

Aus der Frauenklinik
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktorin: Univ.-Prof. Dr. med. T. Fehm

Das akute Kompartmentsyndrom nach gynäkologischen Operationen in
Steinschnittlage: Intrakompartimentale Druckveränderungen in Abhängigkeit
von OP-Dauer und Lagerung

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Nicolina Koch

2013

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. Joachim Windolf

Referent: Privatdozent Dr. med. Markus Fleisch

Korreferent: Professor Dr. med. Sascha Flohé

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Bauer E.C., Koch N., Janni W., Bender H.G., Fleisch M.C., (2014), Compartment syndrome after gynecologic operations: evidence from case reports and reviews. *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, (173): 7-12

Bauer E.C., Koch N., Erichsen C.J., Juettner C., Rein D., Janni W., Bender H.G., Fleisch M.C., (2014), Survey of compartment syndrome of the lower extremity after gynecological operations. *Langenbecks Archives of Surgery*, (399(3)): 343-8

I. Inhaltsverzeichnis

- I. Inhaltsverzeichnis
- II. Abkürzungsverzeichnis
- III. Abbildungsverzeichnis
- IV. Tabellenverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
1.1 Das postoperative Kompartmentsyndrom in der operativen Medizin	2
1.1.1. Definition	2
1.1.2. Historischer Hintergrund	3
1.1.3. Klinische Bedeutung	4
1.2. Pathogenese und Pathophysiologie des akuten Kompartmentsyndroms der unteren Extremität	6
1.2.1. Anatomie	6
1.2.2. Ätiologie und Pathogenese	8
1.2.3. Pathophysiologie	12
1.3. Diagnostik und Therapie des akuten Kompartmentsyndroms	16
1.3.1. Diagnostik	16
1.3.1.1. Klinische Diagnose und Differentialdiagnosen	16
1.3.1.2. Apparative Diagnostik	19
1.3.2. Therapie	21
1.3.2.1. Konservative Therapie	21
1.3.2.2. Chirurgische Therapie	22
1.4. Wissenschaftliche Fragestellung und Zielsetzung	26

2. Material und Methodik	27
2.1. AKS Fälle in der Literatur	27
2.2. Untersuchung des intraoperativen Kompartimentdrucks bei gynäkologischen Operationen	27
2.2.1. Ein- und Ausschlusskriterien	28
2.2.2. Geräte	29
2.2.3. Intraoperative Lagerung	29
2.2.4. Protokoll	30
2.3. Fragebögen gynäkologische Abteilungen NRW	31
2.4. AKS Fälle der Gutachterkommission der Ärztekammer Nordrhein	32
3. Ergebnisse	34
3.1. AKS Fälle in der Literatur	34
3.2. Experimentelle Studie zur intraoperativen Kompartimentdruckmessung	37
3.3. Fragebögen gynäkologische Abteilungen NRW	40
3.4. Auswertung der AKS Fälle der Gutachterkommission der Ärztekammer Nordrhein	42
4. Diskussion	44
4.1. Inzidenz und Management des Kompartmentsyndroms in gynäkologischen Abteilungen	44
4.2. Risikofaktoren unter Berücksichtigung pathophysiologischer Aspekte des intrakompartimentalen Drucks	45
4.3. Rechtsfragen	49
4.4. Schlussfolgerung und ableitbare Strategien zur Prävention des postoperativen Kompartmentsyndroms	51

5. Zusammenfassung	54
6. Literaturverzeichnis	56
7. Anhang	65
7.1. Patienteninformation und Einwilligungsbogen zur Studienteilnahme	65
7.2. Fragebogen an die Kliniken der Ärztekammer Nordrhein und Westfalen-Lippe	70
8. Eidesstattliche Versicherung	73

II. Abkürzungsverzeichnis

AEKNO	Ärztchammer Nordrhein
AKS	Akutes Kompartmentsyndrom
Art.HTN	Arterielle Hypertonie
ATP	Adenosintriphospat
BMI	Body Mass Index
CT	Computertomographie
D.M.	Diabetes mellitus
ICP	Intrakompartimentaler Druck
K ⁺	Kalium
KKH	Krankenhaus
KS	Kompartmentsyndrom
LAP	Laparotomie
LSK	Laparoskopie
MOV	Multiorganversagen
MRT	Magnetresonanztomographie
Na ⁺	Natrium
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
nm	Nanometer
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
SSP	Steinschnittposition
TVT	Tiefe Beinvenenthrombose

III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Querschnitt Unterschenkel

Abbildung 2: Unilaterale Fasziotomie

Abbildung 3: Bilaterale Fasziotomie

Abbildung 4: Übersicht der publizierten gyn. AKS Fälle in PubMed

Abbildung 5: ICP Verlauf Patientinnen Laparoskopie

Abbildung 6: ICP Verlauf Patientinnen Laparotomie

Abbildung 7: Auftreten von AKS in Bezug auf die Operationsdauer

Abbildung 8: Steinschnittpositionen

Abbildung 9: Unterschiedliche Beinauflagen

Abbildung 10: Gynäkologische AKS Fälle der Schlichtungsstelle AEKNO

Abbildung 11: Zusammenfassung der gyn. AKS Fälle in PubMed und der
Schlichtungsstelle AEKNO

IV. Tabellenverzeichnis

Tab.1: Formen des KS und mögliche Ursachen

Tab.2: Prädisponierende Faktoren für die Entstehung eines AKS nach
Operation in Steinschnittlage

Tab.3: Einteilung des AKS nach Arató

Tab.4: Unterschenkelkompartimente mit zugehörigen Nerven und
Funktion

Tab.5: Merkmale der gynäkologischen Fallberichte aus der Literatur

Tab.6: Autorenempfehlungen (aus Fallberichten) im Hinblick auf
Präventionsmaßnahmen

Tab.7: Übersicht Patientinnen klinische Studie

Tab.8: Merkmale der gynäkologischen Abteilungen

Tab.9: Merkmale der Eingriffe nach denen ein AKS auftrat

Tab.10: Zusammenfassung der Fälle der AEKNO

1. Einleitung

Das Kompartmentsyndrom (KS) der Extremitäten ist durch einen akut oder chronisch erhöhten Gewebedruck mit konsekutiver Minderperfusion innerhalb eines weitgehend abgeschlossenen Muskelkompartiments charakterisiert. Die daraus resultierende Traumatisierung neuromuskulärer Strukturen kann von sensomotorischen Funktionseinschränkungen bis hin zum Verlust der betroffenen Extremität aufgrund irreversibler Gewebsschäden führen. Im Extremfall sind die Folgen nicht nur lokal begrenzt, sondern können sich systemisch über ein myonephropathisch-metabolisches Syndrom (Crush-Syndrom) bis hin zum Multiorganversagen mit letalem Ausgang auswirken.

Das KS an Unterarm oder Unterschenkel entsteht am häufigsten posttraumatisch und wird in der Unfallchirurgie als zweitwichtigste Komplikation nach der TVT beschrieben (11, 19, 43). Im Rahmen urologischer Operationen wurde auf das vermehrte Auftreten eines KS am Unterschenkel nach Eingriffen in Steinschnittlage hingewiesen (6, 42, 59, 74). Auch in der Gynäkologie ist das KS in den letzten 20 Jahren zunehmend als seltene, aber gravierende Komplikation operativer Eingriffe in Steinschnittlage erkannt worden (5, 33, 41).

Die genaue Ätiologie des KS ist unklar, jedoch konnten in mehreren retro- und prospektiven Studien einige Risikofaktoren für die Entwicklung eines postoperativen KS identifiziert werden (13, 21, 28, 44, 49, 70, 71, 93, 104). Darunter sind insbesondere die intraoperative Lagerung wie Steinschnittposition, evtl. mit zusätzlicher Trendelenburg Kopftieflagerung, sowie die Dauer der Operation (>4h) von großer Bedeutung. Der Zusammenhang mit der intraoperativen Lagerung erklärt das vermehrte Auftreten des postoperativen KS in der Urologie und Gynäkologie, da hier die meisten Eingriffe in Steinschnittposition durchgeführt werden. Weitere potentielle Risikofaktoren stellen Adipositas, periphere arterielle Verschlusskrankheit, intraoperative Hypotension, Hypovolämie oder Hypothermie dar, die über unterschiedliche Pathomechanismen zu einer Minderperfusion des Gewebes führen können (91).

1.1. Das postoperative Kompartmentsyndrom in der operativen Medizin

1.1.1. Definition

Die allgemeingültige Definition des akuten Kompartmentsyndroms (AKS) wird maßgeblich durch die Arbeiten Matsens aus den Jahren 1975 (48, 54) und 1980 (52) geprägt. Er beschreibt das KS als einen Zustand, in dem die Zirkulation und Funktion des Gewebes in einem geschlossenen Raum durch einen erhöhten Gewebedruck innerhalb dieses umschlossenen Kompartiments gefährdet sind (52, 54). Im Bereich der Extremitäten handelt es sich um die durch Faszien abgegrenzten Muskellogen, aus deren Lokalisation und Funktion sich die klinische Manifestation des KS ergibt. Im Bereich der oberen Extremitäten können Schultergürtel, Oberarm, Unterarm und Hand, im Bereich der unteren Extremitäten Glutealbereich, Oberschenkel, Unterschenkel und Fuß betroffen sein (67). Am häufigsten manifestiert sich ein KS posttraumatisch am Unterarm oder Unterschenkel (43, 55).

Man unterscheidet zwischen einem drohenden und einem manifesten KS. Oestern und Echtermeyer definieren diese beiden Formen nach dem klinischen Schweregrad, wohingegen Scola eine Einteilung nach der Höhe des intrakompartimentalen Drucks vornimmt (67, 82). Beim drohenden KS steht ein im Verhältnis zum auslösenden Trauma übermäßig starker, progredienter Schmerz im Vordergrund. Neuromuskuläre Ausfälle sind nicht sehr ausgeprägt oder können ganz fehlen, die Durchblutung ist peripher noch intakt (67). Nach Scola herrschen beim drohenden KS intrakompartimentale Druckverhältnisse von etwa 30 bis maximal 40 mmHg (82). Das manifeste KS definiert sich durch einen Logendruck über 40 mmHg (82) und ist durch neurologische Defizite und Durchblutungsstörungen gekennzeichnet (67). Im Spätstadium können die Pulse distal der betroffenen Loge fehlen und motorische Ausfälle bis hin zu kompletten Paresen auftreten.

1.1.2. Historischer Hintergrund

Ischämische Muskelnekrosen und Kontrakturen der Extremitäten wurden erstmals 1812 durch Larrey (40) und 1850 durch Hamilton (25) beschrieben. Volkmann berichtete im Jahr 1881, nachdem er 1869 (99) und 1875 (100) erste Fallberichte veröffentlicht hatte, von Muskellähmungen und Kontrakturen, die durch Ischämien nach zu fest angelegten Verbänden an Oberarm und Hand auftraten. Volkmann widerlegte hier die bis dahin vertretene Hypothese, dass Lähmungen und Kontrakturen der Extremitäten auf einer Parese der Nerven durch zu starken externen Druck basierten. Sie seien vielmehr das Ergebnis eines raschen Zerfalls der kontraktilen Strukturen und der darauf folgenden reaktiven Veränderungen, resultierend aus einer fehlenden arteriellen Durchblutung bei gleichzeitiger venöser Stauung (101). Hildebrand erkannte, dass der erhöhte Gewebedruck der entscheidende pathogenetische Faktor für die Entstehung der Kontrakturen ist und führte das Eponym „ischämische Volkmann-Kontraktur“ ein (27). Im Jahr 1912 wurde von Wilson erstmals das funktionelle Tibialis-Anterior-Syndrom beschrieben, welches nach Murphy erfolgreich durch frühzeitige Fasziotomie zu therapieren sei, um so Folgeschäden durch die erhöhte intramuskuläre Gewebsspannung abzuwenden (18, 64). Haimovici machte 1960 anhand von zwei Kasuistiken aus der Gefäßchirurgie auf die besondere Bedeutung des Ischämie-Reperfusionsschadens aufmerksam (23). Der eigentliche Begriff des „Kompartmentsyndroms“ wurde jedoch erst 1963 von Reszel und seinen Mitarbeitern der Mayo-Klinik durch einen Fallbericht der Klinik in Rochester, Minnesota geprägt (75).

Das Verständnis und die bis heute geltende Definition des KS wurden maßgeblich von Matsen und Echtermeyer bestimmt. Beide führten umfangreiche wissenschaftliche Arbeiten zu Pathophysiologie, Entstehungsmechanismus und Therapie des KS durch (16-18, 48, 50, 52). Matsen definiert in seiner Arbeit von 1975 das KS „as a condition in which the circulation and function of tissues within a closed space are compromised by increased pressure within that space“ (48). In Ergänzung zu dieser phänomenologischen Betrachtungsweise erweiterte Echtermeyer 1997 die Definition um multifaktorielle pathophysiologische Ansätze

wie z.B. Hämodynamik des Patienten, überschießende Entzündungsreaktion und myonephropatische Systemwirkung, woraus sich über die lokal drucksenkenden Maßnahmen hinaus auch systemische Therapieansätze ergaben (18).

1.1.3. Klinische Bedeutung

Auch wenn es sich um eine seltene Komplikation handelt, können die Auswirkungen eines zu spät erkannten KS fatale Folgen für den Patienten haben. Diese reichen vom lebenslangen Funktionsverlust der betroffenen Extremität bis hin zur Notwendigkeit der Amputation oder schlimmstenfalls zum Tod des Patienten aufgrund eines Multiorganversagens (Crush-Syndrom) (66, 78).

Die Diagnose des KS gestaltet sich durch seine Seltenheit schwierig und stützt sich im Wesentlichen auf das klinische Erscheinungsbild. Dieses wird jedoch häufig durch die Narkose selbst oder die postoperative Analgesie des Patienten verschleiert (78, 96). Gerade die frühzeitige Diagnosestellung und unverzügliche Therapie mittels Fasziotomie sind aber entscheidend für den Verlauf und das neuromuskuläre Outcome (91).

Für den Operateur ergeben sich möglicherweise auch forensische Konsequenzen (18, 66), was durch die zunehmende Anzahl der Fälle eines postoperativen KS nach lang andauernden gynäkologischen Operationen in Steinschnittlage an der Schlichtungsstelle der Ärztekammer Nordrhein bestätigt wird (persönliche Kommunikation).

In der gängigen Praxis werden die Patientinnen präoperativ bisher nicht über diese Komplikation speziell aufgeklärt, sie findet keine Berücksichtigung in den standardisierten Aufklärungsbögen (91, 96) und wird ebenfalls nicht in den Standardwerken der gynäkologischen Operationslehre aufgeführt (z.B. Wallwiener (102)). Bisher existieren keine einschlägigen Empfehlungen zur

Prophylaxe wie z.B. intraoperative Lagerungswechsel, was unter anderem auch durch das lückenhafte Verständnis der Pathophysiologie bedingt ist.

Mittlerweile werden die meisten gynäkologischen Operationen auf laparoskopischem Wege durchgeführt. Angesichts einer möglicherweise steigenden Inzidenz des postoperativen AKS stellt sich die Frage, ob die intraabdominelle Druckerhöhung durch das Pneumoperitoneum das Risiko für ein KS spezifisch und additiv zu den bekannten Risikofaktoren weiter erhöht.

1.2. Pathogenese und Pathophysiologie des akuten Kompartmentsyndroms der unteren Extremität

1.2.1. Anatomie

Muskellogen sind anatomisch-funktionelle Einheiten von Muskelgruppen, welche von osteofaszialen Hüllen umgeben sind. Am Unterschenkel unterscheidet man vier Muskellogen, sogenannte Kompartimente:

1. Anteriores Kompartiment (Extensorenloge)
2. Laterales Kompartiment (Fibularisloge)
3. Superficiales posteriores Kompartiment (oberflächliche Flexorenloge)
4. Profundes posteriores Kompartiment (tiefe Flexorenloge)

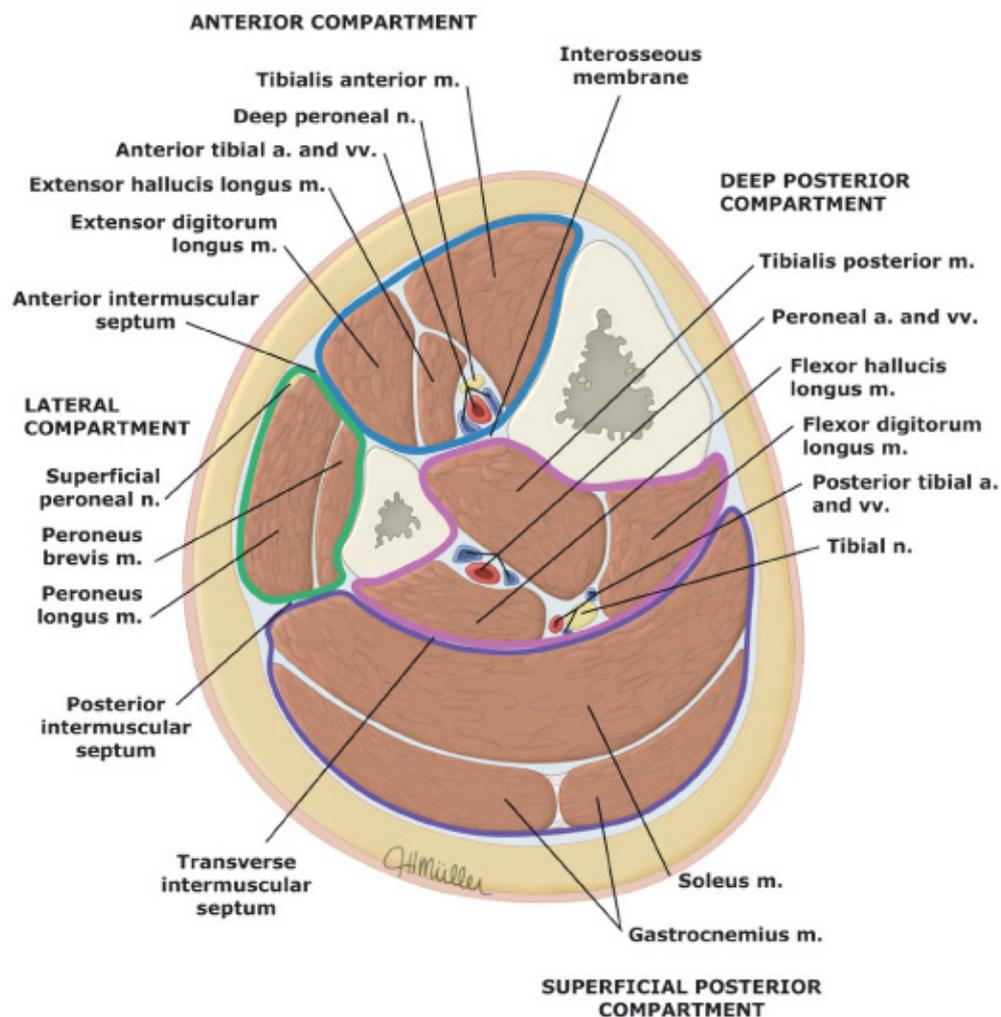


Abb.1: Querschnitt Unterschenkel (88)

Gemeinsam werden alle Muskeln des Unterschenkels von der Fascia cruris umhüllt. Zwischen Tibia und Fibula spannt sich die Membrana interossea. Zusammen mit dem von ihr ausgehenden Septum intermusculare anterior, welches nach lateral zum Periost der Fibula zieht, sowie Tibia, Fibula und Fascia cruris begrenzt sie das vordere Kompartiment. Es enthält die Fußextensoren (M. tibialis anterior, M. extensor digitorum longus, M. extensor hallucis longus), die A. tibialis mit ihren Begleitvenen, sowie den N. peroneus profundus, welcher motorisch alle Dorsalextensoren, sowie sensibel den ersten Interdigitalraum des Fußes innerviert.

Lateral schließt sich die durch das Septum intermusculare anterior von der vorderen Muskelloge getrennte Peroneusloge an. Sie wird medial von der Fibula und lateral von der Fascia cruris begrenzt, die die Loge nach dorsal durch das von ihr ausgehende Septum intermusculare posterior von den dorsalen Kompartimenten abgrenzt. Die Peroneusloge enthält die Pronatoren des Fußes (Mm. peroneus longus et brevis), welche vom ebenfalls in der Loge verlaufenden N. peroneus superficialis innerviert werden. Dieser durchbricht im unteren Unterschenkeldrittel die Fascia cruris und versorgt als N. cutaneus dorsalis medius und intermedius sensibel den gesamten Fußrücken bis auf den ersten Interdigitalraum. Der N. peroneus profundus verläuft im Bereich des Fibulaköpfchens ebenfalls in der Peroneusloge und tritt erst dann in die vordere Muskelloge ein.

Die dorsalen Muskellogen unterteilt man in eine oberflächliche und eine tiefe Loge. Die oberflächliche Muskelloge enthält die Fußflexoren M. gastrocnemius, M. soleus und M. plantaris. Sie werden vom in der tiefen Loge verlaufenden N. tibialis innerviert. In der oberflächlichen Loge verläuft noch bis zur Mitte des Unterschenkels der N. suralis, ein Ast des N. tibialis, der im weiteren Verlauf durch die Faszie ins Fettgewebe austritt und die Haut der Wade und des lateralen Fußrückens sensibel innerviert. Die oberflächliche Beugerloge ist von der tiefen durch das tiefe Blatt der Fascia cruris getrennt. Die tiefe Loge wird ventral durch Tibia, Membrana interossea und Fibula begrenzt. Sie enthält Fuß- und Zehenflexoren (M. tibialis posterior, M. flexor hallucis longus, M. flexor digitorum longus), welche vom ebenfalls im tiefen Kompartiment verlaufenden N.

tibialis innerviert werden, sowie die A. tibialis posterior mit ihren Begleitvenen. Der N. tibialis teilt sich auf Höhe des Sprunggelenks und innerviert sensibel als N. plantaris medialis und lateralis die Fußsohle.

Epifaszial verlaufen medial die V. saphena magna mit N. saphenus und dorsal die V. saphena parva mit N. suralis. (29)

Ein KS kann in allen vier Unterschenkelkompartimenten auftreten, am häufigsten ist jedoch die Tibialis-anterior-Loge betroffen, deren osteofasziale Hülle die geringste Dehnbarkeit aufweist (9, 60, 90, 105).

1.2.2. Ätiologie und Pathogenese

Voraussetzung für die Entstehung eines KS ist die Erhöhung des Gewebedrucks in einem präformierten Kompartiment, das aufgrund seiner anatomisch vorgegebenen Abgeschlossenheit dem steigenden Druck nicht ausreichend nachgeben kann. Die daraus resultierende Minderperfusion kann die Funktion und strukturelle Integrität der Gewebsstrukturen in diesem Raum gefährden (54). Somit kann das KS prinzipiell in verschiedenen Körperregionen auftreten. Neben Muskellogen unterschiedlichster Lokalisation können auch andere anatomisch präformierte Hohlräume wie zum Beispiel die Orbita oder das Abdomen betroffen sein (26, 34). Am häufigsten ist ein KS jedoch nach Frakturen der langen Röhrenknochen der Extremitäten in den zugehörigen Muskellogen zu beobachten (11, 43, 55, 69). Auch ein Reperfusionsödem nach lagerungs- oder druckbedingter Minderperfusion wird als Auslöser eines AKS beschrieben (5, 44, 58, 63). In der Mehrzahl der Fälle entsteht das KS akut, es sind jedoch auch chronisch rezidivierende Verläufe, z.B. nach wiederholter muskulärer Überbelastung beschrieben (72).

In Abhängigkeit vom auslösenden Pathomechanismus werden verschiedene Formen des KS unterschieden (66):

Formen:	Mögliche Ursache:
1. Traumatisches KS	Fraktur, Hämorrhagie, Ödem
2. Ischämisches KS	Reperfusionsodem
3. Funktionelles KS	Muskuläre Überlastung (Sport)

Tab.1: Formen des KS und mögliche Ursachen

Wesentliche Voraussetzung für die Entstehung des AKS am Unterschenkel ist eine Druckerhöhung innerhalb der Muskellogen in Verbindung mit einer Störung der Mikrozirkulation. Der Anstieg des Gewebedrucks kann durch Druck von innen oder außen bedingt sein, hämodynamische Ursachen finden sich auf arterieller, kapillarer und venöser Ebene:

1. Volumenzunahme innerhalb des Kompartiments (z.B. Hämatom, Tumor)
2. Externe Kompression (z.B. komprimierende Verbände, Beinhalter, Blutdruckmanschette, Antithrombosestrümpfe, Abstützen des Operateurs, zirkuläre Verbrennungen dritten Grades) (24, 56, 70, 71, 83)
3. Gewebsödem durch kapillares Leck (ischämisches Reperfusionsodem, posttraumatisch) (9, 29, 47)
4. Erhöhter venöser Druck mit konsekutiver Verminderung des intrakapillaren Druckgradienten (z.B. Rückstau durch TVT, Kinking durch Flexion in Hüft-, Knie- und Fußgelenken) (13, 21, 65, 83)
5. Verminderter arterieller Druck mit konsekutiver Minderperfusion (z.B. pAVK, Hypotension, Elevation der Extremität) (24, 56, 83)

Das AKS am Unterschenkel ist ein multifaktorielles Geschehen, die Wertigkeit der einzelnen Risikofaktoren ist bislang noch nicht eindeutig geklärt (66, 93).

Häufig ist nicht ein einzelner, sondern die Kombination mehrerer Risikofaktoren ausschlaggebend (93).

Hämodynamische Veränderungen und Gewebedruck können nicht losgelöst voneinander betrachtet werden, sondern beeinflussen sich gegenseitig. So kann eine Erhöhung des Gewebedrucks die Perfusion beeinträchtigen, arteriovenöse Druckschwankungen können wiederum zu einem pathologischen Gewebedruck führen.

Warum sich insbesondere nach langdauernden Operationen in Steinschnittlage in einzelnen Fällen ein AKS entwickelt ist derzeit noch unklar und Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Hierbei richtet sich das Augenmerk insbesondere auf die unterschiedlichen Lagerungstechniken wie Steinschnittlage und Trendelenburg Position sowie auf verschiedene Arten von Beinstützen (24, 71).

Prädisponierende Faktoren für die Entstehung eines AKS nach Operationen in Steinschnittlage	
1. Steinschnittlage	Kinking der Femoral- und Poplitealgefäße Elevation der Beine mit Absinken des art. Drucks (38, 44, 49, 70)
2. Trendelenburg Position	Weiteres Absinken des art. Drucks (24, 28)
3. Externe Kompression	Beinhalter Typ Allen Yellowfin/Göpel/Knöchelschlinge, mechanische Maßnahmen zur Thromboseprophylaxe, Abstützen des Operateurs (44, 70, 71)
4. Operationstechnische Faktoren	Operationsdauer, Art des operativen Zugangs (Laparoskopie/Laparotomie), intraoperative Hypothermie, metabol. Azidose, Art der Anästhesie, Verabreichung von Vasokonstriktoren, intraoperativer Volumenmangel und Hypotension (6, 13, 14)
5. Patientenspezifische Faktoren	BMI, Muskelvolumen, Vorerkrankungen, z.B. pAVK (6, 9, 24, 56, 83)

Tab.2: Prädisponierende Faktoren für die Entstehung eines AKS nach Operation in Steinschnittlage

Bei Lagerung in Steinschnittposition kann bereits die alleinige Elevation der unteren Extremität zu einer verminderten Perfusion des Unterschenkels führen (49, 70). Matsen belegte, dass pro cm Elevation des Beines über Vorhofebene, der mittlere arterielle Druck am Vorfuß um 0,78 mmHg fällt (49). Auch Peters zeigte einen signifikanten Abfall des arteriellen Knöcheldrucks in Abhängigkeit von der Elevation des Unterschenkels (70). Das unphysiologische Kinking der Femoralgefäße im Hüftgelenk und der Poplitealgefäße im Kniegelenk erhöht darüber hinaus den venösen Druck (44).

Horgan et al. zeigten, dass nicht nur die Lagerung in Steinschnittlage, sondern vielmehr auch die zusätzliche Trendelenburg 15°-Kopftieflagerung zu einer Minderperfusion des Unterschenkels führt (28). Der Abfall des arteriellen Knöcheldrucks im Vergleich zum Oberarmdruck wird durch eine zusätzliche Trendelenburg 15°-Kopftieflagerung verstärkt, wie von Halliwill und Horgan sowohl in klinischen Studien als auch an gesunden Probanden bestätigt (24, 28). Nach Gershuni führt die alleinige Dorsalflexion im Fußgelenk bereits zu einer Druckerhöhung in allen vier Unterschenkelkompartimenten und ist demzufolge ein prädisponierender Faktor für die Entstehung eines AKS, wohingegen die Flexion in Hüft- und Kniegelenk zu vernachlässigen ist (21).

Die Zeit, die der Patient in Steinschnittposition mit Trendelenburg 15°-Kopftieflagerung gelagert wird, beeinflusst entscheidend das Risiko für die postoperative Manifestation eines KS, da durch diese Lagerung die Dauer der relativen Hypoperfusion des Unterschenkels bestimmt wird (6, 14). Chase et al. konnten eine kontinuierliche Zunahme des Gewebedrucks im Verlauf von Operationen in Steinschnittlage zeigen. Nach einer Operationsdauer von 5-6 Stunden war bei 8 von 8 untersuchten Patienten ohne vaskuläre Vorerkrankungen der Druck im anterioren Unterschenkelkompartiment auf Werte über 30 mmHg angestiegen (13). Hieraus erklärt sich, warum es besonders bei langdauernden Operationen in Steinschnittlagerung zum AKS kommen kann.

Jegliche externe Kompression begünstigt die Entstehung eines AKS, insbesondere Beinstützen wie die Göpel Halter verstärken den externen Druck auf die hochgelagerten Beine. So konnte Peters einen Anstieg des

intrakompartimentalen Drucks am Unterschenkel bei Verwendung von Beinhaltern mit Auflage im Bereich der Wadenmuskulatur zeigen (70). Auch für MacIntosh et al. war die externe Kompression durch Halterung im Bereich der Wade eine maßgebliche Ursache des AKS. Sie empfehlen daher die Verwendung von Aufhängevorrichtungen im Bereich des Fußes, um einen Anstieg des intrakompartimentalen Drucks zu verhindern (44).

Neben Lagerungstechniken und Operationsdauer werden weitere operationstechnische Faktoren mit negativer Auswirkung auf Gewebedruck und/oder Hämodynamik diskutiert, wie z.B. Art des operativen Zugangs (Laparoskopie/Laparotomie), intraoperative Hypothermie, metabolische Azidose, mechanische Maßnahmen zur Thromboseprophylaxe, Art der Anästhesie, intraoperative Flüssigkeitssubstitution oder Verabreichung von Vasokonstriktoren. Patientenspezifische Charakteristika wie erhöhtes Muskelvolumen und Body Mass Index über 25 kg/m² können die Entstehung eines AKS ebenso begünstigen wie Vorerkrankungen, z.B. Gefäßkalzifikationen und pAVK (6, 9, 83).

1.2.3. Pathophysiologie

Der Druck im Unterschenkelkompartiment beträgt normalerweise 0-10 mmHg. Drücke bis zu 20 mmHg gelten noch als physiologisch (66). Überschreitet der Gewebedruck innerhalb der Muskellogen diese Grenze, droht ein KS. Ein manifestes KS entwickelt sich – bei ansonsten stabilen Kreislaufverhältnissen – ab einem Gewebedruck von 40 mmHg (82). Steigt der Logendruck im Verhältnis zum lokalen arteriellen Druck kritisch an, so sinkt der Perfusionsdruck (mittlerer arterieller Druck minus ICP) und Störungen der Mikrozirkulation mit ischämischer Endothelzellschädigung und erhöhter Kapillarpermeabilität sind die Folge (18). Nach Echtermeyer entsteht ein manifestes KS, wenn die Differenz zwischen diastolischem arteriellen Druck und Gewebedruck 20 mmHg unterschreitet (18).

Die arteriovenöse Gradiententheorie erklärt den Mechanismus der zugrunde liegenden hämodynamischen Veränderungen aus physikalischer Sicht. Nach dem Hagen-Poiseuille-Gesetz verhält sich der kapillare Blutfluss proportional zum arteriovenösen Druckgradienten und umgekehrt proportional zum vaskulären Widerstand, welcher durch die Blutviskosität, den Gefäßquerschnitt und die Gefäßlänge bestimmt wird. Daraus folgt, dass ein Abfall des arteriellen Drucks, ein Anstieg des venösen Drucks oder eine Erhöhung des vaskulären Widerstandes (z.B. durch Vasokonstriktion oder Erhöhung der Viskosität des Blutes bei Volumenmangel) eine Verminderung der Gewebepfusion verursachen können (7, 18). Die Minderdurchblutung kann über verschiedene biochemische Prozesse von zellulärer Dysfunktion über ein Gewebsödem bis hin zum irreversiblen Zelluntergang führen (7).

Die verminderte Durchblutung führt primär zu einem hypoxischen Schaden der Zelle, welche nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff und Nährstoffen für den Aufrechterhalt ihrer Membranfunktion und Elektrolythomöostase versorgt wird. Durch Umstellung des Zellmetabolismus von aerob auf anaerob sinkt die ATP-Produktion, die Produktion von Laktat steigt an. Toxisch-metabolische Stoffwechselprodukte kumulieren durch den mangelnden Abstrom schnell. Es kommt zum Abfall des intrazellulären pH-Werts. Die Membrandysfunktion, insbesondere die gestörte $\text{Na}^+\text{-K}^+$ -Pumpe, die pro Molekül ATP 3 Natriummoleküle nach außen und 2 Kaliummoleküle nach innen befördert, führt zu einem erhöhten intrazellulären Natrium- und Wassergehalt und damit zum Zellödem.

Infolge des hypoxisch bedingten kapillaren Endothelschadens kommt es zum Ausstrom von Plasmaproteinen in das Interstitium, dem sogenannten Kapillarlecksyndrom. Übersteigt nun der durch Plasma- und Gewebsproteine bedingte onkotische Druck im Gewebe den des Plasmas, führt dies zum erhöhten Flüssigkeitsausstrom in das Interstitium und damit zum weiteren Anstieg des Gewebedrucks (18, 29). Durch Ausbildung dieses interstitiellen „third space“ (109) wird die Diffusionsstrecke von Nährstoffen zu den Zellen, sowie die Strecke für die Entsorgung von Stoffwechselendprodukten deutlich verlängert (18, 29). Die Zellen schwellen weiter an, da kein Sauerstoff mehr ankommt und

der aktive Transport von Natrium aus der Zelle heraus weiterhin gestört ist. Diese Flüssigkeitsverschiebung in den intrazellulären „third space“ (109) vermindert das Plasmavolumen weiter. Der Verlust von Plasmavolumen in den interzellulären und intrazellulären „third space“ kann schließlich zu einer Verschlechterung der kardiale Auswurfleistung bis hin zum hypovolämischen Schock führen (18, 29).

Die straffe osteofasziale Umhüllung der Logen limitiert zwar die Ödembildung, lässt jedoch den intrakompartimentalen Druck weiter ansteigen (> 40 mmHg). Hierdurch kollabieren die Gefäße des Unterschenkels in folgender Reihenfolge:

1. Lymphbahnen
2. Venolen und Venen
3. Arteriolen und Arterien (18)

Bei einem normalen Kompartimentdruck wird der geringe physiologische kapillare Verlust von Plasmaflüssigkeit und Proteinen dem Blutkreislauf über die Lymphbahnen wieder zugeführt (29). Sind die Lymphwege kollabiert, wird die interstitielle Flüssigkeit zunächst über das Venensystem abtransportiert. Dieser Kompensationsmechanismus wird jedoch dadurch limitiert, dass durch die im Rahmen des steigenden Venendrucks erweiterten Gefäßsporen schließlich mehr Flüssigkeit ins Interstitium gelangt als rückgeführt werden kann. Übersteigt der Gewebedruck den Druck des venösen Systems, kommt es zur venösen Infarzierung, die sich klinisch als fleckförmige Gangrän manifestiert. Im letzten Schritt führt dann ein Übersteigen der Arteriolendrucke zusätzlich zu arteriellen Infarkten (18).

In der Phase der Ischämie kommt es zur Akkumulierung toxisch-metabolischer Stoffwechselendprodukte mit Zellödem, Hyperkaliämie, Azidose und Untergang vitaler Zellkomponenten. Erfolgt die Reperfusion vor Eintritt von Gewebnekrosen, führt der massive Wiedereinstrom von oxygeniertem Blut in das geschädigte Gewebe zur Bildung freier Sauerstoffradikale, da der freie Sauerstoff mit den akkumulierten toxischen Metaboliten im Gewebe reagiert. Das vorgeschädigte Gewebe kann nicht mehr adäquat auf die Sauerstoffradikale reagieren und es resultiert eine Aktivierung des Komplementsystems mit Ausschüttung von Entzündungsmediatoren und überschießender Leukozytenakkumulation. Die Aktivierung des Komplementsystems verstärkt

über die Bildung sogenannter „membrane-attack“-Komplexe wiederum den Einstrom von Wasser in die Zelle und führt schließlich zu irreversiblen Zelluntergang und Gewebsnekrose. Dieser Pathomechanismus wird auch als Reperfusionsschaden oder Reperfusionssyndrom bezeichnet.

Je nach Größe der betroffenen Muskelmasse, Dauer der Ischämie und Art der Reperfusion entscheidet sich, ob das KS lokal begrenzt bleibt oder systemische Auswirkungen hat. Die durch den Muskelzerfall bedingte Freisetzung von Myoglobin (Rhabdomyolyse) kann nach Ausschwemmung in den systemischen Kreislauf über Präzipitation des Myoglobins in den renalen Tubuli zu tubulärer Nekrose mit akutem Nierenversagen führen (Crush-Niere). Eine rhabdomyolytisch bedingte, durch die metabolische Azidose aggravierte Hyperkaliämie kann lebensbedrohliche Herzrhythmusstörungen auslösen. Die erhöhte mikrovaskuläre Permeabilität kann sich in Verbindung mit der massiven Entzündungsreaktion entweder am Respirationstrakt im Sinne eines akuten Lungenversagens (ARDS) manifestieren oder sich zu einem systemischen Entzündungssyndrom (SIRS) ausweiten.

Die Schwere der systemischen Auswirkungen hängt ebenfalls stark von Größe der betroffenen Muskelmasse, Art der Reperfusion, Gewebstemperatur sowie vom klinischen Gesamtzustand des Patienten ab. Entscheidend wird sie aber auch von der Dauer der Ischämie beeinflusst. Die Unterschenkelmuskulatur toleriert eine Ischämiezeit von 4-6 Stunden bei Raumtemperatur, wobei bei einer Ischämiedauer von über 8 Stunden bereits irreversible Schäden auftreten (9, 66). Wird der Circulus vitiosus aus Perfusionsstörung, Kapillarlecksyndrom, intra- und extrazellulärem „third space“-Ödem und Reperfusionsschaden nicht frühzeitig unterbrochen, drohen irreversible lokale und systemische Schäden, im Extremfall der Tod des Patienten im Multiorganversagen.

1.3. Diagnostik und Therapie des akuten Kompartmentsyndroms

1.3.1. Diagnostik

Die Diagnose des postoperativen KS gestaltet sich nicht immer einfach. Parästhesie, Schmerz und Parese können durch Narkose und Analgetika maskiert werden (30, 35). Eine gewissenhafte Anamneseerhebung und klinische Verlaufsbeobachtung beim kooperativen Patienten sind unerlässlich. Die Diagnose des AKS wird primär klinisch gestellt und kann nach Ausschluss differentialdiagnostischer Krankheitsbilder durch apparative Hilfsmittel ergänzt, bzw. bestätigt werden (18).

1.3.1.1. Klinische Diagnose und Differentialdiagnosen

Das klinische Erscheinungsbild des KS wird durch Gewebsödem, Perfusionsstörung und konsekutive neuromuskuläre Schädigung im betroffenen Kompartiment bestimmt. Wegen ihrer geringen Ischämietoleranz finden sich initial pathologische Befunde im Bereich der sensiblen Nerven, gefolgt von motorischen Nerven, Muskulatur und Haut.

Das AKS wird von Arató je nach Zustand der Progression in drei Grade unterteilt (7):

Grad	Klinik
I	Schmerz, Schwellung, Parästhesie
II	Neurologische Ausfälle, Fehlen der Fußpulse, fokale Nekrose im Muskel
III	Komplette Nekrose von Muskel und Haut

Tab.3: Einteilung des AKS nach Arató (7)

Der akut einsetzende und im Verlauf progrediente, brennend-bohrende Schmerz, der nicht in Einklang mit dem Verletzungsausmaß zu bringen ist, gilt als Leitsymptom des AKS. Inspektorisch erscheint die Haut im Bereich des betroffenen Kompartiments häufig fest gespannt und livide glänzend. Die Muskulatur tastet sich verhärtet und ist stark druckdolent. Passive Muskeldehnung führt zur Verstärkung des Schmerzes und gilt als wichtiges diagnostisches Kriterium. Sensibilitätsstörungen zeigen sich initial durch Kribbelparästhesien, gefolgt von Hypästhesien, welche frühzeitig durch Verlust der Zweipunktdiskriminierung diagnostiziert werden können, und schließlich kompletten Sensibilitätsausfällen. Der Nachweis einer motorischen Schwäche bis hin zur Paralyse weist auf ein fortgeschrittenes AKS hin. Ein Pulsverlust distal der betroffenen Muskellogen findet sich ebenso wie eine Blasenbildung der Haut erst im Spätstadium (9, 18, 35, 66, 68, 78, 79).

Die klinische Diagnose basiert auf den abgewandelten „6 P’s“ nach Pratt, der 1954 erstmals die Symptome der akuten pAVK zusammenfasste, die jedoch nicht obligat bei jedem Patienten mit einem AKS vorliegen müssen (7, 21, 50, 60, 66):

1. Pain (with Stretch) Ein im Verhältnis zum auslösenden Trauma übermäßig starker, progredienter Schmerz sowie Schmerz im betroffenen Kompartiment bei passiver Muskeldehnung
2. Pressure Erhöhter Druck im Kompartiment
3. Paresis Motorische Schwäche oder vollständige Lähmung der Muskulatur
4. Paresthesia Hypästhesie oder Parästhesie der Haut
5. Pink Skin Colour Induration oder Entzündung des Gewebes im betroffenen Kompartiment
6. Pulses intact Periphere Pulse meist erhalten

Nach Röher et al. sollte eine postoperative Verlaufskontrolle dieser 6 Parameter bei gynäkologischen Risikoeingriffen, insbesondere einer Operationsdauer >4 Stunden, in 1 bis 2 stündigen Abständen erfolgen (78). Echtermeyer empfiehlt hierzu eine standardisierte Dokumentation anhand einer Checkliste (18).

Aus den diagnostizierten neuromuskulären Ausfällen lassen sich Rückschlüsse auf das betroffene Muskelkompartiment ziehen. Für die Diagnose des AKS im Bereich des Unterschenkels ist die Untersuchung des Fußes von großer Bedeutung, da jedes Kompartiment mindestens einen Nerven beinhaltet, der den Fuß sensibel und/oder motorisch innerviert (9, 35):

Kompartiment	Nerv	Funktion
Anterior	Peroneus profundus	Sensorisch 1. Zehenzwischenraum Dorsalextension Fuß
Lateral	Peroneus superficialis	Sensorisch Fußrücken bis auf 1. Zehenzwischenraum Pronation Fuß
Posterior oberflächlich	Suralis	Sensorisch lateraler Fußrücken + Unterschenkel
Posterior tief	Tibialis posterior	Sensorisch Fußsohle Plantarflexion Fuß + Zehenflexion

Tab.4: Unterschenkelkompartimente mit zugehörigen Nerven und Funktion (35)

Differentialdiagnostisch müssen vom AKS in erster Linie arterielle Durchblutungsstörungen, die tiefe Beinvenenthrombose, Nerven(Druck-)läsionen und Infektionen abgegrenzt werden (16, 50, 79). Leitsymptom der pAVK ist die periphere Pulslosigkeit (50). Ebenso wie die tiefe Beinvenenthrombose lässt sie sich duplexsonographisch leicht ausschließen. Im Fall der isolierten Nervenläsion findet man aufgrund fehlender Druckerhöhung im Kompartiment eine weiche Wade, der passive Muskeldehnungsschmerz lässt sich nicht nachweisen (30, 50). Bei Infektionen wie oberflächlicher Thrombophlebitis, Phlegmone oder Osteomyelitis stehen Entzündungsparameter im Vordergrund (79). Seltene Differentialdiagnosen wie Stressfraktur, Muskelkater, Tumoren oder ein medikamentös induzierter arterieller Vasospasmus infolge Ergotismus müssen durch sorgfältige Anamneseerhebung und klinische Untersuchung ausgeschlossen werden (16). Ebenso sind passagere und reversible symptomatische Druckerhöhungen im Sinne eines drohenden AKS vom manifesten AKS abzugrenzen.

1.3.1.2. Apparative Diagnostik

Die apparative Diagnostik kann die klinischen Befunde objektivieren und ergänzen, sie sollte jedoch nicht durchgeführt werden, wenn das klinische Bild eines AKS eindeutig ist (35) und darf keinesfalls die sofortige Druckentlastung bei eindeutiger Klinik verzögern (50). Die Diagnose kann invasiv mittels intrakompartimentaler Druckmessung oder nicht invasiv durch Bestimmung der Sauerstoffsättigung im Gewebe, Sonographie, Szintigraphie oder Kernspintomographie erfolgen (7, 77).

Die intrakompartimentale Druckmessung wurde erstmals 1975 von Whiteside et al. (106) und 1976 von Mubarak et al. (61) beschrieben. Sie kann durch Einzelmessungen mittels Nadelinjektionstechnik oder als kontinuierliche Gewebedruckmessung mittels Verweildauerkatheter erfolgen (35). Hierbei wird der intrakompartimentale Druck kontinuierlich über eine gleichmäßig in das Kompartiment fließende Kochsalzlösung abgeleitet. Diese Messmethode eignet sich nach Matsen et al. am besten zum Monitoring des KS (51). Der intrakompartimentale Druck kann auf diese Weise kontinuierlich bis zu 3 Tagen am Monitor abgelesen werden. So wird die frühzeitige Indikationsstellung zur therapeutischen Intervention und die postoperative Kontrolle des Therapieerfolgs gewährleistet (52).

Drücke bis zu 20 mmHg gelten als physiologisch (66). Liegt der intrakompartimentale Druck über 40 mmHg, besteht nach Auffassung einiger Untersucher eine absolute Indikation zur Druckentlastung mittels Notfallfasziotomie (7, 61, 67).

Ergänzend kann mit Hilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) nicht invasiv die lokale Sauerstoffsättigung im Gewebe des Unterschenkels bestimmt werden (7, 9, 15). Die Infrarotstrahlung liegt zwischen 680 und 800 nm. In diesem Bereich kann das Licht besonders gut das Gewebe durchdringen und somit auch tiefere Schichten erfassen. Das Spektroskop ermittelt anhand der Infrarotabsorption, welche sich in Abhängigkeit vom Oxygenierungsgrad des Hämoglobins im Gewebe ändert, die lokale Sauerstoffsättigung in der jeweiligen Gewebsschicht

(7). Cohn et al und Arató et al fanden eine Verminderung der O₂-Sättigung von 87% auf 50-53% bei Patienten mit einem KS und einem intrakompartimentalen Druck über 40 mmHg (7, 15). Jedoch sind die maximale Messtiefe von 30-40 mm und das positionsabhängige Messergebnis limitierende Faktoren für diese Methode, da aus technischen Gründen das posteriore Kompartiment oft nicht erfasst werden kann (35, 85).

Um bei einem Patienten, der nicht in der Lage ist seine Muskeln willkürlich anzuspannen, zwischen einem primären Nervenschaden und einem KS zu unterscheiden, kann die direkte Nervenstimulation als Hilfsmittel dienen. Hier wird der dem Kompartiment zugehörige Nerv proximal seines Kompartiments über eine Oberflächen- oder Nadelelektrode stimuliert (52).

Die Bestimmung der arteriellen Sauerstoffsättigung mittels Pulsoxymetrie sollte aufgrund mangelnder Sensitivität und Spezifität nicht zur Diagnoseunterstützung herangezogen werden (46). Sonographie, Doppleruntersuchung, MRT und CT weisen strukturelle Veränderungen im betroffenen Unterschenkel nach, konnten bislang jedoch nicht in Korrelation mit den intrakompartimentalen Druckänderungen und dem daraus gegebenenfalls resultierenden akuten Handlungsbedarf gebracht werden (20, 22, 30, 84, 86).

In einer klinischen Studie aus dem Jahr 2011 wurde erstmals die Kontrastmittelsonographie als nicht invasive Methode zur Frühdiagnostik des AKS untersucht. An 16 gesunden Probanden ließen sich während Simulation eines AKS mit steigendem intrakompartimentalen Druck anhand von Veränderungen der Perfusionskinetik frühzeitige Störungen auf Mikrozirkulationsebene nachweisen (4). Vor einer abschließenden Beurteilung dieses Verfahrens sind jedoch weitere klinische Studien an größeren Patientenkollektiven erforderlich.

Laborchemische Untersuchungen sind zur Früherkennung des AKS zwar nicht geeignet, in der Verlaufsbeobachtung für die rechtzeitige Diagnose von Komplikationen jedoch unerlässlich. Eine Erhöhung der Kreatinphosphokinase (CPK) und des Serumkaliums sind Ausdruck einer Rhabdomyolyse und

metabolischen Azidose. Zusammen mit dem Nachweis einer Myoglobulinurie und Anstieg des Serumkreatinins werden sie neben klinischen Urämiezeichen für die rechtzeitige Indikationsstellung zur Einleitung einer Hämodialyse- oder Hämofiltrationsbehandlung herangezogen (18, 35).

1.3.2. Therapie

1.3.2.1. Konservative Therapie

Besteht der Verdacht auf ein AKS des Unterschenkels, sollten unverzüglich alle Maßnahmen ergriffen werden, um den intrakompartimentalen Druck zu senken und die Durchblutung zu optimieren.

Durch sofortige Entfernung einengender Kleidung und konstringierender Verbände wie z.B. elastischer Binden oder Gipsverbände kann der intrakompartimentale Druck einfach und zugleich effektiv gesenkt werden (18, 68). Der Unterschenkel sollte auf Höhe des rechten Vorhofs oder leicht darunter gelagert werden, um Zirkulation und Druck im Kompartiment zu optimieren (14, 35, 66). Eine Hochlagerung der Extremität über Vorhofniveau muss unter allen Umständen vermieden werden, um den lokalen Blutdruck nicht zusätzlich zu vermindern und konsekutiv den Kompartimentdruck zu erhöhen (14, 52).

Da jegliche externe Kompression den Druck im Kompartiment erhöht, sollte der Unterschenkel möglichst nicht auf der Unterlage aufliegen. Ein geringgradiges Anheben der Extremität von der Auflagefläche kann zudem den arteriovenösen Druckgradienten im Kompartiment erhöhen und somit die Perfusion verbessern (67, 107).

Ein Volumenmangel erhöht die Viskosität des Blutes und den laminaren Gefäßwiderstand und sollte ebenso vermieden werden wie eine arterielle Hypotension. Therapeutisch wird eine intravasale Volumensubstitution mit isotonischer Kochsalzinfusion zur Anhebung des Blutdrucks und Verbesserung

der Rheologie empfohlen. Darüber hinaus kann die Sauerstoffsättigung im Gewebe durch nasale O₂-Gabe verbessert werden (35, 67). Selbstverständlich muss auf eine adäquate analgetische Therapie geachtet werden. Die Gabe von Katecholaminen wie z.B. Noradrenalin sollte hingegen vermieden werden, da sie zwar den makrovaskulären Blutdruck anheben, jedoch die Mikrozirkulation verschlechtern (18).

1.3.2.2. Chirurgische Therapie

Die sofortige chirurgische Therapie ist bei Vorliegen eines manifesten AKS des Unterschenkels für den Erhalt von Muskulatur und Gefäß-Nervenbahnen unabdingbar (18, 66, 68). Dabei sollten grundsätzlich alle vier Logen des Unterschenkels durch eine Dermatofasziotomie entlastet werden (18, 35, 66, 78). Während beim drohenden KS noch eine halbgedeckte Fasziotomie mittels multipler kleiner Inzisionen möglich ist, sollte beim manifesten KS wegen der Gefahr einer unzureichenden Druckentlastung immer eine komplette Dermatofasziotomie durchgeführt werden. Hierbei erfolgt die Hauteröffnung, über die gleiche Länge wie die Fazieneröffnung. Um eine bessere Aussage über die Muskelvitalität treffen zu können und eine weitere Schädigung der Muskulatur durch Ischämie und Reperfusionsschaden zu vermeiden, wird grundsätzlich ohne Blutsperre operiert (67).

Die makroskopische Beurteilung der Muskelvitalität orientiert sich an den „4 K´s“ gesunder Muskulatur (18, 67):

- | | | |
|---------------------|---|--|
| 1. Kontraktibilität | - | vitales Gewebe kontrahiert bei Berührung |
| 2. Konsistenz | - | normale Konsistenz |
| 3. Kolorit | - | rotbraun |
| 4. Kapillarblutung | - | Muskel blutet bei Inzision |

Avitales Gewebe ist ein idealer Nährboden für Bakterien und muss durch ein konsequentes Wunddébridement entfernt werden, um das Risiko postoperativer

Infektionen und konsekutiver Muskelfibrosen zu minimieren (66). Kann über die Vitalität intraoperativ nicht sicher entschieden werden, wird empfohlen die suspekten Muskelabschnitte vorerst zu belassen und gegebenenfalls in einer zeitnahen „second-look“-Operation abzutragen (18, 67). Um intraoperativ zu prüfen, ob alle vier Kompartimente des Unterschenkels erfolgreich entlastet wurden, kann eine intrakompartimentale Druckmessung durchgeführt werden.

Wegen der Gefahr eines postoperativen Rebound-Kompartmentsyndroms durch postischämische Ödembildung verbietet sich der primäre Wundverschluss (67, 85). Eine temporäre Wunddeckung erfolgt mit feuchten Verbänden oder einem synthetischen Hautersatz (Epigard), um ein Austrocknen der Wundflächen zu verhindern. Alternativ kann eine Vakuumversiegelung mit kontinuierlichem Sog zur besseren Wundheilung bei stark sezernierenden Wunden verwendet werden. Zum besseren Erreichen eines sekundären Wundverschlusses bei stark dehiszenten Wundrändern wird eine dynamische Hautnaht zur Dermatotraktion angelegt. Dabei werden die klaffenden Hautränder mittels elastischer Zügel in Form einer Schnürsenkelnaht verbunden, die je nach Rückgang der Schwellung sukzessive gespannt werden. In der Regel kann 1-3 Wochen später der definitive Hautverschluss erfolgen (66, 67, 78, 85). Gelingt eine spannungsfreie Adaption der Wundränder nicht, muss der Hautdefekt mit Meshgraft gedeckt werden, um erneute Druckspitzen zu vermeiden (18, 66).

Bei der unilateralen, parafibularen Dermatofasziotomie nach Matsen (52) erfolgt die Hautinzision 2cm ventral der Fibula und 5cm distal des Fibulaköpfchens. Sie wird über die gesamte Länge der Fibula bis 5cm kranial des Malleolus lateralis ausgedehnt. Die Haut wird inklusive der unmittelbar darunterliegenden Faszie des lateralen Kompartiments gespalten. Durch Ventralverlagerung des Hautlappens kann das vordere Kompartiment erreicht und inzidiert werden. Das hintere oberflächliche Kompartiment wird vom lateralen Kompartiment aus durch weitere Präparation nach dorsal erreicht und eröffnet. In das tiefe hintere Kompartiment gelangt man, indem das laterale Kompartiment von seiner dorsalen Faszie gelöst wird und so die Mm. peronei nach ventral und der M. triceps surae nach dorsal mobilisiert werden können. Auf diese Weise kann das

tiefe Kompartiment durch die Spaltung der Faszie zwischen Fibula und dem tiefen Blatt der Fascia Cruris entlastet werden (18, 35, 52, 66, 67).

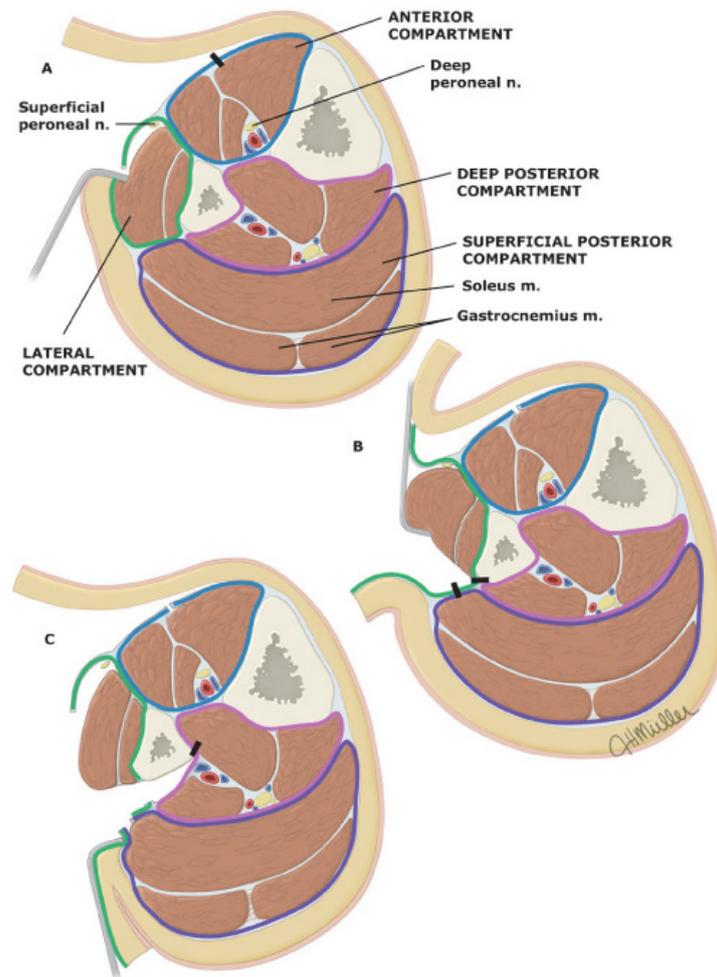


Abb.2: Unilaterale Fasziotomie (57)

Bei der bilateralen Dermatofasziotomie nach Mubarak und Owen (62) erfolgt der Zugang über eine anterolaterale und posteromediale Inzision. Das vordere und seitliche Kompartiment werden über einen lateralen Hautschnitt in analoger Schnittführung zur unilateralen Dermatofasziotomie erreicht. Die Eröffnung des seitlichen Kompartiments erfolgt jedoch etwas weiter ventral auf Höhe des Septum intermusculare, wobei besonders auf den unmittelbar dorsal des Septums verlaufenden N. peroneus superficialis zu achten ist. Die Entlastung des vorderen Kompartiments wird nun analog zur unilateralen Dermatofasziotomie durchgeführt.

Um die dorsalen Kompartimente zu erreichen erfolgt eine mediale Hautinzision 2cm dorsal der Tibiahinterkante im distalen Unterschenkel Drittel. Hierbei ist auf

V. saphena magna und den N. saphenus im subkutanen Fettgewebe zu achten. Diese sollten nach Darstellung nach ventral mobilisiert werden, um so das Septum zwischen beiden Logen, entsprechend dem tiefen Blatt der Fascia cruris, identifizieren zu können. Das oberflächliche Kompartiment wird auf Höhe des Caput mediale des M. gastrocnemius inzidiert. Im nächsten Schritt wird die Sehne des M. flexor digitorum longus im distalen Unterschenkel drittel aufgesucht, der an dieser Stelle nicht vom M. triceps surae überlagert wird, und das tiefe Kompartiment eröffnet (18, 35, 62, 66, 67, 85).

Die bilaterale Dermatofasziotomie ist vor allem bei starker Schwellung von Vorteil, da sich der Zugang zur tiefen Beugerloge bei alleiniger lateraler Inzision schwierig gestalten kann und wird von den meisten Chirurgen bevorzugt (35).

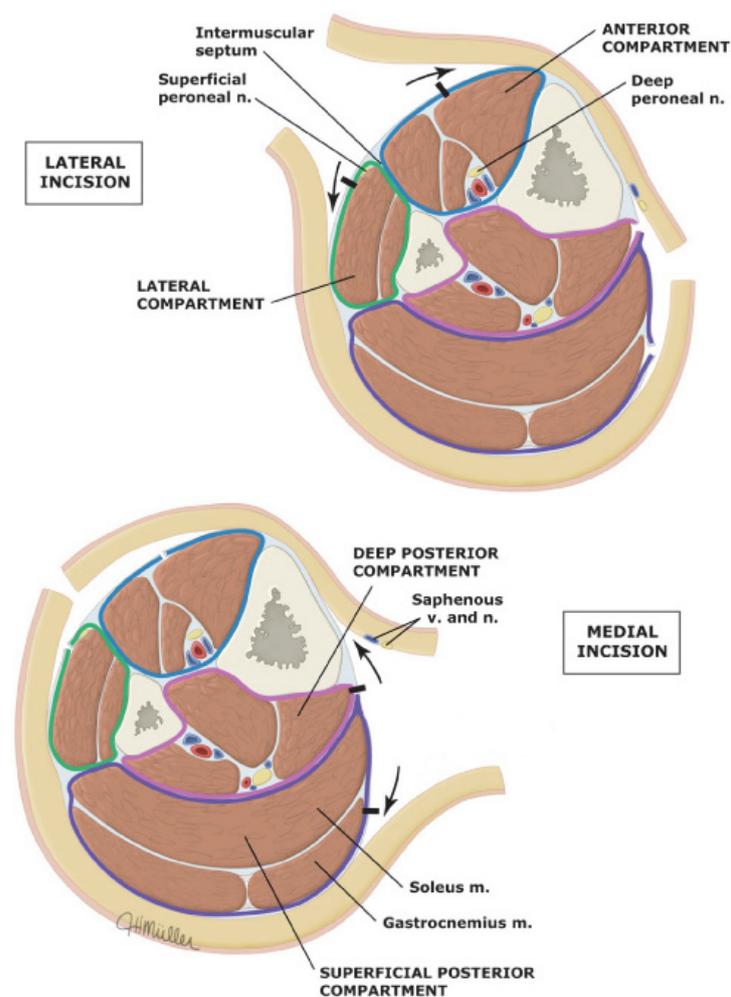


Abb.3: Bilaterale Fasziotomie (57)

1.4. Wissenschaftliche Fragestellung und Zielsetzung

Aufgrund der zunehmenden Zahl gemeldeter AKS Fälle nach lang andauernden gynäkologischen Operationen in Steinschnittlage an der AEKNO (persönliche Kommunikation) soll in einer systematischen Literaturrecherche der gegenwärtige Stand der Evidenz auf der Basis publizierter AKS Fälle aus dem Fachbereich der Gynäkologie (case reports) und „Experten“-Meinungen hinsichtlich Art des operativen Eingriffs, Risikofaktoren, Verlauf und möglicher Autorenempfehlungen zur Prävention analysiert werden. Parallel dazu soll eine Umfrage an allen gynäkologischen Abteilungen des Einzugsgebiets der Ärztekammer Nordrhein und Westfalen-Lippe Aufschluss über Häufigkeit, Begleitumstände, Diagnostik, Therapie und Outcome des postoperativen AKS nach Steinschnittlagerung geben. Darüber hinaus sollen Fälle eines postoperativ aufgetretenen AKS, die von der Gutachterkommission für ärztliche Behandlungsfehler der Ärztekammer Nordrhein bearbeitet wurden, ausgewertet werden.

Im klinischen Teil der Studie soll experimentell mittels invasiver Messung des ICP im Tibialis-Anterior-Kompartiment des Unterschenkels geklärt werden, ob die intraabdominelle Druckerhöhung während minimal-invasiver laparoskopischer Eingriffe infolge des Pneumoperitoneums im Vergleich zu konventionellen Operationen über eine Laparotomie (jeweils in Steinschnittlage) zeitabhängig zu einem höheren Kompartimentdruck führt.

Trotz der möglicherweise schwerwiegenden Folgen für die betroffene Patientin und forensischer Konsequenzen für den Operateur bestehen gegenwärtig erhebliche Unsicherheiten bezüglich Prävention und Management des postoperativen AKS. Anhand der im Rahmen der Studie gewonnenen Erkenntnisse sollen Strategien zur Vermeidung des postoperativen AKS nach langdauernden gynäkologischen Eingriffen erarbeitet werden.

2. Material und Methodik

2.1. AKS Fälle in der Literatur

Zu Beginn der Studie wurde eine systematische Literaturrecherche in Hinblick auf relevante Publikationen im Zeitraum zwischen Januar 1990 und März 2013 in der Onlinebibliothek PubMed durchgeführt (01.03.2013). Die Suchergebnisse aus den Bereichen Fallberichte/Klinische Studien und Übersichtsartikel wurden auf deutsche und englische Publikationen beschränkt. Bei der Suche wurden die Begriffe „well leg compartment syndrome“, „compartment syndrome [AND] gynecologic operations“ sowie „compartment syndrome [AND] lithotomy position“ verwendet. Fallberichte und klinische Studien wurden einer kombinierten deskriptiven Analyse unterzogen und auf Empfehlungen zur Prävention untersucht. 70 Übersichtsartikel und Querverweise wurden auf ihre Relevanz überprüft und die Ergebnisse mit den Fallberichtsanalysen abgeglichen.

2.2. Untersuchung des intraoperativen Kompartimentdrucks bei gynäkologischen Operationen

Nach positivem Votum der Ethikkommission der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf wurde der klinisch prospektive Teil der Studie an 12 Patientinnen (12 Extremitäten) im Zeitraum von Oktober 2011 bis Mai 2012 durchgeführt. Es wurden zwei Gruppen von Patientinnen unterschieden: 3 Patientinnen, die laparoskopisch und 8 Patientinnen, die über eine konventionelle Laparotomie operiert wurden. Bei einer weiteren Patientin wurde die Operation zunächst laparoskopisch begonnen, es erfolgte jedoch intraoperativ die Umstellung auf eine Laparotomie. Da in den zuerst analysierten case reports lediglich ein KS-Fall bei einer OP-Dauer <3 Stunden auftrat (Tab.5), sollte die zu erwartende Operationsdauer für die invasive Druckmessung mindestens 3 Stunden betragen.

Nach Festlegung des operativen Verfahrens wurden die ausgewählten Patientinnen über die Studie informiert und erhielten ein allgemeinverständliches Patienteninformationsblatt. In einem ausführlichen Aufklärungsgespräch über Wesen, Ziele, zu erwartende Vorteile und mögliche Risiken der Studienteilnahme wurde die schriftliche Einverständniserklärung eingeholt (Anhang 1). Die Einwilligungserklärung wurde von der Patientin und vom behandelnden Arzt unterzeichnet und am Prüfzentrum aufbewahrt. Präoperativ wurden Daten bezüglich Vorerkrankungen, Nebendiagnosen und dauerhafter Medikamenteneinnahme erhoben. Außerdem wurden Risikofaktoren wie das Vorliegen eines hohen BMI, pAVK, Diabetes mellitus oder Nikotinabusus dokumentiert.

2.2.1. Ein- und Ausschlusskriterien

Alle Patientinnen, welche sich einer laparoskopischen (auch Roboter-assistierten) oder offenen Operation in Steinschnittlage unterzogen, deren Länge präoperativ auf über 3 Stunden angesetzt war, konnten an der Studie teilnehmen. Das Mindestalter für die Studienteilnahme betrug 18 Jahre.

Alle unter 18-jährigen Patientinnen sowie Patientinnen mit einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit ab Stadium II (nach Fontaine) oder anderen vaskulären Erkrankungen, welche mit einer Minderdurchblutung der unteren Extremitäten einhergehen, wurden von der Studie ausgeschlossen. Patientinnen mit einer peripheren Neuropathie und einer effektiven perioperativen Antikoagulation waren ebenfalls von der Studie ausgenommen. Bei der zuletzt genannten Patientengruppe bestand ein erhöhtes Risiko für eine Hämatombildung an der Punktionsstelle am Unterschenkel.

Insgesamt erfüllten 12 Patientinnen die Kriterien zum Studieneinschluss und es konnte nach ausführlicher Aufklärung und Einwilligung die intraoperative Druckmessung erfolgen.

Die Patientinnen hatten das Recht, jederzeit und ohne Angabe von Gründen die Zusage zur Teilnahme an der Studie zurückzuziehen und die Studie abzubrechen oder einzelne, im Rahmen der Studie vorgesehene, Maßnahmen abzulehnen. Dies führte nicht zu einer Benachteiligung in der Betreuung durch den Arzt. Der behandelnde Arzt hatte die Möglichkeit, Patientinnen im Fall von interkurrenten Erkrankungen oder unerwünschten Ereignissen aus der Studie auszuschließen.

2.2.2. Geräte

Zur direkten und kontinuierlichen Messung des intrakompartimentalen Drucks wurde eine Sonde benutzt wie sie in der Anästhesie zur intravasalen Druckmessung verwendet wird. Das Set besteht aus einer Nadel (18G), einem Plastikschlauch, sowie einem Drucksensor, welcher an den Monitor der Anästhesie angeschlossen werden kann und kontinuierlich den Gewebedruck misst. Dieses Verfahren zur invasiven Druckmessung ist in vielen Kliniken etabliert und wird am Uniklinikum Düsseldorf zum Beispiel in der Chirurgischen Klinik angewandt. Nach Einleitung der Narkose und Freigabe durch den Anästhesisten wurde die Kanüle unter sterilen Bedingungen in das Tibialis-Anterior-Kompartiment des linken Unterschenkels eingebracht. Nach vorschriftsmäßigem Anlegen des Katheters erfolgte die Fixierung mittels Pflasterstreifen, um eine Dislokation zu verhindern. Der Katheter konnte so mittels eines Verlängerungsschlauchs an den Anästhesiemonitor angeschlossen werden. Vor der ersten Messung wurde das System genullt.

2.2.3. Intraoperative Lagerung

Bei der intraoperativen Positionierung der Patientinnen wurden 3 unterschiedliche Arten der Lagerung unterschieden:

1. Neutral-Null-Position
2. Steinschnittposition
3. Steinschnittposition mit gleichzeitiger Trendelenburg Kopftieflagerung

Die Lagerung der unteren Extremität erfolgte bei allen Operationen in Göpelhalterungen mit zusätzlicher Polsterung der Waden durch Gelmatten. Wurde die Steinschnittposition dokumentiert, so musste die Beugung sowohl im Hüftgelenk als auch im Kniegelenk zwischen 70° und 90° liegen. Die Winkel wurden mittels Winkelmesser überprüft. Bei zusätzlicher Trendelenburg Kopftieflagerung betrug die Absenkung des Kopfes mindestens 15°.

2.2.4. Protokoll

Die erste Messung sollte an der flach liegenden Patientin (Neutral-Null-Position) vor Umlagerung in die für den Operationsbeginn geeignete Position (Neutral-Null-Position, Steinschnittposition oder Steinschnittposition mit gleichzeitiger Trendelenburg Kopftieflagerung) erfolgen.

Eine Minute nach Umlagerung sollte der intrakompartimentale Druck dokumentiert werden, alle weiteren Messungen in 10-minütigen Abständen.

Bei laparoskopischen Eingriffen sollte nach Anlage des Pneumoperitoneums und Erreichen eines intraabdominalen Drucks von 15 bis 20 mmHg eine erneute Messung durchgeführt werden, danach in 10-minütigen Abständen. Am Ende der Operation wurde die Patientin nach Ablassen des Pneumoperitoneums flach gelagert und nochmals eine Messung durchgeführt. Die Nadel wurde kurz vor Erwachen aus der Narkose entfernt und die Messung zu diesem Zeitpunkt beendet.

Bei Operationen mittels konventioneller Laparotomie sollte mit Beginn der Operation (Bauchschnitt) der intrakompartimentale Druck gemessen und anschließend alle 10 Minuten dokumentiert werden. Nach Beendigung des operativen Eingriffs erfolgte an der flach liegenden Patientin eine erneute Messung. Die Nadel wurde kurz vor Erwachen aus der Narkose entfernt und die Messung zu diesem Zeitpunkt beendet.

Alle Lageänderungen der Patientin während der Operation, welche außerhalb des oben beschriebenen Schemas lagen, sollten im Anästhesieprotokoll zusammen mit dem intrakompartimentalen Druck eine Minute nach Umlagerung dokumentiert werden. Dies ermöglichte, die Daten postoperativ erneut einzusehen und zusammen mit möglichen intraoperativen Risikofaktoren wie Blutdruckabfall, Blutung, Hypothermie, metabolischer Azidose oder der Gabe von Vasokonstriktoren in einer Excel Tabelle zur deskriptiven Analyse zusammenzufassen.

2.3. Fragebögen gynäkologische Abteilungen NRW

Parallel zum klinischen Teil der Studie wurden alle 168 gynäkologischen Abteilungen des Einzugsgebietes der Ärztekammer Nordrhein und Westfalen-Lippe angeschrieben. Postalisch wurde ein standardisierter Fragebogen (Anhang 2) versandt, dessen Struktur auf einem 2005 veröffentlichten Fragebogen einer AKS Studie basierte (87). Er beinhaltete Fragen zur Art der Abteilung, dem überblickten Zeitraum sowie zur Anzahl der Operationen mit einer Dauer von über 3 Stunden pro Jahr. Die Fragebögen wurden per Fax oder Email zurückgesandt und anonymisiert. Im Fall der Meldung eines postoperativ aufgetretenen KS wurden weitere Fragen im Bezug auf Art und Dauer des Eingriffs sowie mögliche präoperative Risikofaktoren der Patientin beantwortet. Zudem wurden Informationen bezüglich des Managements eines KS, präoperativer Aufklärung über ein AKS, intraoperative Lagerungsstandards und Morbidität in der jeweiligen Abteilung erhoben. Mögliche juristische Konsequenzen wurden abgefragt. Die Daten wurden anonym erhoben.

Die Informationen aus den zurückgesandten Fragebögen wurden für die deskriptive Analyse in einer Excel Tabelle zusammengefasst. Die Inzidenz des postoperativen KS wurde aus der Anzahl der gynäkologischen Operationen pro Abteilung und dem überblickten Zeitraum berechnet.

Sowohl die Anzahl gynäkologischer Operationen pro Jahr als auch der überblickte Zeitraum in Jahren wurde in den Fragebögen nicht als absoluter Wert, sondern in folgenden Kategorien erfasst: Anzahl der gynäkologischen Operationen pro Jahr <25, 25 bis 50, 51 bis 75, 76 bis 100, >100; überblickter Zeitraum <1 Jahr, 1 bis 5 Jahre, 6 bis 10 Jahre, >10 Jahre. Infolgedessen kann auch für die Inzidenz eines AKS kein Absolutwert angegeben werden. Aus den Kategorien (Operationen pro Jahr und überblickter Zeitraum) lässt sich eine minimal und maximal mögliche Anzahl gynäkologischer Eingriffe berechnen, die in Relation zur Anzahl der AKS Fälle gesetzt werden kann. Als Obergrenze wurde in der Kategorie >100 Operationen pro Jahr ein Maximum von 150 Eingriffen, bei einer Beobachtungsdauer >10 Jahre ein maximaler Zeitraum von 20 Jahren angenommen. Den unteren Grenzwert der Inzidenz eines postoperativen AKS erhält man, indem die Anzahl aller berichteten AKS Fälle durch die maximale Gesamtzahl gynäkologischer Eingriffe geteilt wird. Der obere Grenzwert der AKS Inzidenz ergibt sich durch Division der Anzahl aller berichteten AKS Fälle durch die minimale Gesamtzahl gynäkologischer Operationen.

2.4. AKS Fälle der Gutachterkommission der Ärztekammer

Nordrhein

Retrospektiv wurden alle Fälle eines postoperativen KS, die zwischen 2002 und 2012 bei der Gutachterkommission für ärztliche Behandlungsfehler der Ärztekammer Nordrhein eingereicht wurden, anonym analysiert. Die Gutachterkommission für ärztliche Behandlungsfehler der Ärztekammer Nordrhein ist eine unabhängige Einrichtung, die aus ehrenamtlich tätigen Ärzten und Juristen besteht. Sie hat die Aufgabe, gebührenfrei zu überprüfen, ob ein Behandlungsfehler in der Diagnostik oder Therapie vorliegt. Die gutachterlichen Entscheidungen sind jedoch nicht rechtlich bindend. Dennoch sind sie häufig Grundlage für eine außergerichtliche Einigung bei Arzthaftpflichtstreitigkeiten. (1) Die Ärztekammer Nordrhein repräsentiert 53.000 Ärztinnen und Ärzte und ist für ein Einzugsgebiet von 9,6 Millionen Einwohnern zuständig. Es wurde eine

Anfrage an die Gutachterkommission der AEKNO gestellt, um anonyme Informationen über gemeldete Fälle eines postoperativen KS (gynäkologisch, allgemein, urologisch etc.) der letzten 10 Jahre (zwischen 2002 und Januar 2012) zu erhalten. Vorhandene Dokumente von Fällen nach gynäkologischen Operationen wurden anonym eingesehen und in Bezug auf Art und Dauer der Operation, intra- und postoperatives Management, individuelle Risikofaktoren und Outcome analysiert. Die gesammelten Informationen aus den Fragebögen wurden zur deskriptiven Analyse in einer Excel Tabelle zusammengefasst.

3. Ergebnisse

3.1. AKS Fälle in der Literatur

Die Suche in PubMed ergab 279 Treffer, davon wurden 16 Fallberichte im Hinblick auf ein AKS der unteren Extremität nach einer gynäkologischen Operation in Steinschnittposition einer deskriptiven Analyse unterzogen (5, 12, 14, 32, 33, 41, 58, 65, 73, 81, 91, 95, 96, 98, 103, 108). Diese 16 Arbeiten aus dem Zeitraum zwischen 1990 und 2013 berichteten über insgesamt 19 Fälle eines postoperativen AKS (Abb. 4). 70 Übersichtsartikel aus dem Bereich der Gynäkologie und Geburtshilfe wurden auf relevante Informationen geprüft.

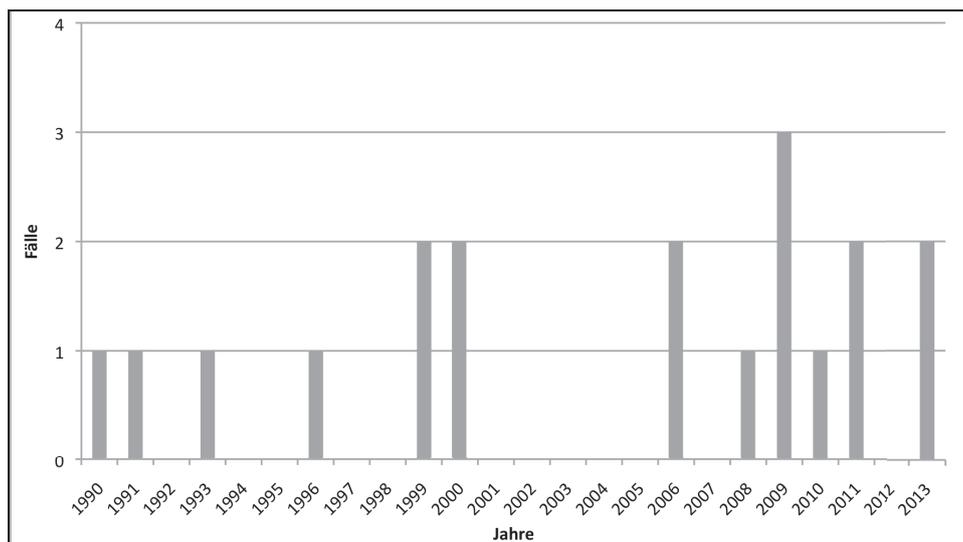


Abb.4: Übersicht der publizierten gyn. AKS Fälle in PubMed

Das durchschnittliche Lebensalter der Patientinnen der Fallberichte lag bei 33,6 Jahren (17 bis 48 Jahre). Die durchschnittliche Operationszeit betrug 355,7 Minuten (60 bis 690 Minuten) und alle Eingriffe wurden in Steinschnittposition mit kurzzeitiger Trendelenburg Kopftieflagerung durchgeführt. Der durchschnittliche, lediglich in 10 Fällen dokumentierte, BMI lag bei 29,0 kg/m² (20,5 bis 47,0 kg/m²). 8 Patientinnen (42,1%) zeigten als prädisponierend angesehene Risikofaktoren wie Adipositas (4x), Nikotinabusus (3x), Hypertonie (1x), massiven Blutverlust (1x) oder das Vorliegen eines chronisch funktionellen KS in der Anamnese (1x). 3 Patientinnen (15,8%) erhielten eine perioperative

Epiduralanästhesie als Schmerzmanagement. Bei 3 Patientinnen wurde eine intermittierende pneumatische Kompression angewendet. 7 Operationen wurden laparoskopisch und 11 Operationen über konventionelle Laparotomie durchgeführt. Ein AKS Fall entwickelte sich nach einer manuellen Plazentalösung nach vaginaler Entbindung. Bei 16 (84,2%) der 19 Fälle wurde eine notfallmäßige Fasziotomie durchgeführt (Tab. 5).

Autor	Jahr	Alter der Pat.	BMI	Operation	Op. Zugangsweg	Op Dauer (in Min.)	Seite	Fasziotomie
Adler (5)	1990	30	-	Tubenligatur	LAP	360	li.	nein
Boesgaard-Kjer (12)	2013	45	47	Myomektomie	LSK	300	bilat.	ja
Boesgaard-Kjer (12)	2013	32	41	Resek. Endometriose	LSK	300	re.	nein
Cohen (14)	2000	43	-	Vesikovaginale Fistel	LAP	341	re.	ja
Jyothi (32)	2000	31	-	Manuelle Plazentalösung nach vag.Entbindung	-	240	bilat	ja
Kemp (33)	1996	43	-	Radikale Hysterektomie	LAP	420	bilat.	ja
Lawrenz (41)	2011	30	25,4	Radikale Hysterektomie mit pelviner Lymphonodektomie	LSK	255	li.	ja
Montgomery (58)	1991	17	-	Vordere pelvine Exenteration	LAP	690	bilat	ja
Nakamura (65)	2008	34	21,7	Radikale Hysterektomie mit pelviner und paraaortaler Lymphknotendisektion	LAP	360	li.	ja
Radosa (73)	2011	32	-	Sectio	LAP	60	re.	ja
Schwartz (81)	1993	23	-	Neovagina Rekonstruktion	LAP	410	re.	ja
Szalay (91)	2009	46	29,7	Tumor Debulking (Ovarial CA)	LSK	468	li.	ja
Szalay (91)	2009	24	20,9	Resek. Endometriose	LSK	230	li.	ja
Tomassetti (95)	2009	30	-	Resek. Endometriose	LSK	480	bilat	ja
Tönnies (96)	1999	48	43	Radikale Hysterektomie	LAP	270	re.	ja
Tönnies (96)	1999	29	21	Myomektomie	LSK	420	bilat.	ja
Ulrich (98)	2010	38	-	Adnexektomie, Omentektomie, pelvine und paraaortale Lymphonodektomie	LAP	345	li.	ja
Wassenaar (103)	2006	30	21,9	Neovagina Plastik (Mayer Rokitansky)	LAP	390	-	ja
Yanazume (108)	2006	33	18,3	Radikale Hysterektomie	LAP	360	li.	nein

Tab.5: Merkmale der gynäkologischen Fallberichte aus der Literatur (1990-2013)

Die durchschnittliche Zeit bis zur Diagnosestellung betrug 10,6 Stunden, während erste Symptome durchschnittlich bereits 5,6 Stunden nach

Operationsende auftraten. In 16 Fällen (84,2%) wurde Schmerz als erstes Symptom angegeben, in 2 Fällen (10,5%) ein sensorisches Defizit und in einem Fall (5,3%) stand primär eine Schwellung im Vordergrund.

Bezüglich einer möglichen Prävention empfehlen 62,5% der Autoren von Fallberichten die Minimierung der Zeit in Steinschnittposition, 43,8% eine Umlagerung nach jeweils 2 Stunden Operationszeit und die Lagerung des Knöchels unterhalb der rechten Vorhofebene. 18,8% raten von einer Dorsalflexion der Füße ab, 25% von einer zusätzlichen Trendelenburg Position, ebenso wie von einer externen Kompression der Beine. 12,5% verweisen auf die Vermeidung intraoperativer Risikofaktoren wie Hypothermie und die Gabe von Vasokonstriktoren. Nur bei 2 Autoren (12,5%) finden sich Angaben zur präoperativen Aufklärung (Tab. 6).

Präventionsmaßnahmen	Anzahl	Prozent
Minimierung der Steinschnittposition	10	62.5
Knöchel auf/unter re. Vorhofebene lagern	7	43.8
Umlagerung nach jeweils 2 h Operationszeit	7	43.8
Vermeidung Trendelenburg Position	4	25.0
Vermeidung externer Kompression der Beine (ggf. zusätzliche Polsterung)	4	25.0
Vermeidung Dorsalflexion des Fußes	3	18.8
Vermeidung zusätzlicher Risikofaktoren (z.B. Hypotension, Gabe von Vasokonstriktoren)	2	12.5
Verwendung von Schulterstützen	2	12.5
Präoperative Aufklärung über AKS	2	12.5

Tab. 6: Autorenempfehlungen (aus Fallberichten) im Hinblick auf Präventionsmaßnahmen

3.2. Experimentelle Studie zur intraoperativen Kompartimentdruckmessung

Die intraoperative Druckmessung erfolgte bei insgesamt 12 Patientinnen. 3 Patientinnen wurden über einen laparoskopischen Zugang, 8 Patientinnen über eine konventionelle Laparotomie operiert. Bei einer weiteren Patientin wurde die Operation zunächst laparoskopisch begonnen, intraoperativ erfolgte die Umstellung auf eine Laparotomie.

Das durchschnittliche Lebensalter der Patientinnen lag bei 63,7 Jahren (42 bis 83 Jahre), der durchschnittliche BMI bei 27,0 kg/m² (19,7 bis 40,6 kg/m²). Die Operationszeit betrug im Mittel 387,9 Minuten (210 bis 505 Minuten). Bei 6 Patientinnen bestanden zusätzliche kardiovaskuläre Risikofaktoren wie arterielle Hypertonie (5x), Adipositas (3x), pAVK (2x), Diabetes mellitus (2x) und Nikotinabusus (2x), 3 Patientinnen wiesen mehr als einen Risikofaktor auf (Tab.7). Bei 6 Patientinnen wurde eine intraoperative Umlagerung dokumentiert. Eine Patientin erlitt intraoperativ einen massiven Blutverlust (1x). Postoperativ entwickelte sich bei einer Patientin eine bilaterale Lungenembolie (1x), bei einer weiteren Patientin ein akutes Nierenversagen (1x).

Alter der Pat.	BMI	Art der Operation	Op Dauer (in Min.)	Op. Zugangsweg	Risikofaktoren
78	27,9	Lymphonodektomie (Endometrium CA)	250	LSK	pAVK, D.M., art.HTN
70	19,7	Vag. Hysterektomie (Endometrium CA)	210	LSK	-
48	25,3	Prophyl.Adnexektomie bds. und Mastektomie bds. (Mamma CA)	405	LSK	-
77	26	Lymphonodektomie (Vulva CA)	410	LSK/LAP	art. HTN
48	25,2	Vordere Exenteration mit subtotaler Kolpektomie und Zystektomie, Lymphonodektomie, Salpingektomie bds. (Vaginal CA)	505	LAP	Nikotinabusus
83	24,8	Explorativlap. mit Adnexektomie bds., Deperitonealisierung (Ovarial CA)	330	LAP	pAVK, D.M., art.HTN
63	20,7	Explorativlap. mit Adnexektomie bds., Omentektomie, Lymphonodektomie, Rektumexstirpation (Ovarial CA)	500	LAP	-
51	40,6	Hysterektomie, bilat.Salpingo-ovarektomie, Lymphonodektomie, Omentektomie (Ovarial- und Mamma CA)	410	LAP	Nikotinabusus, art. HTN, Adipositas
73	19,9	Explorativlap. Omentektomie, Salpingoovarektomie bds., Lymphonodektomie (Borderline Tumor Ovarien bds.)	500	LAP	-
68	34,9	Explorativlap. Omentektomie, Salpingoovarektomie bds., Hysterektomie (Ovarial CA)	455	LAP	Adipositas
42	38,2	Radikale Wertheim-Meigs-OP (Cervix CA)	280	LAP	Adipositas
63	21	Explorativlap., Adnexektomie bds., Ileocoecal-Resektion mit Rekonstruktion (Brenner Tumor des re. Ovars)	390	LAP	art. HTN.

Tab.7: Übersicht Patientinnen klinische Studie

Die Analyse der Messdaten wurde aus folgenden Gründen erschwert: die Messungen erfolgten nicht einheitlich nach dem vorgegebenen Protokoll. Lageänderungen wurden nicht detailliert dokumentiert. Die ICP Werte wiesen massive Schwankungen auf. Eine statistische Auswertung war auch bedingt durch die geringe Patientenzahl nicht möglich. Aus der Analyse lässt sich daher in Analogie zu den publizierten Daten in unserer Untersuchung kein signifikanter Druckerhöhung über die Operationszeit nachweisen (Abb.5 u. Abb.6). Auch der

Vergleich zwischen laparoskopischem und offenem Vorgehen ergab auf der interindividuellen Varianz kein signifikantes Ergebnis.

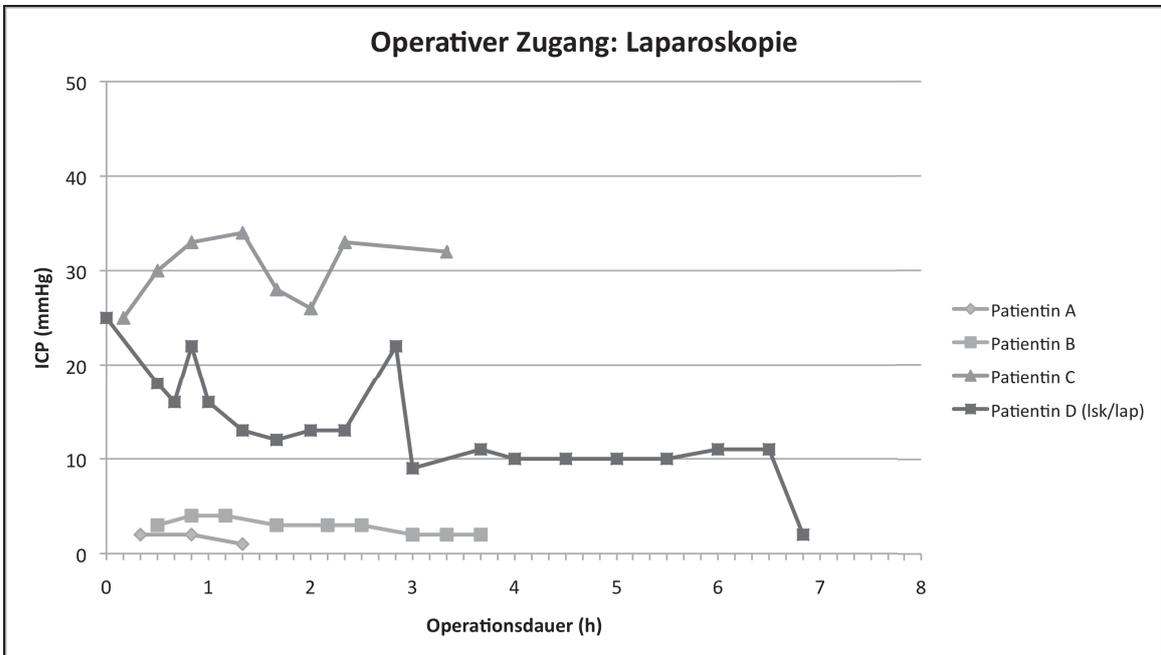


Abb.5: ICP Verlauf Patientinnen Laparoskopie

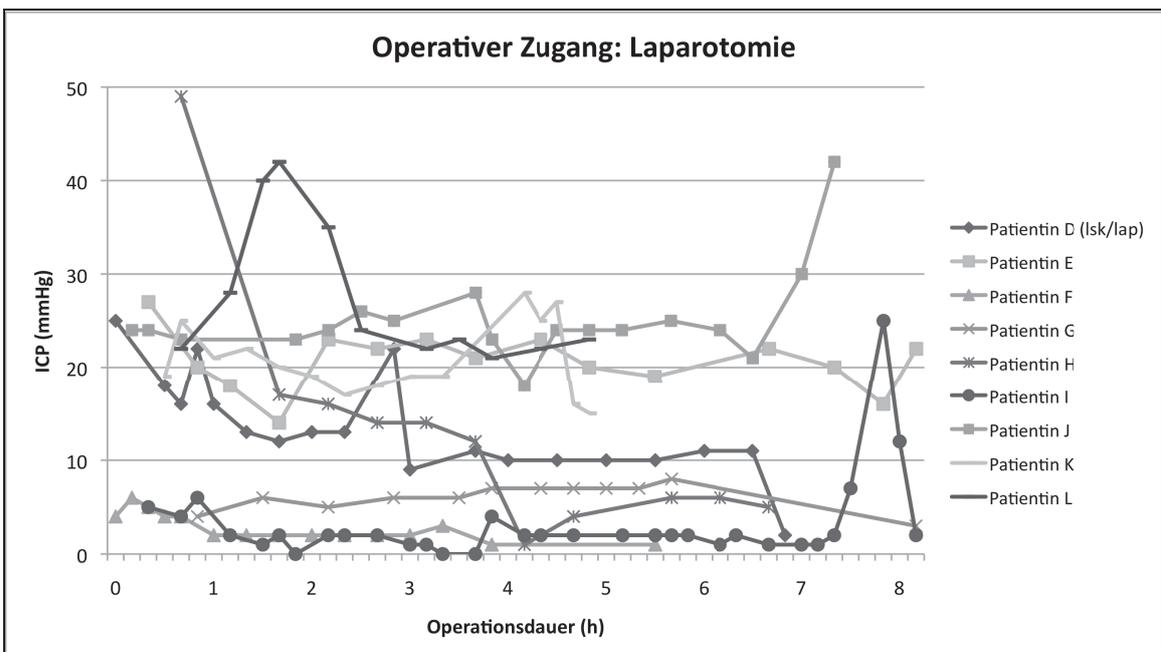


Abb.6: ICP Verlauf Patientinnen Laparotomie

3.3. Fragebögen gynäkologische Abteilungen NRW

Der Fragebogen wurde von 59 Abteilungen (35%) für die Blindanalyse zurückgesandt (für individuelle Abteilungsmerkmale siehe Tab. 8). Insgesamt haben 22 Abteilungen (37,3%) präventive Maßnahmen in ihr perioperatives Management eingeführt. Während 73,4% der Abteilungen mit vorangegangenem postoperativen AKS routinemäßig Präventionsmaßnahmen ergreifen, führen nur 25% der Abteilungen ohne AKS Erfahrung entsprechende Maßnahmen durch. Diese reichen von unterschiedlichen Lagerungsvorrichtungen über regelmäßige Lagerungskontrollen und intermittierende pneumatische Kompression bis hin zur intraoperativen Umlagerung der Patientin. 15 Abteilungen (25%) klären präoperativ routinemäßig bei einer zu erwartenden Operationsdauer >3 Stunden über das Risiko der Entstehung eines postoperativen KS auf, wobei dies Abteilungen, die bereits ein AKS in der Vergangenheit erfahren hatten, eher taten (53,3%) als Abteilungen ohne erlebten AKS Fall (15,9%).

Merkmal	Anzahl	Prozent %
Institution		
Ambulatorium	1	1,7
Kommunales KKH	22	37,3
Lehr KKH	31	52,5
Uniklinik	5	8,5
Überblickter Zeitraum		
<1 Jahr	3	5,1
1-5 Jahre	18	30,5
5-10 Jahre	19	32,2
>10 Jahre	16	27,1
Keine Antwort	3	5,1
Anzahl OPs in SSP >3 Std. pro Jahr		
<25	13	22,0
25-50	19	32,2
51-75	9	15,3
76-100	6	10,2
>100	4	6,8
Keine Antwort	8	13,5
Präoperative Aufklärung über AKS		
Ja	15	25,4
Nein	36	61,0
Keine Antwort	8	13,6
Präventive Maßnahmen		
Ja	22	37,3
Nein	9	15,3
Keine Antwort	28	47,4

Tab.8: Merkmale der gynäkologischen Abteilungen

Es wurde eine Gesamtzahl von 21 KS-Fällen aus 15 Abteilungen gemeldet (Tab. 9), was einer Inzidenz von 0,067% bis 0,28% entspricht. 4 Abteilungen berichteten über mehr als einen Fall, davon 2x zwei Fälle und 2x drei Fälle. 12 Fälle (57,1%) eines AKS traten nach einem laparoskopischen, 9 Fälle (42,9%) nach einem offenen Eingriff über konventionelle Laparotomie auf. Bei allen Patientinnen wurde der Eingriff in Steinschnittposition durchgeführt, 11-mal wurden die Patientinnen intraoperativ zeitweise in Trendelenburg Position gelagert. Die Operationsdauer betrug in allen Fällen mehr als 2 Stunden und in 16 Fällen (76,2%) mehr als 4 Stunden. 5 KS-Fälle entstanden nach einem laparoskopischen Eingriff mit einer Operationszeit von 2-4 Stunden, wohingegen keine Fälle bei Eingriffen durch konventionelle Laparotomie mit einer Operationszeit unter 4 Stunden berichtet wurden (Abb. 7).

Vorbestehende Risikofaktoren wie Diabetes mellitus, pAVK, Nikotinabusus oder ein BMI >25kg/m² lagen bei 9 Patientinnen (43%) vor. Der Operateur hatte in 4 Fällen (19%) das Gefühl einer verzögerten Diagnosestellung durch Fehl- oder Missinterpretation von Frühsymptomen. Eine Fasziotomie wurde in 16 Fällen (76,2%) durchgeführt. 4 Fälle (19%) hatten juristische Folgen. 6 Patientinnen (28,6%) leiden unter bleibenden Schäden.

Merkmal	Anzahl	Prozent %
Operativer Zugangsweg		
LSK	12	57,1
LAP	9	42,9
Präoperative Risikofaktoren		
Ja	9	42,9
Nein	9	42,9
Keine Antwort	3	14,2
Fasziotomie		
Ja	16	76,2
Nein	2	9,5
Keine Antwort	3	14,3
Permanentes neurologisches Defizit		
Ja	5	23,8
Nein	12	57,1
Keine Antwort	4	19,1
Intraoperative Lagerung		
SSP	10	48
SSP + Trendelenburg	11	52

Tab.9: Merkmale der Eingriffe nach denen ein AKS auftrat

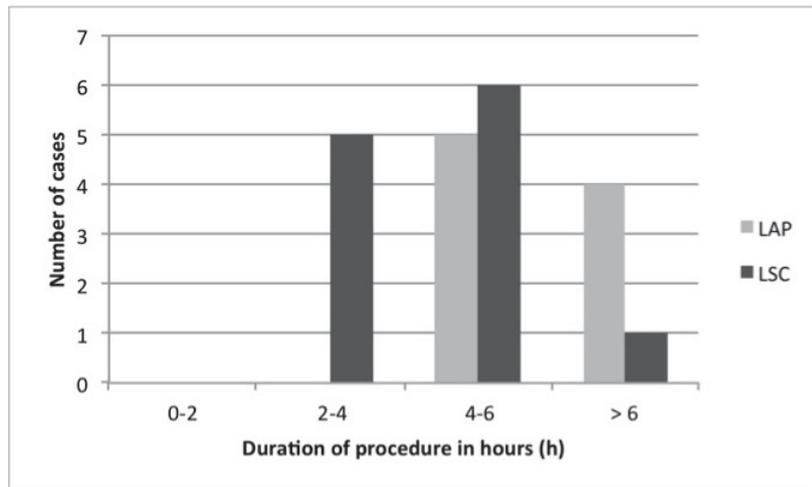


Abb.7: Auftreten von AKS in Bezug auf die Operationsdauer

3.4. Auswertung der AKS Fälle der Gutachterkommission der Ärztekammer Nordrhein

Zwischen 2002 und 2012 wurden 47 Fälle eines AKS bei der Gutachterkommission gemeldet und in Bezug auf mögliche Behandlungsfehler untersucht. 9 Fälle entstanden nach gynäkologischen Eingriffen (Tab. 10). Alle Eingriffe wurden in Steinschnittposition durchgeführt. Die durchschnittliche Operationszeit betrug 354,1 Minuten. 4 Patientinnen wurden über einen laparoskopischen Zugang, 4 Patientinnen über eine konventionelle Laparotomie operiert. Bei einer weiteren Patientin wurde die Operation laparoskopisch begonnen, intraoperativ erfolgte die Umstellung auf eine Laparotomie. In 6 Fällen (66,7%) war Schmerz das erste Symptom, in 3 Fällen (33%) Parästhesie und Hypästhesie. Eine Notfallfasziotomie wurde in 7 Fällen (77,8%) durchgeführt.

Die Kommission entschied, dass in 5 der 9 Fälle (55,6%) eine Fehlbehandlung vorlag. Entweder waren Diagnose oder Therapiebeginn verzögert (60%) oder präventive Maßnahmen wurden unterlassen (40%), wie beispielsweise die intraoperative Umlagerung bei einer Operationsdauer über 3 Stunden. Interessanterweise entschied die Gutachterkommission in einem Fall, dass es die Pflicht des Operators sei, präventive Maßnahmen einzuleiten wenn die Operationszeit 3 Stunden überschreitet, auch wenn dies unerwartet geschieht.

Jahr	Alter der Pat.	Art der Operation	Op Dauer (in Min.)	Op. Zugangsweg	Seite	Fasziotomie	Fehlbehandlung	Kommentar der Gutachterkommission der Ärztekammer Nordrhein
2003	43	Hysterektomie bei Uterus myomatosus	180	LSK	re.	Ja	Ja	Keine präventiven Maßnahmen getroffen (Umlagerung nach 3 – 4h)
2006	46	Ovarial CA Debulking	600	LSK LAP	bilat.	Ja	Ja	Keine präventiven Maßnahmen getroffen (Umlagerung nach 3-4 h), verzögerte Diagnosestellung
2008	28	Myomektomie	360	LSK	bilat.	Ja	Ja	Verzögerte Diagnosestellung
2009	20	Pelvine Lymphonodektomie bei Vulva CA	270	LSK.	re.	Ja	Nein	-
2009	47	Ovarial CA Debulking	420	LAP	bilat.	Nein	Ja	Verzögerte Diagnosestellung
2009	57	Radikale Hysterektomie bei Endometrium CA	390	LAP	bilat.	Nein	Nein	-
2009	68	Totale Hysterektomie und bilat.Salpingoophorektomie bei Endometrium CA	360	LAP	bilat.	Ja	Nein	-
2010	63	Hysterektomie bei Endometrium CA	253	LAP	li.	Ja	Ja	Verzögerte Diagnosestellung
2010	44	Laparoskopisch assistierte vaginale Hysterektomie bei Uterus myomatosus	-	LSK	bilat.	Ja	Nein	-

Tab.10: Zusammenfassung der Fälle der AEKNO

4. Diskussion

Das postoperative AKS nach langdauernden gynäkologischen Operationen in Steinschnittlage stellt eine seltene aber gravierende Komplikation mit weitreichenden Folgen für Patientin und Operateur dar. Ziel dieser Arbeit ist die erste systematische Aufarbeitung von Inzidenz und Evidenz in Verbindung mit einer experimentellen intraoperativen Kompartimentdruckmessung an gynäkologischen Patientinnen.

4.1. Inzidenz und Management des Kompartmentsyndroms in gynäkologischen Abteilungen

Aus der vorliegenden Umfrage konnte eine Inzidenz von 0,067% bis 0,28% für die Entwicklung eines postoperativen KS nach gynäkologischen Operationen mit einer Dauer >3 Stunden berechnet werden. Das heißt ca. 1-3 Frauen pro 1000 gynäkologische Eingriffe in Steinschnittlage >3 Stunden erleiden ein AKS. Hierzu finden sich in der Literatur nur wenige Angaben. Halliwill et al. geben eine Inzidenz von 0,028% bei 3500 untersuchten gynäkologischen Operationen an. Diese Zahl umfasst alle gynäkologischen Operationen in Steinschnittposition an der Mayo Klinik Rochester in einem Zeitraum von etwa 40 Jahren unabhängig von deren Dauer (24). Man kann die aus der Umfrage kalkulierte Inzidenz höher erwarten, da sie lediglich Operationen mit einer Dauer >3 Stunden einschließt. Außerdem könnte der Wert zusätzlich in Richtung einer höheren Inzidenz verfälscht sein, da Abteilungen, die tatsächlich ein postoperatives AKS erlebt haben, eventuell eher auf den Fragebogen reagierten. Tomassetti et al. veröffentlichten eine noch höhere Inzidenz von 0,8% basierend auf Daten aus deren Abteilung am Universitätsklinikum Leuven (95). Es handelte sich dabei um 3 von 371 langdauernden laparoskopischen Laser-Operationen bei schwerer Endometriose in Steinschnittposition. Die genaue Inzidenz des postoperativen AKS bleibt letztendlich spekulativ und wird wahrscheinlich unterschätzt (80).

4.2. Risikofaktoren unter Berücksichtigung pathophysiologischer Aspekte des intrakompartimentalen Drucks

Der Stellenwert einzelner Risikofaktoren für die Entstehung eines postoperativen KS (Tab.2) wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Während patientenspezifische Risikomerkmale von eher untergeordneter Bedeutung zu sein scheinen, liegt das Hauptaugenmerk auf operationstechnischen Faktoren und intraoperativen Lagerungstechniken.

Insbesondere die Zeit der Patientin in Steinschnittposition wird als entscheidender Faktor für die Entstehung eines postoperativen AKS angesehen. Invasive Druckmessungen zeigen, dass in dieser Position der Druck im Unterschenkelkompartiment kontinuierlich über die Zeit ansteigt (13). Die Messungen von Chase et al. überschritten nach durchschnittlich 5 Stunden den kritischen Wert von 30 mmHg ICP (13). Die durchschnittliche Zeit in Steinschnittposition betrug in den Fällen der AEKNO 354 Minuten. Weder bei der Umfrage noch bei der AEKNO wurde ein AKS Fall bei einer Operationsdauer <2 Stunden berichtet (siehe Abb. 5). Interessanterweise ereigneten sich alle 5 AKS Fälle nach einer Operationsdauer von 2-4 Stunden bei laparoskopischen Eingriffen, während ein AKS bei konventioneller Laparotomie erst nach einer Operationsdauer >4 Stunden auftrat. Es ist denkbar, dass die Anlage des Pneumoperitoneums durch die intraabdominelle Druckerhöhung zur Entstehung eines AKS beiträgt. Diese Frage war Grundlage für die experimentelle Studie.

Die Rekrutierung der Studienteilnehmerinnen gestaltete sich schwierig, da viele Patientinnen eine Teilnahme nach Abwägung von Nutzen und Risiko ablehnten. Die verbliebene Teilnehmerzahl war zu gering, um statistisch signifikante Druckänderungen nachzuweisen. Möglicherweise wurden die Messungen auch durch Verwendung einer Vigo (18G) anstelle eines Slit Katheters verfälscht. Die starken Druckschwankungen lassen sich durch nicht kontrollierbare Lageänderungen der Vigo unter der sterilen Abdeckung erklären, ebenso durch ein intermittierendes Abstützen des Operateurs auf der unteren Extremität. Dies erklärt, warum in der Literatur die Messungen überwiegend an gesunden

Probanden durchgeführt wurden (21, 24, 53, 70, 71). Insbesondere die Frage, ob ein Pneumoperitoneum und damit eine intraabdominale Druckerhöhung Einfluss auf den intrakompartimentalen Druck hat und sich damit möglicherweise risikorehöhend auf das AKS auswirken könnte, konnte, anders als beabsichtigt, durch unsere invasiven Druckmessungen nicht beantwortet werden.

Alle KS-Fälle der Umfrage ereigneten sich nach Operationen in Steinschnittposition. Auch wenn es keine genaue Beschreibung gab, kann angenommen werden, dass die meisten Operationen in der für gynäkologische Eingriffe typischen niedrigen oder klassischen Steinschnittposition durchgeführt wurden. Dennoch sollte beachtet werden, dass es verschiedene Arten dieser Lagerung gibt, die sich durch das Ausmaß der Beinelevation und Flexionsgrad im Hüftgelenk unterscheiden: niedrige (low), klassische (standard), hohe (high) und übertriebene (exaggerated) Steinschnittposition.

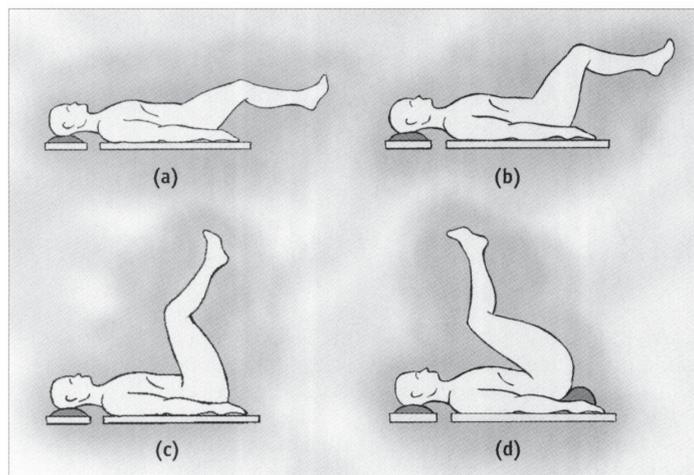


Abb.8: Steinschnittpositionen: (a) niedrig, (b) klassisch, (c) hoch, (d) übertrieben (76)

Das Kinking der Femoral- und Poplitealgefäße durch Flexion in Knie- und Hüftgelenk führt zu einer Erhöhung des venösen Drucks mit konsekutiver Verminderung des intrakapillaren Druckgradienten (44, 94). Eine experimentelle Studie zeigt darüber hinaus ein Absinken des lokalen arteriellen Knöcheldrucks von 0,78 mmHg pro Zentimeter Beinelevation. In hoher bzw. übertriebener Steinschnittposition war der systolische Druck der unteren Extremität auf Level reduziert, die üblicherweise mit einem KS assoziiert sind (52-71 mmHg) (24, 70, 71). Eine zusätzliche Trendelenburg Kopftieflagerung steigert durch einen weiteren Abfall des Perfusionsdrucks das Risiko der AKS Entstehung. Bei

Aufhebung der Trendelenburg- oder Steinschnittposition kommt es zur unmittelbaren Normalisierung des Perfusionsdrucks (70). Diese Ergebnisse zeigen, dass die alleinige Elevation einer Extremität deren Toleranz gegenüber einem erhöhten Gewebedruck senkt. Selbst ein moderater Anstieg des ICP kann so zu einem Perfusionsdruck <30 mmHg führen, sodass die adäquate Durchblutung der Extremität gefährdet ist und eine Ischämie entstehen kann (56). Gleichzeitig sinkt die Toleranz gegenüber intraoperativen Blutdruckabfällen.

Jegliche externe Kompression, sei es durch Abstützen des Operateurs oder spezielle Beinhalterungen, stellt aufgrund der Erhöhung des intrakompartimentalen Drucks ein Risiko für die Entstehung eines AKS dar. Es gibt 3 verschiedene Typen von Beinhaltern, die üblicherweise im Klinikalltag Anwendung finden:

1. Allen Yellowfin Stirrups (eine gepolsterte Unterschenkelstütze in schuhartiger Vorrichtung)
2. Göpel Beinhalter (unterstützen den distalen Oberschenkel, Knie und proximalen Unterschenkel)
3. Stoff Knöchelschlinge



Abbildung 9: Unterschiedliche Beinauflagen. Allen Yellowfin Stirrups (3), Göpel Beinhalter (2), Knöchelschlinge (71) (v.l.n.r.)

Experimentelle Studien zeigten, dass der ICP des Unterschenkels infolge seines Eigengewichts direkt nach Platzierung in eine beliebige Art von Unterschenkel-Beinhaltern (Allen Yellowfin Stirrups oder Göpel) ansteigt. Dies würde auch erklären, warum das „well-leg“-KS bei Übergewichtigen oder Patienten mit großer Muskelmasse häufiger beobachtet wird. Interessanterweise konnte ein Abfall des intrakompartimentalen Drucks bei Verwendung einer Fußaufhängung mittels Knöchelschlinge festgestellt werden (71, 92). Diese Form der Beinhochlagerung sollte im klinischen Alltag vermehrt in Betracht gezogen werden (44). Operationstechnische Faktoren mit negativer Auswirkung auf Gewebedruck

und/oder Hämodynamik wie z.B. Verabreichung von Vasokonstriktoren, intraoperative Hypothermie oder metabolische Azidose sollten vermieden werden.

In 9 Fällen (43%) der Umfrage zeigten die Patientinnen zusätzlich kardiovaskuläre Risikofaktoren wie Adipositas (7 Patientinnen), Diabetes Mellitus (2 Patientinnen) oder Nikotinabusus (3 Patientinnen). Der tatsächliche Stellenwert dieser Risikofaktoren für die Entstehung eines AKS ist bislang nicht wissenschaftlich belegt. Insbesondere die Bedeutung der Adipositas bleibt ungewiss, da einige Autoren keine Korrelation fanden und AKS Fälle veröffentlicht wurden, bei denen die Patientinnen einen sehr geringen BMI ($<14 \text{ kg/m}^2$) aufwiesen (36, 44, 56). Möglicherweise wirkt sich eine Malnutrition im Rahmen chronisch entzündlicher oder maligner Prozesse negativ auf den Gefäßstatus aus.

Nahezu alle Autoren betonen, dass die unverzügliche Diagnosestellung ausschlaggebend ist, um funktionelle und strukturelle Defizite zu verhindern. Von den 21 berichteten Fällen der Umfrage vermuteten 4 Operateure, dass eine Verzögerung der Diagnosestellung vorlag. In einem Fall war dies möglicherweise durch die Epiduralanästhesie bedingt. Während einige Autoren der Epiduralanästhesie eine wichtige Rolle bei der Maskierung von Erstsymptomen zuschreiben (37, 89), fand sich in anderen Übersichtsarbeiten keine Korrelation zwischen verspäteter Diagnose und Epiduralanästhesie. In einigen Fällen war die Diagnosestellung auch ohne Epiduralanästhesie um bis zu 24 Stunden verzögert (8, 31, 45, 58, 97).

In 3 Fällen der Umfrage (14%) wurde die Diagnose vermutlich durch Fehlinterpretation der Frühsymptome nicht rechtzeitig gestellt. Dies war auch in 3 Fällen (33%) der Schlichtungsstelle AEKNO der Grund einer möglichen Fehlbehandlung. Fast alle Patientinnen gaben unverhältnismäßig starke Schmerzen als erstes Symptom an. Die erste Reaktion bestand in einer Erhöhung der Analgetikadosis, da vermutet wurde, dass der Schmerz von einer unzureichenden Analgesie herrührte.

22 Abteilungen (37,2%) der Umfrage haben präventive Maßnahmen für Risikopatienten (Operationszeit >3 Stunden) entwickelt. Alle Abteilungen gaben an, auf besondere Vorsicht bei der perioperativen Lagerung zu achten. Weitere Vorsorgemaßnahmen waren zusätzliche Polsterungen (30%), die Benutzung von schuhartigen Vorrichtungen und intermittierende pneumatische Kompression der Wadenmuskulatur (13%) oder die Vermeidung der Steinschnittposition. In einer Abteilung erfolgt die regelmäßige Umlagerung der Beine nach jeweils 2 Stunden Operationszeit. Der Nutzen einer intermittierenden pneumatischen Kompression wird kontrovers diskutiert und obwohl einige Autoren diese Methode als präventiv einstufen, gibt es mehrere Fälle eines AKS trotz ihrer Anwendung (39). Eine dauerhafte Kompression mittels elastischer Strümpfe zeigte keine günstige Auswirkung bezüglich eines AKS, wenngleich ihr Nutzen zur Thromboseprophylaxe unumstritten ist (71).

Meist wurden die genannten Präventionsmaßnahmen nach Auftreten eines AKS Falles eingeführt. Tomassetti et al. berichten über einen Rückgang der Inzidenz von 0,8% auf 0% nach der Einführung von prophylaktischen Maßnahmen am Leuven University Fertility Center. Diese Präventionsmaßnahmen beinhalteten die minimale Anwendung der klassischen Steinschnittposition, eine modifizierte Rückenlagerung wann immer intraoperativ kein vaginaler oder perinealer Zugang benötigt wird, die Mobilisation der Beine während der Operation, eine intermittierende pneumatische Wadenkompression, die Applikation gewärmter Luft sowie die Anwendung eines formbaren Bohnensäckchens (sog. „bean bag“) als Schulterstütze (95). Es ist schwer nachvollziehbar, ob all diese Präventionsmaßnahmen in Kombination ihre Wirkung zeigen oder ob ein einzelner Faktor für den berichteten Abfall der Inzidenz ausreichend wäre.

4.3. Rechtsfragen

Die zunehmende forensische Bedeutung des postoperativen AKS wird durch eine steigende Anzahl der Fälle an der Schlichtungsstelle der AEKNO belegt (Abb. 10).

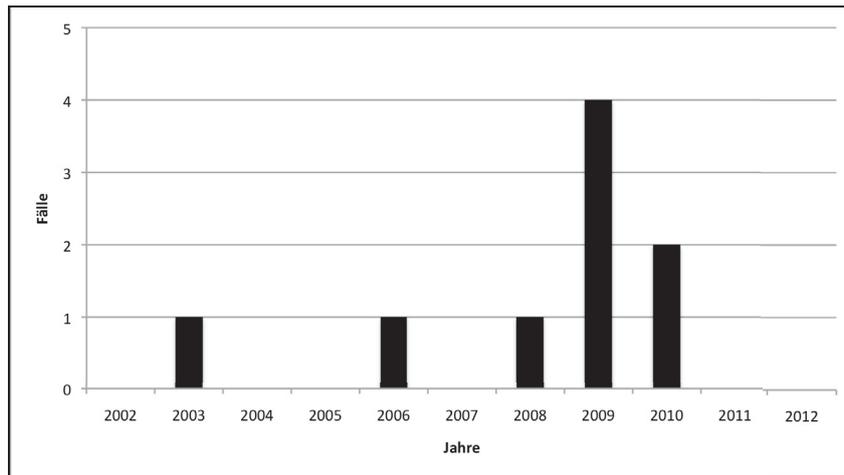


Abb.10: Gynäkologische AKS Fälle der Schlichtungsstelle AEKNO

Von den 9 bei der Schlichtungsstelle von 2002 bis 2012 eingereichten Fällen wurde in 55% die Möglichkeit einer Fehlbehandlung erwogen. In 3 Fällen (60%) geschah dies auf Grund einer verzögerten Diagnosestellung und in 2 Fällen (40%) wegen mangelnder Durchführung präventiver Maßnahmen.

Diese Anzahl entspricht exakt den Ergebnissen einer kanadischen Umfrage von Shadgan et al., wonach 55% der 64 abgeschlossenen Zivilprozesse im Bezug auf ein postoperatives AKS zwischen 1998 und 2008 in einem Vergleich oder der richterlichen Entscheidung für den Kläger resultierten. In den meisten Fällen wurde ein Versagen oder eine Verzögerung der Durchführung von diagnostischen Tests durch das medizinische Personal festgestellt. (85)

Eine amerikanische Studie von Bhattacharyya et al., in der 19 abgeschlossene Zivilprozesse im Zeitraum von 1980 bis 2003 analysiert wurden, kam zu dem Ergebnis, dass die frühe Diagnosestellung und Durchführung einer Fasziotomie innerhalb von 8 Stunden nach Auftreten der ersten Symptome die Schadensersatzansprüche deutlich minimierte (10).

Das KS ist eine seltene, aber schwerwiegende Komplikation und infolgedessen mit sehr hohen Schadensersatzforderungen verbunden. Diese beliefen sich in der Analyse von Bhattacharyya et al. auf 3,8 Mio. US Dollar in insgesamt 19 Fällen (10). Daher ist es auch aus juristischen Gesichtspunkten wichtig, Patientinnen über diese gravierende Komplikation aufzuklären.

Wenn Patientinnen ihre präoperative Einwilligung geben, müssen Sie über den Eingriff, mögliche Behandlungsalternativen und typische Komplikationen des individuellen Eingriffs aufgeklärt werden. Die vorgelegten Daten belegen, dass es sich beim KS um eine typische Komplikation gynäkologischer Operationen in Steinschnittlage mit einer zu erwartenden Operationsdauer >3 Stunden handelt. Die Traumatisierung neuromuskulärer Strukturen kann zu sensomotorischen Funktionseinschränkungen führen. Selbst bei rechtzeitiger Durchführung einer Fasziotomie und Erhaltung der sensomotorischen Funktion trägt die Patientin in jedem Fall ausgedehnte Narben davon. Im Fall einer irreversiblen Gewebsschädigung kann die Amputation der betroffenen Extremität erforderlich werden. Dies wiegt umso schwerer, da es sich in der Regel um eine gesunde Extremität handelt. Im Extremfall kann ein AKS im Rahmen eines myonephropathisch-metabolischen Syndroms (Crush-Syndrom) bis zum Tod des Patienten im MOV führen. Daher muss unabhängig von der niedrigen Auftretenswahrscheinlichkeit über diese folgenschwere Komplikation aufgeklärt werden.

In den standardisierten Aufklärungsbögen findet sich bisher kein Hinweis auf ein mögliches postoperatives AKS nach gynäkologischen Operationen. Nur ein Viertel (25,4%) aller Abteilungen aus der Umfrage klären routinemäßig über diese Komplikation auf. 4 Fälle (19%) der insgesamt 21 berichteten AKS Fälle hatten juristische Folgen. Auch aus forensischen Gründen muss daher das Bewusstsein der Operateure für diese seltene aber gravierende Komplikation geschärft werden.

4.4. Schlussfolgerung und ableitbare Strategien zur Prävention des postoperativen Kompartmentsyndroms

Die Analyse der vorgelegten Daten aus Literaturrecherche, Umfrage und Auswertung der AKS Fälle der AEKNO belegt die Assoziation des KS mit gynäkologischen Operationen in Steinschnittlage. Es kann festgestellt werden, dass das postoperative KS eine seltene, aber spezifische Komplikation von

Operationen mit einer Dauer >3 Stunden ist. Die Daten deuten darauf hin, dass die Inzidenz im Allgemeinen unterschätzt wird und über die letzten Jahre ansteigend ist. Gleichzeitig mehren sich Fehlbehandlungsklagen (Abb. 11).

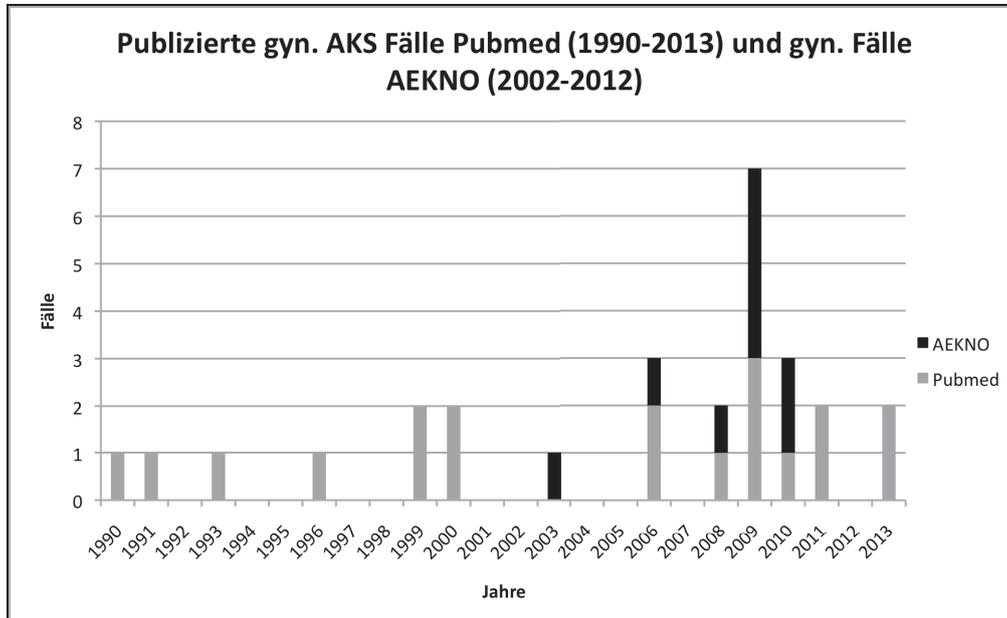


Abb.11: Zusammenfassung der gyn. AKS Fälle in PubMed und der Schlichtungsstelle AEKNO

Dennoch wird das AKS nicht in der Standardliteratur erwähnt. Eine präoperative Aufklärung erfolgt derzeit in nur 25% der befragten Kliniken, präventive Maßnahmen ergreifen nur 39%, obwohl gravierende Langzeitschäden für die Patientin und rechtliche Konsequenzen für den Operateur zu befürchten sind.

Aufgrund der Literaturrecherche und der Ergebnisse der eigenen Auswertungen können folgende Empfehlungen zur Prävention gegeben werden:

1. Patientinnen mit einer angesetzten Operationsdauer >3 Stunden in (modifizierter) Steinschnittlage gehören zur Risikogruppe und sollten daher postoperativ engmaschig auf AKS Symptome überwacht werden (standardisierte Checklisten).
2. Die (modifizierte) Steinschnittposition sollte vermieden werden, wann immer intraoperativ kein perinealer oder vaginaler Zugang erforderlich ist. Alternative Lagerungsmöglichkeiten (modifizierte Rückenlage) sollten in Betracht gezogen werden, z.B. ein Operationstisch mit geteilter Beinplatte.

Schulterstützen können das Abrutschen der Patientin nach kranial verhindern.

3. Falls eine Steinschnittlagerung operationstechnisch alternativlos ist, sollte deren Dauer minimiert werden.
4. Die Beine sollten auf Höhe des rechten Vorhofs oder darunter platziert werden, wann immer intraoperativ möglich.
5. Die Zeit in Trendelenburg 15°-Kopftieflagerung sollte auf ein Minimum reduziert und umgehend aufgehoben werden, wann immer sie nicht mehr benötigt wird.
6. Knie- und Wadenhalter sollten vermieden, Fuß/Knöchelhalter bevorzugt werden. In jedem Fall ist eine adäquate Polsterung zwingend erforderlich.
7. Das gesamte Behandlungsteam sollte sich der Risikofaktoren und entsprechender Präventionsmaßnahmen bewusst sein, erste Symptome erkennen und eine entsprechende Therapie umgehend einleiten.

Alle aus der Literatur entnommenen Empfehlungen überschreiten nicht den Evidenzgrad IV-V (Expertenmeinung). Weitere prospektive Studien sind erforderlich. Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Erstellung einer Leitlinie zu Prävention, Diagnostik und Therapie von lagerungsbedingten Schäden ist anzustreben.

5. Zusammenfassung

Das AKS der unteren Extremität ist eine seltene aber gravierende Komplikation nach langdauernden gynäkologischen Operationen in Steinschnittlage. Eine Verzögerung der Diagnosestellung und des Therapiebeginns kann fatale Folgen für die Patientin haben. Wird der Circulus vitiosus aus intrakompartimentaler Druckerhöhung mit konsekutiver Perfusionsstörung, Kapillarlecksyndrom, intra- und extrazellulärem „third space“-Ödem und Reperfusionverletzung nicht frühzeitig unterbrochen, drohen irreversible lokale und systemische Schäden. Diese reichen vom lebenslangen Funktionsverlust der betroffenen Extremität bis hin zur Notwendigkeit der Amputation, im schlimmsten Fall zum Tod der Patientin im Multiorganversagen. Auch für den Operateur ergeben sich möglicherweise forensische Konsequenzen. Dennoch werden Patientinnen im klinischen Alltag präoperativ nicht routinemäßig über diese Komplikation aufgeklärt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Inzidenz, Begleitumstände und Konsequenzen des AKS der unteren Extremität nach gynäkologischen Operationen in Steinschnittlage zu untersuchen. Hierzu wurde eine systematische Literaturrecherche in PubMed im Hinblick auf relevante Publikationen im Zeitraum zwischen Januar 1990 und März 2013 durchgeführt. Parallel wurde ein standardisierter Fragebogen an alle 168 gynäkologischen Abteilungen in NRW versandt. Zudem wurden AKS Fälle, die zwischen 2002 und 2012 bei der Schlichtungsstelle der AEKNO eingereicht wurden, analysiert. Ergänzend wurden invasive Druckmessungen bei 12 gynäkologischen Operationen in Steinschnittposition mit einer angesetzten Operationsdauer >3 Stunden durchgeführt.

59 Fragebögen (35%) wurden zur Auswertung zurückgesendet. 21 Fälle eines AKS wurden berichtet, was einer Inzidenz von 0,067% bis 0,28% entspricht. Das heißt 1-3 Frauen bei 1000 gynäkologischen Eingriffen mit einer Operationsdauer >3 Stunden erleiden ein AKS. Alle Fälle traten nach Operationen in Steinschnittposition auf. 57,1% nach laparoskopischen Eingriffen und 76,2% nach Operationen mit einer Dauer >4 Stunden. 4 Fälle (19%) hatten juristische Folgen. 6 Patientinnen (28,6%) leiden unter bleibenden Schäden.

Bei der Schlichtungsstelle der AEKNO wurden im untersuchten Zeitraum 9 Fälle eines AKS nach gynäkologischen Eingriffen in Steinschnittlage bearbeitet. Die durchschnittliche Operationszeit betrug ca. 6 Stunden (354,1 Minuten). 4 Patientinnen wurden laparoskopisch und 4 Patientinnen über konventionelle Laparotomie operiert. In einem weiteren Fall wurde intraoperativ von einer Laparoskopie auf eine konventionelle Laparotomie umgestellt. In 6 Fällen (66,7%) war Schmerz das erste Symptom, in 3 Fällen (33%) Parästhesie und Taubheit. Eine Notfallfasziotomie wurde in 7 Fällen (77,8%) durchgeführt. Die Kommission entschied, dass in 5 der 9 Fälle (55,6%) eine Fehlbehandlung aufgrund einer verzögerten Diagnosestellung oder Unterlassung präventiver Maßnahmen vorlag.

In Übereinstimmung mit der durchgeführten Literaturrecherche belegen die Ergebnisse aus Umfrage und Auswertung der AKS Fälle die Assoziation des KS mit gynäkologischen Operationen >3 Stunden in Steinschnittlage. Die Inzidenz ist niedrig, wenn auch vermutlich unterschätzt. Obwohl gravierende Langzeitschäden für die Patientin und rechtliche Konsequenzen für den Operateur zu befürchten sind, klären derzeit nur 25% der befragten Abteilungen präoperativ über ein AKS auf. Präventive Maßnahmen ergreifen nur 37,3%.

Aus der Studie können folgende Empfehlungen für die klinische Praxis abgeleitet werden: Patientinnen mit einer angesetzten Operationsdauer >3 Stunden gehören zur Risikogruppe und sollten präoperativ über ein mögliches AKS aufgeklärt werden. Postoperativ ist eine engmaschige Kontrolle auf AKS Symptome erforderlich. Die Zeit in klassischer Steinschnittposition und Trendelenburg Kopftieflagerung sollte auf ein Minimum reduziert werden. Wenn möglich sind die Beine auf Höhe des rechten Vorhofs oder darunter zu platzieren. Knie- und Wadenhalter sollten vermieden, Fuß/Knöchelhalter bevorzugt werden. Auf eine adäquate Polsterung ist zu achten.

Ein hohes Maß an Aufmerksamkeit bei Pflegepersonal und Ärzten ist entscheidend um eine adäquate Prävention zu gewährleisten, schnellstmöglich eine korrekte Diagnose zu stellen und so ernsthafte Folgen für die Patientin zu vermeiden.

6. Literaturverzeichnis

1. Gutachterkommission für ärztliche Behandlungsfehler bei der Ärztekammer Nordrhein. 2013 [03.04.2013]; Available from: <http://www.aekno.de/page.asp?pageID=64>.
2. Göpel Beinhalter. 2013 [05.04.2013]; Available from: http://www.schindler-krankenhausentwicklung.de/2_1_11_01.html.
3. Yellofins® Elite Stirrups. 2013 [05.04.2013]; Available from: <http://www.allenmedical.com/product/gyn-lapro-uro-products/O-YFES.html>.
4. Achatz G, Bago S, Berreth F, Palm HG, Friemert B. Non-invasive Frühdiagnostik des akuten Kompartmentsyndrom mit der Kontrastmittelsonographie. Wehrmedizinische Monatszeitschrift. 2011.
5. Adler LM, Loughlin JS, Morin CJ, Haning RV, Jr. Bilateral compartment syndrome after a long gynecologic operation in the lithotomy position. Am J Obstet Gynecol. United States 1990. p. 1271-2.
6. Anema JG, Morey AF, McAninch JW, Mario LA, Wessells H. Complications related to the high lithotomy position during urethral reconstruction. J Urol. United States 2000. p. 360-3.
7. Arato E, Kurthy M, Sinay L, Kasza G, Menyhei G, Masoud S, et al. Pathology and diagnostic options of lower limb compartment syndrome. Clin Hemorheol Microcirc. Netherlands 2009. p. 1-8.
8. Beerle BJ, Rose RJ. Lower extremity compartment syndrome from prolonged lithotomy position not masked by epidural bupivacaine and fentanyl. Reg Anesth. 1993 May-Jun;18(3):189-90.
9. Beraldo S, Dodds SR. Lower limb acute compartment syndrome after colorectal surgery in prolonged lithotomy position. Dis Colon Rectum. 2006 Nov;49(11):1772-80.
10. Bhattacharyya T, Vrahas MS. The medical-legal aspects of compartment syndrome. J Bone Joint Surg Am. 2004 Apr;86-A(4):864-8.
11. Blick SS, Brumback RJ, Poka A, Burgess AR, Ebraheim NA. Compartment syndrome in open tibial fractures. J Bone Joint Surg Am. 1986 Dec;68(9):1348-53.
12. Boesgaard-Kjer DH, Denmark RUHCoGC, Boesgaard-Kjer D, Denmark RUHCoGC, Kjer JJ, Denmark RUHCoGC. Well-leg compartment syndrome after

gynecological laparoscopic surgery. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*.92(5):598-600.

13. Chase J, Harford F, Pinzur MS, Zussman M. Intraoperative lower extremity compartment pressures in lithotomy-positioned patients. *Dis Colon Rectum*. 2000 May;43(5):678-80.
14. Cohen SA, Hurt WG. Compartment syndrome associated with lithotomy position and intermittent compression stockings. *Obstet Gynecol. United States*2001. p. 832-3.
15. Cohn SM. Near-infrared spectroscopy: potential clinical benefits in surgery. *J Am Coll Surg. United States*2007. p. 322-32.
16. Echtermeyer V. Das Kompartmentsyndrom. *Langenbecks Arch Chir*. 1986;369(1):527-33.
17. Echtermeyer V. Kompartmentsyndrom. *Unfallchir*. 1997;100(12):923.
18. Echtermeyer V, Horst P. Das Kompartmentsyndrom- Ausschließlich das Resultat eines gestiegenen muskulären Logendruckes? *Unfallchirurg*. 1997 Dec;100(12):924-37.
19. Echtermeyer V, Oestern HJ. Das Kompartmentsyndrom. *Hefte Unfallheilkd*. 1983;162:169-89.
20. Gershuni DH, Gosink BB, Hargens AR, Gould RN, Forsythe JR, Mubarak SJ, et al. Ultrasound evaluation of the anterior musculofascial compartment of the leg following exercise. *Clin Orthop Relat Res*. 1982 Jul(167):185-90.
21. Gershuni DH, Yaru NC, Hargens AR, Lieber RL, O'Hara RC, Akeson WH. Ankle and knee position as a factor modifying intracompartmental pressure in the human leg. *J Bone Joint Surg Am*. 1984 Dec;66(9):1415-20.
22. Haaverstad R, Nilsen G, Myhre HO, Saether OD, Rinck PA. The use of MRI in the investigation of leg oedema. *Eur J Vasc Surg*. 1992 Mar;6(2):124-9.
23. Haimovici H. Arterial embolism with acute massive ischemic myopathy and myoglobinuria: evaluation of a hitherto unreported syndrome with report of two cases. *Surgery*. 1960 May;47:739-47.
24. Halliwill JR, Hewitt SA, Joyner MJ, Warner MA. Effect of various lithotomy positions on lower-extremity blood pressure. *Anesthesiology*. 1998 Dec;89(6):1373-6.
25. Hamilton. *Zit. nach Hildebrand O*. 1850.

26. Harrisson SE, Smith JE, Lambert AW, Midwinter MJ. Abdominal compartment syndrome: an emergency department perspective. *Emerg Med J. England*2008. p. 128-32.
27. Hildebrand O. Die Lehre von den ischämischen Muskellähmungen und Kontrakturen: Breitkopf & Härtel; 1906.
28. Horgan AF, Geddes S, Finlay IG. Lloyd-Davies position with Trendelenburg--a disaster waiting to happen? *Dis Colon Rectum.* 1999 Jul;42(7):916-9; discussion 9-20.
29. Jager C, Echtermeyer V. Kompartmentsyndrom des Unterschenkels und des Fußes. *Anatomie und Pathophysiologie. Unfallchirurg.* 2008 Oct;111(10):768-70, 72-5.
30. Janzing HMJ. Epidemiology, Etiology, Pathophysiology and Diagnosis of the Acute Compartment Syndrome of the Extremity. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2007;33(6):576-83.
31. Johnson DJ, Chalkiadis GA. Does epidural analgesia delay the diagnosis of lower limb compartment syndrome in children? *Paediatr Anaesth.* 2009;19(2):83-91.
32. Jyothi NK, New Cross Hospital W, Cox C, New Cross Hospital W. Compartment syndrome following postpartum haemorrhage. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology.*107(3):430-2.
33. Kemp B, Schröder W, Raumanns J, Magin M, Rath W. Compartment Syndrome After Wertheim-Meigs Operation. *J Gynecol Surg.* 1996;12(4):279-86.
34. Klenk G. Blindness caused by retrobulbar hemorrhage (orbital compartment syndrome). *Orv Hetil.* 2010;151(38):1537-44.
35. Kostler W, Strohm PC, Sudkamp NP. Acute compartment syndrome of the limb. *Injury. England*2004. p. 1221-7.
36. Kubiak R, Wilcox DT, Spitz L, Kiely EM. Neurovascular morbidity from the lithotomy position. *J Pediatr Surg.* 1998;33(12):1808-10.
37. Kumar V, Saeed K, Panagopoulos A, Parker PJ. Gluteal compartment syndrome following joint arthroplasty under epidural anaesthesia: a report of 4 cases. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2007 Apr;15(1):113-7.
38. Laakso E, Ahovuo J, Rosenberg PH. Blood flow in the lower limbs in the knee-chest position. Ultrasonographic study in unanaesthetised volunteers. *Anaesthesia.* 1996 Dec;51(12):1113-6.

39. Lachmann EA, Rook JL, Tunkel R, Nagler W. Complications associated with intermittent pneumatic compression. *Arch Phys Med Rehabil. United States* 1992. p. 482-5.
40. Larrey DJ. *Memories de Chirurgie Militaire et Champagnes*. Paris: Smith Buisson; 1812.
41. Lawrenz B, Kraemer B, Wallwiener D, Witte M, Fehm T, Becker S. Lower extremity compartment syndrome after laparoscopic radical hysterectomy: brief report of an unusual complication of laparoscopic positioning requirements. *J Minim Invasive Gynecol*. 2011;18(4):531-3.
42. Leff RG, Shapiro SR. Lower extremity complications of the lithotomy position: prevention and management. *J Urol*. 1979 Jul;122(1):138-9.
43. Machan FG, Pohle H, Zick U, Czyborra H. Unser Erkenntnisstand zum Kompartmentsyndrom. *Unfallchirurgie*. 1991 Apr;17(2):100-5.
44. MacIntosh EL, Blanchard RJ. Compartment syndrome after surgery in the lithotomy position. *Can J Surg*. 1991 Aug;34(4):359-62.
45. Mar GJ, Barrington MJ, McGuirk BR. Acute compartment syndrome of the lower limb and the effect of postoperative analgesia on diagnosis. *Br J Anaesth*. 2009;102(1):3-11.
46. Mars M, Hadley GP. Failure of pulse oximetry in the assessment of raised limb intracompartmental pressure. *Injury*. 1994 Aug;25(6):379-81.
47. Martin JT. Compartment syndromes: concepts and perspectives for the anesthesiologist. *Anesth Analg*. 1992 Aug;75(2):275-83.
48. Matsen FA, 3rd. Compartmental syndrome. An unified concept. *Clin Orthop Relat Res*. 1975 Nov-Dec(113):8-14.
49. Matsen FA, 3rd. A practical approach to compartmental syndromes. Part I. Definition, theory, and pathogenesis. *Instr Course Lect*. 1983;32:88-92.
50. Matsen FA, 3rd, Krugmire RB, Jr. Compartmental syndromes. *Surg Gynecol Obstet*. 1978 Dec;147(6):943-9.
51. Matsen FA, 3rd, Mayo KA, Sheridan GW, Krugmire RB, Jr. Continuous monitoring of intramuscular pressure and its application to clinical compartmental syndromes. *Bibl Anat*. 1977(15 Pt 1):112-5.
52. Matsen FA, 3rd, Winkquist RA, Krugmire RB, Jr. Diagnosis and management of compartmental syndromes. *J Bone Joint Surg Am*. 1980 Mar;62(2):286-91.

53. Matsen FA, 3rd, Wyss CR, Krugmire RB, Jr., Simmons CW, King RV. The effects of limb elevation and dependency on local arteriovenous gradients in normal human limbs with particular reference to limbs with increased tissue pressure. *Clin Orthop Relat Res.* 1980 Jul-Aug(150):187-95.
54. Matsen FA, Clawson DK. Compartmental Syndromes. *Clin Orth.* 1975;113:2.
55. McQueen MM, Gaston P, Court-Brown CM. Acute compartment syndrome. Who is at risk? *J Bone Joint Surg Br.* 2000 Mar;82(2):200-3.
56. Meyer RS, White KK, Smith JM, Groppo ER, Mubarak SJ, Hargens AR. Intramuscular and blood pressures in legs positioned in the hemilithotomy position : clarification of risk factors for well-leg acute compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Am.* 2002 Oct;84-A(10):1829-35.
57. Modrall G. Lower extremity fasciotomy techniques. UpToDate; 2011; Available from: http://www.uptodate.com/contents/lower-extremity-fasciotomy-techniques?source=search_result&search=lower+extremity+fasciotomy+techniques&selectedTitle=1~150.
58. Montgomery CJ, Ready LB. Epidural opioid analgesia does not obscure diagnosis of compartment syndrome resulting from prolonged lithotomy position. *Anesthesiology.* 1991 Sep;75(3):541-3.
59. Moses TA, Kreder KJ, Thrasher JB. Compartment syndrome: an unusual complication of the lithotomy position. *Urology.* 1994 May;43(5):746-7.
60. Mubarak SJ, Hargens AR. Acute compartment syndromes. *Surg Clin North Am.* 1983 Jun;63(3):539-65.
61. Mubarak SJ, Hargens AR, Owen CA, Garetto LP, Akeson WH. The wick catheter technique for measurement of intramuscular pressure. A new research and clinical tool. *J Bone Joint Surg Am.* 1976 Oct;58(7):1016-20.
62. Mubarak SJ, Owen CA. Double-incision fasciotomy of the leg for decompression in compartment syndromes. *J Bone Joint Surg Am.* 1977 Mar;59(2):184-7.
63. Mulhall JP, Drezner AD. Postoperative compartment syndrome and the lithotomy position: a report of three cases and analysis of potential risk factors. *Conn Med.* 1993 Mar;57(3):129-33.
64. Murphy JB. Myositis. *J Am Med Assoc.* 1914;LXIII(15):1249-55.

65. Nakamura K, Aoki H, Hirakawa T, Murata T, Kanuma T, Minegishi T. Compartment syndrome with thrombosis of common iliac artery after gynecologic surgery. *Obstet Gynecol. United States*2008. p. 486-8.
66. Nowak T, Luther B, Terörde N. Das akute Kompartmentsyndrom nach Steinschnittlage- ärztlicher Kunstfehler oder Schicksal? *Geburtsh Frauenheilk.* 2009;69(4):339-43.
67. Oestern HJ, Echtermeyer V. Behandlung des Kompartmentsyndroms und Ergebnisse. *Langenbecks Arch Chir.* 1982;358:227-32.
68. Oprel PP, Eversdijk MG, Vlot J, Tuinebreijer WE, den Hartog D. The acute compartment syndrome of the lower leg: a difficult diagnosis? *Open Orthop J.* 2010;4:115-9.
69. Owen R, Tsimboukis B. Ischaemia complicating closed tibial and fibular shaft fractures. *J Bone Joint Surg Br.* 1967 May;49(2):268-75.
70. Peters P, Baker SR, Leopold PW, Taub NA, Burnand KG. Compartment syndrome following prolonged pelvic surgery. *Br J Surg.* 1994 Aug;81(8):1128-31.
71. Pfeffer SD, Halliwill JR, Warner MA. Effects of lithotomy position and external compression on lower leg muscle compartment pressure. *Anesthesiology.* 2001 Sep;95(3):632-6.
72. Pierret C, Tourtier JP, Blin E, Bonnevie L, Garcin JM, Duverger V. Le syndrome chronique des loges. A propos d'une serie de 234 patients operes. *J Mal Vasc. France:* 2011 Elsevier Masson SAS; 2011. p. 254-60.
73. Radosa JC, Radosa MP, Sutterlin M. Acute lower limb compartment syndrome after Cesarean section: a case report. *J Med Case Reports.* England2011. p. 161.
74. Raza A, Byrne D, Townell N. Lower limb (well leg) compartment syndrome after urological pelvic surgery. *J Urol. United States*2004. p. 5-11.
75. Reszel PA, Janes JM, Spittell JA. Ischemic necrosis of the peroneal musculature, a lateral compartment syndrome: report of case. *Proc Staff Meet Mayo Clin.* 1963 Mar 27;38:130-6.
76. Roeder RA, Geddes LA, Corson N, Pell C, Otlewski M, Kemeny A. Heel calf capillary-support pressure in lithotomy positions. *Aorn j.* 2005 Apr;81(4):821-7, 30.

77. Rominger MB, Lukosch CJ, Langer CU, Bachmann G. MR-Bildgebung eines lagerungsbedingten Kompartmentsyndroms beider Unterschenkel nach Operation in Steinschnittlage. *Rofo*. 1996 Apr;164(4):338-40.
78. Röher HD, Ohmann C, Beck L. Akutes Kompartmentsyndrom als Lagerungsschaden nach langdauernder gynäkologischer Operation in Steinschnittposition. *Gynaekol*. 2008;41(12):1023-6.
79. Schmidt-Neuerburg KP. Diagnose und Differentialdiagnose des Kompartiment-Syndroms. *Langenbecks Arch Surg*. 1982;358(1):221-6.
80. Schofield PF, Grace RH. Acute compartment syndrome of the legs after colorectal surgery. *Colorectal Dis. England*2004. p. 285-7.
81. Schwartz LB, Stahl RS, DeCherney AH. Unilateral compartment syndrome after prolonged gynecologic surgery in the dorsal lithotomy position. A case report. *J Reprod Med*. 1993 Jun;38(6):469-71.
82. Scola E. Pathophysiologie und Druckmessung beim Kompartmentsyndrom. *Unfallchirurg*. 1991 May;94(5):220-4.
83. Scott JR, Daneker G, Lumsden AB. Prevention of compartment syndrome associated with dorsal lithotomy position. *Am Surg*. 1997 Sep;63(9):801-6.
84. Shadgan B, Menon M, O'Brien PJ, Reid WD. Diagnostic techniques in acute compartment syndrome of the leg. *J Orthop Trauma*. 2008;22(8):581-7.
85. Shadgan B, Menon M, Sanders D, Berry G, Martin C, Jr., Duffy P, et al. Current thinking about acute compartment syndrome of the lower extremity. *Can J Surg*. 2010 Oct;53(5):329-34.
86. Sievers KW, Hogerle S, Olivier LC, Kullmer K, Kisters U. Magnetresonanztomographische Beurteilung des Unterschenkels bei Zustand nach Kompartmentsyndrom. *Unfallchirurgie*. 1995 Apr;21(2):64-9.
87. Simms MS, Terry TR. Well leg compartment syndrome after pelvic and perineal surgery in the lithotomy position. *Postgrad Med J. England*2005. p. 534-6.
88. Stracciolini A. Acute compartment syndrome. UpToDate; 2011; Available from: http://www.uptodate.com/contents/acute-compartment-syndrome?source=search_result&search=acute+compartment+syndrome&selectedTitle=1~111.

89. Strecker WB, Wood MB, Bieber EJ. Compartment syndrome masked by epidural anesthesia for postoperative pain. Report of a case. *J Bone Joint Surg Am.* 1986 Dec;68(9):1447-8.
90. Styf J, Wiger P. Abnormally increased intramuscular pressure in human legs: comparison of two experimental models. *J Trauma.* 1998 Jul;45(1):133-9.
91. Szalay G, Meyer C, Alt V, Heiss C, Schnettler R, Hackethal A. Das lagerungsbedingte Kompartmentsyndrom des Unterschenkels als Komplikation nach Eingriffen in Steinschnitt-Position. *Zentralbl Chir.* 2010 Apr;135(2):163-7.
92. Tan V, Pepe MD, Glaser DL, Seldes RM, Heppenstall RB, Esterhai JL, Jr. Well-leg compartment pressures during hemilithotomy position for fracture fixation. *J Orthop Trauma.* 2000 Mar-Apr;14(3):157-61.
93. Tiwari A, Haq AI, Myint F, Hamilton G. Acute compartment syndromes. *Br J Surg. England*2002. p. 397-412.
94. Tollens T, Janzing H, Broos P. The pathophysiology of the acute compartment syndrome. *Acta Chir Belg.* 1998 Aug;98(4):171-5.
95. Tomassetti C, Meuleman C, Vanacker B, D'Hooghe T. Lower limb compartment syndrome as a complication of laparoscopic laser surgery for severe endometriosis. *Fertil Steril. United States*2009. p. 2038 e9-12.
96. Tonnies P, Stogbauer R, Watermann D, Hermann C. Unterschenkel-Kompartmentsyndrom nach langdauernden gynakologischen Operationen in Steinschnittlage. *Zentralbl Gynakol.* 1999;121(3):149-52.
97. Tuckey J. Bilateral compartment syndrome complicating prolonged lithotomy position. *Br J Anaesth.* 1996 Oct;77(4):546-9.
98. Ulrich D, Bader A, Zotter M, Koch H, Pristauz G, Tamussino K. Akutes Kompartmentsyndrom nach Operation bei malignem Ovarialtumor: Ein Fallbericht. *Geburtsh Frauenheilk.* 2010;70(5):60.
99. Volkmann R. Krankheiten der Bewegungsorgane. Pitha Bilroth (Hrsg) *Handbuch der Chirurgie.* 1869;2:845-920.
100. Volkmann R. Über einige seltenere Arten von Muskelkontrakturen. Leipzig: Breitkopf & Hartel; 1875.
101. Volkmann R. Die ischämischen Muskellähmungen und –kontrakturen. *Zentralbl Chir.* 1881;8(51):801-3.

102. Wallwiener D, Jonat W., Kreienberg R., Friese K., Diedrich K., Beckmann M.W., Hirsch H.A., Käser, O., Ikle F.A. Atlas der gynäkologischen Operationen: Thieme, Stuttgart; 2008 (7.Auflage).
103. Wassenaar EB, van den Brand JG, van der Werken C. Compartment syndrome of the lower leg after surgery in the modified lithotomy position: report of seven cases. *Dis Colon Rectum*. 2006 Sep;49(9):1449-53.
104. Weber O, Kabir K, Goost H, Wirtz DC, Burger C. Das "Gesunde-Bein"-Syndrom: Unterschenkelkompartiment nach Steinschnittlagerung. *Z Orthop Unfall*. 2008 Mar-Apr;146(2):261-3.
105. Whiteside TE, Harada H, K. M. Compartment syndrome and role of fasciotomy : its parameters and techniques. *Instr Course Lect*. 1977;26:179-96.
106. Whitesides TE, Jr., Haney TC, Harada H, Holmes HE, Morimoto K. A simple method for tissue pressure determination. *Arch Surg*. 1975 Nov;110(11):1311-3.
107. Wiger P, Zhang Q, Styf J. The effects of limb elevation and increased intramuscular pressure on nerve and muscle function in the human leg. *Eur J Appl Physiol*. 2000 Sep;83(1):84-8.
108. Yanazume S, Yanazume Y, Iwamoto I, Tsuji T, Yoshinaga M, Douchi T. Severe leg compartment syndrome associated with dorsal lithotomy position during radical hysterectomy. *J Obstet Gynaecol Res. Japan*2006. p. 610-2.
109. Zikria BA, Oz MO, Carlson RW. The third space phenomenon and the theory of third space. *Reperfusion injuries and clinical capillary leak syndrome*. Armonk NY: Futura Publishing Company; 1994. p. 93-118.

7. Anhang

7.1. Patienteninformation und Einwilligungsbogen zur Studienteilnahme

Patientinneninformation zur Teilnahme an der Kompartiment-Druckmessungsstudie

Sehr geehrte Patientin,

Sie sind eingeladen, an einer klinischen Studie teilzunehmen. Eine klinische Studie wird zu Forschungszwecken durchgeführt, zum Beispiel um weitere Erkenntnisse über eine bekannte Behandlungsmethode zu erhalten. Im Folgenden möchten wir Sie über die Ziele und den Verlauf der Studie informieren und erklären, warum Ihre Mitarbeit im Falle einer Studienteilnahme wichtig ist.

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Wenn Sie an der Studie teilnehmen, haben Sie jederzeit das Recht, die Studie ohne Angaben von Gründen vorzeitig zu beenden. Sollten Sie sich entscheiden, nicht teilzunehmen oder die Studie vorzeitig abubrechen, führt dies zu keiner nachteiligen Behandlung oder einem schlechteren Behandlungsergebnis

Wir bitten Sie, diese Information sorgfältig zu lesen und anschließend zu entscheiden, ob Sie an dieser Studie teilnehmen möchten oder nicht.

Studienbezeichnung:

Auftraggeber und gesamtverantwortliche Studienleitung:

PD Dr. Markus Fleisch
Stv. Klinikdirektor
Klinik Frauenheilkunde und Geburtshilfe
Universitätsklinikum der Heinrich-Heine-Universität
Moorenstr. 5
40225 Düsseldorf
Tel. 0211/8117543

1. Einleitung

Die Zahl langdauernder operativer gynäkologischer Eingriffe hat in den letzten Jahrzehnten konstant zugenommen. In letzter Zeit werden viele komplizierte operative Eingriffe zunehmend laparoskopisch („Schlüssellochtechnik“) durchgeführt. Dies hat den Vorteil, das anstelle eines großen Schnittes nur drei oder vier kleine Schnitte gemacht werden müssen. Diese Operationstechnik hat gegenüber der Laparotomie (Bauchschnitt) viele Vorteile, so zum Beispiel eine kürzere Verweildauer im Krankenhaus, ein geringeres Risiko für Wundinfekte und eine Verbesserung des kosmetischen Ergebnisses. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist die häufig längere Operationszeit.

Eine seltene Komplikation langdauernder gynäkologischer Operationen in Steinschnittlage ist das sogenannte Kompartmentsyndrom. Unter einem Kompartiment versteht man einen fest umschlossenen, nicht nach außen dehnbaren Raum oder anatomische Region innerhalb des Körpers. Solche Kompartments oder Logen existieren zum Beispiel am Unterschenkel. Innerhalb eines Kompartiments befinden sich Muskeln, Nerven und Blutgefäße, umschlossen von einer nicht dehnbaren Faszie (Bindegewebe). Unter Kompartiment Syndrom versteht man die Schädigung oder Zerstörung von Strukturen wie zum Beispiel Nerven und Muskeln durch einen Druckanstieg innerhalb eines Kompartiments.

Die Ursachen für solch einen Druckanstieg sind vielfältig. In der Regel kommt es durch Ansteigend es Drucks zur Verminderung des Blutflusses. Dies führt zu einer Sauerstoffarmut der Zellen innerhalb des Minderversorgten Kompartiments. Hält dieser Zustand an, kommt es zum Absterben der Zellen und somit zum Funktionsverlust der betreffenden Strukturen. Durch solch einen massenhaft hervorgerufenen Zelltod kann es zur Störung vieler Organe des menschlichen Körpers kommen. Insbesondere der Niere, Leber und Lunge. Im schlimmsten Fall kann dies zum Multiorganversagen führen und unter Umständen zum Tod des Patienten.

Im Anfangsstadium des Kompartimentsyndroms des Unterschenkels fallen häufig Missempfinden sowie Taubeitsgefühle im Bereich des Fußes auf. Kommt es zu keiner sofortigen Druckentlastung kann es zum Untergang der betreffenden Muskulatur kommen und somit zur Lähmung des Beines. Zur Druckentlastung müssen die Beine an den Seiten eröffnet werden. In seltenen Fällen ist die Amputation die letzte Möglichkeit ein Multi Organversagen zu verhindern.

Diese schwerwiegende Komplikation kann in sehr seltenen Fällen auch nach einer gynäkologischen Operation auftreten. Die Risikofaktoren sind vielfältig, unter anderem spielt die Dauer der Operation eine entscheidende Rolle.

Wie Eingangs erwähnt werden die Operation in der Gynäkologie zunehmend komplexer und die Operationszeiten nehmen zu. Inwieweit das Risiko durch neue Verfahren wie die Laparoskopie oder die Roboter assistierte Laparoskopie beeinflusst wird ist derzeit noch unklar.

2. Ziel der klinischen Studie

Wir erhoffen uns durch diese Studie mehr Erkenntnisse über diese sehr seltene aber häufig schicksalhafte Komplikation zu gewinnen, um so Risikofaktoren vermeiden zu können und die Sicherheit der Patienten weiter erhöhen zu können.

Zudem möchten wir herausfinden in wieweit neue Operationsverfahren wie die Laparoskopie oder Roboter assistierte Operationen das Risiko beeinflussen.

Ein weiteres Ziel ist es Maßnahmen zu entwickeln um das Risiko für die Entstehung einer solchen Komplikation effektiv zu senken.

3. Studiendesign

Wenn bei Ihnen die zu erwartende Operationsdauer über 3 Stunden beträgt qualifizieren Sie sich für eine Teilnahme an dieser Studie. Falls Sie sich für eine Teilnahme entschließen wird bei Ihnen, im Vorfeld der Operation eine eventuelle Beeinträchtigung der Durchblutung („Verkalkung der Arterien“) mittels einer kurzen Ultraschalluntersuchung ausgeschlossen.

Nach Einleitung der Narkose wird der operierende Arzt unter sterilen Bedingungen einen Katheter in die vordere Muskelloge des Unterschenkels einbringen. Hierbei wird mittels einer Nadel ein dünner Schlauch (<2mm) etwa 4 cm tief in die Muskulatur des Unterschenkels eingebracht. Der Schlauch führt zu einem externen Messgerät mit welchem wir kontinuierlich den Druck dem betreffenden Kompartiment überwachen können.

Nach Beendigung der Operation wird der Katheter für 8 Stunden verbleiben, bevor wir ihn wieder entfernen. Diese Prozedur ist im Prinzip schmerzfrei und dauert lediglich wenige Sekunden. Es ist im Prinzip ein ähnlicher Vorgang wie das Ziehen der Drainagen im Verlauf der ersten postoperativen Tage.

Wir möchten ausdrücklich darauf hinweisen dass die Teilnahme an dieser Studie weder einen Einfluss auf die Art der Operation hat die bei Ihnen durchgeführt werden soll, noch auf die Länge der Operation oder irgendeinen anderen Aspekt der Behandlung.

3. Nutzen und Risiken

Nutzen: Durch die kontinuierliche Druckmessung während der Operation können wir einen eventuellen kritischen Druckanstieg bei Ihnen deutlich früher erkennen als ohne die Messung. Hierdurch ist es möglich frühzeitiger Maßnahmen zu ergreifen, um diese schwerwiegende Komplikation abzuwenden.

Durch die neu gewonnenen Erkenntnisse können Strategien entwickelt werden das Risiko des Auftretens dieser schweren Komplikation zu verhindern und somit die Patientensicherheit zu erhöhen. Das perioperative Management könnte hierdurch weiter verbessert werden.

Risiken: Da die Studienteilnahme keinen Einfluss auf Ihre Behandlung hat, ergibt sich lediglich ein geringes Risiko durch das Einbringen der Drucksonde. Durch das Einbringen der Nadel kann es zur Perforation von Blutgefäßen kommen. Da wir eine sehr dünne Nadel

verwenden können ernsthafte Gefäßverletzungen nahezu ausgeschlossen werden, allerdings könnte sich ein Bluterguss bilden. Als Gegenmaßnahme müssten Sie ggf. für 12 Stunden einen Druckverband tragen.

Nerven und Muskelverletzungen sind sehr unwahrscheinlich aber theoretisch möglich. Wie bei jeder Punktion besteht ein geringes Infektionsrisiko. Allerdings werden alle Maßnahmen getroffen dieses Risiko so gering wie möglich zu halten und ist angesichts des Risikos einer Wundinfektion innerhalb des Operationsgebiets zu vernachlässigen.

Patienteneinverständnis

Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Kompartimentdruckstudie



Einverständniserklärung und Datenschutz

Ich habe die Patienteninformation gelesen und Ziel, Ablauf und Durchführung der Studie verstanden. Ich wurde mündlich über das Wesen und die Bedeutung der geplanten Studienteilnahme aufgeklärt. Mir wurde ausreichend Gelegenheit gegeben, offene Fragen zu klären.

Meine Einwilligung, an dieser Studie teilzunehmen, erfolgt freiwillig. Ich wurde darauf hingewiesen, dass ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen kann, ohne dass mir dadurch irgendwelche Nachteile für meine weitere ärztliche Behandlung entstehen.

Eine Kopie der Patienteninformation und dieser unterschriebenen Einwilligungserklärung habe ich erhalten.

Datenschutz

Ich habe verstanden, dass bei wissenschaftlichen Studien persönliche Daten und medizinische Befunde erhoben werden. Die Weitergabe, Speicherung und Auswertung dieser studienbezogenen Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor Teilnahme an der Studie meine freiwillige Einwilligung voraus.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie erhobene Daten/Krankheitsdaten auf Fragebögen und elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und ohne Namensnennung weitergegeben werden an die Estimate GmbH (Gesellschaft für Planung und Durchführung von Forschungsvorhaben in der Medizin und im Gesundheitswesen mbH)

Ich willige hiermit ein, als Patientin an der Kompartimentdruck-Studie teilzunehmen.

Vor- und Nachname der Studienteilnehmerin	
Ort und Datum	Düsseldorf, den
Unterschrift der Studienteilnehmerin	

Ich habe die Patientin mündlich über Wesen und Bedeutung der Studie aufgeklärt.

Vor- und Nachname der aufklärenden Person	
Ort und Datum	Düsseldorf, den
Unterschrift der aufklärenden Person	

7.2. Fragebogen an die Kliniken der Ärztekammer Nordrhein und Westfalen-Lippe

**Fragebogen zur Prävalenz
des akuten Kompartmentsyndroms
als Folge gynäkologischer Operationen**

1. Um was für eine Abteilung handelt es sich bei Ihnen?

- Ambulatorium Kommunales KKH LehrKKH Unklinik

2. Welchen Zeitraum überblicken Sie in Ihrer Abteilung? _____ Jahre

3. Ist ihrer Kenntnis nach in Ihrer Abteilung in dem Zeitraum den Sie überblicken jemals ein Kompartmentsyndrom nach Operation in Steinschnittlage aufgetreten?

- ja nein

Wenn JA wie häufig:

- 1 2 3 4 mehr als 4 mal

4. Nach welcher Art von Operation trat dies auf?

	Laparotomie	Laparoskopie	Roboterassistiert
Fall 1			
Fall 2			
Fall 3			
Fall 4			

5. Wie lange dauerte die Operation (ungefähr)?

	<1 Std.	1-2 Std.	2-4 Std.	4-6 Std.	mehr als 6 St.
Fall 1					
Fall 2					
Fall 3					
Fall 4					

6. Bestanden zusätzliche Risikofaktoren?

	Ja	Nein
Fall 1		
Fall 2		
Fall 3		
Fall 4		

Wenn JA welche:

	BMI >25	pAVK	Diabetes mellitus	Nikotinabusus	Lagerung in Steinschnittposition	sonstige
Fall 1						
Fall 2						
Fall 3						
Fall 4						

7. Gab es Verzögerung in der Diagnosestellung?

	Ja	Nein
Fall 1		
Fall 2		
Fall 3		
Fall 4		

Wenn JA warum:

	Nicht Erkennen der Symptome durch post-OP Analgesie	Nicht Erkennen der Symptome durch das Pflegepersonal	Fehldeutung der Symptome	Sonstige
Fall 1				
Fall 2				
Fall 3				
Fall 4				

8. Wie wurde das Kompartmentsyndrom behandelt?

	Fasziotomie	Andere:
Fall 1		
Fall 2		
Fall 3		
Fall 4		

9. Wie war das Ergebnis der Behandlung?

	Restitutio ad integrum	Bleibende Schäden (sensibel/motorisch)	Amputation der Extremität
Fall 1			
Fall 2			
Fall 3			
Fall 4			

10. Wurden in Ihrer Abteilung Maßnahmen getroffen, um diese Komplikation in Zukunft zu vermeiden?

ja nein

Wenn JA welche:

präoperativ: _____

intraoperativ: _____

postoperativ: _____

11. Wie viele Operationen in Steinschnittlage mit einer Dauer von über 3 Stunden führen Sie im Jahr geschätzt durch?

<25 25-50 51-75 76-100 >100

12. Wird die Patientin bei Ihnen vor einer Operationen in Steinschnittlage mit voraussichtlicher Operationszeit von mehr als 3 Stunden über die Komplikation Kompartmentsyndrom aufgeklärt?

ja nein

13. Gab es aufgrund des Auftretens der Komplikation juristische/forensische Folgen?

ja nein

14. Kommentar Ihrerseits?

8. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Datum, Vor- und Nachname

Unterschrift