

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Rostock
(Direktor: Prof. Dr. H. LOESCHCKE).

Über die Durchgängigkeit der Halsgefäße für Luft beim Erhängen*.

Von
H. SCHEIL.

Im Laufe seiner Untersuchungen über die Entstehung der arteriellen Luftembolie, bei denen an die Möglichkeit der Wirkung von Saugkräften von seiten des Herzens gedacht wurde, stellte SCHUBERT bei Ischämierung von Tieren, wenn er sie senkrecht aufsetzte, um ein Absinken von Blut in der Art des orthostatischen Kollapses zu erreichen, fest, daß eine Spontanaspiration von Luft ins arterielle Gefäßsystem nach Anstich des rechten Vorhofes stattfand. Das Ergebnis dieser Versuche gab ihm Anlaß, zu untersuchen, ob bei Erhängten Luft im Gehirn bzw. im Subduralraum nachzuweisen sei, d. h., ob beim Erhängungstod eine arterielle Luftembolie auftritt.

Sämtliche Erhängte, die seitdem im hiesigen Institut zur Obduktion kamen, wurden daraufhin auf Anwesenheit von Luft in den Hirnventrikeln und im Subduralraum nach den von LOESCHCKE und SCHUBERT entwickelten Methoden untersucht. Bei diesen 6 Erhängten war der Luftnachweis in 2 Fällen in den Ventrikeln, in 2 Fällen im Subduralraum und in 2 Fällen sowohl im Subduralraum wie in den Ventrikeln positiv.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen steht nun im Widerspruch zu den Anschauungen über die Durchgängigkeit der Halsgefäße beim Erhängungsakt, wenn man annimmt, daß die Luft nach Zuziehung der Schlinge auf dem Blutwege ins Gehirn gelangt ist. SCHUBERT weist allerdings schon darauf hin, daß Luft aus dem Durasack des Rückenmarks in die liquorerfüllten Räume des Gehirns aufsteigen könnte. Diese Möglichkeit ist durchaus gegeben, da das Rückenmark beim Erhängen in keiner Weise von der Blutzufuhr abgesperrt ist und die Luft bei arterieller Luftembolie genau so wie ins Gehirn auch ins Rückenmark eingeschwemmt werden kann. Vom Wirbelkanal kann die Luft aber nur in den Subduralspalt und durch den Zentralkanal auch in die Hirnventrikel gelangen. Unerklärlich wären dann aber die auf Luftembolie zurückzuführenden histologischen Veränderungen im Hirn-

* Herrn Prof. Dr. LOESCHCKE zum 70. Geburtstag gewidmet.

gewebe, wie sie durch die Untersuchungen RÖSSLERS und LOESCHCKES bekannt sind, und die auch in sämtlichen 6 Erhängungsfällen von SCHUBERT im Gehirn nachgewiesen wurden, so daß höchstens ein Teil der in den Hirnventrikeln und im Subduralraum nachgewiesenen Luft auf Einschwemmung aus dem Rückenmarkskanal zurückzuführen sei, ein weiterer Teil aber auf dem arteriellen Blutwege ins Gehirn gelange.

Daß es sich bei den nachgewiesenen Gasblasen nicht um Fäulnisgase gehandelt hat, geht einmal daraus hervor, daß die Obduktionen 18 bis 31 Std und nur in einem Falle erst 53 Std nach dem Tode vorgenommen wurden. Die Leichen wurden im März, eine Anfang April, also in der kalten Jahreszeit, und nur 1 Leiche Ende Mai eingeliefert. Fäulniszeichen fanden sich nicht, auch bei der im Mai eingelieferten nicht, die ganz unter Wasser obduziert wurde und bei der aus dem Brust- und Bauchraum keine Gasblasen nachweisbar waren. Dann aber wurde auf Veranlassung von SCHUBERT in einem Gefäß gesammeltes, von mehreren Leichen aus dem Subduralraum aufgefanges Gas im hiesigen Chemischen Institut untersucht. Die Analyse ergab lediglich Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff, keine Fäulnisgase. Näheres in den Arbeiten von SCHUBERT.

Weiter spricht wohl mit Sicherheit die Beobachtung von JWERSSEN gegen Fäulnisgase, der in der rechten Mediana eines Erhängten, die er zu Wiederbelebungsversuchen eröffnete, mehrere Luftblasen im Blut fand. Keine äußeren Verletzungen, so daß venöse Luftembolie auszuschließen ist. Die Leiche war bei der Venaesectio höchstens 2 Std alt, damit dürften Fäulnisgase nicht in Betracht kommen.

SCHWARZACHER hat einmal beim unterstützten Erhängen die Gewichtsverteilung des hängenden Körpers auf die Unterlage und auf den Strang untersucht und gefunden, daß der Zug am Strang je nach verschiedener Auflage des erhängten Körpers auf der Unterlage zwischen 19—85% des Körpergewichts schwankt. Dann hat er weiter untersucht, wie groß der Zug am Strangwerkzeug sein müsse, um die Zirkulation in den Halsgefäßen bei Bestehen eines physiologischen bzw. pathologisch gesteigerten Blutdruckes abzudrosseln und gefunden, daß bei dem typischen symmetrischen Erhängen und einem Gefäßbinnendruck von 170 mm Hg eine Zugkraft von 3,5 kg notwendig sei, um die Carotiden zu verschließen und 16,6 kg, um die Vertebrales zu sperren. Diese Versuche hat er auch bei anderer, also asymmetrischer Stranglage durchgeführt, ohne die dabei gefundenen zur Sperrung der Halsgefäße notwendigen Druckwerte anzugeben, führt aber zusammenfassend aus, daß bei jeder Stellung des Erhängten die Lastverteilung auf Strang und Unterlage eine derartige ist, daß wohl auf jeden Fall die als Zugkraft

angreifende Komponente der Körperlast dazu ausreicht, einen Verschluß der Carotiden und eine Drosselung der Vertebrales zu bewirken. BROUARDEL gab als Mindestzugkraft für die Abdrosselung der Carotiden 5 kg und für den Verschluß der Vertebrales 30 kg an. Allgemein herrscht vollständige Klarheit darüber, daß die Carotiden bei jeder Art von Erhängen undurchgängig sind. Über die Durchgängigkeit der geschützt verlaufenden Vertebralarterien sind die Äußerungen sonst vorsichtiger gehalten. So meinen HABERDA und REINER, „daß nicht bezweifelt werden kann, daß die Vertebrales bei der Erhängung, wenn das Band hinter den Zitzenfortsätzen aufsteigt, einen derartigen Verschluß ihres Lumens erfahren, daß sie selbst für die Maxima des menschlichen Blutdruckes undurchgängig werden. Minder vollständig ist ihr Verschluß bei atypischem Erhängen, doch erleiden sie auch hierbei teils ein-, teils beiderseitig eine nicht zu unterschätzende Verlegung ihres Lumens“, halten es aber für möglich, daß bei atypischer Stranglage das eine oder andere dieser Gefäße wegsam bleibt.

REUTER ist in seinem Lehrbuch nach Anführung der SCHWARZACHERSchen Versuche auch zögernder als letzterer, wenn er angibt, daß beim atypischen Erhängen immer die Carotiden und in einem Teil der Fälle auch die Vertebrales komprimiert werden.

Die Vertebrales verlaufen vom 6. bis zum 2. Halswirbel in den Foramina transversaria so geschützt auch zwischen den einzelnen Wirbeln durch Vorsprünge der Querfortsätze, daß sie in diesem Abschnitt nur nach Verletzung der Querfortsätze zusammengedrückt werden können. Zwischen Epistropheus und Atlas beschreiben sie einen seitlich ausladenden Bogen, um durch das Foramen transversarium des Atlas und von dort wiederum geschützt im Sulcus art. vertebralis in den Wirbelkanal zu ziehen. Der einzige angreifbare Teil in ihrem Verlauf ist der Bogen zwischen 2. und 1. Halswirbel, in dem sie von einer Druckkraft, deren Richtung von ventral nach dorsal verläuft, kaum komprimiert werden können, wohl aber von einer solchen, deren Richtung von lateral nach der Wirbelsäule zu gerichtet ist. Nun ist zwar nach HULTKVISTS Untersuchungen der Gesamtdruck der Schlinge, den sie auf den Hals ausübt, wesentlich größer, und zwar 3—4fach, als die Zugkraft des hängenden Körpers auf den Strang — bis zu seinen Untersuchungen war der Druck der Schlinge gleich dem Gewicht des hängenden Körpers angenommen. — Solch ein hoher Druck dürfte wohl immer beim Erhängen ausreichen, um sämtliche Halsgefäße vollständig zu komprimieren. Nach seinen weiteren Untersuchungen ist aber der Druck, den eine gewisse Länge der Schlinge hervorruft, unabhängig von demjenigen, den andere Teile ausüben. Der Druck der seitlich liegenden Teile des Stranges ist bei der Berechnung nach den von HULTKVIST angegebenen Formeln etwa halb so groß, wie der Druck der medialen Abschnitte des

Stranges. Das gilt für den Druck der Schlinge auf die Haut. Je weiter wir in die Tiefe der Halsgewebe gehen, desto mehr wird der Druck der Schlinge aber abnehmen. Da die Vertebrales viel tiefer und unter festerem Gewebe liegen als die Carotiden, wird das Druckgefälle bis zu ihnen auch größer sein als bis zu den Carotiden, so daß der von außen wirkende Druck auf die Vertebrales noch weniger als die Hälfte desjenigen auf die Carotiden betragen wird. Das gilt für den symmetrischen Verlauf der Schlinge, beim asymmetrischen Verlauf wirkt auf den angreifbaren Teil einer der beiden Vertebrales kein senkrecht auf ihn gerichteter Druck, sondern höchstens ein schräger, so daß die Größe des wirkenden Druckes noch geringer sein wird. Hierfür spricht auch die Tatsache, daß die Strangmarke immer gegenüber dem Knoten bzw. der Laufschlinge am tiefsten einschneidet und an der Leiche stets am stärksten ausgeprägt ist und daß deren Einschneiden und Ausprägung, je näher sie dem Knoten kommt, immer geringer wird.

Um nun nachzuprüfen, ob die bei Erhängten im Schädelraum gefundene Luft durch die Halsgefäße dorthin gelangt sein kann, habe ich Versuche an der Leiche durchgeführt, habe aber nicht, wie die früheren Untersucher, Flüssigkeiten mit verschieden meßbarem Druck, sondern habe, da es sich bei meinen Untersuchungen nicht um die Durchgängigkeit für Blut zur Klärung der momentan eintretenden Bewußtlosigkeit handelte, Luft hindurchgepreßt.

Zu diesem Zweck habe ich die Art. vertebralis gleich nach ihrem Abgang aus der Subclavia freigelegt und eine Glaskanüle eingebunden, dasselbe wurde an der Carotis communis vorgenommen. Nach Herausnahme des Gehirns wurde in jede A. carotis interna und in die A. basilaris eine s-förmig gebogene Glas-kanüle eingebunden. Der nach unten gebogene Teil der s-förmigen Krümmung wurde mit Wasser gefüllt, um das Aufsteigen von Luftblasen sichtbar zu machen. Die Luft, die durch die Gefäße hindurchgepreßt werden sollte, wurde in einer Flasche durch Wasser komprimiert. Das Wasser strömte aus einem zweiten Behälter, dessen Höhe verändert werden konnte, und damit auch der Druck. Der bei dem Versuch in den Gefäßen erzeugte Druck wurde an einem durch ein T-Rohr angeschlossenen Quecksilbermanometer abgelesen und konnte sowohl konstant gehalten wie auch variiert werden. Die höchsten Druckwerte, die ich bei dieser Anordnung erhielt, lagen bei 300 mm Hg, da aus räumlichen Gründen der Wasserbehälter nicht mehr erhöht werden konnte. Da aber der Gefäßbinnendruck auch bei pathologischen Verhältnissen keinesfalls 300 mm Hg erreicht, glaubte ich von Änderung der Versuchsanordnung absehen zu können, da es ja darauf ankam, festzustellen, ob bei physiologischem bzw. pathologisch gesteigertem Druck Luft durch die komprimierten Gefäße durchtreten kann.

Die Leichen hingen frei. Die Lage des Strangwerkzeuges wurde variiert, dabei wurden folgende Druckwerte gefunden, bei denen die ersten Luftblasen austraten.

1. Bei der Leiche einer 84jährigen Frau ohne nennenswerte Arteriosklerose von 43,5 kg Gewicht.

Tabelle 1.

	Knoten hinten symmetrisch	Knoten hinter linkem Ohr	Knoten hinter rechtem Ohr
Carotis li.	bei 300 mm Hg kein Luftdurchtritt bei 300 mm Hg kein	bei 300 mm Hg kein Luftdurchtritt bei 300 mm Hg kein	bei 300 mm Hg kein Luftdurchtritt bei 300 mm Hg kein
Carotis re.			
Vertebral. li.	Luftdurchtritt bei 196 mm Hg erste Luftblasen	Luftdurchtritt bei 150 mm Hg erste Luftblasen	Luftdurchtritt bei 180 mm Hg erste Luftblasen
Vertebral. re.	bei 190 mm Hg erste Luftblasen	bei 190 mm Hg erste Luftblasen	bei 140 mm Hg erste Luftblasen

2. Bei der Leiche einer 23jährigen Frau mit gesunden Gefäßen von 70 kg Gewicht. Die in Klammern eingesetzten Zahlen sind die von HABERDA und REINER gefundenen Druckwerte beim Durchpressen von Flüssigkeit.

Tabelle 2.

	Knoten hinten symmetrisch	Knoten hinter linkem Ohr	Knoten hinter rechtem Ohr
Carotis li.	bei 300 mm Hg kein Luftdurchtritt bei 300 mm Hg kein	bei 300 mm Hg kein Luftdurchtritt bei 300 mm Hg kein	bei 300 mm Hg kein Luftdurchtritt bei 300 mm Hg kein
Carotis re.			
Vertebral. li.	Luftdurchtritt bei 260 mm Hg erste Luftblasen (300 mm Hg)	Luftdurchtritt bei 174 mm Hg erste Luftblasen (240 mm Hg)	Luftdurchtritt bei 300 mm Hg keine Luftblasen (320 mm Hg)
Vertebral. re.	bei 250 mm Hg erste Luftblasen (220 mm Hg)	bei 300 mm Hg kein Luftdurchtritt (340 mm Hg)	bei 180 mm Hg erste Luftblasen (190 mm Hg)

Die hierbei gefundenen Werte liegen nur unwesentlich unter denen von HABERDA und REINER gefundenen, noch innerhalb der Fehlergrenze. Der Unterschied kann auch in verschiedenem Gewicht der erhängten Leichen liegen; HABERDA und REINER haben keine Gewichte der von ihnen erhängten Leichen angegeben. Jedenfalls berechtigen die Wertunterschiede nicht zu der Annahme, daß Luft bei demselben Druck leichter durch die Gefäßsperrre hindurchtritt als Flüssigkeiten. Nur bei dem Strangverlauf hinter dem linken Ohr ist bei der linken Vertebral. ein auffallend großer Unterschied. Ich vermute, daß der Strang bei diesem Versuch bei HABERDA und REINER mehr der symmetrischen Lage entsprechend gelegen hat, während er bei meinem Versuch direkt hinter dem Ohr lag. Dafür spricht, daß sich ihr Wert sehr dem bei symmetrischer Stranglage nähert. Bei der leichteren Leiche liegen die

notwendigen Druckwerte wesentlich niedriger, und zwar auch bei typischem Erhängen so niedrig, daß auch hierbei Luft hindurchtreten kann. SCHWARZACHER hatte 16,6 kg Gewicht als Zugkraft ausreichend gefunden, um auf jeden Fall die Vertebralis zu drosseln, während hierbei ein Gewicht von 43,5 kg zog. Vielleicht ist dieser große Unterschied dadurch zu erklären, daß bei meinem Versuch der Winkel zwischen den Strangenden am Knoten nur 65° betrug, gemessen während des Hängens; nach der Abnahme ist der Winkel an der Strangmarke wesentlich größer. Der Druck der Schlinge auf den Hals ist nach den Untersuchungen HULTKVISTS neben anderen Faktoren wesentlich von dem Winkel zwischen den Strangenden am Knoten abhängig, und zwar wächst der Schlingendruck mit der Größe des Winkels. Gewöhnlich beträgt der Winkel 90° und mehr.

Nach diesen Ergebnissen liegen die Werte so, daß wenigstens beim asymmetrischen und wohl auch beim unterstützten Erhängen, bei dem ja nur ein Teil des Körpergewichts wirksam ist, bei pathologisch gesteigertem Druck wie in der asphyktischen Phase des Erhängens, Luft durch die eine oder andere Vertebralarterie hindurchtreten kann. Bei den von SCHUBERT beschriebenen Fällen handelt es sich aber um asymmetrisches bzw. atypisches Erhängen.

Es blieb für den vollen Beweiswert aber immer noch offen, ob auch beim typischen symmetrischen Erhängen Luft im Schädelraum vorhanden sei. Nun wurde am 25. 4. 52 die Leiche eines 65jährigen Mannes, der sich typisch symmetrisch erhängt hatte, eingeliefert (Sekt.-Nr. 349/52) Die sofort vorgenommene Luftembolieprobe (4 Std nach Fund der Leiche; der Erhängte war 16 Std vermisst, das Wetter war kühl, er hatte sich im Freien erhängt) ergab reichlich Gasblasen im rechten Subduralraum, einige Gasblasen im linken und 2 mittelgroße Blasen im rechten Seitenventrikel. Die Obduktion ergab keine Fäulniszeichen, intakte Hirn- und Halsgefäße, geringe Arteriosklerose der Aorta und Kranzgefäße und eine Cystopyelitis. Wegen letzterer war er seit einiger Zeit in Behandlung der hiesigen Med. Poliklinik, die bei ihm einen Blutdruck von 135/95 feststellte. Außer Cystopyelitis und Schwerhörigkeit auch klinisch kein krankhafter Befund. Ich habe nach der Feststellung von Luft im Schädelinnern und Herausnahme des Gehirns die Leiche in derselben Lage und an demselben Strick, wie er den Selbstmord verübte, erhängt und die Durchgängigkeit der Gefäße auf Luft geprüft. Das Gewicht der Leiche mit Kleidung betrug 60 kg, der Winkel der Strickenden an der Schlaufe 95° . Die Carotiden waren bei 300 mm Hg noch nicht durchgängig. Durch die rechte Vertebralis traten bei 240 mm Hg die ersten Luftblasen, durch die linke Vertebralis bei 256 mm Hg. Bei diesen Werten kann Luft durch den Blutdruck nicht hindurchgetrieben sein, damit verliert auch die Annahme, daß beim atypischen

Erhängen Luft durch den Blutdruck hindurchgetrieben werden kann, an Wert.

Es besteht aber eine weitere Möglichkeit für den Luftdurchtritt während des Erhängens.

Während des Erhängungsaktes treten, wenn nicht sofortiger primärer Herzstillstand eintritt, regelmäßig Krämpfe auf. Diese Krämpfe können so erheblich sein, daß Verletzungen am Körper während des Erhängungsaktes eintreten und sogar, wenn das Strangulationswerkzeug kurz ist, Verletzungen am Scheitel. Wenn aber bei den Krämpfen Verletzungen am Scheitel auftreten, so muß sich der erhängte Körper, wenn auch nur wenig, heben, dabei aber kann sich die Schlinge lockern. Während dieser kurzen Lockerung kann nun Luft, die sich vor der Kompressionsstelle in den Halsgefäßen angesammelt hat, hindurchtreten und damit ins Gehirn gelangen.

Zusammenfassend geht aus meinen Untersuchungen hervor, daß beim atypischen und asymmetrischen Erhängen Luft durch die eine oder andere Vertebralis hindurchtreten kann, nicht aber beim typischen Erhängen. Für den Befund von Luftsäcken im Schädelinnern wird als Erklärung eine Lockerung der Schlinge während des Krampfzustandes angenommen.

Literatur.

- BROUARDEL: Zit. nach SCHWARZACHER. — FELIX u. LOESCHKE: Bruns' Beitr. **179** (1950). — HABERDA u. REINER: Vjschr. gerichtl. Med. **3**, Suppl.-H. 126 (1894). — HULTKVIST: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **14**, 214 (1930). — IWERSEN: Vjschr. gerichtl. Med. **22**, 226 (1862). — LOESCHOKE: Z. inn. Med. **1950**, H. 19/20. — REUTER: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Wien u. Leipzig. Urban & Schwarzenberg 1933. — SCHUBERT: Virchows Arch. **321**, 77. — Luftembolie bei Erhängten. Erscheint in Dtsch. Z. gerichtl. Med. — Über das Ergebnis einer Reihen- und Gruppenuntersuchung an 150 Leichen zur Überprüfung auf arterielle Luf tembolie. Erscheint in Virchows Arch. — SCHWARZACHER: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **11**, 145 (1928).

Dr. HERMANN SCHEIL, Rostock,
Pathologisches Institut der Universität.