betrachtet werden kann. Vom Hämorrhoidalplexus klar abzugrenzen sind die subanodermal bzw. subkutan verlaufenden perianalen Venen, welche klinisch durch die Ausbildung schmerzhafter Thrombosen auf sich aufmerksam machen und fälschlicherweise als äußere Hämorrhoiden bezeichnet werden (Abb. 1.5, Abb. 1.11).

1.4.5 Proktodealdrüsen

Proktodealdrüsen entsprechen phylogenetischen Rudimenten analer Duftdrüsen. Die Endstücke der tubulär verzweigten Schleimdrüsen liegen zumeist im intersphinkteren Spaltraum und kommen gehäuft dorsolateral vor. Die Ausführungsgänge durchziehen den Sphincter ani internus und münden in den Analkrypten auf Höhe der Linea dentata. Proktodealdrüsen stellen den Ausgangspunkt der sog. kryptoglandulären perianalen Fisteln und Abszesse dar (Abb. 1.5, Abb. 1.6, Abb. 1.11).

1.4.6 Lymphdrainage der Analregion

Die Lymphdrainage der Analregion ist bidirektional und erfolgt einerseits innerhalb des Mesorektums, andererseits zu den Nn. lymphatici inguinales. Ferner bestehen Verbindungen zu Lymphknoten der A. iliaca interna und über den inguinalen Abstrom zu Lymphknoten der A. iliaca externa.

1.5 Beckenboden

1.5.1 Diaphragma pelvis

Der aus Muskulatur und Faszien bestehende Beckenboden verschließt einerseits das knöcherne Becken nach kaudal, andererseits bildet er Öffnungen für den Gastrointestinal- und Urogenitaltrakt und ist damit u. a. an der Kontrolle der analen Kontinenz und Defäkation beteiligt. Zentrale Struktur ist der M. levator ani, welcher das trichterförmige Diaphragma pelvis bildet, an dessen Trichterspitze sich der anale Sphinkterapparat anschließt. Der Muskel besteht aus symmetrisch angeordneten flächigen Muskelanteilen, M. ileococcygeus und M. pubococcygeus, die entlang der Mittellinie mit der Gegenseite in einer bindegewebigen Raphe inserieren. Die Ursprünge bilden das Os pubis, das Os coccygeum sowie eine sehnenartige, bindegewebige Verdichtung an der Innenseite des M. obturatorius internus, der Arcus tendineus m. levatoris ani („white line“). Der M. puborectalis nimmt beiderseits vom Os pubis seinen Ursprung und umschlingt den anorektalen Übergang dorsal („Puborectalis-Schlinge“). Sein Grundtonus führt zum typischen anorektalen Winkel, welcher mit ca. 90° einen Knickverschluss und damit einen zusätzlichen Kontinenzmechanismus darstellt. Der M. puborectalis lässt nach ventral eine Lücke („Levator-Tor“) für den Durchtritt des Analkanals (Hiatus analis) und der Urogenitalorgane (Hiatus urogenitalis). Während beim Mann der Levatortrichter steiler und insgesamt kräftiger angelegt ist, ist das Diaphragma pelvis bei der Frau flacher und breiter und weist häufig Muskellücken auf (Abb. 1.13)

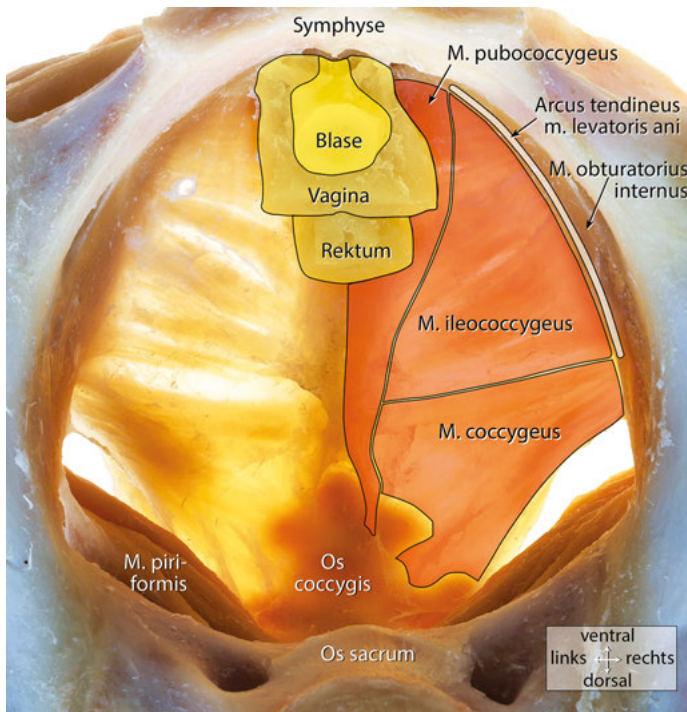


Abb. 1.13: Diaphragma pelvis. Weibliches Becken, Ansicht von kranial. Harnblase, Vagina und Rektum unmittelbar kranial des Levatortors entfernt und durch gelbe Fläche hervorgehoben. Durch Diaphanoskopie Darstellung der muskulären Anteile (rot markierte Flächen, rechtsseitig) des M. levator ani mit bindegewebigen Lücken. Formalinfixiertes, paraffinisiertes Humanpräparat.

1.5.2 Diaphragma urogenitale und Corpus perineale

Unmittelbar ventral des analen Sphinkterapparats erstreckt sich das Diaphragma urogenitale, das den Hiatus urogenitalis kaudal überzieht. Es wird aus den Mm. transversus perinei profundus und superficialis gebildet, deren Muskelfasern sich zwischen den unteren Schambeinästen und Sitzbeinen ausspannen und die Durchtrittsöffnungen für Urethra und Vagina flankieren. Der dorsale Rand wird durch den M. transversus perinei superficialis markiert, welcher fest mit dem zentralen Bindegewebsangelpunkt des Beckenbodens, dem Corpus perineale (Centrum tendineum perinei, perineal body) verbunden ist. Im Corpus perineale inserieren darüber hinaus folgende Strukturen des Beckenbodens: M. corrugator ani, Sphincter ani externus, Anterior der Levatormuskulatur, Peniswurzel bzw. hintere Scheidenkommissur mit den Mm. bulbospongiosi (Abb. 1.6, Abb. 1.12, Abb. 1.14).

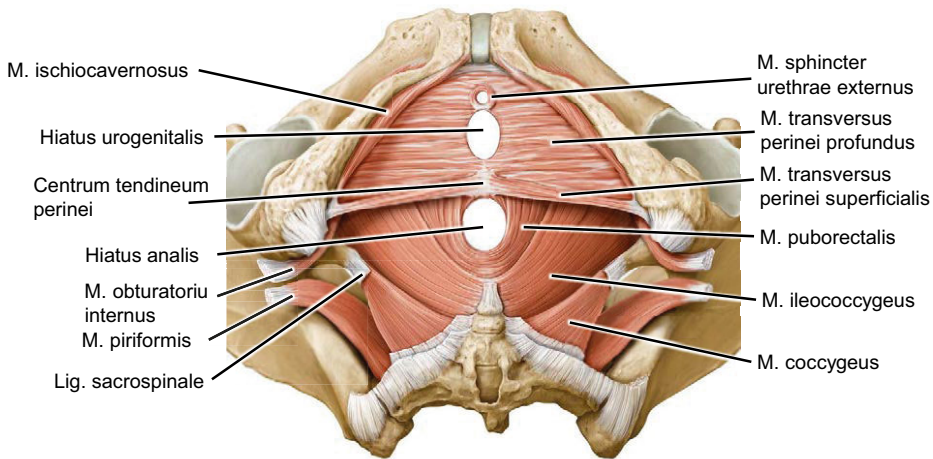


Abb. 1.14: Diaphragma pelvis und urogenitale. Weibliches Becken, Ansicht von kaudal. Mm. bulbo-spongiosi, Sphincter ani externus und Beckenorgane entfernt (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schulte E et al. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Thieme, 2018).

1.5.3 Beckenräume

Durch den Beckenboden bzw. M. levator ani lassen sich die Beckenräume in einen supralevatorischen (pelvinen) und infralevatorischen (perinealen) Abschnitt unterteilen (Abb. 1.15). Im infralevatorischen Abschnitt erstreckt sich die Fossa ischioanalis, die medial vom Levatortrichter und externem analen Schließmuskel, lateral vom M. obturatorius internus und kaudal vom Diaphragma urogenitale begrenzt wird. In diesem mit Fett und Bindegewebe gefüllten Raum verlaufen die pudendalen Leitungsbahnen. Kaudal des Levatortrichters wird ein infralevatorisches Septum beschrieben, welches eine Ausbreitung von hoch-transsphinkteren Fistelausläufern entlang der Levatormuskulatur bedingt.

Im dorsalen Bereich der Fossa ischioanalis erstreckt sich eine straffe bindegewebige Verbindung zwischen Os coccygeum und Sphincter ani externus, das Lig. ano-coccygeum, welches den links- und rechtsseitigen Abschnitt des ischioanalen Raumes nur unvollständig separiert. So besteht kranial dieses Bandes die Möglichkeit eines Übertritts (Courtney-Lücke) von ischioanalen Abszessen auf die kontralaterale Seite in Form einer hufeisenförmigen Ausbreitung. Andererseits weichen Analfisteln in diesem Bereich in ihrem Verlauf der Mittellinie aus.

Kaudal der Fossa ischioanalis bzw. des Diaphragmas urogenitale schließt sich das Spatium perineale superficiale an, das überwiegend subkutanes Fettgewebe enthält. Eine feine subkutane Bindegewebsfaszie, das Septum transversale, trennt

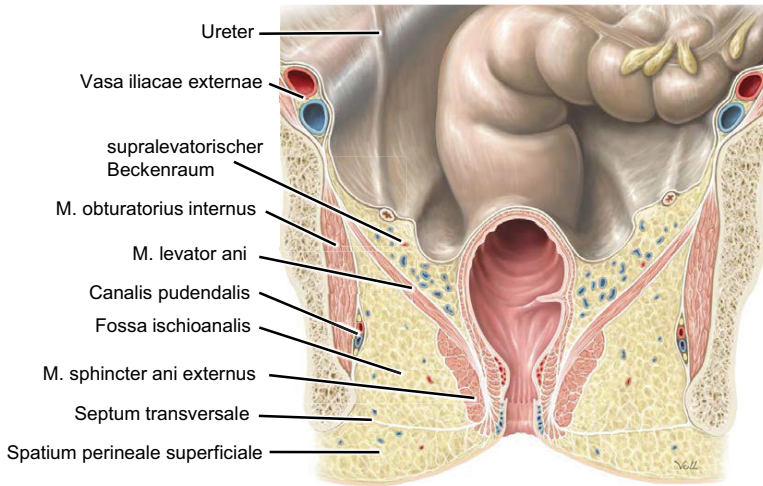


Abb. 1.15: Beckenräume. Weibliches Becken, Frontalschnitt, Ansicht von ventral (mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags; Schünke et al. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 5. Aufl. Thieme, 2018).

das Spatium perineale superficiale vom dorsalen Anteil der tiefer gelegenen Fossa ischioanal.

1.5.4 Nervenversorgung des Beckenbodens

Nn. levatorii

Der M. levator ani wird überwiegend durch die Nn. levatorii innerviert, die aus den ventralen Spinalnervenästen S2–S4 des Plexus sacralis entspringen. Diese Nervenfasern sind relativ kleinkalibrig, verlaufen supralevatorisch und schmiegen sich oberflächlich dem Levatortrichter an.

N. pudendus

Der N. pudendus nimmt seinen Ursprung ebenfalls aus den ventralen Spinalnervenästen S2–S4, verlässt das Becken durch die infrapiriforme Lücke, umrundet die Spina ischiadica und tritt dann infralevatorisch wieder in das Becken ein (Abb. 1.9). Der Hauptast verläuft in einer bindegewebigen Duplikatur der Obturatoriusfaszie (Alcock-Kanal) zusammen mit den pudendalen Blutgefäßen durch die Fossa ischioanal. Hier fächern sich sowohl Nerv als auch Blutgefäße auf, sodass bei einer Blutung in diesem Bereich, z. B. im Rahmen einer Fisteloperation, auch die Schädigung einer entsprechenden Nervenfasern angezeigt wird. Von dorsolateral treten die Nn. rectales inferiores an den Sphincter ani externus, inkonstant auch an den unteren M. levator

ani heran. Nach ventral ziehen zum einen oberflächlich die Nn. perineales und scrotales bzw. labiales posteriores, zum anderen entlang des Diaphragma urogenitale der N. dorsalis penis bzw. clitoridis. Feine Nervenäste erreichen auch den Sphincter externus urethrae und vermischen sich dabei mit Ästen des N. cavernosus.

1.6 Fazit

Die funktionelle Anatomie von Kolon und Anorektum stellt weiterhin ein dynamisches Forschungsfeld dar, welches in den zurückliegenden Jahrzehnten immer wieder durch klinische Fragestellungen inspiriert wurde. Insbesondere die wechselnde Perspektive der operativen Zugänge (laparoskopisch, robotisch, transanal) sowie das Bestreben nach maximalem Funktionserhalt haben zu einer immer detaillierteren Beschreibung der anatomischen Verhältnisse geführt. Ganz entscheidend dazu beigetragen haben auch die onkologisch generierten Konzepte der Präparation entlang embryologisch präformierter Kompartimente. Im Umkehrschluss begründet das Verständnis der anatomischen Verhältnisse den Erfolg in der Behandlung von Erkrankungen dieser Organe.

Weiterführende Literatur

- Schulte E, Schumacher U, Schünke M. Prometheus LernAtlas der Anatomie: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018.
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus LernAtlas der Anatomie: Innere Organe. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2018.
- Stelzner F. Chirurgie an viszeralen Abschlusssystemen. Stuttgart: Thieme; 1998.
- Stelzner S, Böttner M, Kupsch J, et al. Internal anal sphincter nerves – a macroanatomical and microscopic description of the extrinsic autonomic nerve supply of the internal anal sphincter. *Colorectal Dis.* 2018;20(1):7-16.
- Stelzner S, Holm T, Moran BJ, et al. Deep pelvic anatomy revisited for a description of crucial steps in extralevator abdominoperineal excision for rectal cancer. *Dis Colon Rectum.* 2011;54(8):947-57.
- Stelzner S, Wedel T. Anatomie und Physiologie der Anorektalregion. In: Mölle B, Ommer A, Lange J, Girona J. *Chirurgische Proktologie.* 3. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer; 2018.
- Wedel T, Stelzner S. Chirurgische Anatomie zur kompletten mesokolischen Exzision. *Coloproctology.* 2018;40:15-23.
- Wedel T. Anatomische Grundlagen der Rektumchirurgie. In: Kreis M, Straßburg J. *Moderne Chirurgie des Rektumkarzinoms.* Berlin Heidelberg: Springer; 2015.
- Wedel T. Anatomy of the colon, rectum, anus, and pelvic floor. In: Herold A, Lehur PA, Matzel KE, O'Connell R. *Coloproctology.* 2. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer; 2017.
- Wedel T. Der Beckenboden: Anatomische Grundlagen. *Viszeralchirurgie.* 2006;41(3):153-62.

