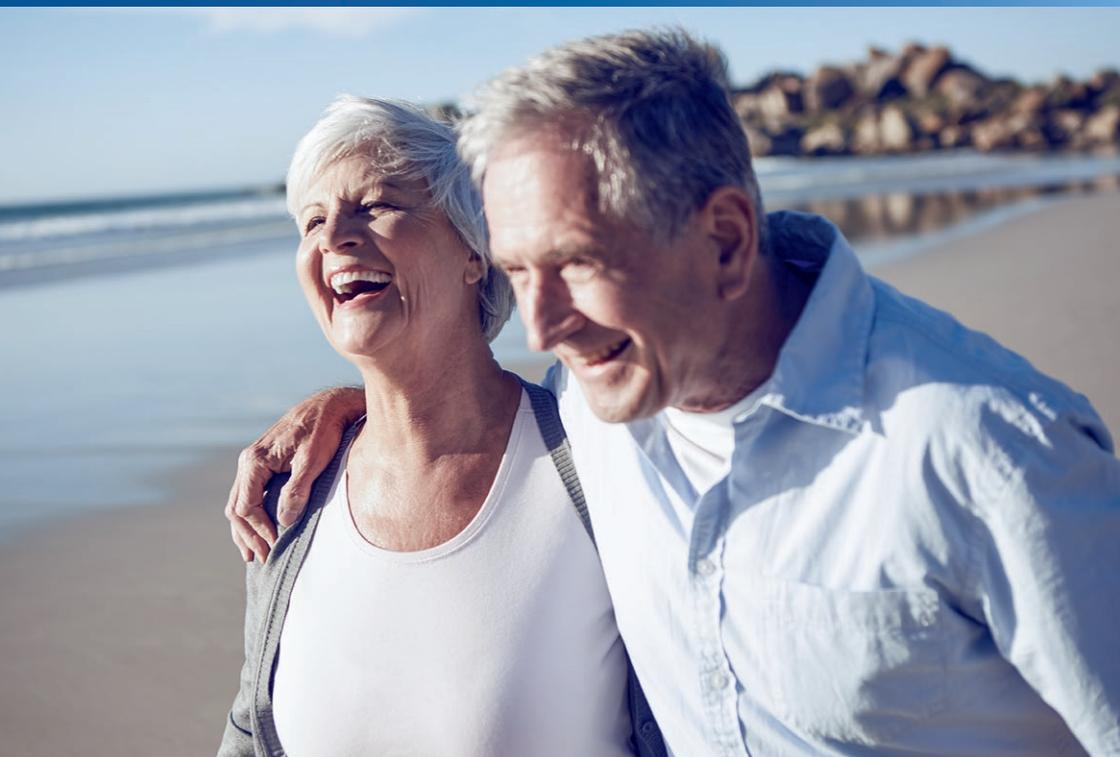


BAUCHFELL- DIALYSE VERSTEHEN

ÜBER DIE ERFINDUNG
UND ENTWICKLUNG DER
PERITONEALDIALYSE



FRESENIUS
MEDICAL CARE

-
- 3 *Peritonealdialyse – von den Anfängen bis zur Gegenwart*
-
- 4 *Die Peritonealdialyse*
-
- 6 *Die ersten Schritte zur Peritonealdialyse*
-
- 7 *Erste Behandlungen am Menschen*
-
- 8 *Peritonealdialysekatheter*
-
- 10 *Beutel- und Schlauchsysteme*
-
- 12 *Das Zeitalter der kontinuierlichen ambulanten Peritonealdialyse (CAPD)*
-
- 13 *Die automatisierte Peritonealdialyse (APD)*
-
- 14 *Neue, biokompatible Peritonealdialyselösungen*
-

PERITONEALDIALYSE – VON DEN ANFÄNGEN BIS ZUR GEGENWART

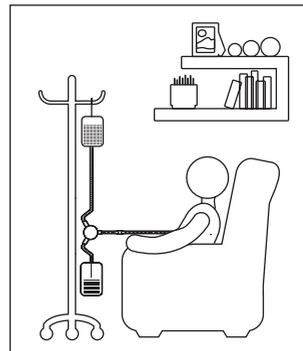
Wenn der menschliche Körper Symptome einer Harnvergiftung (Urämie) aufweist, ist dies Zeichen einer Unterfunktion oder gar eines Ausfalls der Nieren. Die griechische Herkunft des Wortes zeugt davon, dass die Kenntnis um dieses Krankheitsbild wesentlich älter ist als die Möglichkeit, Menschen in dieser lebensbedrohlichen Situation wirksam zu behandeln.

Erst in den letzten 100 Jahren hat die medizinische Grundlagenforschung den Weg bereitet, um den Ausfall der Nierenfunktion mit der Dialyse wirksam zu kompensieren.

Es gibt im Wesentlichen zwei Formen der Dialyse, zum einen die Hämodialyse, ein Verfahren, bei dem das Blut der Patienten extrakorporal, also außerhalb des Körpers, von urämischen Substanzen gereinigt wird. Sie ist für fast 90 Prozent aller Dialysepatienten die Therapie der Wahl. Eine Alternative ist die Bauchfelldialyse (Peritonealdialyse), die die Patienten meist selbst zu Hause oder am Arbeitsplatz durchführen. Bei dieser Therapieform dient das Peritoneum (Bauchfell) als Dialysemembran.

Die ersten wichtigsten Fortschritte in der Peritonealdialyse wurden in den 20er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts erzielt. Erst eine Vielzahl von weiteren Erfindungen in den folgenden Jahrzehnten ermöglichte jedoch eine breitere Anwendung auch für chronisch nierenkranke Patienten.

Die folgenden Seiten geben einen Einblick in die faszinierende Geschichte der Bauchfelldialyse.



DIE PERITONEALDIALYSE BIETET DEN DIALYSE-PATIENTEN DIE MÖGLICHKEIT, TROTZ CHRONISCHEN NIERENVERSAGENS IHR LEBEN IN DEN GEWOHNTEN BAHNEN WEITERZUFÜHREN.

DIE PERITONEALDIALYSE

Als **Peritoneum** wird das Bauchfell bezeichnet, eine dünne, glänzende Haut, die mit einer Oberfläche von einem bis zwei Quadratmetern die Bauchhöhle und die inneren Organe überzieht. Da das Bauchfell sehr gut durchblutet ist, stellt es eine

PERITONEUM
*das Bauchfell –
es wird bei
der Peritoneal-
dialyse als
natürliches
Filterorgan
genutzt.*

hervorragende natürliche Austauschmembran dar. Außerdem hat es ähnliche Eigenschaften wie der künstliche Filter bei der Hämodialyse: Durch seine Poren kann es bestimmte Stoffe hindurchlassen und andere zurückhalten. Bei der Peritonealdialyse (PD) macht man sich diese speziellen Eigenschaften des Peritoneums zunutze.

Durch einen ständigen Katheter wird in regelmäßigen Abständen sterile Dialyselösung in die Bauchhöhle eingelassen. Dort verbleibt sie zunächst, um Abfallprodukte wie Harnstoff oder Kreatinin aus dem Blut aufzunehmen. Außerdem wird dem Körper überschüssiges Wasser entzogen. Nach einiger Zeit wird diese Flüssigkeit in einen Beutel abgelassen und durch eine neue Dialyselösung ersetzt.

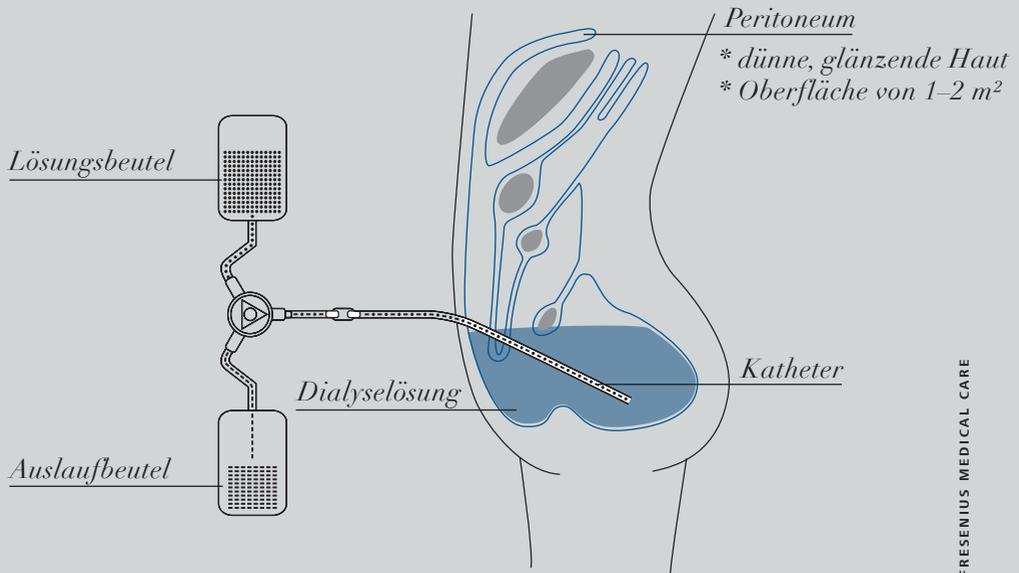


Für mehr als
10%
*aller Dialyse-
patienten ist die
Peritonealdialyse
die Therapie
der Wahl*

Es gibt verschiedene Varianten der Bauchfelldialyse: Bei der **kontinuierlichen ambulanten Peritonealdialyse (CAPD)** wechseln die Patienten selbstständig vier- bis fünfmal täglich die Dialyselösung. Für diese sogenannten Beutelwechsel ist kein Gerät erforderlich.

Die **automatisierte Peritonealdialyse (APD)** bedient sich eines programmierbaren Gerätes, des so genannten Cyclers, mit dem das Füllvolumen, der Einlauf, die Verweildauer und der Auslauf gesteuert werden. Dank der Automatisierung der Dialyse kann der Patient zu Hause im Schlaf dialysiert werden.

PERITONEALDIALYSE



DIE ERSTEN SCHRITTE ZUR PERITONEALDIALYSE



*Entfernung von Bauchwasser im
17. Jahrhundert*

Der Begriff Peritoneum leitet sich von dem griechischen Wort „peritonaion“ ab und bedeutet „sich ausdehnen“. Der berühmte griechische Arzt Galen und andere Gelehrte der Antike führten erste Untersuchungen an der Bauchhöhle durch. Frühe Anatomen und Chirurgen beschrieben die Größe und Merkmale der Peritonealmembran, erkundeten aber noch nicht ihre Feinstrukturen oder Funktionen.

1744 legten der englische Physiologe und Physiker Stephen Hales sowie der englische Chirurg Christopher Warrick den Grundstein für die Peritonealdialyse am Menschen. Bei dem Versuch, die Bauchwassersucht einer 50-jährigen Patientin zu behandeln, wurde nach Ablassen des angestauten Bauchwassers eine Hälfte Wasser und eine Hälfte Wein mithilfe eines Lederrohrs in die Bauchhöhle eingeführt.



Stephen Hales

1862 beschrieb Friedrich Daniel von Recklinghausen erstmals die zellulären Bestandteile des Peritoneums wissenschaftlich.

1877 führte der Deutsche Georg Wegner erste Tierversuche durch, bei denen er Stoffaustauschprozesse beobachtete, die über das Peritoneum stattfinden. Dabei entdeckte er, dass eine konzentrierte Zuckerlösung zu einer Zunahme des Flüssigkeitsvolumens im Bauchraum führt – die Grundlage des Flüssigkeitsentzugs über das Bauchfell, der peritonealen Ultrafiltration.

1894 erkannten die Engländer Ernest Henry Starling und Alfred Herbert Tubby, dass dieser Effekt des Flüssigkeitsentzugs über das Bauchfell auf dessen Blutgefäße zurückzuführen ist.

ERSTE BEHANDLUNGEN AM MENSCHEN

1923 erst führte Georg Ganter an der Universität in Würzburg die erste peritoneale Dialyse bei chronisch Nierenkranken durch. Er ließ bei einer Frau, die an einem Harnleiterverschluss litt, 1,5 Liter einer physiologischen Salzlösung – einer Lösung, die dem natürlichen Salzgehalt des menschlichen Blutes entspricht – in die Bauchhöhle ein. Obwohl die Behandlung eine vorübergehende Besserung der Symptome bewirkte, verstarb die Patientin jedoch kurz darauf.

Zwischen **1924** und **1938** wurden in Deutschland und den USA von verschiedenen Ärzteteams die ersten regelmäßig wiederkehrenden sogenannten intermittierenden Peritonealdialysen durchgeführt. Damit wurde der Beweis erbracht, dass mit dieser Therapieform eine kurzfristige Überbrückung von Nierenfunktionsstörungen möglich ist.

In den Folgejahren konnte durch die gezielte Wahl verschiedener gut sterilisierbarer Materialien wie Porzellan, Metall, Latex und Glas, erstmals auch die Hygiene während der Peritonealdialyse relativ gut beherrscht werden. Dass es trotzdem nicht zu einer breiteren Anwendung dieses Verfahrens kam, war vor allem auf das Fehlen eines sicheren Zugangs zur Bauchhöhle der Patienten zurückzuführen.

PERITONEALDIALYSEKATHETER

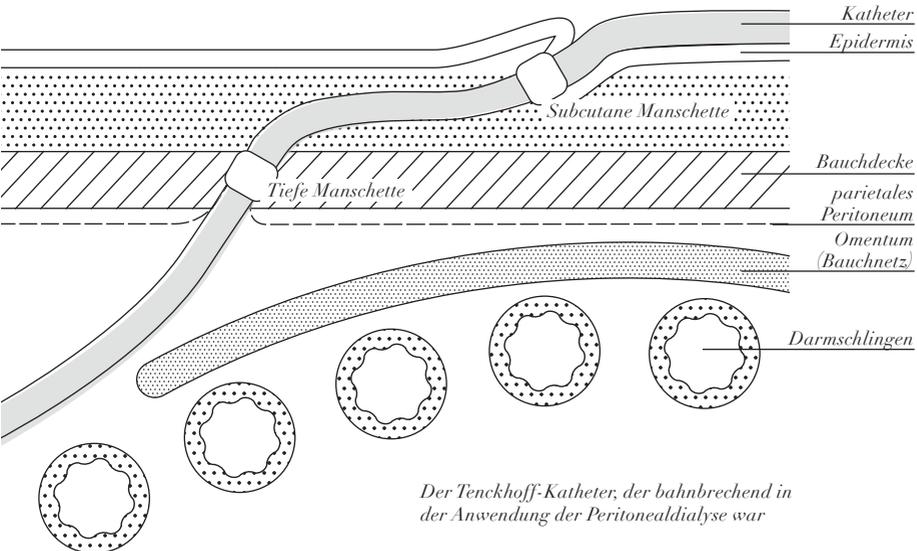
Der sichere Zugang in den Bauchraum wird bei der Peritonealdialyse über einen Katheter hergestellt. Ursprünglich dienten Metallkanülen als Zugang zur Bauchhöhle, später wurde auf Magen- und Sauerstoffsonden zurückgegriffen.

1952 entwickelte Arthur Grollman von der Southwestern Medical School in Dallas einen Katheter, der fortan die Peritonealdialysebehandlung chronisch Nierenkranker ermöglichte. Dabei nutzte er einen Ein-Liter-Behälter mit einer Kappe, an die ein Stück eines Kunststoffschlauchs angeschlossen war, der wiederum mit einem Polyäthylen-Katheter verbunden wurde. Grollmans revolutionäre Idee bestand darin, dass er erstmals einen flexiblen anstatt der bis dahin verwendeten starren Katheter nutzte. Außerdem waren an der Katheterspitze, die im Bauchraum der Patienten verbleibt, mehrere kleine Löcher angebracht, um einen optimalen Ein- und Auslauf der Dialyseflüssigkeit zu garantieren.

1959 konstruierte der US-Amerikaner Paul Doolan einen Katheter für den Langzeitgebrauch. Der zeichnete sich dadurch aus, dass er in der Bauchhöhle der Patienten belassen werden konnte. Mit diesem sogenannten Doolan-Katheter führte der US-Amerikaner Richard Ruben die erste Peritonealdialyse an einer Patientin über einen Zeitraum von sieben Monaten durch.

1968 entwickelte Henry Tenckhoff aus den USA den nach ihm benannten Katheter. Der damals noch weit verbreitete Stilettkatheter erlaubte bereits eine breite Anwendung der Peritonealdialyse bei chronischem Nierenversagen. Allerdings musste für jede individuelle Dialysebehandlung ein neuer Katheter in den Bauchraum gelegt werden. Ein zeitaufwendiges Verfahren – für Patient und Personal. Der von Tenckhoff entwickelte Dauerkatheter, der bahnbrechend für eine breite Anwendung der Peritonealdialyse war, wird heute noch verwendet. Der Tenckhoff-Katheter besteht aus Silikonkautschuk und besitzt ein bzw. zwei Manschetten, mit deren Hilfe der Katheter sowohl in das Peritoneum als auch in tiefere Schichten des Bindegewebes einwächst.

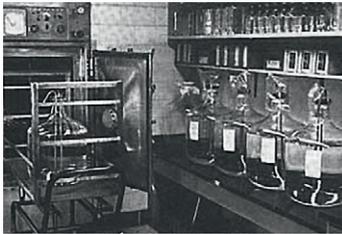
TENCKHOFF-KATHETER



Der Tenckhoff-Katheter, der bahnbrechend in der Anwendung der Peritonealdialyse war

BEUTEL- UND SCHLAUCHSYSTEME

Neben der Verbesserung der Katheter spielt auch die Entwicklung der Beutel- und Schlauchsysteme eine entscheidende Rolle für den langfristigen Erfolg der Peritonealdialyse. Die Bauchfellentzündung (Peritonitis) setzte als wesentliche Komplikation die Grenzen für die weitere Verbreitung der Peritonealdialyse.



Sterilisation von Peritonealdialyselösungen in großen Glasflaschen

Noch bis Herbst **1978** war die Peritonealdialyselösung (PD-Lösung) nur in Glasflaschen erhältlich, die durch Plastikschläuche mit dem Dauerkatheter verbunden wurden. Die Patienten mussten für jeden Flüssigkeitsein- und -auslauf den Schlauch an den Katheter anschließen. Aufgrund der vielen Konnektionen und Diskonnektionen war die Infektionsgefahr sehr hoch – und damit auch die Peritonitisrate.

Erst Dimitrios Oreopoulos aus Toronto machte die Peritonealdialyse mittels zusammenlegbarer Einweg-Plastikbeutel praxistauglich. Die neue Technik senkte die **Peritonitis**-Rate entscheidend, gleichzeitig bedeutete sie für den Patienten deutlich mehr Bewegungsfreiheit: Nachdem die Dialyselösung in die Bauchhöhle gelaufen war, wurde der Beutel einfach zusammengerollt und blieb am Körper des Patienten. Für den Auslauf entrollte der Patient den Beutel und ließ die verbrauchte Lösung aus dem Körper fließen. Dann wurde der Beutel vom Katheter getrennt und durch einen frischen Beutel ersetzt.

PERITONITIS
Bauchfellentzündung

Einen weiteren wertvollen Beitrag zur Vorbeugung gegen Bauchfellentzündungen leisteten verschiedene italienische Arbeitsgruppen, allen voran Umberto Buoncristiani, mit der Entwicklung des Y-Systems. Es besteht aus einem zunächst leeren Ablaufbeutel, einem Y-förmigen Schlauchsystem und einem mit Dialyselösung gefüllten Beutel. Das verbrauchte Dialysat fließt zunächst in den Ablaufbeutel, wodurch eventuelle Keime an der Konnektionsstelle des Katheters mit ausgespült werden.

Danach folgt ein „Flush“, das heißt, circa drei Sekunden lang fließt frische Dialyselösung durch das Schlauchsystem in den fast vollständig gefüllten Ablaufbeutel, um Luft aus dem Einlaufschlauch zu entfernen. Während dieser Zeit ist der Zugang zur Bauchhöhle verschlossen. Erst danach wird der Einlauf der Dialyselösung durchgeführt („Flush-before-fill“-Prinzip), dessen Fließrichtung – je nach System – mit Klemmen oder Drehscheiben geregelt wird. Ein weiterer Vorteil dieser Technologie: Die Patienten müssen keinen Beutel am Körper tragen.

Das Doppelbeutelssystem ist eine Weiterentwicklung des Y-Systems. Mit dieser Innovation ist nicht nur der Leerbeutel bereits am Y-förmigen Schlauchsystem angeschlossen, sondern auch der Beutel mit der frischen Dialyselösung. Damit entfällt eine weitere Konnektion, und die Infektionsgefahr verringert sich noch mehr.

AUSTAUSCH- FLÜSSIGKEIT

** ca. 1.500 bis 2.500 ml
je nach Körpervolumen*



Mehr-kammerbeutel



Ein-kammerbeutel



Drainage-Set

DAS ZEITALTER DER KONTINUIERLICHEN AMBULANTEN PERITONEALDIALYSE (CAPD)



Robert Popovich und Jack Moncrief beschrieben erstmals das CAPD-Verfahren (1976).

Das Konzept der CAPD hat seinen Ursprung in Austin, Texas, wo Robert Popovich und Jack Moncrief im Jahr **1975** über Wege diskutierten, einen Patienten zu dialysieren, der keine Hämodialyse erhalten konnte. Sie erstellten umfangreiche Rechenmodelle, wie auf Basis der Menge und der Verweildauer der Dialyseflüssigkeiten im Körper für eine ausreichende Entfernung der urämischen Giftstoffe gesorgt werden konnte. Ergebnis: Zwei-Liter-Beutel, die

bis zu fünfmal täglich zu wechseln sind, während gleichzeitig eine PD-Lösung dauerhaft im Körper verbleibt. Die ersten Berichte über ihre praktischen Erfahrungen mit dieser Vorgehensweise wurden zunächst nicht ernst genommen, bis die Forscher **1978** die medizinische Fachwelt durch klinische Erfolge überzeugen konnten. Die von ihnen entwickelte Methode ermöglicht es, anders als bei den intermittierenden Verfahren, den Flüssigkeitsentzug und die Blutreinigung des Patienten gleichmäßiger, das heißt kontinuierlicher zu gestalten.

Cycler der neuen Generation – entwickelt von Fresenius Medical Care

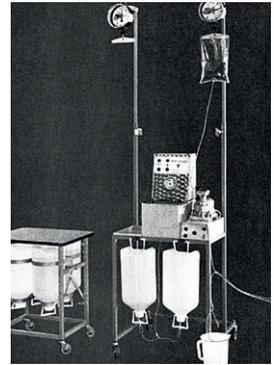


DIE AUTOMATISIERTE PERITONEALDIALYSE (APD)

Neben der stetigen Verringerung des Infektionsrisikos galt es gleichzeitig, die Personal- und Materialkosten bei der Peritonealdialyse zu senken. Hierzu wurden Geräte für automatisierte Peritonealdialyse (APD) entwickelt.

1962 führte Fred Boen von der University of Washington die automatisierte Peritonealdialyse ein. Das von ihm entwickelte Gerät benötigte einen 40-Liter-Behälter mit PD-Lösung. Diese Entwicklung reduzierte deutlich den Zeitaufwand für das Abklemmen und Öffnen der Schlauchsysteme sowie für die vielen Konnektionen und Diskonnektionen, die bis dahin üblich waren. Die Behälter wurden den Patienten nach Hause geliefert und leer wieder zurückgenommen. Diese Form der Peritonealdialyse wurde einmal pro Woche durchgeführt. Es war erneut Tenckhoff, der die automatisierte Peritonealdialyse weiter vereinfachte. Um das schwierige Hantieren mit den 40-Liter-Flaschen zu vermeiden, veranlasste er die Installation von Wasseraufbereitungsanlagen im Haus der Patienten, sodass steriles Wasser vor Ort bereitstand. Dem Wasser wurde ein Konzentrat zugesetzt, um die Dialyselösung herzustellen.

1970 gingen die ersten Patienten mit einem „Cycler“ in die Heimdialyse. Für diesen Cycler führte Norman Lasker aus den USA die Entwicklungen von Boen, Tenckhoff und Russel Palmer in einer Technologie zusammen.



Vorläufer der heutigen Peritonealdialysegeräte von Henry Tenckhoff und Norman Lasker

1981 schlug José Diaz-Buxo die zyklische kontinuierliche Peritonealdialyse (Continuous Cyclic Peritoneal Dialysis, CCPD) vor, die heute am häufigsten eingesetzte APD-Methode. Dabei wird der Patient nachts mit zehn bis 15 Liter Dialyselösung entgiftet und entwässert, tagsüber verbleiben 1,5 bis zwei Liter Dialyselösung in der Bauchhöhle.

NEUE, BIOKOMPATIBLE PERITONEALDIALYSELÖSUNGEN

In der Forschung und Entwicklung der Peritonealdialyse spielen die Dialyselösungen eine immer bedeutendere Rolle.

In den **1920**er-Jahren nutzte Ganter noch eine physiologische Salzlösung, später wurde dieser Lösung Glukose zugesetzt.

1938 führte Jonathan Rhoads Laktat zum Ausgleich einer stoffwechselbedingten Übersäuerung des Blutes ein. Eine Übersäuerung entsteht, wenn saure Stoffwechselprodukte von den Nieren nicht mehr ausgeschieden werden. Noch heute wird Laktat verwendet, darüber hinaus gibt es jedoch PD-Lösungen, die entweder reines Bikarbonat oder eine Mischung beider Substanzen, das heißt Laktat und Bikarbonat, zum Ausgleich des Säure-Basen-Haushalts enthalten. Als Glukose-Ersatz können der Dialyselösung auch Aminosäuren und Glukose-Polymere zugesetzt werden.

Anfang der **1980**er-Jahre berichtete Axel Duwe als Erster über den Einfluss einzelner Faktoren der PD-Lösung auf die peritoneale Infektabwehr. Einige Jahre später wurde der Begriff Bio(in)-kompatibilität geprägt, um die Körper(un)verträglichkeit von Dialyselösungen zu beschreiben. Studien belegten, dass die herkömmlichen PD-Lösungen die Funktion wichtiger Zellen im Bauchfell beeinträchtigen und Langzeitschäden des Bauchfells mit verursachen können. Das konnte langfristig die Peritonealmembran schwächen und zum Verlust ihrer Dialysierfunktion führen.

Mehr als
300.000
Peritonealdialyse-
patienten
weltweit

Herkömmliche PD-Lösungen haben einen niedrigen pH-Wert und eine hohe Konzentration an Glukose-Abbauprodukten. Beides trägt zur Biokompatibilität der Lösungen bei. Die neue Generation von PD-Lösungen weist jedoch einen neutralen bis physiologischen pH-Wert und einen deutlich geringeren Gehalt an Glukose-Abbauprodukten auf. Technisch möglich wurde dies mit der Entwicklung

des Doppelkammerbeutels. Dabei enthält die Lösung in der ersten Kammer Elektrolyte und Glukose, in der zweiten Kammer befindet sich eine sogenannte Pufferlösung. Durch die Abfüllung, Sterilisation und die Aufbewahrung der beiden Lösungen in zwei getrennten Kammern wird verhindert, dass sich zu viele ungewünschte Glukose-Abbauprodukte bilden.

Das faszinierende Zusammenwirken von Ideenreichtum und Entschlossenheit vieler Pioniere und engagierter Wissenschaftler spiegelt sich in der modernen Peritonealdialyse wider. Sie ist die führende Therapiealternative in der Heimdialyse und bietet den Patienten die Chance, die Behandlung flexibel in den Alltag zu integrieren.



*Neue, biokompatible Peritonealdialy-
lösungen im Mehrkammerbeutel*

Fresenius Medical Care ist der weltweit führende Anbieter von Produkten und Dienstleistungen für Menschen mit Nierenerkrankungen, von denen sich Millionen einer Dialysebehandlung unterziehen. In unserem weltweiten Netz aus Dialysezentren betreuen wir Hunderttausende von Dialysepatienten. Fresenius Medical Care ist zudem der führende Anbieter von Dialyseprodukten wie Dialysegeräten und Dialysefiltern. Zusätzlich baut das Unternehmen im Bereich Versorgungsmanagement sein Angebot ergänzender medizinischer Dienstleistungen rund um die Dialyse aus.

Weitere Informationen zu unserem Unternehmen und der Geschichte der Dialyse erhalten Sie im Internet unter:

www.freseniusmedicalcare.de