Aus der Chirurgischen Universitätsklinik in München.
(Direktor: Geh.-Rat Sauerbruch.)

Ein Unterdruckatmungsapparat für chirurgische Zwecke.

Von Dr. Alfred Brunner.

Die Bestrebungen, durch willkürliche Aenderung der Blutverteilung im Körper mit Hilfe des Druckdifferenzverfahrens eine relative Blutleere für Operationen im Gebiet des großen Kreislaufes zu erreichen, gehen auf Sauerbruch zurück. Er versuchte die Blutung bei Schädeloperationen zuerst durch Anwendung eines lokalen Ueberdruckes zu vermindern; wegen der Gefahr der Luftembolie zog er es später vor, den Schädel gleichsam blutleer zu saugen, indem der übrige Körper in der pneumatischen Kammer unter Unterdruck gesetzt wurde. Härtl erweiterte das Verfahren, indem er den ganzen Körper, mit Ausnahme der Luftwege, unter Ueberdruck brachte. Er erzielte damit eine Einengung der Blutzirkulation auf den kleinen Kreislauf, die nicht nur in der Herabsetzung der operativen Blutung zum Ausdruck kam, sondern auch ganz besonders günstig bei Zirkulationsschwäche wirkte.

Die Methode leidet aber an dem Nachteil, daß zu ihrer Ausführung eine pneumatische Kammer notwendig ist, die nur selten zur Verfügung steht. Es lag daher der Gedanke nahe, das Druckgefälle zwischen dem großen und dem kleinen Kreislauf, das Härtl durch seinen sogenannten „peripherischen“ Ueberdruck erreicht, durch Anwendung eines intrabronchialen Unterdruckes zu erzeugen. Wir haben an anderer Stelle von unsern ersten diesbezüglichen Versuchen berichtet. Es gelang uns mit einer improvisierten Apparatur — wir verwendeten den Drägerschen Kombinationsapparat bei Exspirationsstellung des Pulmotors — der Nachweis, daß die Blutverschiebung, die Härtl mit einer Ueberdruckkammer erzielt, durch eine wesentlich einfachere Anordnung bewirkt werden kann.

Nach Abschluß unserer ersten Mitteilung, deren Drucklegung sich leider aus äußeren Gründen verzögert hatte, erschien eine zweite Arbeit von Härtl, in welcher an Hand sehr lehrreicher Blutdruckkurven die Aenderung der Herzstätigkeit unter den neuen Druckverhältnissen besprochen wird. Er konnte nicht nur zeigen, daß der arterielle Blutdruck unter dem „peripherischen Ueberdruck“ ansteigt, sondern wies auch sehr eindrucksvoll nach, daß vor allem beim ausgebluteten Tier der vermehrte Blutdruck die Puls- und Atmungskurve sehr günstig beeinflußt, indem der jagende Puls darstellbar und regelmäßig und die Atmung vertieft wird. Wir haben die gleiche Blutdrucksteigerung bei unserer Versuchsanordnung graphisch dargestellt.

Wir haben keinen Grund, an der prinzipiellen Gleichheit der Ueberdruckatmung im Sinne von Härtl und der Unterdruckatmung zu zweifeln. Eine einfache Ueberlegung macht die Verhältnisse klar. Wenn ein Patient auf Meereshöhe in die Härtlsche Kammer gebracht wird, so lastet auf seiner Lunge durch Vermittlung der luftzuführenden Rohrleitung der Atmosphärendruck von 760 mm, während der Druck über dem Körper selbst mit Hilfe des Gebläses z. B. auf 770 mm gesteigert wird. Bei unserer Versuchsanordnung wäre der Druck über dem Körper 760 mm, während wir den Druck in der Lunge z. B. auf 750 mm erniedrigen würden, wenn unser Manometer am Apparat — 10 mm Hg anzeigt. Wenn wir den Patienten Härtls aber an einen Ort mit einem mittleren Barometerstand von 750 mm, d. h. auf ca. 100 m über Meereshöhe bringen und dort in der Kammer einen Ueberdruck von 10 mm Hg erzeugen, dann steht er unter den gleichen Druckverhältnissen, wie unser Patient auf Meereshöhe unter Unterdruckatmung.

Wir möchten in diesem Zusammenhang darauf hinweisen, daß das Minuszeichen der gebräuchlichen Manometer leicht zu falschen Vorstellungen Anlaß geben kann. Der Druck, den wir erzeugen, ist physikalisch gesprochen nicht negativ, sondern er ist nur um so viel Millimeter kleiner als der herrschende Luftdruck. Wenn wir an Stelle des Manometers ein Quecksilberbarometer bringen würden, so könnten wir den tatsächlichen Druck ablesen.

Wir dürfen auch nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, daß der Begriff Unterdruckatmung, wie wir ihn im Sinne von Bruns verwenden, nicht gleichzusetzen ist der Unterdruckatmung in der Sauerbruchschen Kammer. In letzterer besteht ein Druckgefälle zwischen dem Luftdruck in den Luftwegen, die durch den außerhalb der Kammer sich befindenden Kopf mit der Außenluft in Verbindung stehen, und dem künstlich herabgesetzten Druck über dem Körper in der Kammer, während wir die direkt entgegengesetzte Druckdifferenz benützen. Auf der einen Seite stehen als prinzipiell gleichwertig Sauerbruchs „peripherischer“ Unterdruck und Brauers „zentraler“ Ueberdruck, um die Bezeichnungen von Härtl zu gebrauchen, mit einem Druckmaximum in den Atmungsorganen, auf der andern Seite Härtls „peripherischer“ Ueberdruck und Bruns' „zentraler“ Unterdruck mit entgegengesetztem Druckgefälle. Um Verwechslungen vorzubeugen, wäre es vielleicht unserm frühern Vorschlage gemäß empfehlenswerter, für unsere Zwecke von Niederdruckatmung zu sprechen.

Die aussichtsreichen Versuche Härtls und sein Wunsch, daß seine Methode weiter beim Menschen erprobt werden möge, geben uns die Veranlassung, auf unsere Aenderung des Verfahrens neuerdings aufmerksam zu machen, da die technische Ausführung dadurch ganz wesentlich erleichtert wird.

Das Drägerwerk in Lübeck hat uns den Unterdruckatmungsapparat nach Bruns in sehr zuvorkommender Weise so abgeändert, daß er allen Wünschen gerecht werden kann (siehe Abbildung).

Das auf einen Betriebsdruck von 3 Atmosphären einzustellende Druckreduzierventil 1 trägt am oberen Abstellhahn 2 den Unterdruckapparat nach Bruns. Die Saugdüse 4 erzeugt durch Vermittlung des luftabführenden Schlauches 11 in der Maske 5 einen Unterdruck, dessen Höhe am Vakuummeter 3 abgelesen werden kann. Der Unterdruck kann bei angelegter Maske mit Hilfe der Regulierschraube 6 nach Bedarf geändert werden. Während beim Bruns'schen Apparat die Regulierschraube Luft von außen aufnimmt, geschieht bei unserem Apparat die Zufuhr durch den Schlauch 13, der mit einem Vierweghahn 8 mit Dreiwegbohrung unter Zwischenschaltung eines Sparbeutels in Verbindung steht. Die Schlauchfülle 10 dient zum Aufstecken eines Narkoseschluchses vom gewöhnlichen Narkose- oder vom Kombinationsapparat. Je nach der Stellung des Dreiweghahnes wird entweder Sauerstoff aus dem unteren Abstellhahn 7, Luft durch das Gimmerventil 14 oder Sauerstoff-Narkosegemisch durch die Tülle 10 aufgenommen: die verschiedenen Gase können nach Belieben mit einander gemischt werden. Der Schlauch 12 verbindet die Maske mit dem Manometer.

Der Apparat ermöglicht also nicht nur die gewöhnliche Luftunterdruckatmung im Sinne von Bruns, sondern er gestattet auch die Zufuhr von reinem Sauerstoff unter vermindertem Druck, dem nach Bedarf Luft oder Narkosegemisch einzeln oder gleichzeitig beigelegt werden kann. Es läßt sich mit Leichtigkeit eine Druckverminderung von 15 bis 25 cm Wassersäule erreichen. Die Einatmung wird dadurch wohl etwas erschwert, ohne aber besonders unangenehm empfunden zu werden. Wir haben mehrfach bei Operationen Aethernarkosen ausgeführt. Der Verbrauch an Narkotikum ist naturgemäß größer als bei gewöhnlichen Narkosen, weil dauernd durch die Saugpumpe ein ziemlicher Luftstrom abgesaugt wird. Wenn wir aber beide Tropfgefäße mit Aether beschickten, ließ sich die Narkose längere Zeit ohne besondere Schwierigkeiten unter Unterdruck unterhalten.

Der Apparat, der sich durch einfache Uebersichtlichkeit auszeichnet, gestattet daher ohne weiteres die umfangreiche Verwendung, die Härtl sich von seiner Methode verspricht. Er ist vielleicht bestimmt, die Erwartungen zu erfüllen, deren Verwirklichung durch die Forderung einer schwierig zu beschaffenden pneumatischen Kammer sicherlich sehr erschwert würde.

Die Erfahrungen des Tierexperimentes sind durch die Versuche beim Menschen bestätigt worden. Wir haben bei mehreren Operationen uns überzeugen können, daß man mit dem von uns abgeänderten Unterdruckatmungsapparat das gleiche Ziel erreicht, wie Härtl mit Hilfe des peripherischen Ueberdruckes. Als besonders eindrucksvoll erwähne ich eine Reamputation wegen Ulcus prominens des Oberschenkels. Die kapilläre Blutung aus dem Narbengewebe und aus der spongiösen Sägefläche des Knochens kam in kurzer Zeit fast vollständig zum Stehen, sobald Unterdruck eingeschaltet wurde. Auch bei einer Schulterblattexstirpation wegen Sarkom ließen sich die parenchymatöse und venöse Blutung in einwandfreier Weise vermindern.

Wir haben es bis jetzt noch nicht gewagt, das Verfahren auch bei Schädeloperationen in Anwendung zu bringen, da uns bei den starrwandigen Blutleitern des Schädels die Gefahr der Luftembolie zu groß erschien, wissen wir doch nach den Untersuchungen von Sauerbruch und Bruns, daß bei Unterdruckatmung der Druck in den Venen auf oder unter Null sinkt. Die Tierversuche Härtls lehren uns aber, daß auch Trepanationen durch Druckdifferenz gefahrlos blutleer gestaltet werden können.

Ganz besonders bewährt sich das Verfahren aber bei der Behandlung von ausgebluteten Kranken. Wir haben oben schon auf den guten Einfluß der Einengung der Blutzirkulation auf den kleinen Kreislauf in bezug auf Atmung und Herztätigkeit hingewiesen. Wir erreichen damit in gewissem Sinne eine Autotransfusion, indem wir den venösen Teil des großen Kreislaufes durch den höhern Druck, der im Gegensatz zum kleinen Kreislauf auf ihm lastet, einengen. Die Verkleinerung der Strombahn hat zur Folge, daß das Herz, das sich nach einem großen Blutverlust infolge der schlechten diastolischen Füllung leer zu pumpen droht, wieder gefüllt wird und sich infolgedessen auch wieder mit Kraft entleeren kann. Die Erhöhung des arteriellen Blutdruckes, die im Tierexperiment einwandfrei graphisch dargestellt ist, läßt sich auch beim Menschen nachweisen. Wir haben bei einer wegen eines stark blutenden MagenGeschwüres operierten Kranken wiederholt Unterdruckatmung angewendet. Durch eine Druckdifferenz von 15 bis 18 cm H₂O gelang es regelmäßig, schon nach fünf Minuten eine Blutdruckerhöhung um ca. 5 mm und mehr nach Riva-Rocci nachzuweisen.

Trotz der vermehrten Tätigkeit der Atemmuskulatur empfand die Kranke die Unterdruckatmung nicht unangenehm, offenbar weil ihr reiner Sauerstoff zugeführt werden konnte. Darin liegt ja gerade der Vorzug des neuen Apparates. Die Sauerstoffinhalationen sind namentlich während des Krieges wieder zur Behandlung von Ausgebluteten empfohlen worden (Nowakowski). Die Anwendung von Ueberdruckatmung nach Lonhard und Jehn gibt bessere Erfolge, weil dabei auch eine Einengung der Zirkulation bewirkt wird. Sie geschieht aber auf Kosten des lebenswichtigeren kleinen Kreislaufes und drängt das Blut in die Venen des großen Kreislaufes. Die Autotransfusion in das Thoraxinnere, wie sie Härtl und wir befürworten, dürfte ihr vorzuziehen sein. Sie läßt sich mit unserm Apparat sehr leicht ausführen, der sich vor dem Brunsschen Apparat ja ganz besonders dadurch auszeichnet, daß er die Aufnahme von reinem Sauerstoff unter Unterdruckatmung gestattet. Wir haben schon früher darauf hingewiesen, daß zur Vermeidung einer schädlichen Hirnanämie während der Unterdruckatmung selbstverständlich für Tiefelagerung des Kopfes gesorgt werden muß.

Es dürfte ohne weiteres einleuchtend sein, daß gerade bei der Behandlung von Ausgebluteten oder von Patienten im Shok die handliche Anwendung der Unterdruckatmung dem umständlichen Apparat einer pneumatischen Kammer vorzuziehen ist.

Hofmann hat in letzter Zeit auf die große Bedeutung einer relativen Blutleere des Gehirnes für die Einleitung der Allgemeinnarkose hingewiesen. Da mit der Unterdruckatmung eine solche Anämie in geradezu idealer Weise erzeugt werden kann, ist das Verfahren vielleicht berufen, zur Verbesserung der Narkose beizutragen. Damit nicht ein unnötig großer Gasstrom durch die Maske gesaugt und dadurch die Einsparung des Narkotikums illusorisch wird, müßte besonders darauf geachtet werden, daß durch die Saugpumpe gerade nur so viel Luft abgesaugt wird, als die Lunge bei der Ausatmung abgibt. In wesentlich einfacherer Weise könnte man allerdings die tiefen Inspirationen, die Hofmann zur Anämisierung des Gehirnes verlangt, durch die Verwendung einer Kuhnschen Maske erzielen. Es dürfte technisch nicht schwierig sein, die Maske so abzuändern, daß sie zugleich die Verabreichung eines Narkotikums gestattet.

Wenn Härtl darauf hinweist, daß auch auf dem Gebiete der innern Medizin die Aussichten für die Anwendbarkeit der Methode des peripherischen Ueberdruckes nicht zu unterschätzen sind, so können wir mit ihm nicht einig gehen. Die pneumatische Kammer wird auch hier nicht mehr erreichen als die Unterdruckapparate, die die gleiche Hyperämisierung des kleinen Kreislaufes erzeugen. Was aber auf diesem Wege zur Behandlung der Erkrankungen des Herzens und der Atmungsorgane erreicht werden kann, das hat Bruns bereits mit seinem Unterdruckatmungsapparat ermöglicht. Die besten Erfolge hat aber unbestritten die Kuhnsche Maske gezeitigt, die zwar nur inspiratorisch wirkt, aber doch schon eine genügende Verschiebung der Blutmenge herbeiführt, um wirksam zu sein. Die einfache, praktische Maske ist vor allem in der Behandlung des Bronchial-

asthmas oft ganz auffallend wirksam, sodaß wir sie keineswegs durch kompliziertere Apparate ersetzt wissen möchten.

Zusammenfassung. Durch die Einengung der Blutzirkulation auf den kleinen Kreislauf mit Hilfe des Druckdifferenzverfahrens gelingt es, Operationen im Gebiet des großen Kreislaufes relativ blutleer zu gestalten.

Die Blutverschiebung in dem gewünschten Sinne kann in gleicher Weise durch peripherischen Ueberdruck nach Härtl oder durch Unterdruckatmung nach Bruns erreicht werden. Die Methoden sind theoretisch gleichwertig; die letztere ist in ihrer Ausführung aber wesentlich einfacher.

Der Brunssche Unterdruckatmungsapparat ist so abgeändert worden, daß er die Zufuhr von reinem Sauerstoff oder von Narkosegemisch unter vermindertem Druck gestattet.

Der neue Apparat dürfte sich vor allem zur Behandlung von Ausgebluteten empfehlen, da er gleichzeitig die Blutzirkulation im Sinne einer Autotransfusion auf den kleinen Kreislauf einengt und dabei die belebende Sauerstoffeinatmung ermöglicht.

Brunner, D. Zschr. f. Chir. 152 1920. — Bruns, D. m. W. 1911 Nr. 48 S. 2214. — Härtl, Arch. f. klin. Chir. 109 1917 H. 1 u. 111 1919 H. 2. — Hofmann, M. m. W. 1920 Nr. 37 S. 1065. — Jehn, D. Zschr. f. Chir. 140 S. 403. — Kuhn, Die Lungensaugmaske in Theorie und Praxis, Berlin 1911. — Lonhard, M. m. W. 1916 Nr. 14 S. 518. — Nowakowski, M. m. W. 1916 Nr. 4 S. 141. — Sauerbruch, Mitt. Grenzgeb. 1907 Gedenkb. f. J. v. Mikulicz; Zbl. f. Chir. 1909 Nr. 47; Arch. f. klin. Chir. 92 H. 4.