

Medizinische Fakultät
der
Universität Essen

Aus der Abteilung Pneumologie- Universitätsklinik-
der Ruhrländklinik Essen und der
Klinik für Radiologie und Neuroradiologie -
Alfried Krupp von Bohlen und Halbach Krankenhaus Essen

Anatomie der Bronchialarterien im Angiogramm

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
durch die Medizinische Fakultät
der Universität Essen

vorgelegt von
Susanne Jochum
aus Kaiserslautern

2002

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. H. Grosse-Wilde

1. Gutachter: Prof. Dr. med. N. Konietzko

2. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. med. H. Henkes

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Januar 2003

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Patienten, Material und Methoden	7
2.1	Ausgewertete Angiographien	7
2.2	Indikationen zur Untersuchung	8
2.3	Technik.....	8
2.4	Untersuchte Areale	10
3	Ergebnisse.....	11
3.1	Anzahl der gefundenen Bronchialarterien.....	11
3.2	Ursprung.....	12
3.3	Seite	17
3.4	Anastomosen	20
3.5	Übersichtsangiographien	21
4	Diskussion	24
5	Zusammenfassung	54
6	Literaturverzeichnis	55
7	Anhang	62
7.1	Abkürzungsverzeichnis	62
7.2	Tabellen	62
7.3	Diagramme	62
7.4	Abbildungen	63
7.5	Rohdatenmaterial.....	63
7.6	Danksagung	68
7.7	Tabellarischer Lebenslauf.....	69

1 Einleitung

Wie der nachfolgende kurze geschichtliche Überblick zeigt, sind die Bronchialarterien schon lange Gegenstand anatomischer Untersuchungen. Obwohl die Bronchialarterienangiographie heutzutage eine etablierte Untersuchungsmethode ist, gibt es über deren normale angiographische Anatomie wenig Informationen.

Schon im zweiten Jahrhundert nach Christus beschrieb GALEN Gefäße (nach [6,11,12,13]), die von der Aorta zu den Lungen ziehen, benannte sie aber nicht näher. COLUMBUS hingegen bestritt das Vorhandensein dieser Arterien (1559) (vgl. [6]).

LEONARDO DA VINCIS Zeichnungen von Gefäßen bei Rindern galten eigentlich als die ersten Darstellungen der Bronchialarterien (nach [2,42,43]). Diese These wurde jedoch 1992 von MITZNER in Frage gestellt [29], der glaubhaft machte, daß die als Bronchialarterien gedeuteten Gefäße eher vom linken Vorhof ausgehende Venen sind, beziehungsweise, daß DA VINCI Gefäße, die in dieser Form nicht existent sind, vorsätzlich falsch zeichnete, nur um dem damaligen Bild der Wissenschaft zu entsprechen.

1654 weckte DOMINICO DE MARCHETTIS (nach [12,13]) erneut das Interesse an den Bronchialarterien durch die erste Beschreibung der systemischen Blutversorgung der Lunge beim Menschen. Er entdeckte auch venöse Gefäße, die von der Lunge ausgehen und in Verbindung mit den systemischen Venen stehen. Nach MITZNER [29] ist RUYSCH 1721 der Entdecker der Bronchialarterien. Seine Beschreibung der kleinen Arterien, die die Bronchien bis zu ihrem Ende begleiten, ist durch Zeichnungen illustriert (nach [14]).

HALLER (nach [14]) benannte 1747 die Arterien genauer und fand, daß die Bronchialarterien der rechten Seite von der rechten obersten Intercostalarterie, die der linken Seite direkt von der Aorta entspringen. Er erwähnte Verbindungen zwischen Bronchialarterien untereinander, sowie zwischen Bronchialarterien und Perikardarterien, zu Ösophagusarterien und zur Arteria mammaria interna (nach [2]). Die Funktion der Bronchialarterien wurde 1808 von SÖMMERING und REISSEISEN erkannt, die diese Arterien als „Vasa nutritiva der Lungen“ einordneten (nach

[11]). REISSEISSEN konnte zeigen, daß die Bronchialarterien die Bronchien, die Pleuraoberfläche, die Wände der Pulmonalgefäße, die Bronchialdrüsen und das Interstitium der Lunge versorgen. Er beschrieb auch Äste des Nervus vagus, die zu den Bronchialarterien ziehen (nach [14]).

TIEDEMANN beschrieb 1822, daß die Bronchialarterien von der Konkavität des Aortenbogens und von der proximalen Aorta entspringen und von dort nach vorne zur Trachea und zu dem entsprechenden Hauptbronchus ziehen (nach [6]). GUILLOT konnte 1854 eine Kommunikation zwischen Bronchialarterien und Pulmonalvenen nachweisen. LUSCHKA entdeckte die Verbindung zwischen den Kapillaren der Bronchial- und Pulmonalarterie (vgl.[34]). 1881 teilte ZUCKERKANDL den venösen Abfluß in eine obere Drainage durch echte Bronchialvenen in das Azygosystem und eine untere Drainage in die Pulmonalvenen auf. Er behauptete, daß das Blut aus den Bronchialarterien das Lungenparenchym versorgt. Auf der anderen Seite berichtete MILLER 1931 ausschließlich über venöse Kapillarverbindungen zwischen den beiden Systemen. Dies wurde von BERRY, BRAILSFORD und DALY 1931 bestätigt (nach [12]). Auch die Untersuchungen von MATHES, HOLMAN und REICHERT 1930 ergaben die gleiche Schlußfolgerung wie bei MILLER (nach [34]). NAKAMURA führte 1924 eine bedeutende anatomische Studie an 129 Leichenpräparaten durch und beschrieb detailliert den Verlauf der Bronchialarterien [31].

In den frühen sechziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts konnten die Bronchialarterien zum ersten mal beim lebenden Menschen angiographisch dargestellt werden. Radiologen wie WILLIAMS und NEYAZAKI führten nicht-selektive Aortenangiographien durch, um die Arterien bei Lungenerkrankungen darzustellen (nach [43]). VIAMONTE wandte erstmals 1964 die Technik der selektiven Katheterisation für die Bronchialangiographie an [46,47]. Diese Methode ist bis heute das Prinzip der radiologischen Bronchialarteriendarstellung geblieben.

Durch zunehmende Erkenntnisse über die Physiologie [42,49] und Pathophysiologie der Bronchialarterien läßt sich das steigende Interesse an der Erforschung dieser Gefäße erklären. Wichtig sind Informationen über die Bronchialgefäße beispielsweise bei der Abklärung von Hämoptysen [2,10,18,24,48] und in der Ösophagus- [16] oder Transplantationschirurgie [9,28,39]. Zur Untersuchung der Bronchialgefäße ist die selektive Angiographie heutzutage die Methode der Wahl. Im Alfred-Krupp-Krankenhaus, Essen wurden in einem Zeitraum von 5 Jahren 90 Angiographien der Bronchialarterien durchgeführt, die retrospektiv unter dem Gesichtspunkt der Gefäßanatomie ausgewertet wurden.

Diese Arbeit hat das Ziel, folgende Fragen zu beantworten:

- 1) Wieviele Bronchialarterien konnten radiologisch nachgewiesen werden? Wo ist deren Ursprung und welche Anastomosen zeigen sich?
- 2) Wie stellen sich diese Ergebnisse im Vergleich mit anderen angiographischen und anatomischen Studien dar?
- 3) Welche Aussage über die Anzahl und Anatomie der Bronchialarterien liefert die Übersichtsangiographie?

2 Patienten, Material und Methoden

2.1 Ausgewertete Angiographien

Die für die vorliegende Arbeit ausgewerteten Angiographien entstanden im Zeitraum von fünf Jahren und wurden alle von dem selben Untersucher im Alfried-Krupp-Krankenhaus, Essen durchgeführt. Insgesamt stehen Daten von 90 Patienten zur Verfügung, bei denen 99 Angiographien durchgeführt wurden.

Bei 5 Patienten wurden zweimalig Bronchialangiographien durchgeführt, bei 2 Patienten dreimalig. Bei den mehrfachangiographierten Patienten brachten die Zweit- und Drittuntersuchungen keine neue Erkenntnisse der Anatomie der Bronchialarterien sondern waren im Rahmen von therapeutischen Embolisationen notwendig.

In 2 Fällen wurden die Bronchialarterien nicht gezielt aufgesucht, sondern wurden zufällig im Rahmen von spinalen Angiographien mit dargestellt.

In 5 Fällen waren trotz Übersichtsangiographie und des Versuches der selektiven Katheterisierung keine Bronchialarterien zu identifizieren.

Bei der Untersuchung wurden die Daten von 25 Frauen und 65 Männern betrachtet. Der älteste Patient war 83 Jahre, der jüngste war 9 Jahre alt.

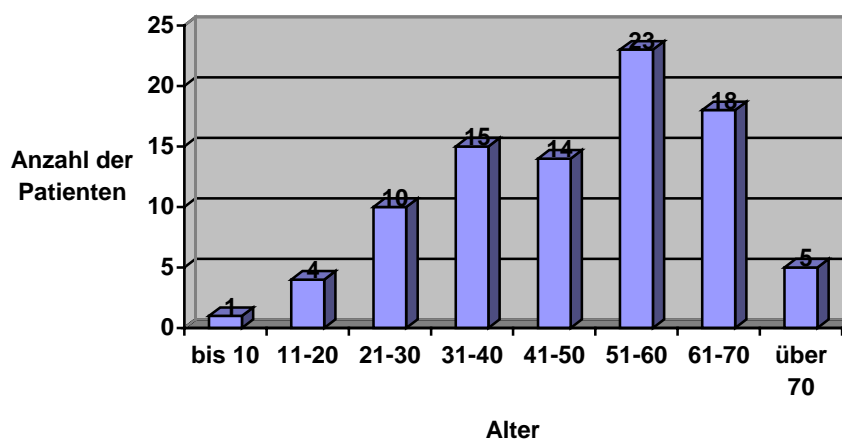


Diagramm 1: Altersverteilung der untersuchten Patienten, Altersangabe in Jahren

2.2 Indikationen zur Untersuchung

Die meisten Patienten wurden der Radiologischen Klinik zugewiesen zur Suche nach Blutungsquellen bei Hämoptysen und deren Embolisation. Nur ein kleiner Teil der Angiographien war ausschließlich diagnostisch indiziert.

Die Bronchialangiographie kann bei systemisch-arteriellen Lungenblutungen diagnostisch und symptomatisch-therapeutisch eingesetzt werden. Man kann die Gefäße suchen, welche die wahrscheinliche Blutungsquelle sind und diese dann in gleicher oder in zweiter Sitzung embolisieren

Die angiographische Darstellung von Bronchialarterien kann Aufschluß über die Art einer pulmonalen Erkrankung geben. Sie wird auch bei der Frage nach Sequestern und unklaren Raumforderungen durchgeführt.

Typische, für Hämoptysen ursächliche Lungenerkrankungen sind Bronchiektasen, Raumforderungen unklarer Dignität, Silikose, Aspergillome, arteriovenöse Fehlbildungen, Sarkoidose und Tuberkulose.

2.3 Technik

Die Angiographie ist eine radiologische Methode zur Darstellung von Gefäßen, z.B. von Arterien, Venen oder Lymphbahnen. Da diese Gefäße zu den umgebenden Weichteilen zunächst keinen hinreichenden Dichteunterschied haben, ist für die radiologische Darstellung eine Kontrastierung unabdingbare Voraussetzung. Für diese Kontrastierungen wird in der Regel röntgenpositives Kontrastmittel in die Gefäße eingebracht. Ein dadurch gewonnenes summationsangiographisches Bild setzt sich zusammen aus der anatomischen Hintergrundinformation und dem kontrastverstärkten Füllungsbild der Gefäße.

Die Interpretation der Bilder kann durch das Verfahren der Subtraktionsangiographie deutlich verbessert werden. Dazu wird auf elektronischem Wege in der sogenannten Digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) von einem digital erfaßten Summationsbild der oben genannten Art, ein vorher gewonnenes, sogenanntes Leerbild, auf dem die Gefäße noch nicht kontrastiert sind, subtrahiert. Die opti-

sche Umsetzung des digitalen Ergebnisses führt dann zur alleinigen Darstellung der kontrastgefüllten Gefäße ohne überlagernde Hintergrundinformation.

Für die hier besprochene Angiographie der Aorta thoracica und der Bronchialarterien wurde ausschließlich die Methode der Digitalen Subtraktionsangiographie angewandt.

Der Untersuchungsablauf gestaltet sich wie folgt:

Im ersten Schritt wird eine sogenannte Übersichtsangiographie durchgeführt. Diese soll die Aorta thoracica und ihre Äste insgesamt darstellen. Hierzu erfolgt in Lokalanästhesie die Punktion meist der rechten Arteria femoralis communis. In Seldingertechnik wird eine Schleuse eingeführt, anschließend wird ein Pigtailkatheter über die Beckenarterie bis in die Aorta thoracica ascendens vorgeschoben. Dort wird maschinell 28 ml Kontrastmittel mit einer Geschwindigkeit von 15ml/sec injiziert. Die dann folgende Aufnahmeserie stellt die gesamte Aorta thoracica mit ihren Ästen dar. Diese Übersichtsaufnahmen werden am Monitor nach Bronchialarterien abgesucht, um die genaue Höhe der betreffenden Gefäßabgänge zu lokalisieren.

Im zweiten Schritt wird der Pigtailkatheter gegen einen endständig offenen Katheter mit geeigneter Konfiguration eingewechselt. Mit diesem werden dann, unter Einbeziehung der Information aus der Übersichtsangiographie, die Ostien der Bronchialarterien oder andere Aortenäste, welche Bronchialarterien speisen oder speisen können (vor allem Intercostalarterien), sondiert. Durch die Kontrastmittelinjektion in diese Ostien wird dann das entsprechende Gefäß selektiv dargestellt. Die Katheterposition wird durch Injektion geringer Mengen von Röntgenkontrastmittel ständig überprüft. Ist die erwünschte Katheterposition erreicht, werden in der folgenden Aufnahmeserie circa 5 ml Kontrastmittel von Hand injiziert, wobei die Injektionsgeschwindigkeit nicht zu hoch sein darf, da das Gefäßlumen nur sehr klein ist und die Gefahr besteht, daß die Katheterspitze durch Rückstoß aus dem Gefäß gleitet.

Nach Abschluß der technischen Untersuchung werden die zu diesem Zeitpunkt digital gespeicherten Bilder am Monitor ausgewertet. Von den relevanten Bildern werden Hardcopies angefertigt. Diese und die angiographischen Befundberichte wurden zur Auswertung für die vorliegende Arbeit herangezogen.

Alle in dieser Arbeit ausgewerteten Untersuchungen wurden mit einem hochauflösenden monoplanaren DSA-Gerät (Angiostar®, Siemens Erlangen) in *einer* Abbildungsebene durchgeführt.

2.4 Untersuchte Areale

Waren die klinischen Angaben seitenbezogen, zum Beispiel weil eine Blutungsquelle bronchoskopisch lokalisiert war, wurden nicht immer beide Lungenseiten dargestellt.

Retrospektiv läßt sich bei 24 Patienten eine Seitenangabe in den klinischen Angaben feststellen. Bei 40 Patienten wurde eine beidseitige Erkrankung diagnostiziert. In den meisten Fällen wurde nur die erkrankte Lungenseite sorgfältig und systematisch nach Bronchialarterien abgesucht. Manchmal stellten sich zufällig auch Bronchialarterien der anderen Seite dar. Man kann aus der Tatsache, daß Bronchialarterien auf beiden Seiten gefunden wurden nicht ableiten, daß beide Lungenseiten systematisch abgesucht wurden. Dies wäre aufgrund der Indikation und der spezifischen Fragestellung zur Bronchialangiographie aus ethischer Sicht und Gründen des Strahlenschutzes nicht vertretbar gewesen. Die Patienten wurden nicht aus wissenschaftlichen Gründen sondern wegen einer Erkrankung bzw. eines Symptoms (Hämoptysen) der Untersuchung zugeführt. Somit verbietet sich die über die Indikation hinausgehende experimentelle Untersuchung der Patienten zur Befriedigung wissenschaftlichen Interesses.

3 Ergebnisse

3.1 Anzahl der gefundenen Bronchialarterien

Zu Beginn steht die angiographische Definition einer Bronchialarterie: eine Arterie, welche die Bronchien begleitet und sich mit *einer* selektiven Kontrastmittelinjektion anfärbt ist *eine* Bronchialarterie. Hierbei gibt es eine Ausnahme: Falls ein anderes Gefäß als eine Bronchialarterie durch *eine* selektive Kontrastmittelinjektion primär dargestellt wird, so werden die davon entspringenden Bronchialarterien separat gezählt.

Insgesamt konnten bei 90 Patienten 150 Bronchialarterien dargestellt werden, im Durchschnitt pro Patient 1,7 Bronchialarterien.

Die Anzahl der gefundenen Gefäße im Individuum variiert zwischen 0 und 4. So konnten bei 5 Patienten (5,6%) keine Arterien dargestellt werden, eine Arterie fand sich bei 40 Personen (44,4%), 2 Gefäße wurden bei 27 Patienten (30,0%) dargestellt, 3 Bronchialarterien bei 16 Patienten (17,8%) und 4 Arterien bei 2 Patienten (2,2%).

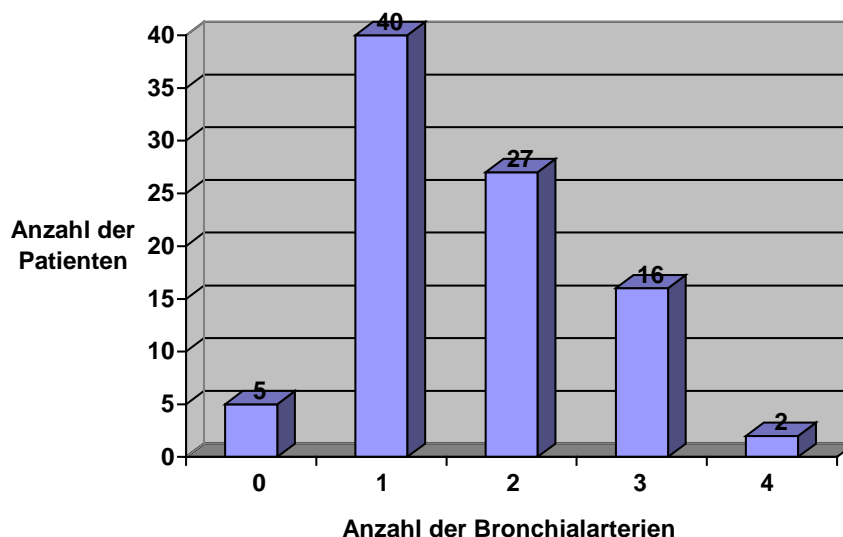
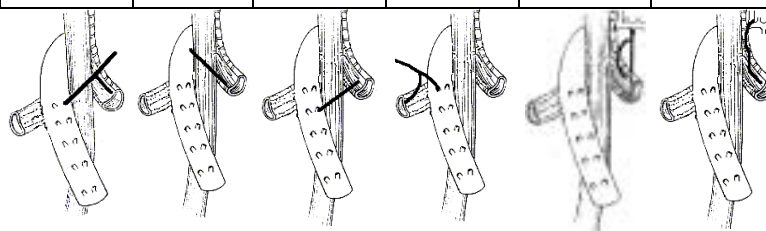


Diagramm 2: Anzahl der angiographisch dargestellten Bronchialarterien pro Patient

3.2 Ursprung

Bei den untersuchten Patienten wurden große Variationen der Ursprünge der untersuchten Gefäße festgestellt. Insgesamt wurden 6 verschiedene Ausgangsorte der Bronchialarterien differenziert, unabhängig von der von ihnen versorgten Lungen-
seite.

Ursprung	Truncus intercostobronchialis rechts	Aortenbogen	proximale Aorta descendens	Truncus intercostobronchialis links	Arteria mammaria interna rechts	Truncus thyrocervicalis rechts
Anzahl der Bronchialarterien	68	11	64	3	3	1



links Ansicht des Aortenbogens mit Ösophagus und Trachealbifurkation von dorsal rechts

Tabelle 1: Ursprungsorte der Bronchialarterien

Direkt aus der Aorta thoracica entsprangen mit 75 von 150 die meisten der gefundenen Arterien. Man kann die Höhe der Abgänge genauer unterscheiden. Es wurden 11 Gefäße identifiziert, die aus dem Aortenbogen abgehen, das sind 7,3% aller dargestellten Bronchialarterien. 64 Arterien (42,7%) entsprangen aus der proximalen Aorta descendens von der ventralen Wand.

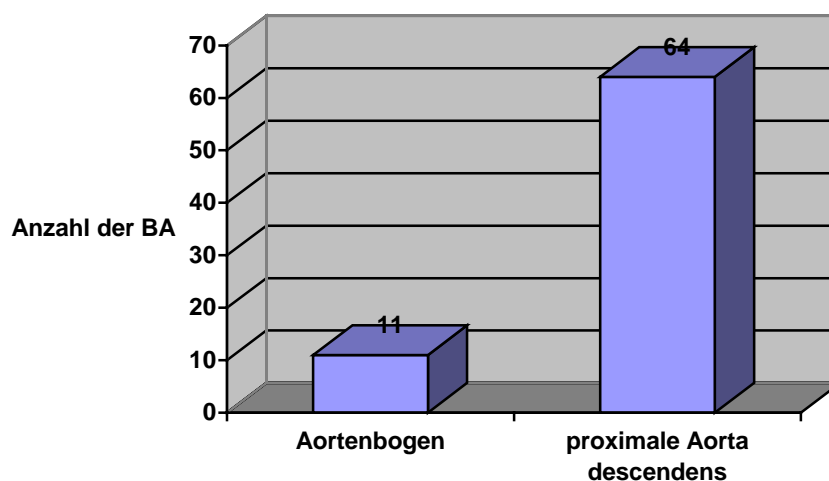


Diagramm 3 : Lokalisation der Ursprünge von Bronchialarterien aus der Aorta

Bei 60 von 85 Patienten (70,6%) war die Aorta direkter Ursprungsort mindestens einer Bronchialarterie. 13 Patienten hatten mehrere Bronchialarterien mit unmittelbarem Ursprung aus der Aorta. Bei 25 Patienten fand sich kein direkt aus der Aorta abgehendes Gefäß. Es ist auffällig, daß es fast ausschließlich (bis auf 2 Fälle) Patienten waren, bei denen nur eine einzige Bronchialarterie dargestellt werden konnte.

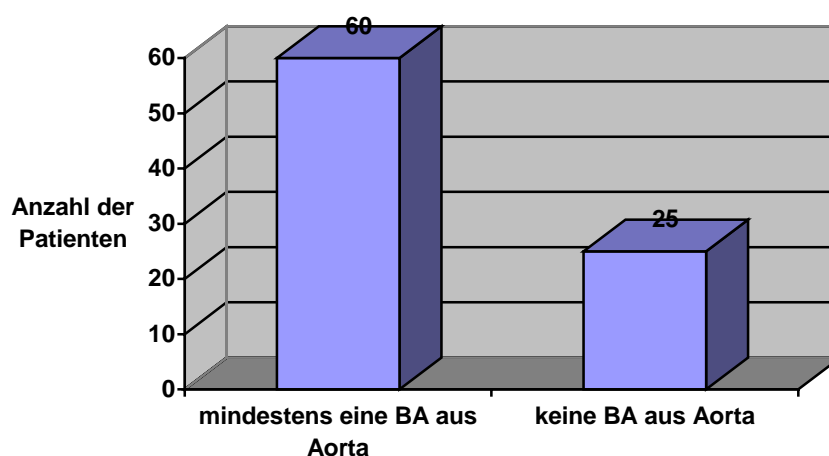


Diagramm 4: Anzahl der Patienten mit bzw. ohne Ursprung von Bronchialarterien aus der Aorta

68 Bronchialarterien entsprangen aus einem rechten Truncus intercostobronchialis. Der Abgang der Bronchialarterie befand sich also an einer Intercostalarterie. Es wurde nicht weiter unterschieden, welche Intercostalarterien hier betroffen waren.

Der rechte Truncus intercostobronchialis stellte mit 45,3% den zweithäufigsten Ursprung der dargestellten Bronchialarterien dar. Fast jedes zweite Gefäß entsprang gemeinsam mit einer Intercostalarterie. Bei Patienten mit mehreren Bronchialarterien traten auch mehrere Trunci intercostobronchiales der rechten Seite auf.

Bezüglich der Patienten zeigte sich folgende Zahlenverteilung der Trunci: bei 62 Patienten fand sich mindestens ein rechter Truncus intercostobronchialis, das entspricht 72,9%. Bei 23 Patienten (27,1%) war kein Truncus intercostobronchialis nachweisbar.

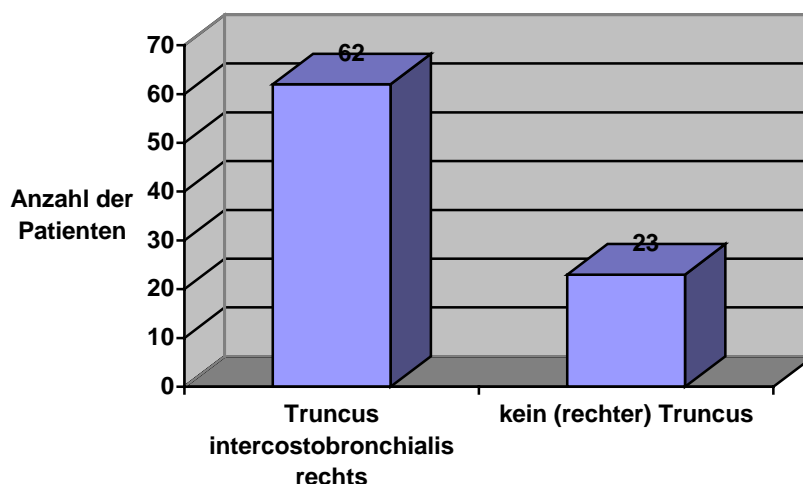


Diagramm 5: Anzahl der Patienten mit bzw. ohne Ursprung von Bronchialarterien aus dem Truncus intercostobronchialis rechts

In einem Fall fand sich ein Truncus intercostobronchialis, also eine Intercostalarterie mit zwei getrennt entspringenden Bronchialarterien.

Ein Ursprung aus einem linken Truncus intercostobronchialis konnte bei drei Bronchialarterien nachgewiesen werden (2,0% der Bronchialarterien, 2,4% der Patienten), wobei bei allen drei Fällen ebenfalls noch mindestens ein rechter

Truncus intercostobronchialis zu finden war. Alle drei Patienten hatten drei Bronchialarterien.

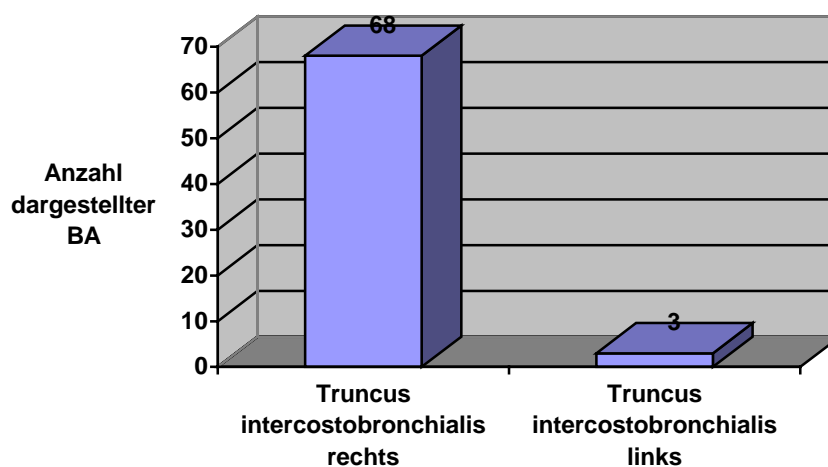


Diagramm 6: Anzahl der BA mit Ursprung aus Truncus intercostobronchialis

Seltenere Abgänge von Bronchialarterien waren dreimal die Arteria mammaria interna rechts, die bei einem Patienten den Ursprungsort zweier Bronchialarterien bildete. Prozentual ausgedrückt sind das 2,0% der Gefäße bei 2,4% der Patienten. In einem Fall ging die einzig dargelegte Bronchialarterie vom rechten Truncus thyrocervicalis ab (0,7 % der Bronchialarterien, 1,2% aller Patienten).

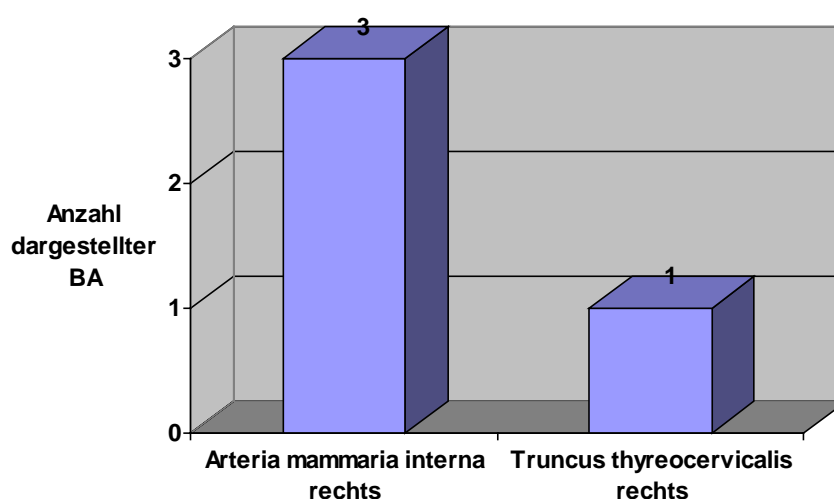


Diagramm 7: Anzahl der dargelegten BA aus atypischen Ursprüngen

Man unterscheidet Bronchialarterien mit Versorgung der rechten, der linken und beider Seiten.

Wenn deren genaue Ursprungsorte lokalisiert werden, zeigt sich, daß 68 rechte Bronchialarterien aus einem rechten Truncus intercostobronchialis entsprangen. Dies waren 81,0% aller rechten Bronchialarterien. Nur 12 entsprangen direkt aus der Aorta (14,3% der rechten Bronchialarterien mit n=84). 3 rechte Bronchialarterien entstammten aus der rechten Arteria mammaria interna (3,6% der rechten BA) und 1 rechte Arterie entsprang aus dem Truncus thyreocervicalis rechts (1,2% der rechten Bronchialarterien).

Bei den linken Bronchialarterien (n=38) ergab sich ein völlig anderes Bild. Hier entsprangen 33 Bronchialarterien unmittelbar aus der Aorta, entsprechend 86,8%. Zwei der linken Bronchialarterien kamen aus einem rechten Truncus intercostobronchialis (5,3% aller linken BA) und drei entsprangen einem linken Truncus intercostobronchialis (7,9% der linken Bronchialarterien).

Die beide Seiten versorgenden Bronchialarterien (n=28) entsprangen zu 100% direkt aus der Aorta.

Ursprungsort	rechte BA (n=84)	linke BA (n=38)	beidseitige BA (n=28)
Aorta	14,3%	86,8%	100%
Truncus intercostobronchialis rechts	81,0%	5,3%	0
IMA rechts	3,6%	0	0
Truncus thyreocervicalis rechts	1,2%	0	0
Truncus intercostobronchialis links	0	7,9%	0

Tabelle 2: Unterscheidung der Ursprungsorte nach Seiten

3.3 Seite

Die dargestellten Bronchialarterien entsprechen nicht der in der anatomischen Literatur beschriebenen Häufigkeitsverteilung in bezug auf die Lungenseiten. Hierbei ist der wesentliche Gesichtspunkt, daß häufig angiographisch hier nur eine pulmonale Seite untersucht wurde.

Bei den erstellten Angiogrammen wurden 84 rechte, 38 linke und 28 beidseitige Bronchialarterien gefunden. Prozentual betrachtet ergibt sich folgendes: 56,0% aller dargestellten Bronchialarterien versorgten ausschließlich die rechte Lungenhälfte. 25,3% der gefundenen Gefäße den linken Lungenflügel. 18,7% der Bronchialarterien versorgten beide Seiten.

Bezogen auf die einzelnen Patienten wurden bei den meisten Patienten (35,3%) nur rechtsseitige Bronchialarterien dargestellt. Die nächsthäufigere Variante (25,9%) waren sowohl mindestens eine Bronchialarterie zur rechten als auch mindestens eine Bronchialarterie zur linken Seite. Mit größerem Abstand folgte dann eine beidseitige Bronchialarterie und mindestens eine rechtsseitige (12,9% der Patienten), dann kamen die nur beidseitigen Arterien (9,4 %) gefolgt von nur linksseitigen Gefäßen (7,1%). Seltener fand man sowohl rechte, als auch linke und zusätzlich beidseitige Bronchialarterien bei demselben Patienten (5,9%). Die Kombination von beidseitigen Bronchialarterien mit zusätzlichen linken Gefäßen fand man kaum (3,5% der Patienten).

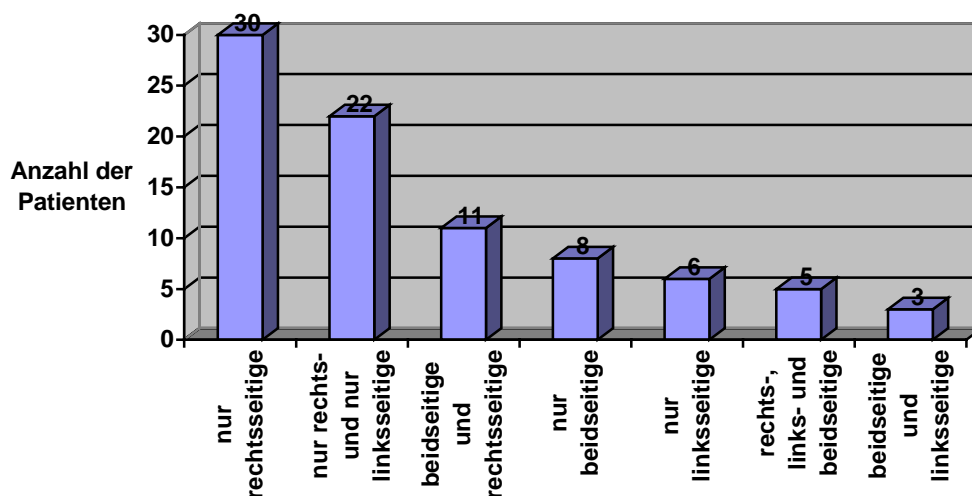


Diagramm 8: Seitenverteilung der BA bei den einzelnen Patienten

Wenn man die Seitenangabe auf die untersuchten Lungenseiten bezieht, ergibt sich folgendes Bild: bei 11 Patienten wurde aufgrund einer rechtsseitigen Erkrankung nur die entsprechende Seite untersucht. Hierbei zeigten sich bei allen 11 Fällen rechtsseitige, bei einem Fall eine linksseitige und bei 2 Fällen beidseitige Bronchialarterien. Es konnte also bei allen nur rechts untersuchten Patienten mindestens eine rechtsseitige Arterie nachgewiesen werden.

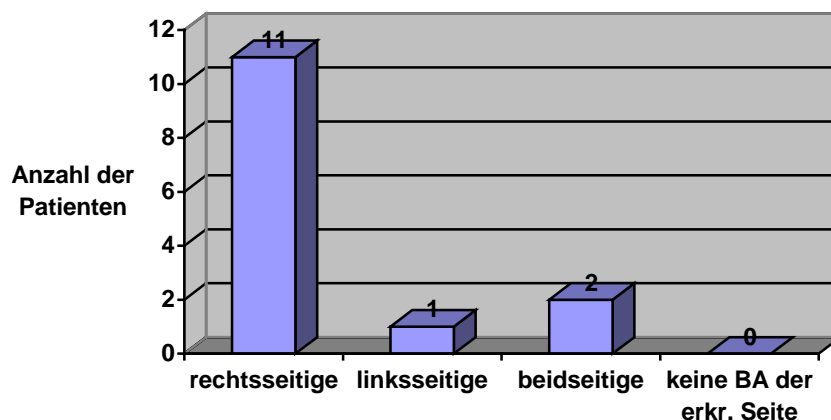


Diagramm 9: Lokalisation der Bronchialarterien bei Erkrankungen ausschließlich der rechten Seite

In der Patientengruppe, bei der die Erkrankung ausschließlich auf der linken Seite lokalisiert war (13 Patienten), ließ sich bei 10 Patienten eine linksseitige Bronchialarterie nachweisen. In 3 Fällen zeigte sich keine isolierte linksseitige Bronchialarterie. Beidseitige Bronchialarterien fanden sich bei 3 Fällen, wovon in zweien keine ausschließlich linke Arterie vorhanden war. Es ließ sich bei einem Patienten mit erkrankter linker Lungenseite gar keine linksseitige Bronchialarterie nachweisen.

Bei 10 der Patienten zeigte sich auch je mindestens eine rechtsseitige Bronchialarterie.

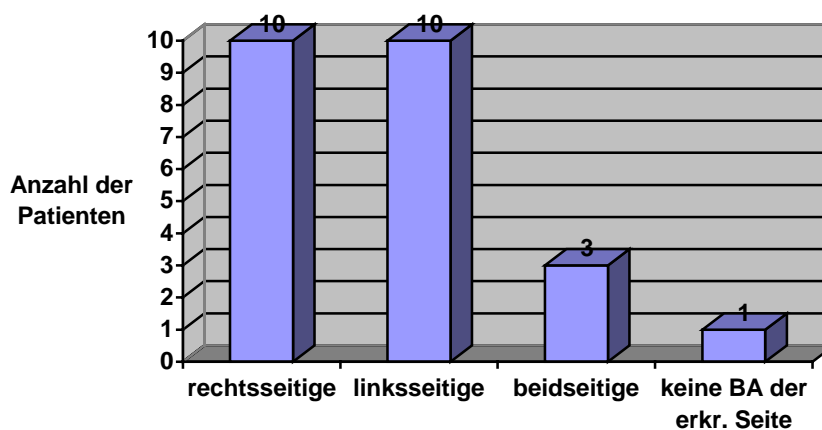


Diagramm 10: Lokalisation der Bronchialarterien bei Erkrankungen ausschließlich der linken Seite

Patienten, deren Erkrankung beide Lungenflügel betraf (n=40), hatten in 17 Fällen beidseitige Bronchialarterien. Bei 30 Patienten stellte sich mindestens eine rechtsseitige Bronchialarterie dar, bei 16 Patienten zeigte sich mindestens eine linksseitige.

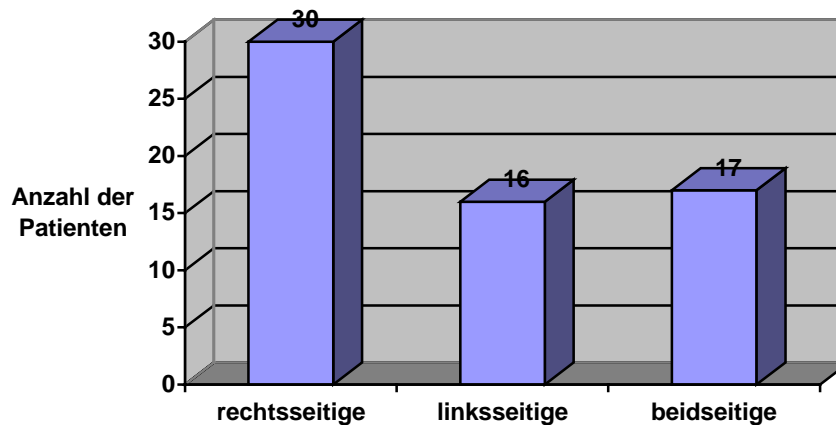


Diagramm 11: Lokalisation der Bronchialarterien bei beidseitiger Erkrankung

Bei 26 Patienten lagen keine genauen Angaben über die erkrankte und untersuchte Seite vor, so daß diese nur in der allgemeinen Statistik der Seitenverteilung berücksichtigt wurden (siehe oben).

3.4 Anastomosen

Als Verknüpfungen oder Anastomosen bezeichnet man Verbindungen von Bronchialarterien mit anderen systemisch-arteriellen Gefäßen oder untereinander.

Man kann die Verbindungen der Gefäße angiographisch dadurch erkennen, daß bei der selektiven Kontrastmittelinjektion in eine Bronchialarterie ein weiteres Gefäß ebenfalls mit kontrastiert wird.

Bei den hier durchgeführten Untersuchungen ließen sich bei 8 von 85 Patienten Anastomosen der Bronchialarterien nachweisen, dies entspricht 9,4% der untersuchten Personen.

In 3 Fällen gelang der Nachweis einer Anastomose zweier rechter Bronchialarterien. Bei 2 Patienten konnte die Verbindung einer rechten mit einer linken Bronchialarterie dargestellt werden.

In einem Fall gab es eine Verbindung vom rechten Truncus intercostobronchialis zu einer weiter kranial gelegenen rechten Intercostalarterie. Bei einem anderen Patienten bestand ebenfalls eine Verbindung zwischen rechtem Truncus intercostobronchialis und rechter Intercostalarterie, deren genaue Lokalisation im Bezug zum Truncus jedoch aus dem vorliegenden Material nicht exakt nachvollziehbar war.

Die Verknüpfung einer Bronchialarterie mit zwei Ästen zu anderen, hier topographisch nicht näher einzuordnenden, mediastinalen Gefäßen ließ sich bei einem Patienten darstellen.

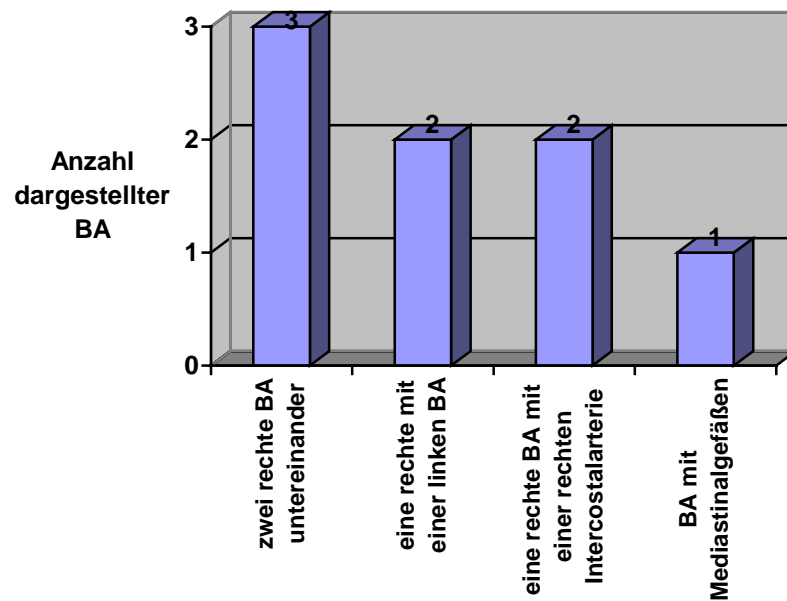


Diagramm 12: Anzahl der Verknüpfungen von Bronchialarterien

3.5 Übersichtsangiographien

Zu Beginn der Angiographien wird Kontrastmittel in den Aortenbogen injiziert. Dadurch lassen sich in vielen Fällen die Abgänge der Bronchialgefäße sowie die der Intercostalgefäße identifizieren.

Diese erste Übersicht ist für den Untersucher eine wesentliche Hilfe bei der anschließenden selektiven Katheterisierung der Ostien.

Es soll festgestellt werden, ob anhand dieser Übersichtsaufnahmen Aussagen über die tatsächliche Anzahl der Bronchialarterien gemacht werden können. Außerdem ist zu untersuchen, ob durch diese Ergebnisse Rückschlüsse auf die Morphologie pathologisch veränderter Gefäße möglich sind. Hierbei wird berücksichtigt, ob das dargestellte Gefäß in die erkrankte Region zieht.

94 der 150 dargestellten Bronchialarterien waren bereits auf der Übersichtsangiographie identifizierbar. Die anderen Arterien waren hingegen prospektiv nicht sicher abzugrenzen. Wenn man erst retrospektiv, nach erfolgter selektiver Darstellung, eine Aussage über den Abgang der Bronchialarterie im Übersichtsangiogramm machen konnte, wurde dies als nicht in der Übersicht erkennbar gezählt.

Bei 11 der 56 nicht darstellbaren Gefäße war offensichtlich wegen schlechter technischer Qualität der Übersichtsaufnahmen die Bronchialarterie nicht abgrenzbar, vor allem verursacht durch Atemartefakte.

Zur Frage, ob die Gefäße in die erkrankte Region ziehen, lassen sich die folgenden Aussagen treffen:

69 Bronchialarterien, die man auf der Übersichtsaufnahme sehen konnte, zogen mit Sicherheit in die erkrankte Region. 20 Arterien, die nicht schon auf der Übersicht zu erkennen waren, zogen ebenfalls in erkrankte Gebiete. Von den 89 Bronchialarterien, welche sicher den erkrankten Lungenbereich versorgten, wurden also 77,5% bereits auf der Aortographie entdeckt, während 22,5% erst bei der selektiven Suche zur Darstellung kamen.

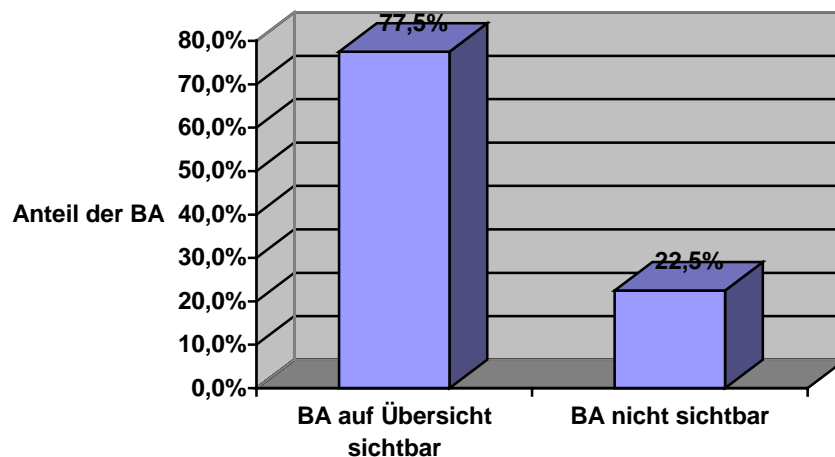


Diagramm 13: Sichtbarkeit von BA, welche in die erkrankte Region zogen, auf der Aortographie

Nicht erkrankte pulmonale Gebiete wurden von 26 Bronchialarterien versorgt. Hiervon fanden sich 4 bereits auf der Übersichtsaortographie, während 22 Gefäße nicht abgrenzbar waren. Die Arterien, welche gesunde Lungenabschnitte versorgten, ließen sich also nur in 15,4% der Fälle auf der Übersichtsaortographie abgrenzen.

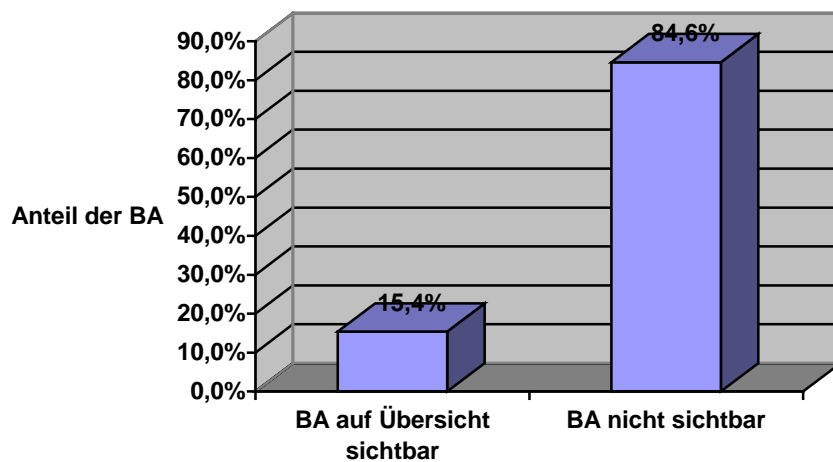


Diagramm 14: Sichtbarkeit von BA, welche nicht in die erkrankte Region zogen, in der Übersichtsaortographie

Bei 35 dargestellten Gefäßen liegen keine Angaben über die erkrankte Region vor. Von diesen Arterien ließen sich 21 auf der Übersichtsaortographie abgrenzen (60%), während 14 nicht mit Sicherheit nachweisbar waren (40%).

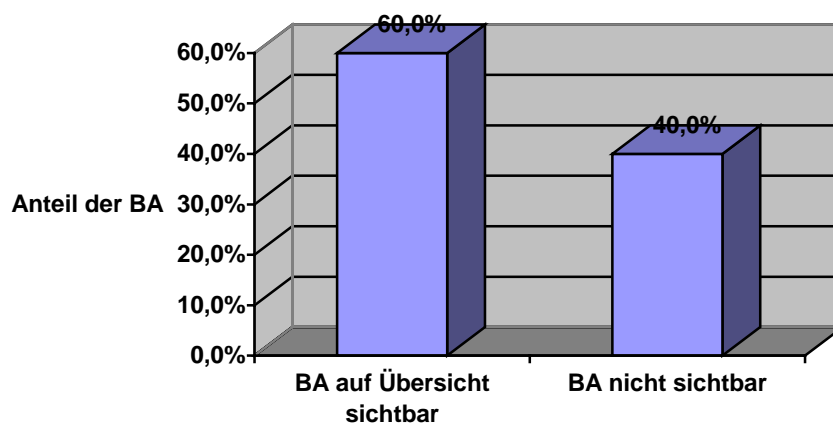


Diagramm 15: Sichtbarkeit von BA, von denen keine Angaben über die erkrankte Region vorlagen, auf der Übersichtsaortographie

4 Diskussion

Da sich bei den Untersuchungen nicht nur Abgänge von Bronchialarterien aus typischen Ursprüngen wie z.B. einem Truncus intercostobronchialis, sondern auch aus seltenen wie z.B. dem Truncus thyrocervicalis darstellten, wäre eine Erklärung für die Varianz der Ursprünge hilfreich. Hierbei soll die Embryologie der Gefäße herangezogen werden, um eventuell dadurch den Grund für die Variabilität der Ursprünge von Bronchialarterien abzuleiten.

TOBIN [45] schilderte 1952, daß die Blutversorgung von Lunge und restlichem Körper in der 8. Embryonalwoche ihre endgültige Form annimmt. Er beschrieb, daß mit der Verlagerung von Lunge und Trachea an caudalere Stellen des Rumpfes sichtbar wird, daß die Bronchialarterien der linken Seite von der Aorta entspringen und auf der rechten Seite von der A. subclavia, der höchsten Intercostalarterie oder der rechten Arteria mammaria interna (IMA).

Diese von TOBIN beschriebenen Ursprünge der Bronchialarterien kann man mit den bei dieser Untersuchung gefundenen vergleichen. Bei den eigenen Ergebnissen zeigte sich, daß rechte Bronchialarterien in 14,3% von der Aorta entsprangen. Diese Variante wurde von TOBIN nicht erwähnt. Die meisten der rechten Bronchialarterien dieser Untersuchung entsprangen aus einem rechten Truncus intercostobronchialis (81%). Die rechte Arteria mammaria interna war nur in 3,6% der Fälle Ursprungsort einer Bronchialarterie. Bei den zugrundeliegenden Untersuchungen wurde auch ein Truncus thyrocervicalis rechts als Ursprungsort gefunden. TOBIN beschrieb, daß rechte Bronchialarterien von der rechten Arteria subclavia entspringen. Dies wurde in der vorliegenden Untersuchung unmittelbar nicht gefunden, allerdings entspringt der Truncus thyrocervicalis aus der Arteria subclavia.

Wenn man die linken Bronchialarterien untersucht, zeigt sich, daß in den vorliegenden Untersuchungen, wie auch bei TOBIN, die meisten linken Arterien (86,8%) direkt aus der Aorta entsprangen. Zusätzlich fanden sich jedoch in 5,3% der Fälle Abgänge aus einem rechten Truncus intercostobronchialis sowie in 7,9% der linken Bronchialarterien ein linker Truncus intercostobronchialis als Ursprungsort. Diese Abgänge wurden ebenfalls nicht von TOBIN beschrieben.

BOYDEN hielt es für sehr wahrscheinlich, daß die Bronchialarterien de novo von der Aorta descendens entspringen, manchmal sogar schon vor der 9. Woche.

BOYDEN [4] präparierte einen Embryo mit SSL von 85mm (12. Woche). Dabei zeigte sich, daß sich die Bronchialarterien als sekundäres System entwickeln, welches auf die oberen Schichten des Bronchialbaums „gepflanzt“ ist, lange nachdem die bronchopulmonalen Segmente und ihre pulmonalarterielle Versorgung erreicht ist. Die Entstehung ist von der günstigen Entwicklung der Aorta und des Reifegrades von Trachea, Bronchien und Ösophagus abhängig. Er vermutete, daß die Nähe und das reifende Gewebe das Aussprossen der tracheobronchialen Arterie aus der Aorta induzieren.

BOYDEN beschrieb folgende Arterien:

I) *Linksseitige BA:*

I.1) Tracheobronchiale Arterien: Die höchste Bronchialarterie kommt von der dorsalen Aorta kurz unter dem Ductus arteriosus. Das besondere an dieser Arterie im Fötus ist die Verbindung zu der Mündung der ersten Intercostalarterie. BOYDEN vermutete, daß es möglich sei, daß die Bronchialarterie ihren Ursprung drehen könne und so zu einem Ast des ersten rechten Truncus intercostobronchialis wird. Embryologisch stellt sie die erste Bronchialarterie dar. Im 41mm Embryo war dies die einzige Arteriole von der Aorta zum Bronchialbaum. In einem 25mm Fötus konnten diese kleinsten Gefäße nicht nachgewiesen werden, was zu dem Schluß führte, daß eine gewisse Reife zur Entwicklung der Bronchialarterien nötig ist.

Falls diese These stimmt und sich die hier von BOYDEN beschriebene Bronchialarterie in ihrem Ursprung dreht und damit Teil eines rechten Truncus intercostobronchialis wird, so ist dies damit die Entstehung der hier am häufigsten rechts gefundenen Bronchialarterie. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen wurden bei 81% aller rechten Bronchialarterien ein Truncus intercostobronchialis gefunden.

I.2) Linke obere A. intercostobronchialis: Diese entspringt in Höhe der ersten rechten Intercostalarterie, um zum linken Oberlappenbronchus zu ziehen. Die Arterie folgt nicht den Segmentmustern der Pulmonalarterien, sondern scheint das nächstliegende Gewebe zu versorgen. Der hier gefundene Ursprung ist ungewöhn-

lich, denn nur bei 4% der CAULDWELL-Fälle [4] entsprang eine linke Bronchialarterie aus einem Truncus intercostobronchialis. In den beschriebenen Untersuchungen wurden in 5,3% der linken Bronchialarterien der Ursprung in einem rechten Truncus intercostobronchialis gesehen. Bei 7,9% der linken Bronchialarterien konnte ein linker Truncus intercostobronchialis als Ursprungsort nachgewiesen werden.

I.3.) Linke inferiore Bronchialarterie: Diese entspringt in Höhe des 5. Paares der Intercostalarterien direkt von der ventralen Aorta. Diese Bronchialarterie teilt sich in zwei Äste auf. der rechte zieht am Ösophagus vorbei und versorgt die anteriore Wand des linken Hauptbronchus. Der linke Ast zieht durch den Truncus vagus, um sich dann bei der medialen Seite des Bronchus zu gabeln. In der früheren Entwicklungszeit blockiert noch das Ganglion diesen Weg.

Diese hier beschriebene Bronchialarterie könnte die in der beschriebenen Untersuchung am häufigsten gefundene linke Bronchialarterie sein, denn in 86,8% aller linken Bronchialarterien entsprangen diese direkt aus der Aorta.

II.) *Rechte Bronchialarterien*: Präparatorisch bedingt konnten nur die Stümpfe der rechtsseitigen Bronchialarterien erhalten werden. BOYDEN vermutete, daß die von ihm gefundenen Bronchialarterien aus den ersten beiden Intercostalarterien entspringen. Im 41mm Fötus gab es noch keine Anzeichen, daß aus Intercostalarterien Bronchialarterien entspringen werden.

BOYDEN beschrieb keinen Fall, bei dem im Fötus rechtsseitige Bronchialarterien direkt aus der Aorta entspringen (immerhin 14,3% der in der vorliegenden Untersuchung dargestellten rechtsseitigen Bronchialarterien).

BOYDEN beschrieb weiterhin, daß im 25mm Fötus die Aorta völlig durch den rechten und linken Nervus vagus von den Bronchien abgetrennt ist. Auf der rechten Seite füllt die zukünftige Vena azygos den Raum zwischen rechtem Bronchus und rechter mediastinaler Pleura und verhindert so den Kontakt mit den rechten Intercostalarterien. So wird erst in der 9. Woche durch die oben genannten Faktoren das Wachstum der Bronchialarterien induziert. Anschließend wachsen die Bronchialarterien mit den Segmentbronchien in die Lungen.

BOYDEN nahm an, daß die Entwicklung des bronchialarteriellen Systems nicht abgeschlossen ist, bevor der Fötus lebensfähig ist.

Wenn man BOYDEN's Theorie der entwicklungsabhängigen Induktion zur Entstehung von Bronchialarterien zugrunde legt, stellt sich die Frage, ob sich hieraus nicht auch Erklärungen ableiten lassen, wieso es so eine große Varianz der Ursprünge gibt. Eine Möglichkeit wäre, falls zum Zeitpunkt des Aussprossens von den Bronchialarterien eine andere Arterie in diesem Bereich entlang zieht, daß dann die Bronchialarterie daran Anschluß findet. Dies würde erklären, daß Bronchialarterien Verbindung zu Intercostalarterien der Gegenseite haben oder beispielsweise aus dem Truncus thyrocervicalis (1,2% der in der beschriebenen Untersuchung rechtsseitig dargestellten Bronchialarterien) oder der Arteria mamma interna (3,6% der rechten Bronchialarterien) entspringen.

Dies könnte auch die Ursache der verschiedenen Anastomosen zwischen Bronchialarterien untereinander, sowie zwischen Bronchialarterien und anderen Gefäßen sein.

BABO [2] postulierte 1979 daß aus der vierten Kiemenbogenarterie der sogenannte Plexus peribronchialis hervorgeht, der Trachea und Bronchien umfaßt. In der vierten Embryonalwoche lassen sich laut BABO Bronchialarterien und Pulmonalarterien nachweisen. Bei der Weiterentwicklung bilden die Pulmonalarterien Verbindungen mit dem intrapulmonalen Kapillarnetz aus und gehen Anastomosen mit den Bronchialarterien ein. Diese Anastomosen bilden sich größtenteils wieder zurück.

Dies widerspricht den Aussagen von BOYDEN und JEFFERSON, daß Bronchialarterien erst ab der 9. Woche nachweisbar sind.

Die von BABO beschriebenen Anastomosen zeigen sich jedoch auch beim erwachsenen Patienten. Bei den beschriebenen Untersuchungen wurden bei 9,4% der Patienten Anastomosen der Bronchialarterien gefunden. Es kamen Verbindungen zwischen Bronchialarterien untereinander, aber auch zwischen Bronchialarterien und mediastinalen Gefäßen zur Darstellung.

In der Literatur sind zwei kontroverse Thesen bezüglich der Entwicklung von Bronchialarterien beschrieben. Einerseits sollen die Bronchialarterien nur beim Föten zur Blutversorgung wichtig sein und dort bereits das selbe Lumen wie bei Erwachsenen haben [15,26]. Zum anderen sollen sich die Bronchialarterien erst spät entwickeln [4,5] und hauptsächlich beim Erwachsenen eine wichtige Rolle bei der Blutversorgung insbesondere von Bronchien und Trachea spielen.

Keine der embryologischen Studien ist in der Lage, die Abgänge der Bronchialarterien aus den Intercostalgefäßen oder aus anderen Arterien präzise zu erklären. Die Arterien scheinen sich unabhängig voneinander zu entwickeln, so daß keine sicheren Aussagen darüber möglich sind, warum manche Bronchialarterien mit Intercostal- oder anderen Arterien entspringen und andere wiederum direkt aus der Aorta stammen.

Die von BOYDEN aufgestellten Theorien sind nicht bewiesen und wurden auch nicht durch weitere Arbeiten bekräftigt. Sie liefern jedoch anschauliche Antworten auf die Frage der verschiedenen Ursprünge und Anastomosen von Bronchialarterien.

Somit läßt sich zusammenfassend sagen, daß man aus der embryologischen Entwicklung der Bronchialarterien bisher nicht verbindlich ableiten kann, warum es so viele unterschiedliche Ursprünge bei Bronchialarterien gibt und wie die Anastomosen entstehen.

Ein wichtiger Aspekt dieser Arbeit ist der Vergleich zwischen der topographischen Anatomie und der in der beschriebenen Untersuchung gefundenen angiographischen Anatomie der Bronchialarterien. Es wird deutlich, daß aufgrund verschiedener Fragestellungen bei Präparation der Bronchialarterien einerseits und angiographischer Darstellung andererseits Unterschiede in Häufigkeit und Verteilung der Bronchialarterien zu sehen sind. Bei der Präparation wird auf alle Bronchialarterienabgänge aus der Aorta geachtet, dagegen stellt der Erhalt der Intercostalarterien und der davon abgehenden Gefäße ein präparatorisches Problem dar [4],[6]. Angiographisch stehen therapeutische Methoden im Mittelpunkt der Un-

tersuchung und nicht die umfassende anatomische Darstellung der Bronchialarterien.

Die topographische Anatomie der Bronchialarterien ist von vielen Autoren beschrieben worden. Die Reihenfolge der zitierten Artikel ist nach dem Zeitpunkt der jeweiligen Veröffentlichung gewählt.

1924 führte NAKAMURA [31] eine Untersuchung über die Abgangsstellen der Aa. bronchiales an 150 Leichenpräparaten durch. Durch seine Präparationstechnik konnten jedoch verschiedene Abgangsvarietäten wie z.B. Arteria mammaria interna, A. subclavia etc. nicht berücksichtigt werden. Es war also damals schon bekannt, daß Bronchialarterien auch aus anderen Arterien entspringen können. NAKAMURA beschrieb, daß Bronchialarterien Äste zu Ösophagus, Pericard und Bronchialdrüsen abgeben. Er unterteilte die Abgänge der Bronchialarterien in drei Typen: Typus A, bei dem die vorhandenen Aa. bronchiales unmittelbar, also direkt, aus der Aorta thoracalis entspringen, Typus B, bei dem sie teils unmittelbar und zum Teil mittelbar entspringen. Das bedeutet, daß die Bronchialarterie aus einem anderen Gefäß z.B. einer Intercostalarterie entspringt, die wiederum in der Aorta ihren Ursprung hat und andere gefundene Bronchialarterien direkt aus der Aorta entspringen. Bei Typus C entspringen Bronchialarterien ausschließlich mittelbar aus der Aorta, also über eine weitere Arterie.

NAKAMURA betonte, daß in den Fällen in denen Bronchialarterien aus Intercostalarterien entspringen, laut dem hier verwendeten Terminus also Trunci intercostobronchiales, dies immer Intercostalarterien der rechten Seite sind.

NAKAMURA fand bei 68,7% den Typus B, bei 15,3% den Typus A und bei nur 2% den Typus C. Diese Typen unterteilte NAKAMURA nochmals nach der Anzahl der gefundenen Bronchialarterien und ob sie gemeinsam oder gesondert entspringen. Dadurch ergaben sich weitere 21 Untergruppen, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll.

Wegen der mangelnden Berücksichtigung der extraaortalen Ursprünge und der Unübersichtlichkeit der Subtypen ist es schwierig, die Zahlen der Ursprünge mit dem vorliegenden Material zu vergleichen. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß NAKAMURA keine linken Trunci intercostobronchiales darstellen konnte. In den

hier beschriebenen Untersuchungen entspringen 2,0% aller dargestellten Bronchialarterien aus einem linken Truncus.

Eine sehr detaillierte Arbeit wurde 1948 von CAULDWELL [6] verfaßt. Er beschrieb, daß die Präparation der Bronchialarterien sehr schwierig ist, und sie meist nur dann bei Autopsien zur Darstellung kommen, wenn sie pathologisch verändert sind. Seine Ergebnisse resultierten aus der Präparation von 150 Leichen. CAULDWELL unterteilte 9 Typen von bronchialarterieller Versorgung:

Typennummer	Beschreibung	Häufigkeit in %
I	2 linke, 1 rechte	40,7
II	1 linke, 1 rechte	21,3
III	2 linke, 2 rechte	20,7
IV	1 linke, 2 rechte	9,3
V	3 linke, 1 rechte	4,0
VI	3 linke, 2 rechte	2,0
VII	2 linke, 3 rechte	0,7
VIII	4 linke, 1 rechte	0,7
IX	1 linke, 4 rechte	0,7

Tabelle 3: Typen nach CAULDWELL

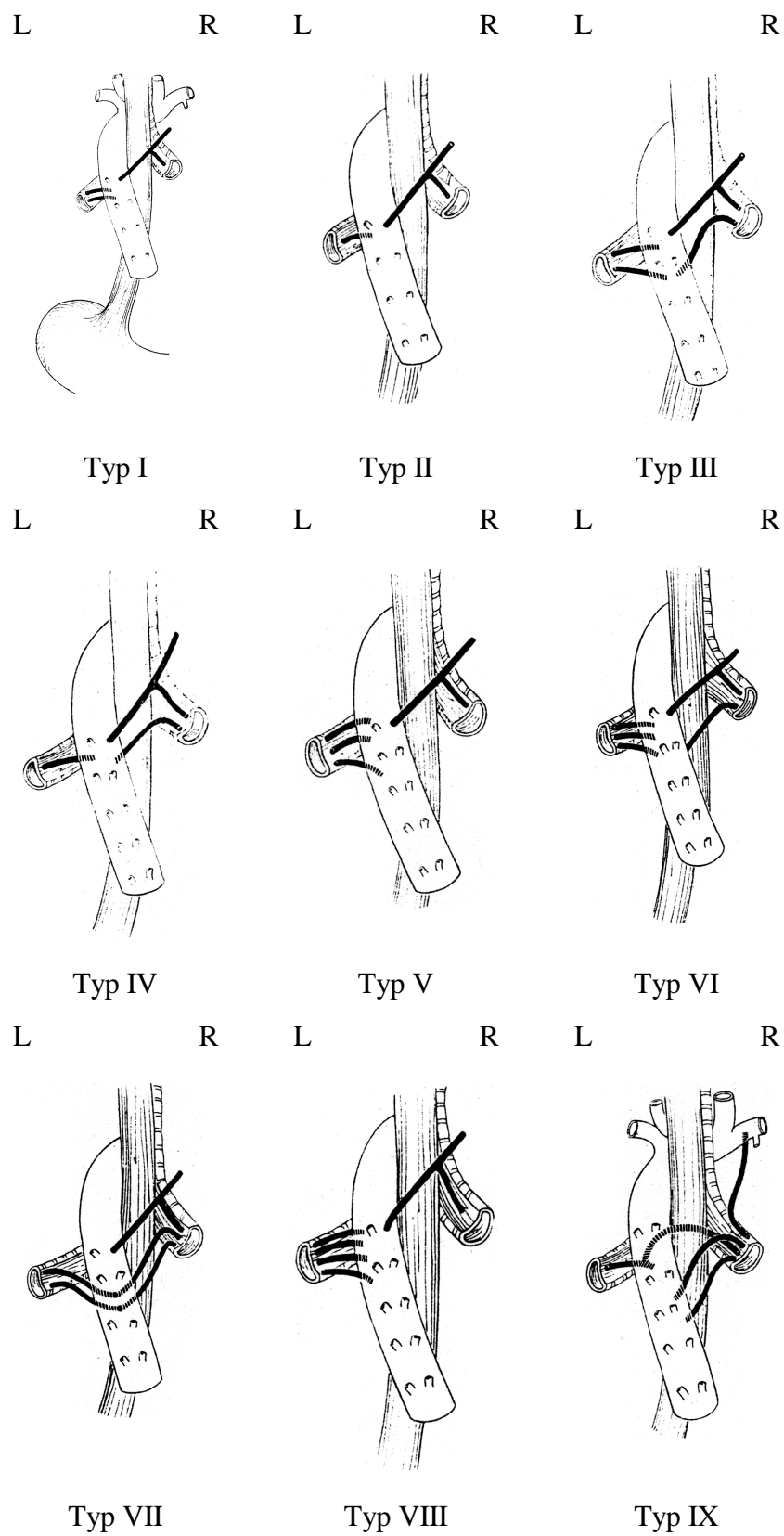


Abbildung 1: Ansicht von dorsal nach CAULDWELL (1948) [6]

Wenn man an dieser Stelle auf die Arbeit von NAKAMURA zurückgreift und diese nach dem CAULDWELL-Schema unterteilt, ergibt sich folgendes Bild:

CAULDWELL-Typ	Häufigkeit in % bei NAKAMURA
I	31,3
II	50,7
III	4,0
IV	0,7
V	3,0
VI	0,7
VII	0
VIII	0
IX	0

Tabelle 4: Verknüpfung der Ergebnisse von NAKAMURA und CAULDWELL

In CAULDWELL's Arbeit ist ein weiterer wichtiger Punkt berücksichtigt, nämlich die Abgänge der Bronchialarterien in Verbindung mit einer Intercostalarterie, sogenannte Trunci intercostobronchiales. In 88,7% seiner Fälle wurde mindestens ein Truncus intercostobronchialis nachgewiesen. In 74% der Präparate entspringen die Bronchialarterien unabhängig voneinander und nur in 26% gab es gemeinsame Stämme. Bei 2,7% der Bronchialarterien konnten Anastomosen untereinander nachgewiesen werden, bei 31,3% wurden Anastomosen zu ösophagealen Ästen gefunden.

Um die in den vorliegenden Untersuchungen dargestellten Bronchialarterien in das CAULDWELL-Schema eingliedern zu können, werden gemeinsame Stämme von Bronchialarterien welche beide Lungenseiten versorgen als 2 Bronchialarterien, also eine rechte und eine linke, gerechnet. Dabei ergibt sich folgende Tabelle:

CAULDWELL-Typ	Häufigkeit in % bei MONTAG/JOCHUM
I	5,0
II	23,0
III	4,0
IV	13,0
V	0
VI	0
VII	0
VIII	0
IX	2,0

Tabelle 5: Eigene Ergebnisse nach CAULDWELL-Schema

Der von CAULDWELL beschriebene Truncus intercostobronchialis wurde in den vorliegenden Untersuchungen bei 72,9% aller Patienten gefunden.

In 18,7% aller hier erfaßten Bronchialarterien fand sich ein gemeinsamer Stamm von Bronchialarterien, welche beide Lungenseiten versorgten.

Anastomosen zwischen 2 Bronchialarterien wurden in 3,3% aller Bronchialarterien gesehen und Anastomosen zu anderen Gefäßen ließen sich bei 2% der gefundenen Arterien nachweisen.

O'RAHILLY [35] konnte 1950 von einem Fall berichten, bei dem die rechte und die linke Bronchialarterie aus einem gemeinsamen Stamm entspringen, welcher gemeinsam mit der linken obersten Intercostalarterie von der linken Arteria subclavia entsprang. Er verwies darauf, daß bis dato nur 12 Fälle in der Literatur beschrieben waren, bei denen Bronchialarterien aus der Arteria subclavia entsprangen.

Insgesamt sieht man, daß der Ursprung von Bronchialarterien aus der Arteria subclavia eine Rarität ist. Bei den hier angefertigten Angiogrammen gab es keinen Fall, bei dem eine Bronchialarterie direkt aus der Arteria subclavia entsprang. Es gelang jedoch eine Bronchialarterie nachzuweisen, die aus dem rechten Truncus

thyrocervicalis entsprang, der seinerseits in der Arteria subclavia seinen Ursprung hat.

LIEBOW [25] fand 1965 bei seiner Studie an 50 Lungen heraus, daß bei 30% aller Fälle sogenannte Aa. bronchiales posteriores vorhanden sind. Als posteriore Bronchialarterien definierte LIEBOW Bronchialarterien, die entweder direkt von der Aorta entspringen oder aber von einem Truncus intercostobronchialis stammen. Als accessorische Bronchialarterien bezeichnet LIEBOW solche Gefäße, welche die Bronchien erreichen, jedoch von anderen Ästen (also nicht den Intercostalarterien) der Aorta entspringen. In Fällen, wo ein gemeinsamer Stamm beide Lungenseiten mit Bronchialarterien versorgt, werden diese gesondert aufgezählt. LIEBOW benutzte als Grundlage für seine Untersuchung das CAULDWELL-Schema, fügte diesem jedoch noch 4 weitere Fälle hinzu. Typ X entspricht 1 linken Bronchialarterie und 3 rechten, Typ XI zeigt 3 linke und 3 rechte, Typ XII hat 2 linke und 3 rechte und Typ XIII besitzt 4 linke und 2 rechte Bronchialarterien. Von der Häufigkeitsverteilung ergibt sich folgendes Bild:

Typ	Häufigkeit in %
I	20,0
II	10,0
III	30,0
IV	16,0
V	2,0
VI	10,0
VII	2,0
VIII	0
IX	0
X	2,0
XI	2,0
XII	4,0
XIII	2,0

Tabelle 6: LIEBOW-Schema

66% aller Fälle bei LIEBOW zeigten mindestens eine Bronchialarterie aus einem Truncus und eine direkt von der Aorta entspringend, in 26% gab es nur direkte Ursprünge aus der Aorta und 8% wiesen nur Trunci intercostobronchiales als Ursprung auf. (Zahlenvergleich NAKAMURA: 79,8; 17,8; 2,4). Das interessante bei den Bronchialarterien, welche direkt aus der Aorta entsprangen, war, daß davon über 50% aus einem gemeinsamen Stamm entsprangen, der Bronchialarterien an beide Lungen abgab.

Bei 74% der Präparate gab es mindestens einen Truncus intercostobronchialis. (CAULDWELL 88,7, NAKAMURA 81,2). Alle Trunci intercostobronchiales waren rechtsseitig, wobei bei 30% dieser Fälle eine Bronchialarterie zur linken Seite abging. 43% aller rechten Bronchialarterien entstammten von einem Truncus, wohin hingegen 84,3% aller linken Arterien direkt aus der Aorta entsprangen.

LIEBOW bezeichnete Bronchialgefäße, welche beide Lungen versorgen, als gemeinsamen Stamm. Bei 84% der Fälle zeigte sich mindestens ein gemeinsamer Stamm, wobei sich folgendes Verteilungsmuster ergab:

Lokalisation und Anzahl der gemeinsamen Stämme	Fälle in %
1 gemeinsamer Stamm mit Ursprung aus Truncus intercostobronchialis	8,0
1 gemeinsamer Stamm mit Ursprung direkt aus der Aorta	14,0
1 gemeinsamer Stamm mit Ursprung von Truncus intercostobronchialis und anderen Bronchialarterien mit separatem Ursprung	8,0
1 gemeinsamer Stamm mit Ursprung direkt von der Aorta und anderen Bronchialarterien mit separatem Ursprung	34,0
2 gemeinsame Stämme, wobei einer aus einem Truncus intercostobronchialis entspringt	12,0
2 gemeinsame Stämme, die beide direkt aus der Aorta entspringen	8,0

Tabelle 7: Lokalisation und Anzahl gemeinsamer Stämme von BA bei LIEBOW

Nach LIEBOW entspringen in schätzungsweise 2-3 % der Fälle Bronchialarterien von der A. subclavia und anderen Gefäßen. Bei seiner Untersuchung war die durchschnittliche Anzahl von Bronchialgefäßen der rechten Seite 1,9 (CAULDWELL 1,78), hingegen die der linken Seite 1,78 (zu 1,38), wobei LIEBOW meinte, dies sei eine Definitionsfrage.

Im direkten Vergleich von LIEBOW's Studie mit den eigenen Ergebnissen zeigt sich, daß drei weitere Typen beschrieben werden können, die weder von CAULDWELL noch von LIEBOW erwähnt werden. Bei 28 Patienten wurde hier nur eine rechtsseitige Bronchialarterie, bei 7 Patienten nur eine linksseitige und bei 3 Patienten 2 rechtsseitige und 0 linke Bronchialarterien gefunden. Auf den Grund der Darstellung nur einer Bronchialarterie wird an späterer Stelle eingegangen.

Die folgende Tabelle ordnet die eigenen Ergebnisse in das LIEBOW-Schema ein, wobei wiederum gilt, daß gemeinsame Stämme, die beide Lungenseiten versorgen, als 2 Bronchialarterien gerechnet werden.

Typ	Häufigkeit in %
I	5,0
II	23,0
III	4,0
IV	13,0
V	0
VI	0
VII	0
VIII	0
IX	2,0
X	2,0
XI	0
XII	0
XIII	0

Tabelle 8: Eigene Ergebnisse im LIEBOW-Schema

In 43,5% der beschriebenen Fälle zeigt sich mindestens eine Bronchialarterie aus einem Truncus intercostobronchialis und mindestens eine direkt von der Aorta entspringend. In 25,9% der Fälle gab es nur direkte Ursprünge aus der Aorta und 29,4% wiesen nur Trunci intercostobronchiales als Ursprung auf.

Die von LIEBOW beschriebene Anzahl der ausschließlich direkt aus der Aorta entspringenden Bronchialarterien deckt sich genau mit den hier vorliegenden Befunden. Die Diskrepanz zwischen den anderen beiden Fällen läßt sich ganz einfach erklären. Die hohe Zahl der Patienten mit Bronchialarterien welche ausschließlich aus einem Truncus intercostobronchialis entspringen ist dadurch bedingt, daß dies fast ausschließlich Patienten sind, bei denen nur eine Bronchialarterie dargestellt werden konnte. Das liegt nicht daran, daß diese Patienten nur eine Bronchialarterie haben, sondern daran, daß keine weiteren gesucht oder gefunden wurden.

Das ist dadurch bedingt, daß aufgrund der medizinischen Indikation häufig nur eine Lungenseite intensiv abgesucht wurde. Ein weiterer Punkt ist, daß man einfach die Intercostalarterienabgänge sondieren kann, und dabei häufig einen Truncus intercostobronchialis findet, wohingegen das Auffinden von Bronchialarterien mit direktem Abgang aus der Aorta deutlich schwieriger ist.

Man kann vermuten, daß die von LIEBOW beschriebenen Zahlen ziemlich genau mit dem vorliegenden Material übereinstimmen, wenn man unterstellt, daß die Patienten, bei denen nur ein Truncus intercostobronchialis als Ursprungsort gefunden wurde, noch mindestens eine weitere Arterie haben, die ihrerseits direkt von der Aorta entspringt.

Beim Auftreten von gemeinsamen Stämmen von Bronchialarterien (hier 28 Arterien, welche beide Seiten versorgen) konnte in 72,9% der Fälle mindestens ein zusätzlicher Truncus intercostobronchialis dargestellt werden. Hierbei ergibt sich im Gegensatz zu LIEBOW jedoch die Besonderheit, daß nicht ausschließlich rechte Trunci gefunden wurden. Bezüglich der gemeinsamen Stämme, die sowohl die rechte, als auch die linke Lungenseite versorgen, entsprechen die genannten Zahlen eher denen von CAULDWELL. Es konnten nur 18,7% aller gefundenen Bronchialarterien dieser Kategorie zugeordnet werden. Diese gemeinsamen Stämme entsprangen alle direkt aus der Aorta. Fälle wie von LIEBOW beschrieben mit Ursprüngen aus Trunci intercostales wurden nicht gefunden.

In nur 2,9% der Fälle, bei denen rechte Trunci als Ursprungsort beschrieben sind, zeigten sich im vorliegenden Material nach links abgehende Bronchialarterien. Des weiteren wurde auch mit 81% der Ursprungsort aller rechten Bronchialarterien in einem Truncus intercostobronchialis wesentlich häufiger gefunden als von LIEBOW beschrieben. Dies mag dadurch bedingt sein, daß sich angiographisch auch kurze gemeinsame Gefäßstämme gut mit Kontrastmittel anfärben, die man präparatorisch ausschließlich für eine Bronchialarterie hält und die von LIEBOW als direkt aus der Aorta entspringend beschrieben werden.

Mit dem Ursprung der linksseitigen Bronchialarterien geht die beschriebene Untersuchung wieder konform, denn es konnte in 86,8% der Fälle die Aorta als direkten Ursprung von Bronchialarterien dargestellt werden.

2,7% aller darstellbaren Bronchialarterien entsprangen von anderen als den bisher genannten Gefäßen (in der vorliegenden Untersuchung Arteria mammaria interna und Truncus thyrocervicalis). Dies entspricht den von LIEBOW beschriebenen 2-3%.

DALY [14] beschreibt in seinem Werk von 1966, daß die linke Lunge meist von zwei Bronchialarterien versorgt ist, die direkt von der Aorta entspringen. Die rechte Lunge hingegen wird meist von Bronchialarterien versorgt, die aus den Interco-stalarterien stammen. Hier werden auch Fälle beschrieben, bei denen die rechte Arteria mammaria interna oder die rechte Subclavia Ursprung ist. Schon COWPER hatte 1737 erkannt, daß es auch gemeinsame Stämme der Bronchialarterien gibt und sich diese in der Nähe der Bifurkation teilen. DALY verweist auch auf SUSLOV 1895 (vgl.[13,14]), bei dessen Untersuchung von 113 Leichen 370 Bronchialarterien gefunden wurden. Die Aorta ist als Ursprung von 62% aller Bronchialarterien angegeben, 23% der Bronchialarterien entsprangen aus der ersten rechten Interco-stalarterie, 3% von der rechten IMA, 3% von der zweiten rechten Interco-stalarterie und 2% von der rechten oberen Interco-stalarterie. Nach SUSLOV gibt es in 50% der Fälle einen gemeinsamen Stamm der Bronchialarterien für beide Lungen. Die Anzahl der Bronchialarterien variiert bei ihm zwischen zwei und sechs, wobei hier keine genauere Angabe über die Seitenverteilung gemacht wird, so daß man das

CAULDWELL-Schema nicht anwenden kann. Die Häufigkeit des Auftretens nimmt jedoch in der folgenden Reihe ab: 4>3>5>2 und 6.

SUSLOV fand also durchschnittlich 3,3 Bronchialarterien in seinen Präparaten. In den eigenen angiographischen Untersuchungen konnten im Schnitt 1,7 Bronchialarterien dargestellt werden. Diese Diskrepanz läßt sich durch zwei Faktoren erklären. Zum einen untersucht man bei der Angiographie, anders als bei anatomischen Präparaten, nicht unbedingt alle Lungenseiten gleich intensiv nach Bronchialarterien. Wenn beispielsweise bei der Indikation zur Angiographie klar ist, daß die Hämoptysen von der linken Lunge ihren Ursprung nehmen, so wird die linke Lunge besonders intensiv auf Bronchialarterien abgesucht und die rechten Bronchialgefäße allenfalls zufällig dargestellt.

Die erkrankte Seite wird also intensiver untersucht. Zum anderen weisen die Bronchialarterien auf der erkrankten Seite häufig ein größeres Kaliber auf, weil sie pathologisch verändert sind. Dadurch sind sie leichter sondierbar und häufig auch schon in der Übersichtsangiographie zu sehen.

SCHREINEMAKERS [39] führte 1990 eine anatomische Studie zur direkten Revaskularisation von Bronchialarterien bei Lungentransplantationen durch. Dabei hatte er 30 Präparate, bei denen in 93,3% mindestens eine linke Bronchialarterie von der anterioren Wand der Aorta descendens entsprang. Bei 90,0% der Fälle entsprang die rechte Bronchialarterie von einem Truncus intercostobronchialis. Es wurde hier nicht auf Bronchialarterien geachtet, welche von der Arteria subclavia oder der Arteria mammaria interna entsprangen.

SCHREINEMAKERS fand folgende Verteilungshäufigkeit: in 26,6% gab es 2 linke und 1 rechte BA, in 20% sah man 2 linke und 2 rechte. Bei 23,3% der Fälle wurden gemeinsame Stämme für rechte und linke Bronchialarterien nachgewiesen, die aus der anterioren Wand der Aorta entsprangen. Bei 16,6% der Präparate entsprang die linke Bronchialarterie aus einem rechten Truncus intercostobronchialis, wobei von diesen in 80% ein gemeinsamer Stamm für beide Lungenseiten aus diesem Truncus entspringt. Eine linke Bronchialarterie kam in keinem Fall aus

einem linken Truncus intercostobronchialis, ebenso gab es keine Fälle von rechten Bronchialarterien aus linken Intercostalarterien.

Überträgt man die von SCHREINEMAKERS gefundenen Daten auf das Schema von CAULDWELL und LIEBOW, ergibt sich die nachfolgende Tabelle:

Typ	Häufigkeit in %
I	30,0
II	13,3
III	20,0
IV	3,3
V	13,3
VI	3,3
VII	3,3
VIII	3,3
IX	0
X	0
XI	0
XII	0
XIII	3,3

Tabelle 9: Ergebnisse von SCHREINEMAKERS im LIEBOW-Schema

SCHREINEMAKERS fand bei einem Präparat nur eine rechte Bronchialarterie und bei einem 5 linke und eine rechte Bronchialarterie (3,3%). Beide Konstellationen wurden zuvor noch nicht beschrieben. Eine Verbindung von rechter Bronchialarterie und Intercostalarterie fand SCHREINEMAKERS bei 90,0%. (NAKAMURA 82,1, CAULDWELL 88,7, LIEBOW 74,0). In den hier vorliegenden Angiographien entsprangen 81% aller rechten Bronchialarterien aus einem rechten Truncus intercostobronchialis.

Bemerkenswert ist bei SCHREINEMAKERS die hohe Anzahl von gemeinsamen Stämmen, welche beide Lungenseiten versorgen und aus einem rechten Truncus intercostobronchialis entspringen. Ein solcher Fall trat bei den eigenen untersuchten Patienten kein einziges Mal auf.

Dies mag an der Definition der Bronchialarterien liegen, denn wenn einzelne Äste einer Bronchialarterie zur Gegenseite ziehen, wurden diese nicht als separate Arterien beschrieben. Sie würden definitionsgemäß nur dann erwähnt, wenn beide Äste direkt aus dem Truncus intercostobronchialis entspringen. Dies wurde nicht beobachtet.

Eine Untersuchung aus neuerer Zeit von FUNAMI [16] 1995 hatte die Anatomie der Bronchialarterien unter dem Gesichtspunkt ihrer Schonung bei der chirurgischen Therapie des Ösophaguskarzinoms zum Thema. FUNAMI untersuchte Präparate von 71 Leichen. Er unterteilte die gefundenen Arterien in drei Gruppen in Abhängigkeit ihres Ursprungs. Typ 1 waren Bronchialarterien, die von einer Intercostalarterie entsprangen. Dies war mit 93,0% die zweitgrößte Gruppe. Typ 2 waren Bronchialarterien, welche direkt von der Aorta entsprangen. Diese Gefäße wurden bei allen Leichen gefunden. Bronchialarterien des Typs 3 entsprangen von Arterien oberhalb der Trachea zum Beispiel von der Arteria thyreoidea inferior oder der rechten Arteria subclavia. Dies war mit 11,3% der Fälle die kleinste Gruppe.

Von der Häufigkeit des Auftretens der Bronchialarterien ist bei FUNAMI folgendes zu sagen: zwei Bronchialarterien wurden bei 18,3% der Leichen gefunden, 3 Gefäße zeigten sich bei 47,9% und 4-6 Arterien ließen sich bei 33,8% nachweisen. Bei 43,7% der Präparate gab es einen Truncus intercostobronchialis und 2 Bronchialarterien, die direkt aus der Aorta entsprangen. Zur genauen Seitenverteilung wurden hier keine Angaben gemacht.

Wenn man die Gruppeneinteilung von FUNAMI auf die vorliegenden Ergebnisse überträgt, ergibt sich folgendes: Typ1 (Ursprung Intercostalarterie) trat bei 72,9% aller untersuchten Patienten auf. Typ2 (Ursprung Aorta) zeigte sich bei 70,6% aller Patienten. FUNAMI beschreibt das Auftreten dieses Typs bei allen seinen Präparaten. Dies ist wiederum dadurch zu erklären, daß aufgrund der speziellen Indikation der Angiographien nicht das Hauptaugenmerk auf der Darstellung aller vorhandenen Bronchialarterien lag, so daß es einige nicht kontrastierte Gefäße gibt, die dieser Gruppe zuzurechnen wären.

Typ3 (Ursprung Arterien oberhalb der Trachea) wurde bei 3,5% der Patienten gesehen.

Die Häufigkeit der Darstellung von Bronchialarterien ergibt, daß im eigenen Material zwischen 0 und 4 Gefäßen kontrastiert wurden. In 5 Fällen konnten keine Bronchialarterien dargestellt werden, 40 mal färbte sich ein Gefäß an, 27 mal 2 Arterien, 16 mal 3 Bronchialarterien und bei 2 Patienten zeigten sich 4 Arterien.

Nach der These von KAUCZOR [23] lassen sich alle Bronchialarterien mittels DSA darstellen. In der vorliegenden Untersuchung gab es mehrere Patienten, bei denen trotz gezieltem Suchen keine Bronchialarterie angiographisch nachzuweisen war. Dies mag anfangs an der mangelnden Erfahrung gelegen haben, aber auch schwierige Untersuchungsbedingungen wie z.B. Kalkablagerungen in der Aorta können ursächlich sein. Dabei verhindern die Kalkplaques ein direktes Katheterisieren eines Gefäßes durch Einengung des Lumens oder verminderte Elastizität der Wand, welche eine korrekte Positionierung der Katheterspitze erschwert.

Der Erfahrung nach ist die DSA zwar das Mittel der Wahl zum Auffinden von Bronchialarterien und auch an Genauigkeit der Computertomographie überlegen, es gibt jedoch Fälle, bei denen auch angiographisch eine Darstellung von Bronchialarterien nicht möglich ist.

Es lassen sich Unterschiede zwischen der angiographischen Anatomie und der topographischen Anatomie feststellen. Die Ursachen liegen in der erwähnten unterschiedlichen Indikation der Untersuchungen. Bei den anatomischen Präparationen lag der Schwerpunkt auf der Suche nach allen Bronchialarterien, um deren Anzahl, Verlauf, Größe und Abfluß zu beurteilen. Hierbei wurden die Präparate intensiv begutachtet.

Die angiographische Darstellung der Bronchialarterien erfolgte unter strenger Indikationsstellung und spezieller Fragestellung, die häufig nur eine Lungenseite betraf. Dies wurde bereits ausführlich diskutiert.

Man muß jedoch Einschränkungen beachten, wenn man angiographische mit autoptischen Befunden vergleicht.

Interessant ist auch die Entwicklung der Bronchialangiographien: BOIJSEN [3] machte 1963 noch mit aufblasbaren intraaortalen Ballonkathetern Kontrastmittelluntersuchungen zur Darstellung von Bronchialarterien beim Menschen. Er fand in den meisten Fällen (95%) einen rechten Truncus intercostobronchialis. Die davon abgehende Bronchialarterie versorgte in 65% der Fälle die gesamte rechte Lunge, in den verbliebenen Fällen gab es zusätzliche Bronchialarterien für diese Seite. Die linke Bronchialarterie entsprang gewöhnlich von der anterioren Wand der Aorta descendens, selten vom Aortenbogen. Noch seltener entsprang die linke Bronchialarterie gemeinsam mit einer Intercostalarterie. In 60% der Fälle konnten 2 linke Bronchialarterien gefunden werden, in 30% eine linke und bei den verbleibenden 10% zeigten sich 3 oder 4 Bronchialarterien. Einen gemeinsamen Stamm für beide Lungen gab es nur in wenigen Fällen.

Bei 72,9% der Patienten in der vorliegenden Untersuchung konnte ein rechter Truncus intercostobronchialis dargestellt werden, wobei bei 40,3% dieser Fälle keine weitere Bronchialarterie dargestellt wurde. Man kann aus diesen Zahlen nicht erkennen, ob das daran liegt, daß keine weiteren Bronchialarterien vorhanden sind, sich keine weiteren trotz Suchen darstellten oder ob nicht mehr gezielt nach weiteren Bronchialarterien gesucht wurde.

PINET [36] beschrieb 1983 folgende anatomische Varianten als typisch für Bronchialarterien: 1) ein rechter Truncus intercostobronchialis und zwei linke Bronchialarterien, 2) ein rechter Truncus intercostobronchialis und eine linke Bronchialarterie 3) ein rechter Truncus intercostobronchialis, eine inferiore linke Bronchialarterie und ein gemeinsamer Stamm für beide Seiten, von dem eine inferiore rechte Bronchialarterie und eine superiore linke Bronchialarterie abgehen.

86,7% der rechten Bronchialarterien entsprangen von einem Truncus intercostobronchialis. Ein gemeinsamer Stamm für die rechte und linke Bronchialarterie wurde in 27,3% der Fälle gefunden. Nur bei 3,3% gab es ausschließlich den gemeinsamen Truncus, bei allen anderen existierte eine weitere Bronchialarterie. Es wurden maximal 5 Bronchialarterien entdeckt, im Durchschnitt 2,42-2,89. Bron-

chialarterien geben zahlreiche Kollateralgefäße ab z.B. zu Ösophagus und Trachea.

ARDOUIN [1] veröffentlichte 1986 eine Studie, bei der 72 Bronchialangiogramme ausgewertet wurden. Dabei kristallisierten sich 7 Verteilungstypen heraus, die besonders häufig auftraten. Die häufigste Variante war ein Truncus communis inferior rechts und links sowie ein Truncus intercostobronchialis superior rechts. Diese Konstellation wurde bei 28% der untersuchten Fälle gefunden.

In 19% fand sich ein Truncus communis, der Bronchialarterien an beide Lungen abgab. Bei 16% wurde ein rechter und ein separater linker Truncus gefunden, wobei aus dem Text keine genaue Definition des Truncus hervorgeht. Aus den Skizzen läßt sich entnehmen, daß die Bezeichnung Truncus hier für eine Bronchialarterie steht, die sich mehrfach aufteilt und vermutlich alle Segmente versorgt. Mit 14% folgt dann ein linker Truncus mit 2 Trunci zur rechten Seite, wobei einer davon mit einer Intercostalarterie entspringt (Truncus intercostobronchialis) und einer direkt von der Aorta. Es finden sich nun mit 9% ein Truncus nach rechts mit 2 Bronchialarterien nach links, gefolgt von zwei Bronchialarterien rechts und zwei linken mit 6%. In 4% der Fälle wurde ein gemeinsamer Truncus nach rechts und links, sowie eine rechte und eine linke Bronchialarterie gefunden. Zwei gemeinsame Trunci nach rechts und links sowie eine zusätzliche rechte Arterie fand ARDOUIN bei 2% und einen gemeinsamen Truncus für beide Seite und zusätzlich eine rechte und eine linken Bronchialarterie ebenfalls bei 2%.

ARDOUIN fand in keinem Fall einen linken Truncus intercostobronchialis. In 3% der Fälle konnte er Kollateralen zur Trachea nachweisen, es zeigten sich auch Äste zum Ösophagus.

Als noch nicht beschriebene Besonderheit nennt ARDOUIN das gemeinsame Auftreten eines gemeinsamen Truncus communis für beide Seiten mit einem Truncus intercostobronchialis nach rechts und zusätzlicher linker Bronchialarterie. Diese Konstellation lies sich im vorliegenden Material bei 3 Patienten nachweisen. In seinen Untersuchungen fanden sich durchschnittlich 2,3 Bronchialarterien (CAULDWELL 3,2, BOTENGA [1,40] 2,8).

Viele Autoren führen die Häufigkeit der Seitenverteilung der von ihnen dargestellten Bronchialarterien als einen wichtigen Punkt ihrer Untersuchungen auf. CLIFTON [7] fand am häufigsten 2 linke und eine rechte Bronchialarterie, beide direkt von der Aorta entspringend. VIAMONTE [47] beschrieb 1-2 rechte und 2 linke als häufigste Variante. KAHN [21] berichtete über 2-3 Arterien als Durchschnitt, wobei er keine genauen Seitenangaben machte. IKEDA [19] beschrieb in den meisten Fällen 2 rechte und 1 linke Bronchialarterien.

Das vorliegende Material mit diesen Zahlen vergleichen zu wollen kann nicht sinnvoll sein.

Alle Autoren stimmen überein, daß die Mehrzahl der rechten Bronchialarterien aus einem Truncus intercostobronchialis entspringt und die Aorta der typische Ursprung für linksseitige Bronchialarterien ist [7,19,21,47]. In der eigenen Untersuchung war der rechte Truncus intercostobronchialis mit 81% der häufigste Ursprungsort von rechten Bronchialarterien, wohingegen bei den linken Arterien die Aorta mit 86,8% überwiegt.

Die Anzahl der auf einer Seite dargestellten Bronchialarterien variiert auch in der Literatur stark. CLIFTON [7] beschreibt als Maximum 4 Bronchialarterien einer Seite. Auch VIAMONTE [47] berichtet, daß er immer zwischen einer und vier Bronchialarterien pro Seite darstellen konnte.

In der beschriebenen Untersuchung konnte immer zwischen 0 und 3 Arterien einer Seite dargestellt werden.

Seltene Abgänge werden immer wieder beschrieben. VIAMONTE [46] berichtet von Abgängen aus Truncus brachiocephalicus, Arteria subclavia, Arteria mammaria interna und Arteria pericardiacophrenica. IKEDA [19] beschrieb, daß er bei 1,8% der Patienten eine Kontrastierung der Arteria mammaria interna (IMA) durch Injektion von Kontrastmittel in eine linke Bronchialarterie darstellen konnte. HELLEKANT [17] beschrieb erstmals 1980 einen linksseitigen Truncus intercostobronchialis, den er in 2 Ebenen verifizieren konnte. 1991 wurde von COHEN [8] eine Bronchialarterie beschrieben, die aus dem linken Truncus thyrocervicalis entspringt und die rechte Lunge versorgt. COWLING [10] berichtete 1995 erstmals

über die angiographische Darstellung einer rechten Arteria subclavia bei Injektion des Kontrastmittels in eine rechte Bronchialarterie. Die oberste Intercostalarterie, die ein Ast der A. subclavia ist, anastomosiert mit der ersten, von der Aorta entspringenden Intercostalarterie. Dadurch kommt es zum Übertritt von Kontrastmittel, welches in den Truncus intercostobronchialis injiziert wird, in die A. subclavia.

Bei den eigenen Untersuchungen konnten 4 Bronchialarterien mit atypischen Ursprüngen gefunden werden. Bei 3 Arterien stellte sich die rechte Arteria mammaria interna dar und in einem Fall der Truncus thyrocervicalis.

Es konnten auch 3 linke Trunci intercostobronchiales nachgewiesen werden. Die dem linken Truncus entstammenden Arterien versorgten die linke Seite.

Ebenfalls relativ häufig werden gemeinsame Stämme für beide Lungenseiten beschrieben. VIAMONTE fand diese bei 32% seiner Fälle. IKEDA beobachtete bei 3,7% gemeinsame Stämme, PINET [36] 27,3%, COURAUD 50% und im eigenen Material ließen sich bei 32,9% der Patienten beidseitige Bronchialarterien nachweisen. Diese deutlichen Unterschiede sind durch verschiedene Definitionen der angiographisch dargestellten Bronchialarterien bedingt.

Anastomosen zwischen den einzelnen Bronchialarterien wurden ebenfalls von vielen Autoren beschrieben [19,21]. Hier konnten Anastomosen zwischen Bronchialarterien untereinander sowie zwischen Bronchialarterie und Mediastinal- bzw. Intercostalgefäßen dargestellt werden.

Bei den eigenen Untersuchungen wurde routinemäßig vor der selektiven Bronchialangiographie erst eine Übersichts- oder Aortographie durchgeführt. Bei dieser Darstellung der Aorta im thoracalen Bereich kann man häufig die Abgänge der Bronchialarterien erkennen, ohne daß man die Mündungen selektiv katheterisiert hat.

Bronchialarterien, welche pathologisch erweitert sind, lassen sich wegen der Darstellung in der Übersichtsangiographie recht leicht selektiv sondieren. Es stellt sich die Frage, ob Bronchialgefäße, die man nicht auf der Übersichtsangiographie

identifizieren kann, für die Lungenerkrankung relevant sind und aufgesucht werden müssen.

Es zeigt sich, daß 77,5% der Bronchialarterien, die in die erkrankte Region ziehen, auf der Übersichtsangiographie nachweisbar sind. Dies läßt sich durch die pathologische Erweiterung erklären. Dieser Punkt muß in weiterführenden Untersuchungen noch genauer beleuchtet werden.

Nur 22,5% der Arterien, welche in die erkrankte Region ziehen, lassen sich nicht auf der Aortographie erkennen. Wie bereits angeführt kann beispielsweise schlechte Bildqualität durch Atemartefakte die Ursache sein.

Bronchialarterien, welche die gesunde Lunge versorgen, werden nur in 15,4% der Fälle auf der Übersichtsangiographie entdeckt. Eine normale Bronchialarterie ist wegen ihres sehr zarten Lumens im Übersichtsangiogramm nur selten sichtbar. Da in einigen Fällen Arterien der erkrankten Region auf der Übersichtsangiographie nicht identifizierbar sind, muß die selektive Bronchialarteriensuche die Möglichkeit weiterer krankhaft veränderter Bronchialarterien berücksichtigen.

Auffällig ist bei der Gruppe, von der keine genaueren Angaben über die erkrankte Seite vorliegen, daß 60% der Bronchialarterien schon in der Übersichtsangiographie sichtbar sind. Es läßt sich daraus schließen, daß hier ein Großteil pathologisch veränderte Gefäße sind, die wahrscheinlich zu einer erkrankten Region ziehen.

Eine Aussage über die absolute Anzahl der Bronchialarterien kann anhand der Übersicht nicht getroffen werden. Die meisten normallumige Gefäße stellen sich hier nicht dar, sondern erst bei der selektiven Katheterisierung.

In manchen Fällen kann man die Bronchialarterie erst retrospektiv auf dem Übersichtsbild erkennen. Insgesamt ist die Aortographie zwar eine gute Möglichkeit zur ersten Orientierung, sie gibt jedoch keine erschöpfende Auskunft über die Gesamtzahl der pathologischen Bronchialarterien. Außerdem läßt schon mangelhafte Qualität der Übersichtsaufnahmen, beispielsweise durch Atemartefakte, in einigen Fällen keine sichere Aussage bezüglich der Bronchialarterien zu.

Wenn man von der These ausgeht, daß die Bronchialarterien entwicklungs- geschichtlich nur beim Föten von Bedeutung sind und im Erwachsenenalter nur wie-

dereröffnet werden, wenn pathologische Prozesse auftauchen, könnte man annehmen, daß die erkrankte Lungenseite auch mehr Bronchialarterien überhaupt aufweist, als die gesunde.

Dies läßt sich jedoch anhand der anatomischen Studien und der ausführlichen embryologischen Untersuchungen widerlegen. Es wurde gezeigt, daß die Bronchialarterien beim Erwachsenen eine wichtige Rolle bei der Versorgung von diversen Geweben spielen [15,32,33,37,38,44,45,46]. Falls durch pathologische Prozesse eine andere Blutversorgung notwendig wird, müßten Bronchialarterien de novo entstehen, da jeder Mensch eine gewisse Anzahl davon seit Geburt hat. Dies ist nicht wahrscheinlich, denn z.B. CAULDWELL und anderen Autoren müßte bei den anatomischen Untersuchungen aufgefallen sein, daß die Anzahl der Bronchialarterien auf der erkrankten Lungenseite größer ist, als die der anderen.

Somit läßt sich sagen, daß die angiographische Anzahl der Bronchialarterien der erkrankten Lungenseite höher ist, weil sich die erweiterten Bronchialarterien einfacher darstellen [22,41] und die Seite intensiver abgesucht wird. Die tatsächliche Anzahl der Gefäße ändert sich nicht.

Im Schnitt fanden sich bei den vorliegenden Untersuchungen 1,7 Bronchialarterien. LIEBOW [25] fand bei seinen anatomischen Studien durchschnittlich 3,7, CAULDWELL [6] 3,2. PINET [36] konnte angiographisch 2,4-2,9 Bronchialarterien finden, ARDOUIN [1] 2,3.

Diese unterschiedliche Zahlenangabe ist einerseits durch sehr gezielte Indikationsstellung der Bronchialarteriographie bei genauer Seitenangabe zu erklären. Das heißt, daß bei den hier beschriebenen Untersuchungen nicht das Ziel war, alle Bronchialarterien darzustellen, sondern die der erkrankten Seite um evtl. therapeutisch tätig zu werden.

Andererseits spielt die Definition von Bronchialarterien eine große Rolle, denn Gefäße, die andere Untersucher als Bronchialarterien werten, entsprechen nicht der hier genannten Definition. Arterien, die nicht zweifelsfrei entlang der Bronchien zogen, wurden in der beschriebenen Untersuchung nicht als Bronchialarterien gewertet.

Autor	anatomische Studie: Anzahl der BA	angiographische Studie: Anzahl der BA
Liebow	3,7	
Cauldwell	3,2	
Pinet		2,4-2,9
Ardouin		2,3
Montag/Jochum		1,7

Tabelle 10: Vergleich der Anzahl der BA von Anatomie und Angiographie

Die Anzahl der Bronchialarterien variierte hier zwischen 0 bis 4 pro Patient, wobei am häufigsten 1 Bronchialarterie dargestellt werden konnte. Die Reihenfolge der Häufigkeiten sieht folgendermaßen aus: 1>2>3>0>4.

In der Literatur wird nur bei SUSLOV eine solche Unterteilung nach Häufigkeit gemacht. Er fand bei seinen Präparaten 4>3>5>2 und 6 [13,27].

Es zeigt sich auch hier wieder, daß aus den mehrfach erwähnten Gründen die Anzahl der gefundenen Bronchialarterien bei anatomischen Studien nicht mit der vorliegenden angiographischen Untersuchungen gleichsetzt werden kann.

Wenn man sich nun die Verteilung der Bronchialarterien in bezug auf die untersuchte Lungenseite anschaut, zeigt sich, daß mindestens eine rechte Bronchialarterie in allen Fällen von Erkrankungen der rechten Lunge dargestellt werden konnte. Bei 2 Fällen zeigte sich zusätzlich eine beidseitige Bronchialarterie und nur in einem einzigen Fall färbte sich bei der gezielten rechtsseitigen Untersuchung eine linke Bronchialarterie an.

Bei Erkrankungen der linken Lungenseite konnte in einem Fall trotz gezielten Suchens eine linksseitige Bronchialarterie nicht dargestellt werden. Bei 10 dieser 13 Fälle konnte eine linksseitige Bronchialarterie nachgewiesen werden und bei 2 Patienten zeigte sich ausschließlich eine beidseitige Bronchialarterie. In einem Fall konnte eine linksseitige Bronchialarterie und eine beidseitige Bronchialarterie nachgewiesen werden.

Wenn man davon ausgeht, daß in der Regel jeder Lungenlappen entlang seines Lappenbronchus auch von mindestens einer Bronchialarterie versorgt wird, läßt

sich erklären, warum man angiographisch rechts mehr Bronchialarterien finden kann als links. Der rechte Lungenflügel ist in drei Lappen eingeteilt, wobei der Oberlappen ein deutlich geringeres Volumen hat als der Unterlappen. Deshalb findet man auch schwieriger Bronchialarterien, die zum Oberlappen ziehen, da diese aufgrund der geringen zu versorgenden Gewebemasse nur sehr zart sind. Da jedoch rechte Bronchialarterien meist aus Trunci intercostobronchiales entspringen und sich diese aufgrund des weiteren Ostiums leichter mit Kontrastmittel anfärben, werden rechte Bronchialarterien angiographisch leichter dargestellt. Dies erklärt auch, warum in anatomischen Studien häufig mehr linke als rechte Bronchialarterien gefunden wurden. Wenn sich im Normalfall die Lumina der linksseitigen Bronchialarterien und die der rechten Mittel- und Unterlappenbronchialarterie gleichen, kann dabei leicht eine kleine Oberlappenarterie nicht als solche erkannt werden. Außerdem entspringen viele rechtsseitige Bronchialarterien von rechten Trunci intercostobronchiales, was leicht bei der Präparation übersehen werden kann.

In der krankhaft veränderten Lunge stellt sich dies dahingehend verändert dar, daß man auf der erkrankten Seite mehr Bronchialarterien findet, als auf der gesunden, weil die erkrankte Seite intensiver abgesucht wird und die Bronchialarterien wegen ihrer pathologischen Erweiterung einfacher darzustellen sind.

Bei linksseitigen Erkrankungen zeigten sich auch häufig rechte Trunci intercostobronchiales. Dies ist dadurch bedingt, daß sich die Intercostalarterien wie oben erwähnt bereits häufig gut mit Kontrastmittel anfärben, und somit die davon abgehenden Bronchialarterien ebenfalls zur Darstellung kommen. Außerdem zeigte sich auch bei 5,3% der linken Bronchialarterien ein Abgang aus einem rechten Truncus intercostobronchialis, während keine rechtsseitige Bronchialarterie von der linken Seite entsprang. Es empfiehlt sich also bei Angiographien, welche bei linksseitigen Erkrankungen durchgeführt werden, auch rechte Trunci intercostobronchiales selektiv darzustellen.

In 27 Fällen konnte ein gemeinsamer Stamm einer Bronchialarterie für beide Seiten nachgewiesen werden. Diese Stämme hatten alle ihren Ursprung direkt aus der Aorta. Fälle, wie von LIEBOW [25] und SCHREINEMAKERS [39] beschrieben, bei

denen einige gemeinsame Stämme von Intercostalarterien entsprangen, wurden hier nicht gefunden. Es konnte auch nur maximal ein gemeinsamer Stamm für beide Seiten dargestellt werden.

Besonderheiten bei den ausgewerteten Angiographien sind in 2% der Fälle linke Trunci intercostobronchiales, welche sonst als außerordentliche Rarität gelten. Dafür zeigten sich wesentlich weniger Anastomosen zwischen den Bronchialarterien beider Seiten, als in der Literatur beschrieben. Wenn selektiv Bronchialarterien angiographisch dargestellt werden, ist es möglich, daß die Menge des Kontrastmittels wegen der Verdünnung mit Blut nicht ausreicht, um die zartlumigen Anastomosen ausreichend zu kontrastieren.

Eine weitere Besonderheit ist ein Truncus intercostobibronchialis, also ein Stamm einer Intercostalarterie mit zwei davon abgehenden Bronchialarterien. Diese Variante ist bisher nicht in der Literatur beschrieben worden.

Betrachtet man nun abschließend schematisch die anatomischen und angiographischen Studien vergleichend mit den vorliegenden Ergebnissen, ergibt sich folgende Tabelle:

	anatomische Studie	Autor	angiographische Studie	Autor	eigene Ergebnisse
Ursprung der BA	in 100% mindestens 1 BA aus Aorta	Funami [16]	re BA in 100% aus Truncus	Miyazawa [30]	81% re BA aus Tr. intercostobr. re, 86,8% li BA aus Aorta
	93,3% li BA aus Aorta, 90% re BA aus Truncus	Schreinemakers [39]	re BA in 86,7% aus Truncus	Pinet [36]	
	in 88,7% Truncus intercostobronchialis	Cauldwell [6]	re BA in 84% aus Truncus, li BA meist aus Aorta	Ikeda [19]	
	66% Truncus intercostobronchialis plus Aorta	Liebow [25]	re BA meist Truncus, li BA meist Aorta	Viamonte [47]	
	62% Aorta	Suslov [14]	meist Aorta	Clifton [7]	
	meist Aorta	Miller [27]			
Durchschnittliche Anzahl der BA	ca. 4	Funami	2,42-2,89	Pinet [36]	1,7
	3,3	Suslov	2,3	Ardouin [1]	
	3,2	Cauldwell [6]	2-3	Kahn [21]	
	3	Miller [27]			
	2,8	Botenga [1],[40]			
	2	Marchand [26]			

	anatomische Studie	Autor	angiographische Studie	Autor	eigene Ergebnisse
Verteilung der BA	in 40,7% 2 li, 1 re	Cauldwell	in 60% 2 li BA	Boijesen [3]	in 35,3% der Pat nur re BA
	in 30% 2 li, 2 re	Liebow	meist 2 li, 1-2 re	Viamonte	
	in 26,6% 2 li, 1 re	Schreinemakers	meist 2 li, 1 re	Clifton	
	meist 2 li, 1 re	Miller	meist 1 li, 2 re	Ikeda	
	meist 1 li, 1 re	Marchand			
gemeinsame Stämme	84% der Fälle	Liebow	50%	Couraud [9]	31,1%
	50% der Fälle	Suslov	32%	Viamonte	
	26% der Fälle	Cauldwell	27,3%	Pinet	
	23,3% der Fälle	Schreinemakers	3,7%	Ikeda	
	Einzelfälle	Marchand	häufig	Clifton	
			selten	Boijesen	
Anastomosen	2,7% zwischen den BA	Cauldwell	häufig zwischen den BA	Kahn [21]	9,4% der Fälle
			häufig zwischen den BA	Ikeda	

Tabelle 11: Vergleich Anatomie, Angiographie und eigene Ergebnisse

5 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war die umfassende Darlegung der Anatomie von Bronchialarterien anhand angiographischer Untersuchungen. Nach einer historischen Einordnung der Forschung über dieses Gebiet wird auf die untersuchten 90 Patienten sowie die bei diesen vorgenommenen 99 Angiographien eingegangen.

Im Ergebnisteil werden die 150 dargestellten Bronchialarterien nach verschiedenen Gesichtspunkten analysiert und zwar nach Anzahl, Ursprung, Seite und Anstomosen. Hierbei zeigt sich, daß 81,0% der rechten Bronchialarterien von einem rechten Truncus intercostobronchialis entspringen, 86,8% aller linken hingegen direkt aus der Aorta kommen. Beidseitige Bronchialarterien entstammen in 100% der Fälle der Aorta. Weiterhin können einige atypische Ursprünge beschrieben werden wie die IMA re (3,6%), der Truncus thyrocervicalis rechts (1,2%) und der Truncus intercostobronchialis links (7,9%). Es kann ein noch nicht in der Literatur beschriebener Truncus intercostobronchialis aufgezeigt werden.

Auf der erkrankten Lungenseite werden mehr Bronchialarterien gefunden als auf der gesunden. So ist bei rechtsseitiger Erkrankung der Lunge das Verhältnis der rechten zu linken Bronchialarterien 13:3. Die Gründe dafür sind zum einen pathologisch erweiterte Gefäße, die sich leichter darstellen lassen, und zum anderen das vorrangige Absuchen der erkrankten Lungenseite.

In der Übersichtsangiographie werden bereits 77,5% der Bronchialarterien dargestellt, welche in die erkrankte Region ziehen. Dagegen werden 84,6% der Gefäße, welche die gesunde Pulmo versorgen, erst bei der selektiven Darstellung entdeckt. Die Aortographie erlaubt eine erste orientierende Darstellung, kann jedoch nicht zur alleinigen Suche aller Bronchialarterien dienen, so daß weiterhin ein gezieltes Aufsuchen von Bronchialarterien an ihren typischen Abgängen nötig ist.

Aus embryologischen Studien ergeben sich keine allgemeingültigen Erklärungen für die große Varianz der bronchialarteriellen Ursprünge. Es erscheint nicht plausibel, daß Bronchialarterien bei pathologischen Prozessen zusätzlich entstehen, vielmehr passen sie sich vor allem durch Kaliberzunahme dem erhöhten Perfusionsbedarf an.

Im Vergleich mit der Literatur lassen sich in den vorliegenden Angiographien weniger Bronchialarterien (Durchschnitt 1,7) als bei anderen Autoren nachweisen. Dies liegt an den speziellen Indikationen der Untersuchungen.

Aus den vorliegenden Ergebnissen kann man schließen, daß für die Angiographien der Bronchialarterien zuerst eine orientierende Übersichtsaortographie durchgeführt werden sollte. Dann jedoch müssen die Bronchialarterien selektiv katheterisiert werden, um weitere Aussagen über deren Morphologie machen, aber auch um interventionell-therapeutisch tätig werden zu können. Auch muß die erkrankte Seite intensiver abgesucht werden. Dabei zeigt sich, daß bei rechtsseitigen Erkrankungen besonders nach Abgängen aus den Trunci intercostobronchiales gesucht werden sollte, während bei linksseitigen Erkrankungen die Ursprünge der Bronchialarterien vorwiegend in der Aorta zu lokalisieren sind.

6 Literaturverzeichnis

- [1] ARDOUIN, L., CAUBARRERE, I., TOTY, L., BERNARD, A. (1986):
Variations de la distribution des artères bronchiques.
Radiology 67(2), 83-86.
- [2] BABO, H.V., MÜLLER, K.-H. G., HUZLY, A., BOSNJAKOVIC-
BÜSCHER, S. (1979):
Die Bronchialarteriographie bei Erkrankungen der Lunge.
Radiologe 19, 506-513.
- [3] BOIJSEN, E., ZSIGMOND, N. (1965):
Selective angiography of bronchial and intercostal arteries.
Acta Radiol Diagn (Stockh) 3, 513-528.
- [4] BOYDEN, E.A. (1970):
The developing bronchial arteries in a fetus of the twelfth week.
Am J Anat 129, 357-368.
- [5] BOYDEN, E.A. (1970):
The time lag in the development of bronchial arteries.
Anat Rec 166, 611-614.
- [6] CAULDWELL, E.W., SIEKERT, R.G., LININGER, R.E., ANSON, B.J.
(1948):
The bronchial arteries – an anatomic study of 150 human cadav-
ers.
Surg Gynecol Obstet 86, 395-412.
- [7] CLIFTON, E.E., MAHAJAN, D.R. (1963):
Technique for visualization and perfusion of bronchial arteries:
Suggested clinical and diagnostic applications.
Cancer 16(4), 444-452.
- [8] COHEN, A.M., ANTOUN, B.W., STERN, R.C. (1992):
Left thyrocervical trunk bronchial artery supplying right lung:
Source of recurrent hemoptysis in cystic fibrosis.
AJR Am J Roentgenol 158, 1131-1133.

-
- [9] COURAUD, L., BAUDET, E., MARTIGNE, C., ROQUES, X., VELLY, J.-F., LABORDE, N., DUBREZ, J., CLERC, F., DROMER, C., VAL-LIERES, E. (1992):
Bronchial revascularization in double-lung transplantation: A series of 8 patients.
Ann Thorac Surg 53, 88-94.
- [10] COWLING, M.G., BELLI, A.-M. (1995):
A potential pitfall in bronchial artery embolization.
Clin Radiol 50, 105-107.
- [11] CUDKOWICZ, L. (1953):
Leonardo da Vinci and the bronchial circulation.
Br J Dis Chest 47, 23-26.
- [12] CUDKOWICZ, L. (1968):
The human bronchial circulation in Health and Dis-
ease. Baltimore: Williams and Wilkins,
s. bes. S. 1-27.
- [13] CUDKOWICZ, L. (1979):
Bronchial arterial circulation in man: Normal anatomy and re-
sponses to disease.
In: Moser, K.M. (Ed.): Pulmonary vascular diseases. Lung Biol-
ogy in Health and Disease. Vol. 14;. New York: Dekker;
S. 111-231.
- [14] DALY, I. DEBURGH, HEBB, C. (1966):
Pulmonary and Bronchial Vascular Systems. London: Arnold.
- [15] ELLIS, F.H., GRINDLAY, J.H., EDWARDS, J.E. (1951):
The bronchial arteries.
Surgery 30(5), 810-826.

-
- [16] FUNAMI, Y., OKUYAMA, K., SHIMADA, Y., ISONO, K. (1996):
Anatomic study of the bronchial arteries with special reference
to their preservation during the radical dissection of the upper
mediastinum lymph nodes.
Surgery 119(1), 67-75.
- [17] HELLEKANT, C., TYLEN, U. (1980):
Left-side intercostobronchial trunk: A rare anomaly.
AJR Am J Roentgenol 134, 590-591.
- [18] HICKEY, N. M., PETERSON, R.A., LEECH, J.A., CHAMBERS, R.J.,
SHAMJI, F.M. (1988):
Percutaneous embolotherapy in life-threatening hemoptysis.
Cardiovasc Intervent Radiol 11, 270-273.
- [19] IKEDA, M., NEYAZAKI, T., CHIBA, S., YONETI, M., SUZUKI, C.
(1968):
Bronchial vascular pattern of various pulmonary diseases, with
particular emphasis on its diagnostic value in pulmonary cancer.
J Thorac Cardiovasc Surg 55(5), 642-652.
- [20] JEFFERSON, K., REES, S., SOMERVILLE, J. (1972):
Systemic arterial supply to the lungs in pulmonary atresia and its
relation to pulmonary artery development.
Br Heart J 34, 418-427.
- [21] KAHN, P.C., PAUL, R.E., RHEINLANDER, H.F. (1965):
Selective bronchial arteriography and intra-arterial chemother-
apy in carcinoma of the lung.
J Thorac Cardiovasc Surg 50(5), 640-647.
- [22] KAUCZOR, H.-U., CAGIL, H., FISCHER, B., SCHWICKERT, H.C.,
MILDENBERGER, P. (1994):
CT-Angiographie der Bronchialarterien.
Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 160(5),
477-479.

-
- [23] KAUCZOR, H.-U., FISCHER, B., CAGIL, H., WILHELM, K.,
MILDENBERGER, P., SCHILD, H.H. (1994):
Computertomographie der Bronchialarterien vor und nach Em-
bolisation.
Pneumologie 48, 395-399.
- [24] KAUCZOR, H.-U., SCHWICKERT, H.C., MAYER, E., SCHWEDEN,
F., SCHILD, H.H., THELEN, M. (1994):
Spiral CT of bronchial arteries in chronic thromboembolism.
J Comput Assist Tomogr 18(6), 855-861.
- [25] LIEBOW, A.A. (1965):
Patterns of origin and distribution of the major bronchial arteries
in man.
Am J Anat 117, 19-32.
- [26] MARCHAND, P., GILROY, J.C., WILSON, V.H. (1950):
An anatomical study of the bronchial vascular system and its
variations in disease.
Thorax 5, 207-221.
- [27] MILLER, W.S. (1947):
The Lung. 2. Ed.. Springfield, Ill.:
C. C. Thomas.
- [28] MILLS, N.L., BOYD, A.D., GHERAN PONG, C. (1970):
The significance of bronchial circulation in lung transplantation.
J Thorac Cardiovasc Surg 60(6), 866-878.
- [29] MITZNER, W., WAGNER, E. (1992):
On the purported discovery of the bronchial circulation by Leo-
nardo da Vinci.
J Appl Physiol 73(3), 1196-1201.

-
- [30] MIYAZAWA, K., KATORI, R., ISHIKAWA, K., YAMAKI, M., KOBAYASHI, Y., TSUIKI, K., MATSUNAGA, A., NAKAMURA, T. (1970):
Selective bronchial arteriography and bronchial blood flow: Correlative study.
Chest 57(5), 416-422.
- [31] NAKAMURA, N. (1924):
Zur Anatomie der Bronchialarterien.
Anat Anz 58, 508-517.
- [32] NATHAN, H., ORDA, R., BARKEY, M. (1970):
The right bronchial artery: Anatomical considerations and surgical approach.
Thorax 25, 328-333.
- [33] NEWTON, T.H., PREGGER, L. (1965):
Selective bronchial arteriography.
Radiology 84, 1043-1051.
- [34] NEYAZAKI, T. (1962):
A method for arteriography of the bronchial artery.
Jpn Heart J 3, 523-536.
- [35] O'RAHILLY, R., DEBSON, H., SUMMERFIELD KING, T. (1950):
Subclavian origin of bronchial arteries.
Anat Rec 108, 227-238.
- [36] PINET, F., FROMENT, J.C. (1983):
Angiography and embolization of the thoracic systemic arteries.
In: Abrams, H.L. (Ed.): *Abrams Angiography*. 8. Ed.. Boston: Little, Brown. S. 846-848.
- [37] PUMP, K.K. (1963):
The bronchial arteries and their anastomoses in the human lung.
Dis Chest 43(3), 245-255.

-
- [38] PUMP, K.K. (1972):
Distribution of bronchial arteries in the human lung.
Chest 62(4), 447-451.
- [39] SCHREINEMAKERS, H.H.J., WEDER, W., MIYOSHI, S., HARPER, B.D., SHIMOKAWA, S., EGAN, T.M., MCKNIGHT, R., COOPER, J.D. (1990):
Direct revascularization of bronchial arteries for lung transplantation: An anatomical study.
Ann Thorac Surg 49, 44-54.
- [40] SCHULZ, V., WEIGAND, H., FERLINZ, R. (1984):
Bronchialarterielle Zytostatikaperfusion des Bronchialkarzinoms.
Prax Klin Pneumol 38, 357-365.
- [41] SCHWICKERT, H.C., KAUCZOR, H.-U., SCHWEDEN, F., SCHILD, H.H. (1994):
Anatomie der Bronchialarterien-Darstellung mit der Spiral-CT.
Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 160(6), 506-512.
- [42] SHERRIER, R.H., CHILES, C., NEWMAN, G.E. (1989):
Chronic multiple pulmonary emboli: Regional response of the bronchial circulation.
Invest Radiol 24(6), 437-441.
- [43] STOLL, J. F., BETTMANN, M. A. (1988):
Bronchial artery embolization to control hemoptysis: A review.
Cardiovasc Intervent Radiol 11, 263-269.
- [44] TADAVARTHY, S.M., KLUGMAN, J., CASTANEDA-ZUNIGA, W.R., NATH, P.H., AMPLATZ, K. (1982):
Systemic-to-pulmonary collaterals in pathological states: A review.
Radiology 144, 55-59.

- [45] TOBIN, C.E. (1952):
The bronchial arteries and their connections with other vessels in the human lung.
Surg Gynecol Obstet 95, 741-750.
- [46] VIAMONTE, M. (1964):
Selective bronchial arteriography in man. Preliminary report.
Radiology 83, 830-839.
- [47] VIAMONTE, M., PARKS, R.E., SMOAK, W.M. (1965):
Guided catheterization of the bronchial arteries.
Radiology 85(2), 205-230.
- [48] WHOLEY, M. H., CHAMORRO, H. A., RAO, G., FORD, W.B.,
MILLER, W. H. (1976):
Bronchial artery embolization for massive hemoptysis.
JAMA 236(22), 2501-2504
- [49] WORRELL, J.A., CARROLL, F.E., DON, C.J., LOYD, J.E., MOORE,
D.E., PARKER, R.E., MAZER, M.J. (1992):
Hydrostatic pulmonary edema in sheep: Effects of bronchial artery embolization on the plain chest radiograph.
Invest Radiol 27(12), 1035-1039

7 Anhang

7.1 Abkürzungsverzeichnis

A.	=Arteria
Aa.	=Arteriae
BA	=Bronchialarterie/ -arterien
bds.	=beidseits
CT	=Computertomographie
DSA	=Digitale Subtraktionsangiographie
IMA	=internal mammarian artery =Arteria mammaria interna
li.	=links
re.	=rechts
SSL	=Scheitel-Steiß-Länge
vgl.	=vergleiche

7.2 Tabellen

Tabelle 1: Ursprungsorte der Bronchialarterien	12
Tabelle 2: Unterscheidung der Ursprungsorte nach Seiten	16
Tabelle 3: Typen nach CAULDWELL	30
Tabelle 4: Verknüpfung der Ergebnisse von NAKAMURA und CAULDWELL	32
Tabelle 5: Eigene Ergebnisse nach CAULDWELL-Schema	33
Tabelle 6: LIEBOW-Schema	34
Tabelle 7: Lokalisation und Anzahl gemeinsamer Stämme von BA bei LIEBOW ..	35
Tabelle 8: Eigene Ergebnisse im LIEBOW-Schema.....	36
Tabelle 9: Ergebnisse von SCHREINEMAKERS im LIEBOW-Schema.....	40
Tabelle 10: Vergleich der Anzahl der BA von Anatomie und Angiographie	49
Tabelle 11: Vergleich Anatomie, Angiographie und eigene Ergebnisse	53
Tabelle 12: Rohdatenmaterial.....	67

7.3 Diagramme

Diagramm 1: Altersverteilung der untersuchten Patienten, Altersangabe in Jahren7	
Diagramm 2: Anzahl der angiographisch dargestellten Bronchialarterien pro Patient.....	11
Diagramm 3 : Lokalisation der Ursprünge von Bronchialarterien aus der Aorta..	13
Diagramm 4: Anzahl der Patienten mit bzw. ohne Ursprung von Bronchialarterien aus der Aorta.....	13

Diagramm 5: Anzahl der Patienten mit bzw. ohne Ursprung von Bronchialarterien aus dem Truncus intercostobronchialis rechts.....	14
Diagramm 6: Anzahl der BA mit Ursprung aus Truncus intercostobronchialis ...	15
Diagramm 7: Anzahl der dargestellten BA aus atypischen Ursprüngen	15
Diagramm 8: Seitenverteilung der BA bei den einzelnen Patienten	17
Diagramm 9: Lokalisation der Bronchialarterien bei Erkrankungen ausschließlich der rechten Seite	18
Diagramm 10: Lokalisation der Bronchialarterien bei Erkrankungen ausschließlich der linken Seite	19
Diagramm 11: Lokalisation der Bronchialarterien bei beidseitiger Erkrankung...	19
Diagramm 12: Anzahl der Verknüpfungen von Bronchialarterien	21
Diagramm 13: Sichtbarkeit von BA, welche in die erkrankte Region zogen, auf der Aortographie.....	22
Diagramm 14: Sichtbarkeit von BA, welche nicht in die erkrankte Region zogen, in der Übersichtsaortographie.....	23
Diagramm 15: Sichtbarkeit von BA, von denen keine Angaben über die erkrankte Region vorlagen, auf der Übersichtsaortographie	23

7.4 Abbildungen

Abbildung 1: Ansicht von dorsal nach CAULDWELL (1948) [6]	31
---	----

7.5 Rohdatenmaterial

Es folgt eine tabellarische alphabetische Auflistung der Bronchialarteriographien mit seitenbezogenen Angaben zu Anzahl und Ursprung der Bronchialarterien.

Der Ursprungsort ist in der Rohdatentabelle durch folgende Ziffern abgekürzt:

Nummer	entspricht
1	Aorta
2	Truncus intercostobronchialis rechts
3	Arteria mammaria interna rechts
4	Truncus thyrocervicalis rechts
5	Truncus intercostobronchialis links

Nummer	Initialien	Alter	Geschlecht	Untersuchungsdatum	Anzahl BA insgesamt	rechts Anzahl BA	rechts Ursprungsorte	links Anzahl BA	links Ursprungsort	Anzahl bds BA	Ursprungsort	erkrankte Seite
1	A.A.	49	m	26.4.93	1	0		1	1	0		bds
2	A.A.-M.	26	w	24.2.95	2	1	2	0		1	1	bds
3	A.B.	31	m	21.5.92	1	1	2	0		0		
4	C.B.	18	m	17.10.95	2	1	2	0		1	1	bds
5	H.B.	62	m	8.11.91	1	1	2	0		0		bds
6	H.B.	32	m	29.1.92	3	1	1	2	1	0		bds
7	H.B.	53	m	8.2.96	3	1	2	1	1	1	1	li
8	J.B.	35	m	18.2.96	4	3	2	0		1	1	re
							2					
							2					
9	R.C.	39	m	29.11.94	1	0		0		1	1	bds
10	S.C.	33	w	10.8.92	1	1	2	0		0		re
11	V.D.-D.	50	w	4.3.96	1	0		1	1	0		li
12	G.D.	39	w	29.1.96	1	1	2	0		0		bds
13	H.D.	66	m	10.11.95	1	1	2	0		0		bds
14	J.D.	67	m	12.7.95	2	1	2	1	1	0		li
15	H.E.	60	m	20.10.94	1	0		0		1	1	bds
16	M.F.	62	w	9.5.92	1	1	2	0		0		bds
17	F.G.	53	m	19.10.95	2	1	2	0		1	1	bds
18	A.H.	68	w	8.1.96	1	1	2	0		0		
19	C.H.	26	m	28.3.95	3	1	2	2	2	0		bds
									1			
20	J.H.	61	m	17.7.92	2	1	1	1	1	0		
21	K.H.	47	m	19.6.96	1	0		0		1	1	bds
22	L.H.	65	m	22.1.93	2	2	2	0		0		bds
							1					
23	L.H.	47	m	6.1.95	4	3	2	0		1	1	bds
							3					
							3					
24	M.H.	61	m	6.4.93	1	0		0		1	1	bds
25	P.H.	46	m	6.5.96	1	1	2	0		0		re
26	R.H.	83	w	24.8.93	0	0		0		0		
27	W.H.	53	m	6.1.94	0	0		0		0		bds

Nummer	Initialien	Alter	Geschlecht	Untersuchungsdatum	Anzahl BA insgesamt	rechts Anzahl BA	rechts Ursprungsorte	links Anzahl BA	links Ursprungsort	Anzahl bds BA	Ursprungsort	erkrankte Seite
28	W.H.	70	m	8.3.93	1	1	2	0		0		li
29	J.J.	51	m	6.11.95	3	2	1 2	1	1	0		bds
30	C.K.	51	w	10.4.92	1	1	2	0		0		
31	D.K.	30	m	7.10.93	3	2	2 2	1	1	0		bds
32	G.K.	61	m	28.9.94	2	1	2	1	1	0		bds
33	H.K.	75	w	17.8.92	2	1	2	1	1	0		bds
34	H.K.	61	m	10.10.91	1	1	4	0		0		
35	H.-D.K.	48	m	13.9.95	2	2	1 2	0		0		bds
36	I.K.	72	w	8.3.95	1	1	2	0		0		
37	M.K.	61	w	21.9.95	1	0		0		1	1	bds
38	P.K.	52	m	16.4.92	1	1	2	0		0		bds
39	W.-F.K.	67	m	14.5.96	2	0		1	1	1	1	
40	D.L.	33	m	3.11.93	1	0		0		1	1	
41	D.M.	30	m	19.9.94	1	0		1	1	0		li
42	H.-G.M.	30	m	13.11.91	1	1	2	0		0		
43	K.- W.M.	24	m	24.11.94	3	2	1 2	1	1	0		bds
44	M.M.	45	w	20.10.94	1	1	2	0		0		
45	S.M.	25	w	16.2.95	3	2	2 3	0		1	1	bds
46	T.M.	20	m	7.4.95	1	1	2	0		0		re
47	B.N.	29	m	21.1.92	3	2	2 2	1	1	0		bds
48	H.N.	56	m	3.4.96	3	1	2	1	1	1	1	li
49	H.-J. N.	55	m	23.4.96	2	1	2	1	1	0		
50	L.N.	53	m	28.10.94	1	1	2	0		0		re
51	H.O.	54	m	5.1.96	2	1	2	1	1	0		li
52	C.P.	20	w	30.7.93	1	1	2	0		0		
53	K.P.	42	m	20.9.93	3	1	2	1	1	1	1	bds
54	L.P.	82	m	4.3.93	1	1	2	0		0		re
55	P.P.	73	m	28.6.95	1	0		0		1	1	li
56	R.P.	14	w	31.3.94	3	1	2	1	5	1	1	bds

Nummer	Initialien	Alter	Geschlecht	Untersuchungsdatum	Anzahl BA insgesamt	rechts Anzahl BA	rechts Ursprungsorte	links Anzahl BA	links Ursprungsort	Anzahl bds BA	Ursprungsort	erkrankte Seite
57	T.-N.P.	44	m	18.7.92	2	1	2	1	1	0		li
58	J.d.R.	32	m	20.5.96	2	1	2	0		1	1	bds
59	H.R.	51	m	3.5.95	1	1	2	0		0		re
60	K.-H.R.	55	m	12.5.95	2	1	2	1	1	0		re
61	L.-V.R.	54	m	30.9.94	1	1	1	0		0		re
62	B.S.	64	w	9.10.95	3	2	2 2	1	5	0		li
63	C.S.	50	m	18.8.92	2	1	2	0		1	1	bds
64	D.S.	55	m	3.6.96	2	1	2	0		1	1	
65	F.S.	62	m	2.2.96	3	2	2 2	0		1	1	re
66	F.-J.S.	29	m		2	2	1 2	0		0		
67	H.S.	43	m	4.10.96	1	1	2	0		0		
68	K.-D.S.	45	m	11.3.96	1	0		0		1	1	bds
69	M.S.	51	w	30.5.95	2	1	2	1	1	0		
70	M.S.	31	m	3.6.92	2	1	2	1	1	0		bds
71	N.S.	48	m	21.1.94	3	2	1 1	1	1	0		bds
72	R.S.	55	w	20.2.96	2	0		1	1	1	1	bds
73	R.S.	57	m	2.5.95	2	1	2	1	1	0		li
74	R.S.	57	w	25.4.96	1	1	2	0		0		re
75	G.T.	34	m	29.9.94	2	0		1	1	1	1	
76	H.-E.T.	35	m	3.8.94	3	1	2	1	1	1	1	bds
77	W.T.	25	m	12.6.95	1	1	2	0		0		bds
78	J.V.	32	m	11.4.94	1	1	1	0		0		bds
79	B.W.	31	w	25.11.93	2	1	2	0		1	1	li
80	B.W.	58	m	6.10.95	2	1	2	1	1	0		li
81	E.W.	60	w	25.10.94	1	1	2	0		0		
82	F.W.	62	m	1.6.95	1	0		1	1	0		
83	G.W.	69	w	11.8.94	1	1	1	0		0		
84	H.W.	31	m	9.3.95	3	1	2	2	1 5	0		bds
85	H.W.	42	m	5.10.93	1	0		1	1	0		
86	K.W.	54	w	19.1.95	2	1	2	1	2	0		

87	K.W.	60	m	16.4.94	0	0		0		0		0		
88	H.Y.	31	m	10.10.91	0	0		0		0		0		
89	B.Z.	66	m	27.1.93	0	0		0		0		0		bds
90	T.Z.	8	m	22.12.93	2	1	2	0		1		1		

Tabelle 12: Rohdatenmaterial

7.6 Danksagung

Herrn Professor Dr. med. N. Konietzko verdanke ich die Möglichkeit, diese Dissertation schreiben zu können.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. M. Montag, der die Arbeit intensiv betreute. Unter seiner Anleitung und Unterstützung konnte ich die von ihm angefertigten Angiographien auswerten und hatte Gelegenheit, bei deren Anfertigung zu assistieren.

Ihm verdanke ich wichtige fachliche Anregungen, die sich in meiner Arbeit niederschlugen.

7.7 Tabellarischer Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name:	Jochum
Vorname:	Susanne
Geburtsdatum:	03.08.1970
Geburtsort:	Kaiserslautern
Familienstand:	verheiratet

Schulbildung:

1976 - 1980	Grundschule Kottenschule, Kaiserslautern
1980 - 1989	Staatliches Gymnasium an der Burgstraße, Kaiserslautern
1989	Allgemeine Hochschulreife

Hochschulbildung:

1989 - 1992	Humanmedizinisches Studium an der Ruhruniversität Bochum
1992 - 1995	Humanmedizinisches Studium an der Universität GH Essen
03/93	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
08/95	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
10/96	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Berufliche Tätigkeit:

01/97 - 06/98	ÄiP in der chirurgischen Abteilung des Gertrudis-Hospitals Westerholt
08/98 - 03/00	Ärztin in Weiterbildung am Institut für Radiologie des Klinikums Bautzen- Bischofswerda
04/00 – 09/02	Ärztin in Weiterbildung in der Klinik für Radiologie am Stadtkrankenhaus Worms
seit 10/02	Fachärztin für Diagnostische Radiologie am Stadtkrankenhaus Worms