

## Topographie der posttraumatischen Fettembolie\*

### Histologische und statistische Untersuchungen an Lungengroßflächenschnitten

B. Schellmann<sup>1</sup>, H. Schober<sup>1</sup>, H. Prestele<sup>2</sup> und P. Brunner<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut für Rechtsmedizin der Universität Erlangen-Nürnberg, Universitätstr. 22,  
D-8520 Erlangen

<sup>2</sup>Institut für Medizinische Statistik und

<sup>3</sup>Pathologisches Institut der Städtischen Krankenanstalten Aschaffenburg, Waldstr. 6,  
D-8570 Aschaffenburg, Bundesrepublik Deutschland

### Topography of Posttraumatic Fat Embolism

#### Histological and Statistical Investigation of Gough-Sections of the Lung

**Summary.** In 50 fat-stained and foil-mounted Gough-sections of entire lungs in accidental death cases the topographic areas of fat-embolic blood vessel occlusions were estimated. For control, the same investigations were made in cases of nontraumatic death.

Accumulation of fat-embolism was found in the anterior thirds of the upper and middle areas of the lung, while in the basal, the central, and the posterior parts the incidence of fat-embolic occlusions is significantly rarer. Similar results, although to a lesser degree, were found in the lungs of non-traumatized patients.

A statistical study evaluated whether right or left lobe, sex, age, or time of survival after trauma influence the incidence and intensity of fat-embolic occlusions in the lung. The results were discussed.

**Key word:** Fat-embolism in lung, topographical properties, Gough-sections

**Zusammenfassung.** Mit Hilfe einer modifizierten Goughschen Großflächenschnittechnik wurde an 50 Lungen posttraumatisch verstorbener Patienten untersucht, ob es topographische Schwerpunkte fettembolischer Blutgefäßverschlüsse gibt. Zur Kontrolle dienten die Lungen von 30 atraumatisch Verstorbenen. Die Großflächenschnitte wurden sudangefärbt und auf durch-

---

\* Durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft SFB 118 gefördert  
*Sonderdruckanfragen an:* Dr. B. Schellmann (Adresse siehe oben)

sichtige Folie aufgezogen, anschließend mikroskopisch untersucht. Der Fett-emboliegehalt wurde an definierten Stellen (pro Lunge bis 100 Untersuchungsstellen) in Intensitätsgraden geschätzt. Für bestimmte morphologisch definierte Lungenabschnitte wurden danach die Mittelwerte der fett-embolischen Intensität errechnet und damit entsprechende Lungenareale miteinander verglichen. Die statistische Auswertung erfolgte mittels einer eigens entwickelten Teststrategie.

Es gibt topographische Schwerpunkte fettembolischer Verschlüsse. Diese befinden sich insbesondere in den vorderen oberen und in den vorderen mittleren Abschnitten der Lunge, die niedrigsten Werte in den basalen und hinteren Anteilen der Lunge. Die heterogene Embolieverteilung wird mit der terminalen Hypostase erklärt, die zu einer Ausschaltung von Lungenabschnitten von der Blutzirkulation führt, so daß hier die Einschwemmung embolisierenden Fettes vermindert ist.

Aus den Ergebnissen der Studie läßt sich ableiten, daß es keinesfalls gleichgültig ist, an welcher Stelle Material zum Nachweis fettembolischer Blutgefäßverschlüsse an den Lungen entnommen wird. Die Einschätzung der FE als Bagatellbefund oder als Indikator für den Schweregrad eines Traumas wird dadurch maßgeblich beeinflusst.

**Schlüsselwort:** Fettembolie der Lunge, topographische Schwerpunkte, Großflächenschnitte

Im Gegensatz zu der noch immer strittigen klinischen Bedeutung der Fettembolie gibt es eine morphologisch klar umrissene Begriffsbeschreibung durch Sevitt (1962), der die Fettembolie (FE) als „Blockade von Blutgefäßen durch Fett-Tropfen im Blut“ beschreibt. Damit wird nichts über eine etwaige klinische Bedeutung fettembolischer Blutgefäßverschlüsse ausgesagt. Die Einschätzung der klinischen Bedeutung von Fettemboliën wird mitbestimmt von der Erfahrung des Untersuchers und dessen subjektiver Einstellung zu den Fragen der Ätiopathogenese der Fettembolie.

Verschiedene ätiologische Faktoren fördern das Auftreten fettembolischer Verschlüsse, insbesondere Traumen: diese können durch Gewalteinwirkung von außen (Unfall) oder von innen (Dekompressionskrankheit) bedingt sein. Fett- und/oder Knochenmarksembolien sind kein Beweis für ein intravitales Ereignis; sie können auch postmortal provoziert werden, solange noch nicht Leichenstarre und Cruor-Bildung eingetreten sind (Sack und Wegener 1968).

Zur Frage der Häufigkeit und der Intensität fettembolischer Blutgefäßverschlüsse existiert eine Vielzahl von Untersuchungen<sup>1</sup>.

Sämtliche uns bekannten feingeweblichen Untersuchungen zur Frage der Fettembolie wurden in der herkömmlichen Stück-für-Stück-Technik durchgeführt, d. h. an Gefrierschnitten mit einer durchschnittlichen Kantenlänge von 2 cm, die somit einen Flächeninhalt von 4 cm<sup>2</sup> enthalten. Auch bei Anwendung mehrerer Gefrierschnitte aus den Lungen kann damit jedoch keine repräsentative

<sup>1</sup> Monographien zum Thema Fettembolie mit ausgedehnten Literaturangaben, z. B.: Hoffheinz (1933), Sevitt (1962), Wehner (1968), Szabo (1971)

tive Aussage über etwaige Schwerpunkte fettembolischer Verschlüsse gemacht werden.

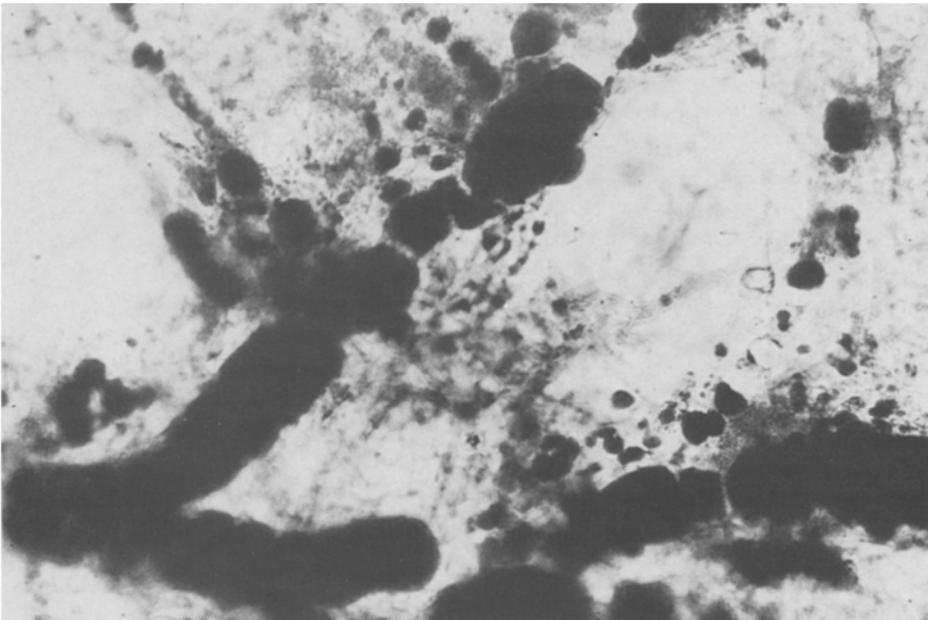
Mit Hilfe einer modifizierten Großflächenschnitttechnik nach Gough sind wir der Frage nachgegangen, ob es Prädispositionsstellen fettembolischer Verschlüsse gibt, oder ob es gleichgültig ist, an welcher Stelle der Lunge Gewebe für den histologischen Nachweis der Fettembolie entnommen wird.

## Material und Methode

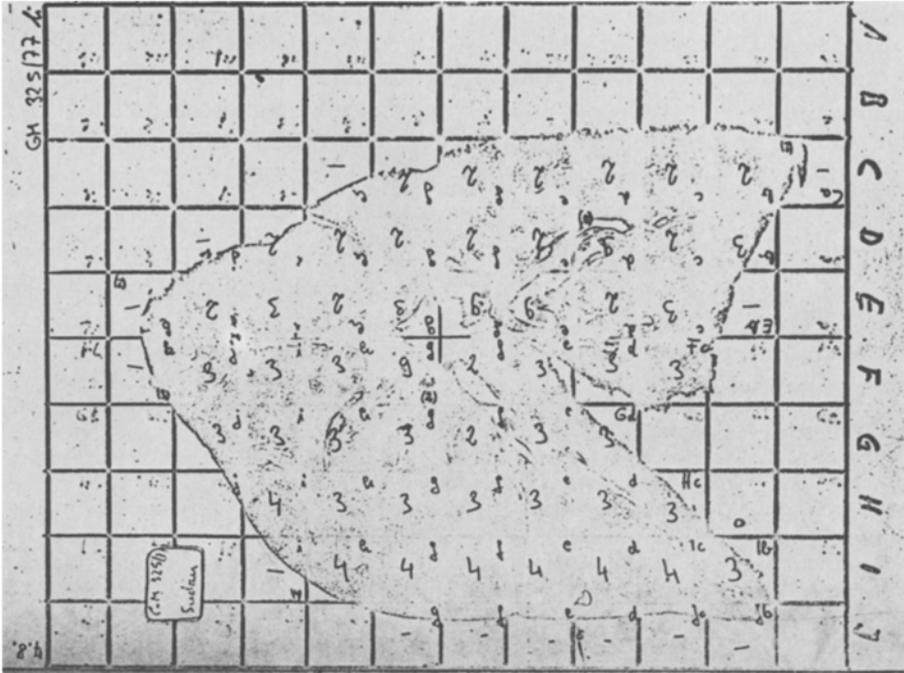
Untersucht wurden 50 Lungen von Unfalltoten der Sektionsjahrgänge 1976 und 1977 aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität Erlangen-Nürnberg. Der Todeszeitpunkt lag, außer bei 3 Fällen, spätestens 7 Tage nach dem Unfallereignis. Stets waren äußere Gewaltwirkungen vorausgegangen (45 Verkehrsunfälle, 4 Fälle infolge Sturz aus größerer Höhe, 1 Suizid durch Erhängen).

Als Kontrollkollektiv dienten Lungen von 30 Patienten. Davon war in 13 Fällen ein Tumorerleiden todesursächlich, sechsmal eine Arteriosklerose, fünfmal eine Endokarditis, sechsmal lagen verschiedene Todesursachen vor. Es handelte sich nur um solche Fälle, bei denen keine Traumatisierung vor dem Tode anzunehmen war und kein Reanimationsversuch erfolgte.

Voraussetzung einer topographisch orientierten histologisch-anatomischen Lungendiagnostik ist die Anwendung papier- oder folienmontierter Lungengroßflächenschnitte (Gough und Wentworth 1949; Otto 1969; Brunner 1976): Formolfüllung der Lungen über den Trachealstumpf oder Stammbronchus auf Thoraxvolumen. Nach der Fixierung Gelatineeinbettung und Tiefkühlung, Anfertigung von Gefrierschnitten in der Sagittalebene auf dem Großflächenmikrotom Tetrander (Hersteller Fa. Jung, Heidelberg), Sudan-III-Färbung. Danach Aufziehen der gefärbten Schnitte auf durchsichtige Zellophanfolie für die mikroskopische Untersuchung (Abb. 1).



**Abb. 1.** Ausschnitt eines folienmontierten und sudangefärbten Lungengroßflächenschnittes,  $\times 400$ , massive Fettembolisation (Intensitätsgrad 5)



**Abb. 2.** Xerographie der Lungenplanquadrate mit aufgelegtem Lungengroßflächenschnitt und Intensitätsgraden der FE in den Kleinquadraten

Zur topographischen Orientierung bei der histologischen Untersuchung wurden die Großflächenschnitte auf eine durchsichtige, mit Quadraten von 2 cm Kantenlänge graduierte Plexiglasscheibe gelegt, eine Xerographie von Plexiglasscheibe mit aufgelegtem Präparat ermöglichte eine naturgetreue Ablichtung des Großflächenschnittes (Abb. 2). Am Originalschnitt erfolgte die histologische Beurteilung mit Klassifizierung fettembolischer Verschlüsse in steigenden Intensitätsgraden von 1—5 für jedes einzelne Quadrat. Die Ergebnisse wurden in das entsprechende Quadrat der Xerographie übertragen.

Intensitätsgrad 1 = kein fettembolischer Verschuß

Intensitätsgrad 2 = pro Quadrat von 2 × 2 cm mindestens 1 Verschuß

Intensitätsgrad 3 = pro Gesichtsfeld (× 100) mindestens 1 Verschuß

Intensitätsgrad 4 = pro Gesichtsfeld (× 100) multiple Verschlüsse

Intensitätsgrad 5 = pro Gesichtsfeld massenhafte, dichtliegende Verschlüsse.

#### *Statistische Methoden*

Durch Drittelung der maximalen Ausdehnung der Lungenschnittbilder in Länge (apikal-basale Richtung) und Breite (anterior-posteriore Richtung) wurde eine Einteilung der Schnittflächen in 9 gleichgroße Rechtecke vorgenommen (Abb. 3). Der Anteil von Lungengewebe in den peripheren Rechtecken variiert je nach Größe und Form der Lungenpräparate und ist dort geringer als im zentralen, hilusenthaltenden Rechteck, das stets vollständig mit Lungengewebe bedeckt ist. Zur Bestimmung der Fettembolie-Intensität eines jeden der 9 Lungengelder I, II bis IX wurde der Mittelwert aus den histologisch abgeschätzten Fettemboliegraden derjenigen Kleinquadrate berechnet, deren mit Lungengewebe bedeckte Fläche zu mehr als 50% im jeweiligen Rechteck zu liegen kam. Im Durchschnitt führten 55 Bewertungsergebnisse (minimal 12,

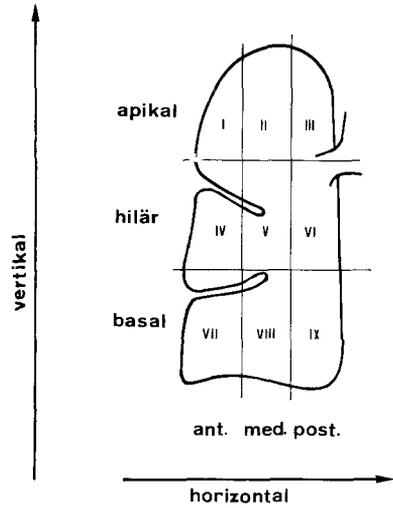


Abb. 3. Schematische Einteilung der Topographie der Großflächenschnitte, jeweils 3 Rechtecke in den Etagen und Abschnitten (Numerierung I-IX)

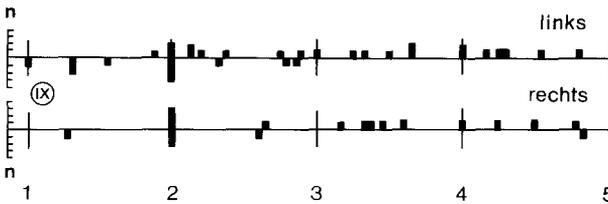
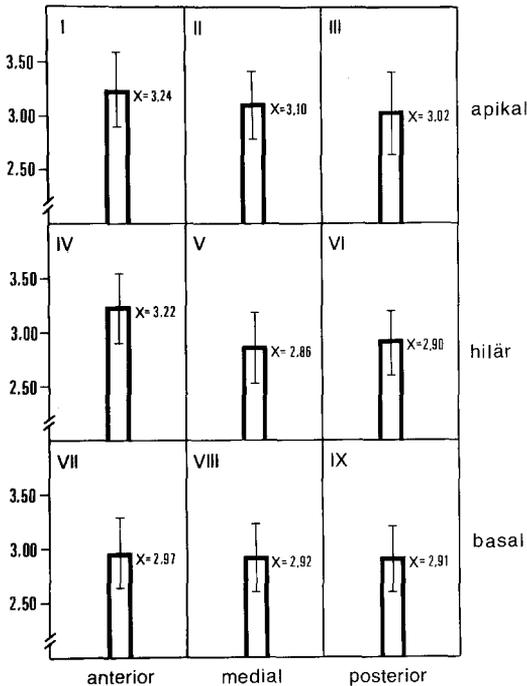


Abb. 4. Stabdiagramm zur Darstellung der Verteilung der FE-Intensität exemplarisch für Feld IX der Probandengruppe, getrennt nach linken und rechten Lungenflügeln. Nach unten sind die FE-Intensitäten der Sofort-, nach oben der Spät-Verstorbenen aufgetragen

maximal 102 verwendbare Kleinquadrate) zu den im allgemeinen 9 Mittelwerten, die den 9 Lungenfeldern zugeordnet werden konnten und so als Ausgangswerte in die weiteren Berechnungen eingingen. Durch die Mittelwertbildung ist anzunehmen, daß näherungsweise eine Normalverteilung dieser Werte erreicht wurde. Wie das Stabdiagramm in Abb. 4 exemplarisch für das basale dorsale Feld IX der Probandengruppe zeigt, ist diese Annahme — eine Bedingung für die durchzuführenden *t*-Tests — annähernd erfüllt.

Um ein aufwendiges multivariates statistisches Testmodell, das für die Beantwortung der eingangs gestellten Fragen adäquat erscheint, zu vermeiden, wurde hier die von Hommel (1979) vorgeschlagene Strategie für multiple statistische Tests angewandt. Zunächst wurden Paarvergleiche mit dem *t*-Test für verbundene Stichproben für die Prüfung der Gleichverteilung des Fettemboliegrades je zweier Lungenfelder durchgeführt.

Von den insgesamt möglichen  $\binom{9}{2} = 36$  Paarvergleichen wurden die 18 Vergleiche apikal-hilär, apikal-basal und hilär-basal innerhalb jeder Front sowie anterior-medial, anterior-posterior und medial-posterior innerhalb jeder Etage ausgewählt (z. B. I mit II, I mit III und II mit III in der obersten Etage). Die o. g. Teststrategie sieht vor, vor der eigentlichen Beurteilung der Lokalisationsunterschiede eine sog. *globale Nullhypothese* zu prüfen, die besagt, daß es keine unterschiedliche Verteilung der Fettembolie in der Lunge gibt. Sie läßt sich anhand der 18 Testergebnisse  $t_i$  ( $i = 1, \dots, 18$ ) prüfen. Für das posttraumatische Kollektiv konnte diese globale Nullhypothese auf dem 1%-Niveau, für die Vergleichsgruppe auf dem 5%-Niveau verworfen werden, so daß man annehmen kann, daß es Verteilungsunterschiede der Fettembolie in den 9 Lungenfeldern gibt. Zur Spezifizierung der Lokalisationsunterschiede kamen dann sog. *a-*



**Abb. 5.** Darstellung von Mittelwerten ( $\bar{x}$ ) mit 95%-Konfidenzbereichen der FE-Intensität in den 9 Lungenfeldern I-IX der 50 Probandenlungen (post-traumatische Gruppe)

posteriori-Tests (vgl. Gabriel 1969) zur Anwendung. Dabei ist es auch möglich, mehrere Lungenfelder zu einer Gruppe zusammenzufassen und diese Gruppe miteinander zu vergleichen [z. B. Vergleich der apikalen Etage (I, II, III) mit der basalen Etage (VII, VIII, IX)].

## Ergebnisse

In Abbildung 5 sind die Mittelwerte und 95%-Konfidenzbereiche der FE-Intensität in den 9 Lungenfeldern der 50 posttraumatischen Lungen dargestellt. Der höchste Mittelwert (3,24) fand sich im apikalen anterioren Rechteck (I), der niedrigste (2,86) im zentralen, hiluseinschließenden Feld (V). Beim horizontalen und vertikalen Paarvergleich ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Feldern IV/V und IV/VII. Unterteilt man die Lunge vertikal in einen vorderen (I/IV/VII), mittleren (II/V/VIII) und hinteren Abschnitt (III/VI/IX) bzw. in eine apikale (I/II/III), hiläre (IV/V/VI) und basale Etage (VII/VIII/IX), dann ergibt sich eine signifikante Abnahme der mittleren Intensitätsgrade vom vorderen zum mittleren Abschnitt sowie von der hilären zur basalen Etage.

Die FE-Intensität wurde zusätzlich auch in Abhängigkeit von normal-anatomischen Gegebenheiten überprüft, wobei ein Vergleich der einzelnen Lungenlappen miteinander erfolgte. Bei 14 von 18 zur Verfügung stehenden *rechten* Lungen konnten die Lappengrenzen einwandfrei bestimmt und Mittelwerte berechnet werden. In acht von 14 Fällen lag im Mittellappen die höchste Intensität fettembolischer Verschlüsse vor, zweimal lag sie im Oberlappen, einmal im Unterlappen. Dreimal war die Fettembolie-Intensität in allen drei Lappen

gleich. Der höchste Mittelwert fand sich danach innerhalb der Mittellappen (3,54), der niedrigste im Unterlappen (3,06), im Oberlappen betrug er 3,38.

*Links* lagen in 16 von 29 Fällen im Oberlappen höhere Mittelwerte vor als im Unterlappen. Dreimal waren die Intensitätsgrade im Ober- und Unterlappen gleich, zehnmal war im Unterlappen eine intensivere Fettembolisation nachweisbar. Auch hier ergibt sich wie bei den rechten Lungen die Tendenz, daß der Oberlappen (Durchschnittswert 2,90) höhere Mittelwerte aufweist als der Unterlappen (2,76). Die unterschiedliche Größe und Zahl der einzelnen untersuchten Lungenlappen ließ die Anwendung der oben aufgeführten Teststrategie für diese Fragestellung nicht sinnvoll erscheinen.

#### *Untersuchungen auf Einfluß des Geschlechts*

Unter den 50 Probanden des traumatisierten Kollektivs befanden sich 32 Männer und 18 Frauen. Die Mittelwerte der jeweiligen Rechtecke der Lungen des weiblichen Geschlechts zeigten durchwegs niedrigere Werte (bis zu 0,9 geringer). Zur weiteren Charakterisierung der geschlechtsspezifischen Differenzen wurde der *t*-Test für unverbundene Stichproben durchgeführt, wobei die Mittelwerte der sich entsprechenden Rechtecke miteinander verglichen wurden. Signifikant höhere Fettembolie-Mittelwerte für Männer ergeben sich innerhalb der vorderen und oberen Lungenanteile. Die Untersuchungen an den anderen Lungenfeldern waren statistisch nicht auffällig.

#### *Vergleich zwischen rechter und linker Lunge*

Die Abnahme der Fettembolie-Intensität nach hinten und nach basal ist sowohl in der rechten als auch in der linken Lunge gleichartig zu erkennen. Obwohl die 9 Rechteck-Mittelwerte der rechten Lungen ( $n = 18$ ) durchwegs um 0,3 bis 0,4 größer waren als die entsprechenden Werte der linken Lungen ( $n = 32$ ), ergaben sich im *t*-Test für unverbundene Stichproben keine signifikanten Unterschiede.

#### *Einfluß der Überlebenszeit auf das Vorkommen von Fettembolien*

Von 49 Patienten der posttraumatischen Gruppe lagen genaue Überlebenszeiten vor. 15 der Patienten verstarben unmittelbar nach dem Unfallereignis (binnen Sekunden oder wenigen Minuten). Dennoch war bei allen eine Fettembolisation nachweisbar. Die Intensität streute von 1,22 bis 4,33. Letzterer auffällig hoher Wert wurde bei einem 28jährigen Mann gefunden, bei dem als Todesursache eine atypische Erhängung mit länger dauerndem Todeskampf vorlag. Hier wurde aus jeder Lunge ein Durchschnittswert gebildet, der in die Berechnung eingeht. Im Vergleich zum Mittelwert aller 50 Lungen der Unfallgruppe (3,01) ist der Mittelwert für die Gruppe der unmittelbar nach dem Unfallereignis Verstorbenen mit 2,12 gering. Bei 7 Patienten, die den Unfall bis zu einer Stunde überlebten, also während des Transportes oder erst im Krankenhaus verstarben, wurde ein Wert von 2,85 ermittelt, der deutlich höher als der der vorhergenannten Gruppe liegt. Noch stärker nahm die Intensität der Fettembolie zu, wenn der Unfall um 24 h überlebt wurde (3,57,  $n = 6$ ). Mit 3,84 war der Mittelwert der am 3. Tag nach dem

Unfallereignis verstorbenen Patienten am höchsten. Bei Eintritt des Todes nach dem 4. Tag konnten anhand unseres Materials keine einheitlichen Aussagen mehr gemacht werden.

#### *Fettembolie-Intensität in Abhängigkeit von der Art der Verletzung*

In 49 Fällen wurde Art und Schwere der Verletzung aufgeschlüsselt und in Anlehnung an Säker (1955) eine Einteilung in vier Gruppen getroffen. In dem Kollektiv mit Weichteilverletzungen ohne Frakturen lag der Durchschnitt aller Lungenmittelwerte mit 3,39 am höchsten gegenüber auch jenen anderen Gruppen, in die die Fälle mit Brüchen der langen Röhrenknochen und Rippenserienfrakturen und/oder Beckenfrakturen aufgenommen waren. Die Gruppe mit Brüchen der Röhrenknochen sowie Rippen- und Beckenfrakturen hatten die niedrigsten Intensitätsgrade. Allerdings trat der Tod in diesen Fällen meist unmittelbar nach dem Unfallereignis ein, so daß sich vermutlich keine größere Fettembolisation mehr entwickeln konnte (Spann 1959).

Eine altersabhängige Intensität von Fettembolisation konnte anhand unseres Untersuchungsgutes statistisch nicht festgestellt werden.

#### *Fettembolie-Intensität in der Vergleichsgruppe*

Hier wurden die 30 Großflächenschnitte nach den gleichen Methoden ausgewertet. Mit einer einzigen Ausnahme wurden in allen Lungen vereinzelt fettembolische Verschlüsse nachgewiesen. Die gegenüber dem posttraumatischen Kollektiv vergleichsweise niedrigeren Werte folgten in ihrem Verteilungsmuster der posttraumatischen Gruppe. Der Mittelwert aller 30 Lungen betrug 1,78 (posttraumatische Gruppe 3,01) der höchste Wert in der Kontrollgruppe (3,41) fand sich bei einem 50jährigen adipösen Patienten, der einen Sekundenherztod gestorben war. Obwohl sich kein Hinweis auf Reanimation fand, kann diese in diesem Fall nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Auch im Lappenvergleich folgen die Ergebnisse den Resultaten der traumatischen Patientengruppe. Im Mittellappen war mit 1,89 die höchste Intensität feststellbar, gefolgt vom Oberlappen (1,78) und dem Unterlappen (1,73).

### **Diskussion**

Unabhängig von den strittigen Problemen der Ätiopathogenese ist gesichert, daß Häufigkeit und Intensität fettembolischer Blutgefäßverschlüsse posttraumatisch ansteigen. Untersuchungen zum Nachweis einer Fettembolie mit entsprechender Fragestellung werden routinemäßig durchgeführt, wobei gewöhnlich stichprobenartig ein oder zwei Gefrierschnitte aus verschiedenen Lungenarealen untersucht werden.

Die von uns angewandte Großflächenschnittechnik nach Gough liefert repräsentative Aussagen zur Topographie im Vergleich zwischen oberen und unteren Anteilen sowie vorderen und hinteren Lungenanteilen. Die Art der angewandten Schnittechnik gestattet jedoch keine Aussage, ob sich Unterschiede zwischen zentralen und lateralen Lungenanteilen ergeben.

Die Methode stellt eine diagnostische Vielfachuntersuchung für jeden Großflächenschnitt dar mit über 100 Untersuchungslokalisationen von je 4 cm<sup>2</sup> Flächeninhalt. Dabei wurde einerseits durch Vergleich der FE-Intensitätsgrade in den einzelnen Lungenlappen den anatomischen Verhältnissen Rechnung getragen, andererseits durch Anwendung eines geometrischen Prinzips unabhängig von den Lappengrenzen der Fettemboliegehalt untersucht. Die höchsten Fettemboliegehalte lagen im vorderen oberen und vorderen mittleren Abschnitt bei der 9-Feld-Unterteilung der Lunge, während die niedrigsten Intensitätsgrade sich in den basalen und in den hinteren Abschnitten sowie im hilsumfassenden Rechteck fanden. Dieselbe Tendenz — bei allerdings deutlich niedrigerer Intensität — fand sich auch in den Lungen der Kontrollgruppe. Im Lappenvergleich fanden sich rechts die höchsten Intensitätsgrade im Mittellappen, gefolgt vom Oberlappen. Im Lappenvergleich der linken Lunge lagen die Mittelwerte im Oberlappen höher als im Unterlappen.

Erfahrungsgemäß kann gesagt werden, daß sich embolische Tumormetastasen gleichmäßig über das Lungengewebe erstrecken ohne besondere Bevorzugung einer Lokalisation. Büchner und Kühn (1959) führten Untersuchungen zum temporären Cor pulmonale durch, indem sie Kaninchen intravenös Fibrin applizierten. Aus den Abbildungen in ihrer Arbeit kann ebenfalls auf eine homogene Embolieverteilung geschlossen werden. Kerling (1975) verabreichte Kaninchen ein ölhaltiges Kontrastmittel intravenös. Die Lungen wurden post mortem röntgenologisch untersucht, dabei waren eindrucksmäßig keine topographischen Schwerpunkte des embolisierenden Kontrastmittels erkennbar.

Die Befunde der vorliegenden Untersuchung stehen somit im Widerspruch zu der bisherigen Annahme einer homogenen Embolieverteilung. Als Faktoren, die unterschiedliche FE-Intensitätsgrade an den Lungen verursachen, kommen in Frage:

1. Eine besondere Anordnung der Blutgefäße, die zur inhomogenen Fetteinschwemmung führt. Die lappenunabhängigen topographischen Unterschiede sprechen gegen eine solche Annahme.

2. Unterschiedliche lokale Elimination bei zunächst homogener Verteilung des eingeschwemmten embolisierenden Fettes. Möglichkeiten der Elimination fettembolischer Verschlüsse sind:

- a) enzymatischer Abbau über Makrophagen und Kapillarendothelien. Dieser Prozeß erreicht sein Maximum erst drei Tage nach einer Fettembolie (Hofmann, Brunner und Tulusan 1976). Die Inhomogenität der FE auch bei kurzfristig posttraumatisch Verstorbenen macht diese These unwahrscheinlich.

- b) „Durchspülen“ der Emboli in die Organe des großen Kreislaufs. Dies würde eine unterschiedlich hohe vis a tergo voraussetzen, wofür es keinen Anhalt gibt.

- c) Der Austritt embolischen Fettes durch Kapillarwandrupturen in die Alveolen mit anschließender Expektoration kann ebenfalls nicht ursächlich in Betracht kommen.

3. Im Zustand eines zunehmenden Kreislaufversagens (Hypostase) ist die Zirkulation in den abhängigen Lungenabschnitten behindert oder gar aufgehoben. Sofern terminal embolisierendes Fett eingeschwemmt wird, gelangt

dieses vorzugsweise in die durchbluteten Abschnitte der Lunge. Gewöhnlich kann man von einer Rückenlage des Sterbenden ausgehen, so daß in den apikalen und ventralen Lungenanteilen eine bessere Durchblutung besteht.

## Literatur

- Brunner P (1978) Technik papier- und folienmontierter Organgroßflächenschnitte (Gough-sections). MTA 24:121
- Büchner C, Könn G (1959) Temporär chronisches Cor pulmonale im Tierexperiment nach rezipierender Mikroembolie. Beitr Pathol Anat 121:170
- Gabriel KR (1969) Simultaneous test procedures—some theory of multiple comparisons. Ann Math Stat 40:224
- Gough J, Wentworth JE (1949) The use of thin section of entire organs in morbid anatomical studies. J R Micr Ser III 69:231
- Hoffheinz S (1933) Die Luft- und Fettembolie. Neue Deutsche Chirurgie, Bd 55. Enke, Stuttgart
- Hofmann K, Brunner P, Tulusan AH (1976) Abbau ölicher Substanzen in der Kaninchenlunge. Virchows Arch A 369:347
- Hommel G (1979) Entwicklung einer statistischen Teststrategie bei komplexen medizinischen Fragestellungen. Habil Schrift, Erlangen
- Kerling W, Brunner P, Bassermann R, Geissler KH (1974) Beitrag zur Frage ölhaltiger Kontrastmittelembolien. Fortschr Röntgenstr 121:49
- Otto H (1970) Die Atmungsorgane. In: Altmann et al. (Hrsg) Handbuch der allgemeinen Pathologie, Bd III, Teil 4. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Sack K, Wegener F (1968) Artefizielle postmortale Fettembolie. Zentralbl Allg Pathol 111:24
- Säker G (1955) Fettembolie bei Verkehrsunfällen. Münch Med Wochenschr 97:625
- Sevitt S (1962) Fat embolism. Butterworth, London
- Spann W (1959) Das Flugzeugunglück in München-Riem am 2. 6. 1958. Münch Med Wochenschr 101:544
- Szabo G (1971) Die Fettembolie. Akademie Kiado, Budapest
- Wehner W (1968) Die Fettembolie. VEB Volk und Gesundheit, Berlin

Eingegangen am 10. Dezember 1979