

Carotis- und Vertebralisdurchblutung bei Unterarmwürgen in der Dopplersonographie

W. Denk¹, M. Helmer² und J. Missliwetz¹

¹Institut für gerichtliche Medizin der Universität Wien, Sensengasse 2,
A-1090 Wien, Österreich

²Zentrales Institut für Radiodiagnostik der Universität Wien, Spitalgasse 9,
A-1090 Wien, Österreich

Eingegangen 9. Januar 1990

Blood flow in carotid and vertebral arteries at "Choke holds" in ultrasound doppler

Summary. By means of continuous wave doppler the effect of two choke holds (Carotid sleeper, Nami-juji-jime) on the carotid and vertebral arteries was investigated. For both choke holds, which are characterized by pressure on lateral parts of the neck, we found an obstruction up to a complete stop of flow. The degree of obstruction depended on the direction of force. The vertebral artery can be compressed between the subclavian artery and the foramina transversaria, therefore it was most effective to press on the lower neck. Tensing the neck muscles can reduce the effect of choking.

Key words: Choke holds – Obstruction of neck arteries in the ultrasonic continuous-wave doppler

Zusammenfassung. Mittels Dopplersonographie wird der Einfluß zweier Unterarmwürgetechniken auf die Durchblutung der Carotiden und Vertebralarterien untersucht. Hierbei ergibt sich für Würgegriffe, bei denen der Arm dem Hals schräg anliegt eine bis zum Perfusionsstop reichende Durchblutungs-minderung beider Gefäße, die in ihrem Ausmaß durch die Richtung der Kraftausübung zu beeinflussen ist. Als weitere relevante Faktoren werden Anspannung der Halsmuskulatur des Gewürgten sowie andere Abwehrmaßnahmen diskutiert. In der schnittbildsonographischen Darstellung zeigt sich die Vertebralarterie zwischen ihrem Abgang aus der Subclavia und dem Eintritt in die Foramina transversaria der Halswirbelquerfortsätze ungeschützt und komprimierbar.

Schlüsselwörter: Unterarmwürgen – Obstruktion der arteriellen Halsgefäße im CW-Doppler

Die Einschränkung des Blutzufusses zum Gehirn bildet einen wesentlichen Beitrag zur Erklärung der Wirkung verschiedener Arten der Halskompression. So stellen etwa die Arbeiten Schwarzacher's (1928) mit Gefäßperfusion an Präparaten bei gleichzeitiger Einwirkung verschiedener Strangwerkzeuge nach wie vor die Grundlage zum Verständnis des Erhängungsmechanismus dar. Mit dieser Methode wurde auch in jüngerer Zeit die arterielle Durchblutung bei verschiedenen Formen des Angriffes gegen den Hals untersucht (Brinkmann et al. 1981; Denk und Missliwetz 1988; Koops et al. 1983). Die moderne bildgebende Diagnostik gibt die Möglichkeit, derartige Vorgänge auch am Lebenden, unter realitätsnahen, physiologischen Verhältnissen zu untersuchen. Die divergierenden Ansichten zum Gefäßverschluß bei Unterarmwürgegriffen in der Literatur waren Anlaß, die im Perfusionsversuch erhobenen Ergebnisse (Denk und Missliwetz 1988) mit einer anderen Methodik – dem CW-Doppler – zu überprüfen.

Untersuchungsmethodik und Voraussetzungen

a) Schnittbildsonographie. An Art. carotis und rechter Art. vertebralis wurden die topographischen Verhältnisse im Hinblick auf die zwischen Haut und Gefäßen liegenden Strukturen mittels Schnittbild-Sonographie untersucht.

Die Art. carotis communis ist caudal nur vom Musc. sternocleidomastoideus bedeckt. Den Verlauf der Art. vertebralis kann man in drei Abschnitte unterteilen, die auch schnittbildsonographisch einsehbar sind: Der erste liegt cranial von ihrem Abgang aus der Art. subclavia bis zu ihrem Eintritt in die Foramina transversaria, der zweite in ihrem Verlauf zwischen den Querfortsätzen und der dritte im Bereich der Atlasschlinge.

b) CW – Dopplersonographie. Die Darstellung der Blutströmung erfolgte mit einem CW-Doppler („Continuous-wave“), der mit einem kleinen Schallkopf ausgerüstet war, sodaß er noch neben den Würgegriffen angesetzt werden konnte. Bei dieser Untersuchung werden von dem Schallkopf ständig Schallwellen ausgesendet und empfangen, in unserem Fall mit einer Frequenz von 2,5 Mhz. Durch die sich im Blutstrom bewegenden Erythrozyten kommt es zu einer Frequenzverschiebung der Ultraschallwellen, die der Richtung und Geschwindigkeit des Blutstromes proportional ist. Die Darstellung erfolgt auf einem Bildschirm in Kurvenform. Gleichzeitig kann während der Untersuchung ein pulssynchrones, akustisches Signal abgeleitet werden.

Die Art. carotis communis ist an den gleichen Punkten wie bei der Schnittbildsonographie darstellbar. Die Art. vertebralis läßt sich am besten an der Atlasschlinge untersuchen. Die stiftförmige Schallsonde wurde hier in üblicher Weise submastoidal aufgesetzt und gegen die kontralaterale Orbitahöhle gerichtet. Die normalen Kurvenverläufe sind in Abb. 1 zu sehen.

Als Zeichen für eine wirksame Gefäßkompression durch einen Würgegriff werteten wir das Ausbleiben bzw. die deutliche Amplitudenabnahme des Signales. Am Bildschirm stellte sich die Kompression in einer Abflachung der Kurven bis zu deren Auslöschung dar. Nach Beendigung der Kompression mußte das Signal sofort wieder nachweisbar sein, um ein Verschieben der Schallsonde durch die Kraftanwendung auszuschließen. Zur Dokumentation sollte auf dem Bildschirm der normale Kurvenverlauf vor Kompression, die Phase der Kompression sowie die nachher einsetzende Reperfusion zu sehen sein, sodaß der Würgegriff jeweils nur über eine Dauer von wenigen Pulsschlägen ausgeübt werden mußte.

c) Würgegriffe (Abb. 2). Es wurden zwei Würgegriffe (Nami-juji-jime, Carotid sleeper) untersucht, bei denen durch dem Hals schräg anliegenden Unterarm (bzw. auch Oberarm beim Carotid-sleeper) eine weitgehend symmetrische Krafteinwirkung erfolgt. So war es möglich, aufgrund einer seitengleichen Gefäßwirkung die Strömungsmessungen jeweils auf eine Hals-

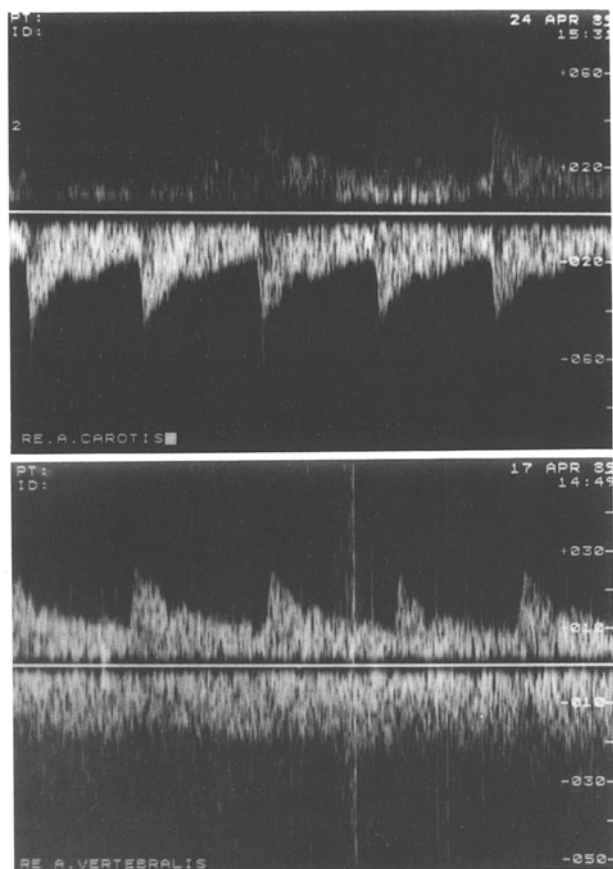


Abb. 1. CW-Dopplersonographische Darstellung der normalen Kurvenverläufe der Blutströmung in A. carotis communis und A. vertebralis



Abb. 2. **a** Nami-juji-jime (Gekreuzter Unterarmwürgegriff): Erfassen des Kragens mit gekreuzten Armen, so daß die Streckseiten der Hände und Unterarme dem seitlichen Halsansatz anliegen. Die Pfeile geben die Richtung der Kraftausübung an. **b** Carotid sleeper (Ellenbeugewürgegriff): Umfassen des Halses von hinten, der Kehlkopf liegt in der Ellenbeuge. Druck auf beide Halsseiten durch Ober- und Unterarm wird durch Zug mit der anderen Hand (Pfeil) unterstützt.

seite zu beschränken. Außerdem sollte ein direkter Druck auf die Kehlkopfregion mit damit einhergehendem höheren Verletzungsrisiko vermieden werden.

d) Versuchsaufbau. Die Untersuchung wurde im Selbstversuch vorgenommen, wobei eigene praktische Erfahrungen aus Kampfsportarten, in denen derartige Griffe angewendet werden (Misliwetz und Denk 1990) in die Durchführung einfließen konnten.

Die Perfusion der Art. carotis und Art. vertebralis wurde jeweils getrennt gemessen, da ein gleichzeitiges Aufsetzen von zwei Sonden am Hals zusätzlich zum Würgegriff aus räumlichen und gerätetechnischen Gründen nicht möglich war.

Auf eine simultane Messung der Herzfunktion durch EKG und Blutdruck wurde verzichtet, da derartige Messungen bereits im Verlaufe vorangegangener Untersuchungen vorgenommen worden sind (Denk und Misliwetz 1988). Im Gegensatz zur vorhergegangenen Perfusionsuntersuchung an Präparaten konnte nur eine dosierte Kraftanwendung eingesetzt werden, um Verletzungen am Kehlkopf und ein Verschieben der Schallsonde zu verhindern.

Auf Anspannen der Halsmuskulatur, wie es im Kampfsport zur Abwehr derartiger Griffe üblich ist (Misliwetz und Denk 1990), wurde verzichtet.

Ergebnisse

a) Schnittbildsonographie

Die Art. carotis ist über die ganze Halslänge gut darstellbar und jeweils nur durch Muskel- und Bindegewebslagen von der Hautoberfläche getrennt. Die

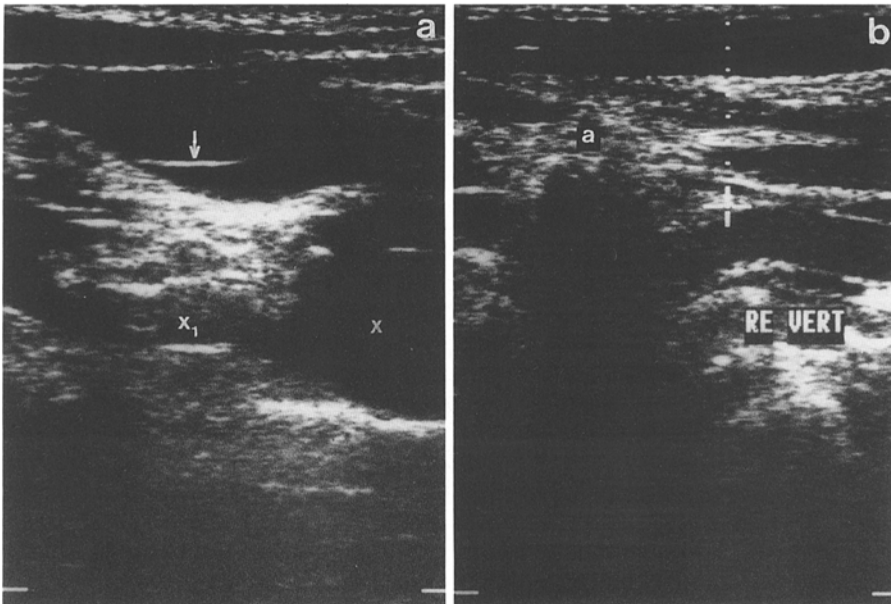


Abb. 3a und b. Schnittbildsonographische Darstellungen der rechten A. vertebralis. **a** Die Vertebralarterie im Längsschnitt (X_1), am Abgang aus der, im Querschnitt dargestellten A. subclavia (X_2). Darüber die V. subclavia (\leftarrow Venenklappe) sowie schmale Muskel- und Bindegewebslagen. **b** Darstellung zwischen zwei Halswirbeln, im Längsschnitt, mit Auslöschung des Schallsignales durch den Wirbelquerfortsatz (a)

Vertebralarterie findet sich nach ihrem Abgang aus der Art. subclavia von der Hautoberfläche nur durch schmale Muskel- und Bindegewebsschichten sowie die über ihr verlaufende Vene getrennt (Abb. 3a) und kann rechts nach klinischen Erfahrungen in 94%, links in rund 60% beurteilt werden (Torboul et al. 1986), da das Gefäß links tiefer liegt (Vitte et al. 1985) und in 8% direkt aus der Aorta abgeht (Korbicka 1966). In dem Abschnitt zwischen den Wirbelquerfortsätzen verläuft sie senkrecht zur Schallausbreitungsrichtung und ist daher ebenfalls gut einsehbar (Abb. 3b).

Über dem Atlasbogen liegt der Gefäßabschnitt, oberflächlich unter der Halshaut, ist wegen des bogenförmigen, zur Schallausbreitung mehr parallelen Verlaufes mit der Methode der Schnittbildsonographie aber nicht optimal zu beurteilen.

b) CW-Doppler

In zwei Versuchsserien konnte 8 Mal für den Nami-juji-jime und 7 Mal für den Carotid sleeper ein Durchblutungsstop, mehrfach mit Darstellung einer vorangehenden Perfusionsminderung, an der Art. Carotis und Vertebralis durch die beiden Würgegriffe am Ultraschallbild dokumentiert werden (Abb. 4 und 5). Dadurch war für beide Würgegriffe ein Verschluß von Carotis und Vertebralis sicherzustellen. Bei einer größeren Zahl an Versuchen gelang ein Durchblutungsstop, jedoch war durch Verrutschen der Schallsonde während des Würgens die Perfusion danach nicht mehr sofort und gleichartig darzustellen. Mitunter waren auch Hustenanfälle nach dem Würgen für eine Überlagerung des Dopplersignales verantwortlich.

Es war eine deutliche Abhängigkeit der Versuchsergebnisse von der Armhaltung und Richtung der Kraftausübung zu beobachten. Insbesondere für die Art. vertebralis war am ehesten durch Druck gegen den unteren Teil des Halses ein Effekt zu erzielen, was mit beiden Würgegriffen möglich ist.

Diskussion

Seit 1974 steht die Methode der Dopplersonographie für die Darstellung der extrakraniellen Schlagadern zur Verfügung (Pourcelot 1974) und wird in der Klinik vor allem zur Darstellung von Gefäßstenosen und ihrer Durchblutungsrelevanz eingesetzt (Reutern et al. 1976). Als nicht invasive und beliebig wiederholbare Untersuchung, mit der die einzelnen Gefäße gezielt befundet werden können (Büdingen et al. 1976) steht sie in Konkurrenz zu der nicht komplikationsfreien Angiographie. Der CW-Doppler ermöglicht mit vertretbarem Aufwand und ohne zusätzliches Risiko durch die Untersuchungsmethode eine Darstellung von Blutströmungsverhältnissen auch für experimentelle Zwecke.

1988 wurde im Perfusionsversuch an Präparaten bei schräg dem Hals anliegendem Arm ein Durchblutungsstop an Carotis und Vertebralis erzielt, der bis zu einem Gefäßinnendruck von 200 mm Hg immer zu beobachten war, zumeist bis zu einem Gefäßdruck von 300 mm Hg (Denk u. Missliwetz 1988). An anatomischen Präparaten haben auch Vitte et al. (1985) auf eine Komprimierbarkeit der Vertebralarterien in der Supraklavikularregion hingewiesen. Diese Ergebnisse standen im Gegensatz zu der, von Reay und Eisele (1982) sowie Koiwai (1987) geäußerten, allerdings nicht experimentell belegten Annahme einer Un-

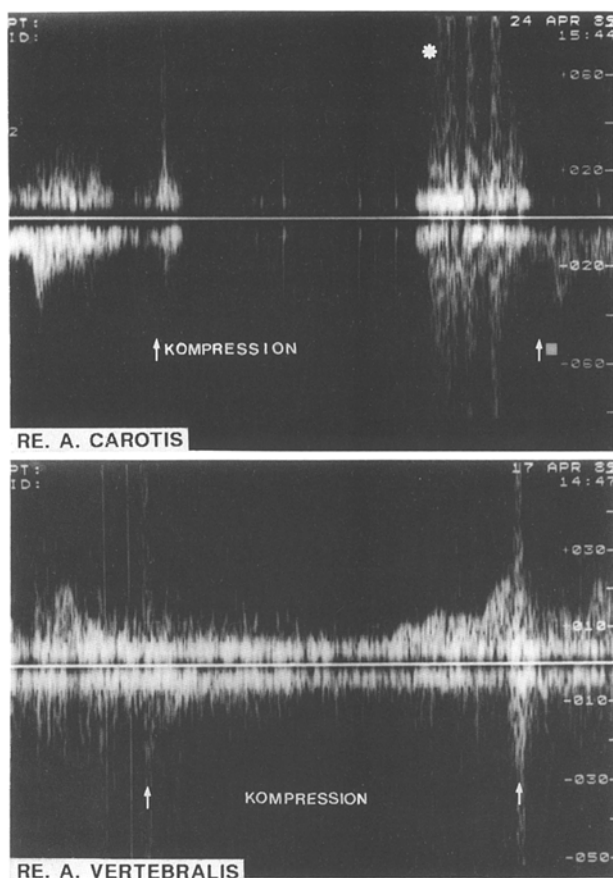


Abb. 4 und 5. CW-Dopplersonographische Darstellung der Wirkung der Würgegriffe auf die Blutströmung in A. carotis und A. vertebralis. Jeweils vollständige Signalauslöschung durch Kompression, anschließend normaler Kurvenverlauf. In **Abb. 5** ist in der Carotiskurve eine Abflachung des Signales als Ausdruck der eingeschränkten Perfusion vor dem vollständigen Durchblutungsstop zu erkennen. *Schallsignale durch Husten am Ende der Halskompression.

Abb. 4. Nami-juji-jime

komprimierbarkeit der Vertebralarterien durch den Carotid sleeper. Nach Ansicht dieser Autoren wären nur die Carotiden komprimierbar, die Vertebralarterien durch die Wirbelquerfortsätze vor einer Kompression durch Würgegriffe geschützt. Die hier vorgestellten Versuche geben unter physiologischen Verhältnissen einen Beweis dafür, daß eine Kompression des Halses zu einer Perfusionsminderung bis zum kompletten Durchblutungsstop an Art. carotis u. vertebralis führen kann. Als Kompressionsort ist, sowohl nach dem Ablauf der Versuche mit Abhängigkeit der Gefäßkompression von der Armhaltung als auch nach der schnittbildsonographischen Darstellung für die Art. vertebralis der Abschnitt zwischen ihrem Abgang aus der Art. subclavia und dem Eintritt in die Foramina transversaria der Halswirbelsäule anzunehmen.

Zum Unterschied vom Würgen mit den Händen, welches in erster Linie eine Einengung der Luftwege hervorruft (Koops et al. 1983), steht bei den untersuchten und ähnlichen Würgegriffen somit die gefäßkomprimierende Wirkung im Vordergrund. Die Auswirkung derartiger Unterarmwürgegriffe mit großflächigem Krafteinsatz und teilweise unterstützendem Einfluß eines Zuges an der Kleidung ist eher einem Drosseln als einem Würgen mit den Händen vergleichbar. Während jedoch beim Drosseln ein Vertebralisverschluß nur bei aufstei-

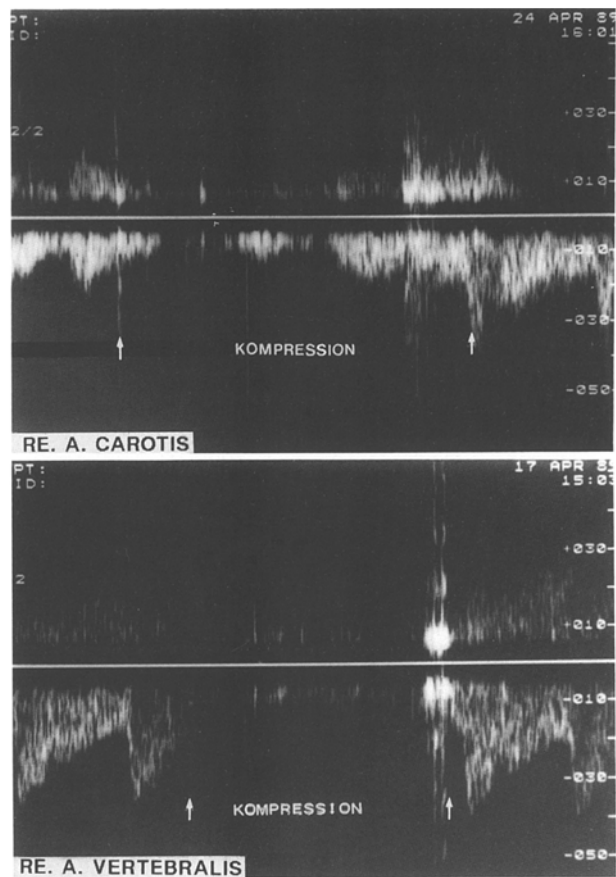


Abb. 5. Carotid sleeper

gendem Strangwerkzeug (Brinkmann et al. 1981), an der Atlasschlinge gelingt, kann beim Würgen mit dem Unterarm eine Kompression der Vertebralarterien nach ihrem Abgang aus der Subclavia auftreten.

Aufgrund der geringen Distanz zwischen Hautoberfläche und Gefäßwand wäre eine Kompression durch Unterarmwürgegriffe auch am Atlasbogen möglich, wenn dort direkt Druck ausgeübt wird. So wird etwa im Rahmen klinischer Untersuchungen der Vertebralis am Abgang aus der Subclavia die korrekte Lage der Schallsonde durch den „Rückschlageffekt“ bei Palpation des Gefäßes an der Atlasschlinge überprüft (Widder 1989). Da in unserem Versuchsaufbau über der Atlasschlinge die Schallsonde angesetzt war, konnte das Auftreten einer Kompression in diesem Gefäßabschnitt im Versuch nicht verifiziert werden. Bei steil nach oben verlaufender Armhaltung scheint z. B. beim Carotid sleeper eine retroaurikuläre Kraftwirkung aber durchaus möglich.

Der bereits kasuistisch (Denk et al. 1990) und experimentell (Denk und Missliwetz 1988; Reay und Holloway 1982) beschriebene Verlust der Handlungsfähigkeit binnen weniger Sekunden nach Ansetzen eines Unterarmwürgegriffes ist nun auch durch die Wirkung solcher Griffe auf die Kopfdurchblutung am Lebenden verifiziert.

Die dargestellten Ergebnisse erklären bisher widersprüchliche Erfahrungen mit derartigen Griffen in der gerichtsärztlichen Praxis und im Sport betreffend die Gefährlichkeit dieser Würgetechniken: Bei massivem und gezieltem Krafteinsatz, fehlender Gegenwehr und plötzlichem Ansatz ist ein Durchblutungsstop arterieller Halsgefäße möglich. Dies steht in Übereinstimmung mit den anhand der Perfusionsversuche getroffenen Aussagen (Denk und Missliwetz 1988) und erklärt den raschen Verlust der Handlungsfähigkeit sowie die spärlichen Obduktionsbefunde in der Gruppe der Todesfälle, bei denen es zum raschen Erschlaffen der Opfer kam.

Ein Anspannen der Halsmuskulatur sowie Abwehrgriffe können aber einen Gefäßverschluß verhindern (Missliwetz und Denk 1990). Dadurch wird auch die häufige, komplikationslose Anwendung solcher Griffe im Kampfsport verständlich, wo die Kraft dosiert und zeitlimitiert ausgeübt wird und durch trainierte Sportler eine Gegenwehr erfolgt. Bei den tödlichen Zwischenfällen nach Unterarmwürgegriffen im Polizeieinsatz erfolgte durchwegs ein heftiger Kampf bei angesetztem Griff (Denk et al. 1990; Koiwai 1987), welcher über längerfristige und intermittierend durch die Gegenwehr aufgehobene Gefäßverschlüsse zu massiven Stauungsblutungen und Begleitverletzungen führte.

Eine nerval ausgelöste Herz-Kreislaufwirkung, wie sie bei Todesfällen nach Unterarmwürgen von amerikanischen Autoren angenommen wird (Camps und Hunt 1959; Koiwai 1987; Reay und Eisele 1982), kann nicht ausgeschlossen werden, unsere Ergebnisse können jedoch tödliche Zwischenfälle allein aufgrund der Gefäßwirkung erklären.

Literatur

- Brinkmann B, Koops E, Wischhusen F, Kleiber M (1981) Halskompression und arterielle Obstruktion. *Z Rechtsmed* 87:59–73
- Büdingen HJ, Reutern GM von, Freund HJ (1976) Die Differenzierung der Halsgefäße mit der direktionellen Doppler-Sonographie. *Arch Psychiat Nervenkr* 222:177–190
- Camps FE, Hunt AC (1959) Pressure on the Neck. *J Forensic Med* 6:116–135
- Denk W, Missliwetz J (1988) Untersuchungen zum Wirkungsmechanismus von Unterarmwürgetechniken. *Z Rechtsmed* 100:165–176
- Denk W, Missliwetz J, Püschel K (1990) Befunde und äußere Umstände bei Todesfällen im „Schwitzkasten“. Symposium „Obstruktive Asphyxie“, Sept. 1989 in Hamburg. Springer, Berlin Heidelberg New York (im Druck)
- Koiwai EK (1987) Deaths allegedly caused by the use of “Choke Holds” (Shime-Waza). *J Forensic Sci* 32:419–432
- Koops E, Püschel K, Wischhusen F, Fechner G, Brinkmann B (1983) Zur Obstruktion der Halsarterien und der oberen Luftwege beim Würgen. *Beitr Gerichtl Med* 41:315–321
- Korbicka J (1966) Klassifizierung und Topographie arteriosklerotischer Veränderungen in den einzelnen Segmenten der A. vertebralis alter Menschen. *Zentralbl Allg Pathol Anat* 109:461–480
- Missliwetz J, Denk W (1990) Obstruktive Asphyxie in Kampfsportarten. Symposium „Obstruktive Asphyxie“, Sept. 1989 in Hamburg. Springer, Berlin Heidelberg New York (im Druck)
- Pourcelot L (1974) Applications cliniques de l'examen Doppler transcutane. Les colloques de l'Institut nationale de la Santé et de la Recherche médicale. INSERM 34:213–240
- Reay DT, Eisele JW (1982) Death from law enforcement neck holds. *Am J Forensic Med* 3:253–258
- Reay DT, Holloway GA (1982) Changes in carotid blood flow produced by neck compression. *Am J Forensic Med* 3:199–202

- Reutern GM, Büdingen HJ, Freund HJ (1976) Doppler-sonographische Diagnostik von Stenosen und Verschlüssen der Vertebralarterien und des Subclavian-Steal-Syndroms. Arch Psychiat Nervenkr 222:209–222
- Schwarzacher W (1928) Beiträge zum Mechanismus des Erhängungstodes. Dtsch Z Ges Gerichtl Med 11:145–153
- Torboul PJ, Bousser MG, LaPlane D, Castaigne P (1986) Duplex scanning of normal vertebral arteries. Stroke 17:921–923
- Vitte E, Feron JM, Guérin-Surville H, Koskas F (1985) Anatomical study of digital compression of the vertebral artery at its origin and the suboccipital triangle. Anat Clin 7:77–82
- Widder B (1989) Doppler- und Duplex-Sonographie der hirnversorgenden Arterien. 2. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York