Über die Kupfferschen Sternzellen und die „Fettspeicherungszellen“ („fat storing cells“) in der Blutkapillarenwand der menschlichen Leber.

Von

Toshio Ito und Manji Nemoto

(Aus dem Anatomischen Institut der Universität Gunma, Maebashi.)

I. Einleitung.

Wie bekannt, besteht die Blutkapillarenwand der Leber aus dem Gitter- und Endothelrohr. Die Kupfferschen Sternzellen schwimmen in dem Kapillaren- oder Sinusoidlumen, indem sie mittels der Fortsätze mit dem Endothelrohr in Zusammenhang stehen. In der dünnen Kapillarenwand ist außerdem das Vorkommen einiger Zellarten angegeben, wie der Perizyten von Zimmermann (1923), der Schwannschen Zellen der dort verlaufenden Nervenfasern usw. Solche Zellen kommen aber in normalen histologischen Präparaten kaum zum Vorschein, so daß sie gewöhnlich der Aufmerksamkeit der Forscher entgehen. Die Kupfferschen Sternzellen stellen dagegen eine der funktionell wichtigsten Zellarten dar, und sind demnach von vielen Forschern von verschiedenen morphologischen Standpunkten studiert worden. Was aber ihre zytologischen Strukturen angeht, so bekommt man in der Literatur darüber fast keine Kenntnisse. Die vorliegende Untersuchung haben wir vorgenommen, um zuerst lediglich Mitochondrien, Golgiapparat und daran verknüpfte verschiedene zytologische Erscheinungen in den Sternzellen der gesunden menschlichen Leber zu erforschen. Im Jahre 1950 hat Ito,¹⁾ einer von uns, während der Studie der Sternzellen zufällig bis dahin unbekannte Zellen in der Kapillaren-

1) Vortrag gehalten am 8. Juli 1950 bei der 55. Versammlung der Japan. Anat. Gesellschaft zu Osaka: Ito, T.: Cytological studies on stellate cells of Kupffer and fat storing cells in the capillary wall of the human liver. Acta Anatomica Nipponica. Bd. 26. S. 42. 1951. (japanisch).

wand entdeckt, und auf Grund der Tatsache, daß sie meistens kleine Fettröpfchen in wechselnder Zahl enthalten, hat er sie als „Fettspeicherungszellen“ („fat storing cells“) bezeichnet, und darüber im Jahre 1950 in der 55. Versammlung der Japanischen Anatomischen Gesellschaft veröffentlicht. Durch weitere Untersuchungen über diese Zellen sind wir zur Ansicht gekommen, daß sie morphologisch eine von den Sternzellen ganz gesonderte Zellart darstellen. In dieser Abhandlung wollen wir demnach erstens die Sternzellen zytologisch beschreiben und zweitens die „Fettspeicherungszellen“, besonders mit den ersteren vergleichend erörtern.

II. Material und Methode.

Die uns zur Verfügung gestellten Werkstoffe bestehen aus 5 ganz frischen und gesunden Menschenlebern, welche aus 5 (23–45 jährigen) männlichen Hingerichteten nach dem Tod möglichst früh entnommen und sofort fixiert wurden. Zur Darstellung der Mitochondrien wurden die Gewebestücke mit dem Levischen Gemisch 3 Tage lang fixiert und mit dem Eisenhämatoxylin nach Heidenhain gefärbt. Der Golgiapparat wurde mit dem Kolatchevskischen Verfahren dargestellt. Außerdem wurden die Fixierungen mittels des Regaudschen Gemisches und Formol-Alkohols sowie die Hämatoxylin-Eosinfärbung benutzt, um die Übersichtspräparate herzustellen. Die fixierten Gewebstücke wurden alle durch aufsteigende Alkoholreihe entwässert, darauf in Xylol eingetaucht und schließlich in Paraffin eingebettet. Die Paraffinblöcke wurden in 4 μ dicke Serienschritte zerlegt. In den mit dem Levi'schen Gemisch fixierten und mit der Kullschen Anilinfuchsin-Aurantiafärbung tingierten Präparaten wurden die Mitochondrien nicht zufriedenstellend dargestellt, doch waren diese Levi-Kull-Präparate für die Übersicht der Fettspeicherungszellen sehr geeignet, da in diesen Präparaten die Fettropfen durch die Osmiumsäure geschwärzt erhalten und in dem mit Fuchsin rot gefärbten Hintergrund mit einem guten Kontrast zu Tage kommen. Die Gitterfasern der Kapillarenwand sind in Levi-Eisenhämatoxylin-Präparaten schwarz angefärbt erkennbar. Wir haben weiterhin die mit dem Levischen Gemisch fixierten Schnitte mit Azanfärbung gefärbt, und es gelang uns glücklich, in den mit Osmiumgemisch fixierten Schnitten die Gitterfasern mit Anilinblau gut zu tingieren. So haben wir die Levi-Azanpräparate für feinere vergleichende Beobachtung der Sternzellen und Fettspeicherungszellen mit Vorliebe benutzt.

III. Ergebnisse.

1. Kupffersche Sternzellen. Über die Kupfferschen Sternzellen der Leber gibt es in der Literatur fast zahllose mikroskopische Arbeiten, welche vor kurzem von Pfuhl (1932) zusammenfassend überblickt wurden. Die Arbeiten, welche ihre feine Zytoplasmastrukturen behandeln, sind jedoch, soweit uns bekannt ist, bis jetzt verhältnismäßig gering. Besonders können wir die zytologischen Untersuchungen über die Sternzellen der gesunden menschlichen Leber in der Literatur kaum auffinden. In der gesunden menschlichen Leber sind die Lichtungen der Blutkapillaren in allgemeinen schmal, so daß es häufig schwer ist, die vollkommene Gestalt der Sternzellen und ihre Beziehung zur Kapillarenwand zufriedenstellend zu verfolgen. In den Stellen des Läppchens, wo die Kapillarenlichtung genug weit ist, ist die Gestalt der Sternzellen sehr mannigfaltig, indem sie in der Regel mit mehr als zwei, bald dünnen, bald dicken Fortsätzen versehen sind. Die Sternzelle, die sich in einer Verästelungsstelle der Kapillaren findet, erstreckt ihre Fortsätze mehr oder weniger weit in jeden Ast. Die Sternzellen liegen im Kapillarenlumen bloß, doch sind sie an die Kapillarenwand mittels der Fortsätze oder freien Oberfläche ihres Zelleibes befestigt. In diesen Befestigungsstellen, wo bei der mikroskopischen Beobachtung das Zytoplasma der Sternzelle mit den Gitterfasern der Kapillarenwand in einer unmittelbaren Berührung zu stehen scheint, dringen die Gitterfasern nirgend in die Sternzellen ein, die Tatsache, die beweist, daß die Sternzellen, wie neuerdings von Tanaka (1950) angegeben, mit den Gitterfasern in keiner direkten topographischen Beziehung stehen.

Die Sternzellen der menschlichen Leber sind in der Regel zytoplasmareiche, große Zellen, welche sich mit Farbstoffen gut anfärben, so daß ihre Kontur immer verhältnismäßig klar zu Tage kommt. Das Levische Gemisch fixiert die Sternzellen immer ideal und konserviert die Zelloberfläche besonders zufriedenstellend. Wir konnten in den Levi-Eisenhämatoxylin-Präparaten an jeder Sternzelle zwei verschieden beschaffene Oberflächen unterscheiden (Abb. 1, 4). Die eine ist scharf konturiert und linear eben, und die andere erscheint zickzack uneben wie genagt. Bei vorsichtiger Beobachtung mit starker Vergrößerung erweist sich, daß diese zickzackförmige Zelloberfläche mit zahlreichen, feinen, spitzigen Fortsätzen versehen ist, welche ohne Zweifel die Pseudopodien der Sternzellen repräsentieren. Wie allgemein anerkannt, sind die Pseudopodien der Sternzellen schwer konservierbar (s. Pfuhl

1932), und gehen in den mit gewöhnlichen Fixiermitteln behandelten Paraffinschnitten fast vollkommen verloren. In dieser Untersuchung gelang es uns glücklich, durch Fixierung mit Levischem Gemisch diese feinen Gebilde an den menschlichen Sternzellen vollständig zu erhalten und mit Eisenhämatoxylin zu färben.

Abb. 1. Sternzelle. Leber, 32jähr. Mann. Mitochondrien und färbbare Granula dargestellt. Er Erythrozyt, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

Der Kern der Sternzelle ist ebenfalls mannigfaltig gestaltet, die Kernmembran ist dick und gut gefärbt, verläuft oftmals wellenförmig. Die kleinen Chromatingranula verteilen sich im Karyoplasma locker, so daß es im allgemeinen hell aussieht. Man findet darin meistens ein relativ großes Kernkörperchen, nicht selten aber auch einige kleinere vor. In meisten Fällen kommt der Kern in Einzahl vor, seine Lage ist ganz unbestimmt, was wahrscheinlich dafür spricht, daß die Sternzellen lebhaft ihre Gestalt verändern. Selten findet man zweikernige Sternzellen, wobei die beiden Kerne dicht gedrängt nebeneinander liegen. Die Zweikernigkeit entsteht unserer Ansicht nach infolge der amitotischen Kernteilung. Wir haben in dieser Arbeit nicht selten das Zeichen der amitotischen Kernteilung in den Sternzellen bemerkt, nämlich die tiefe Einschnürung der Kernmembran. Die Frage, ob die amitotische Kernteilung die Zelleibteilung nach sich zieht, können wir einstweilen nicht beantworten. Außerdem haben wir nicht selten be-

merkt, daß zwei oder drei Sternzellen durch ihre Fortsätze zusammenfließen, um ein Synzytium zu bilden. Dabei liegen die Kerne mehr oder weniger weit von einander entfernt (Abb. 6), dies stellt das wichtige Merkmal für die Unterscheidung der Synzytiumbildung von der Zweikernigkeit dar.

Bei der Beobachtung der Verteilung von Mitochondrien haben wir über den Zytoplasmabau der Sternzellen folgende wichtige Tatsache kennen gelernt, daß das Zytoplasma dieser Zellen sich in das Exo- und Endoplasma einteilen läßt. Die Mitochondrien finden sich ausschließlich im Endoplasma, während das dünne Exoplasma nahezu vollkommen frei von Mitochondrien ist, so daß die davon entspringenden Pseudopodien auch keine Mitochondrien zu enthalten pflegen.

Die Sternzellen der menschlichen Leber besitzen im allgemeinen viele Mitochondrien, welche vorwiegend stäbchen- und fadenförmig geformt und ausschließlich im Endoplasma verteilt sind. Sie ordnen sich im großen ganzen der Längsachse der Zelle parallel, verlaufen mehr oder weniger geschlängelt und weisen öfters an ihren Enden kleine Verdickungen auf.

Außer den Mitochondrien haben wir im Zytoplasma häufig färbbare Granula von wechselnder Größe nachgewiesen, die bei Eisenhämatoxylinfärbung nach Heidenhain gleichmäßig dunkel blau, bei Kullscher Anilinfuchsin-Aurantiafärbung leuchtend rot und bei Azanfärbung blau oder rot angefärbt werden. Nach unserer Beobachtung scheinen diese Granula von den Mitochondrien abzustammen; wenn nämlich die Verdickungen an den Enden der letzteren zu bedeutender Größe wachsen, so trennen sie sich in einzelne kleine färbbare Granula ab (Abb. 2, 3, 4). Die färberische Beschaffenheit und die Bildungsweise der betreffenden Granula stimmen mit denen der Sekretgranula der exokrinen albuminösen Drüse nahezu überein. Die Bildungsstätte der Granula im Zytoplasma ist ganz unbestimmt, sie finden sich aber überhaupt in der peripheren Zone des Endoplasma, oft sogar im Exoplasma (Abb. 2, 3). Ihre Menge ist je nach den einzelnen Zellen schwankend, so findet man nicht selten mit vielen, verschieden großen Granula beladene Sternzellen (Abb. 3); demgegenüber kommen solche Sternzellen relativ selten vor, welche der Granula vollkommen entbehren und ausschließlich Mitochondrien enthalten. Die Bedeutung der Granulabildung in Sternzellen ist unklar; doch sei die Annahme nicht immer untreffend, daß die Granulabildung die Sekretion der Sternzellen hindeuten möge, worauf wir unten noch einmal zurückkommen wollen. Außer den färbbaren Granula führen die Sternzellen häufig die Lipofuszingranula

in wechselnder Menge, welche eine gelbliche Eingenfarbe besitzen und sich durch Fixierung mit Osmiumgemisch schwärzen. Sie färben sich mit Eisenhämatoxylin und Anilinfuchsin bei Kullscher Methode, so

Abb. 2. Sternzellen und Fettspeicherungszelle mit pyknotischem Kern. Leber, 32 jähr. Mann. Mitochondrien und färbbare Granula dargestellt, Fettröpfchen schraffiert. Er Erythrozyt, Ft Fettspeicherungszelle, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand, St Sternzelle. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

Abb. 3. Sternzelle mit zahlreichen färbbaren Granula und Mitochondrien. Leber, 45 jähr. Mann. Er Erythrozyt, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

Abb. 4. Sternzelle. Leber, 32 jähr. Mann. Mitochondrien und färbbare Granula dargestellt. Er Erythrozyt, Er' phagozytierter Erythrozyt, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

daß es oft schwierig ist, die beiden Gebilde voneinander zu trennen. Gegenüber der kugligen Form der färbbaren Granula sind die Pigmentgranula in der Mehrzahl der Fälle mehr oder weniger eckig gestaltet, und bei den genannten Färbungen wird die Randzone derselben viel stärker als der innere Teil tingiert. Die beiden Granula kommen oft in ein und derselben Zelle beigemengt vor. Über die genetische Beziehung zwischen den färbbaren und Pigmentgranula können wir hier nichts sicheres äußern. Die Pigmentgranula müssen von den Fettröpfchen streng unterschieden werden. Wir haben in dieser Untersuchung das Vorkommen der Fettröpfchen in Sternzellen niemals bemerkt, so daß die Schlußfolgerung treffend sei, daß die Sternzellen im physiologischen Zustand in der Regel Fettröpfchen nicht führen. Dies ist auch der Fall bei der Vakuolisierung der Sternzelle,

Bei den gesunden menschlichen Lebern trifft man nicht selten die Erythrozytenphagozytose der Sternzellen, dabei werden die Erythrozyten zuerst an der Oberfläche der letzteren gefangen und endlich in das Endoplasma und zwar in die Nähe des Kerns aufgenommen (Abb. 4); infolge der intrazellulären Verdauung sind die Färbbarkeit und die Größe der Erythrozyten nach und nach reduziert, so daß man oft kleine, schwach angefärbte, durch einen hellen Hof umgegebene Erythrozyten-

Abb. 5. Sternzelle. Leber, 26 jähr. Mann. Mitochondrien und färbbare Granula dargestellt. Er Erythrozyt, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand, Lz' phagozytierter Leukozyt. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

reste in der Nähe des Kerns vorfindet. In viel weniger Häufigkeit findet man auch die Leukozytenphagozytose der Sternzellen; dabei handelt es sich meistens um die Phagozytose der neutrophilen Leukozyten (Abb. 5). Im physiologischen Zustand ist die Zahl der in einer Sternzelle phagozytierten Zellen immer einfach. Bei der Phagozytose treten in den Sternzellen keine bemerkenswerten Veränderungen der Anordnung und Verteilung von Mitochondrien ein; solche Befunde, daß die Mitochondrien um den gefassenen Zellen herum die Ansammlung bilden, wurden nicht wahrgenommen.

Die Frage, ob die Sternzellen irgendeine Substanz in das Blut ausscheiden, wurde oben kurz auseinandergesetzt. In der vorliegenden Untersuchung haben wir an den Sternzellen oft die der apokrinen Sekretion der exokrinen Drüsenzellen ähnlichen Bilder bemerkt, welche wahrscheinlich auch der Krasmatose nach Ranvier verglichen werden. Wie man in Abb. 1 u. 6 sieht, werden kuppel- oder zungenförmige exoplasmatische Fortsätze von der Oberfläche der Sternzellen in das Kapillarenlumen abgesandt, welche sich in ihrem Wurzelteil abschnüren lassen und als Tröpfchen in das Blut abfallen. Unter Umständen wandeln sich die langen protoplasmatischen Fortsätze in zahlreiche Tröpfchen um (Abb. 6). Die Tröpfchen enthalten in der Regel keine Mitochondrien, aber oft färbbare Granula (Abb. 6); daher seien die oben dargelegte Granulabildung und die eben erwähnte tröpfchenförmige Trennung des Protoplasma nichts anders als die nacheinander folgenden Sekretionserscheinungen der Sternzellen zu betrachten.

Abb. 6. Synzytiumbildung der Sternzellen. Leber, 32 jähr. Mann. Apokriner Sekretion ähnliche Erscheinung. Et Endothelzelle, Ft leere Fettspeicherungszelle, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand, Lp Lymphozyt. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

2. Die „Fettspeicherungszellen“ („fat storing cells“) von Ito. Im vorhergehenden Aufsatz haben wir die von alters her von fast zahllosen Autoren mehrfach untersuchten Sternzellen bei gesunden menschlichen Lebern eingehend erwägt und zur morphologischen Kenntnis derselben einige neue hinzugefügt. Wie oben kurz gesagt, hat Ito, einer von uns, aber zufällig eine neue Zellart in der Kapillarenwand der gesunden menschlichen Leber entdeckt und sie nach ihrem beständigen Fettgehalt im Gegensatz zu den Sternzellen

als „Fettspeicherungszellen“ bezeichnet, um sie von den Sternzellen sowie den Endothelzellen streng zu unterscheiden (Abb. 2, 7).

Abb. 7. Lageverhältnis der Stern-, Fettspeicherungs- und Endothelzelle. Leber, 45 jähr. Mann. Fettröpfchen schraffiert. Et Endothelzelle, Ft Fettspeicherungs- zelle, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand, Lz Leukozyt, St Sternzelle. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

Die wichtige Eigenschaft der Fettspeicherungs- zelle besteht in erster Linie in ihrem Lageverhältnis, daß sie sich innerhalb des Gitterfasernetzes der Kapillarenwand findet, während die Sternzellen im Kapillarenlumen bloßliegen und mit den Gitterfasern nicht in Zusammenhang stehen. Bei der vorsichtigen Beobachtung der Levi-Eisenhämatoxylin- oder Levi-Azanpräparaten kann man an der dem Kapillarenlumen zugewandten Fläche der Fettspeicherungs- zelle immer eine scharfe, mit Eisenhämatoxylin oder Anilinblau gefärbte Kontur erkennen, was beweist, daß sie vom Kapillarenlumen durch Gitterfasern abgeschieden sind. Ebenso findet man an den der Leberzelle zugerückten Flächen die Gitterfasern, so daß die Fettspeicherungs- zelle allseitig von den Gitterfasern umgeben ist. Die Endothelzellen schmiegen sich an die Gitterfasern der

Kapillarenwand dicht an; ihre dem Kapillarenlumen zugewandte Fläche entbehrt aber der Gitterfasern, ist im Blut bloß ausgesetzt, wodurch sie sich von den Fettspeicherungs- zellen deutlich unterscheiden lassen.

Bezüglich der Lagebeziehung der Fettspeicherungs- zellen zu den Leberzellen befinden sich jene Zellen am häufigsten in Vertiefungen zwischen den dem Kapillarenlumen zugewandten Flächen der benachbarten Leberzellen (Abb. 7, 8, 11) oder in seichten Einbuchtungen auf derselben Fläche der Leberzelle (Abb. 9, 10). In jedem Fall breiten sich die Fettspeicherungs- zellen über die Flächen mehr als zwei Leberzellen aus (Abb. 8). Von diesem Platz ragt ihr kernhaltiger Abschnitt, besonders bei reichlichem Fettgehalt, in wechselndem Maße ins Kapillarenlumen hervor (Abb. 2, 8, 9, 10).

Bei den senkrechten Schnitten stellen die Fettspeicherungs- zellen meistens Spindelform dar, in deren Mitte man in der Regel einen

Abb. 8. Fettspeicherungszelle mit geringen Fettröpfchen (schraffiert). Leber, 23 jähr. Mann. Gt Gitterfaser der Kapillarenwand. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

Abb. 9. Fettspeicherungszelle mit mäßig vielen Fettröpfchen (schraffiert). Leber, 23 jähr. Mann. Er Erythrozyt, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

Abb. 10. Fettspeicherungszelle mit vielen Fettröpfchen (schraffiert). Leber, 23 jähr. Mann. Kern pyknotisch. Gt Gitterfaser der Kapillarenwand. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

Kern findet. Bei den Flächenschnitten sind sie sternförmig gestaltet, indem sie die Fortsätze entlang den Kapillarenflächen der Leberzellen entsenden. Die vollkommene Gestalt läßt sich aber in den uns zur Verfügung gestellten Präparaten nicht bestimmen. Der meistens ovale Kern kommt immer in Einzahl vor, liegt in der Regel in der Mitte der Zelle, wo das Zytoplasma sich am reichlichsten anhäuft. Der Kern der Fettspeicherungszellen ist viel kleiner als der von Leberzellen und durchschnittlich ein wenig kleiner als der von Sternzellen. Er enthält kleine Kernkörperchen. Die Färbbarkeit ist je nach den Kernen verschieden; besonders bei den mit Fettröpfchen hoch

gestapelten Zellen ist er öfters pyknotisch und mit Farben intensiv angefärbt (Abb. 2, 10). Die Kernmembran zeigt häufig viele, den Fettröpfchen entsprechende Vertiefungen (Abb. 2, 10).

Bei den gesunden menschlichen Lebern enthalten die Fettspeicherungszellen im Gegensatz zu den Sternzellen meistens Fettröpfchen,

was die zweite wichtigste Eigenschaft dieser Zellen darbietet. Die Fettröpfchen ist verhältnismäßig klein und fast gleichgroß; sogar in den durch zahlreiche Fettröpfchen dicht verstopften Zellen zeigen sie nicht die Neigung, miteinander konfluierend größere Tröpfchen zu bilden. Die Menge dieses paraplasmatischen Fettes in den Fettspeicherungszellen ist also im großen ganzen durch die Zahl der Fettröpfchen bestimmt.

In den gesunden menschlichen Lebern findet man nicht selten leere, nämlich keine Fettröpfchen führende Fettspeicherungszellen vor (Abb. 6, 11). Sie stellen in der Regel kleine, meistens spindelförmige

Abb. 11. Leere Fettspeicherungszone mit Diplosom. Leber, 23 jähr. Mann. Er Erythrozyt, Gt Gitterfaser der Kapillarenwand. Levisches Gemisch, Eisenhämatoxylin.

Zellen dar, welche in die Vertiefungen zwischen den Leberzellen oder auf der Kapillarenfläche derselben einsinken und sich kaum in das Kapillarenlumen vorwölben. In leeren Fettspeicherungszone sieht das Zytoplasma hell aus, das in der Nähe des Kerns ein Diplosom führt (Abb. 10). Die Mitochondrien kann man in den Fettspeicherungszone kaum nachweisen.

Das in Fettspeicherungszone enthaltene paraplasmatische Fett scheint höchstwahrscheinlich vorwiegend aus Neutralfett zu bestehen, obwohl wir in dieser Untersuchung ausführliche histochemische Prüfungen nicht angestellt haben. Diese Fettröpfchen schwärzen sich durch Fixierung mit Levischem Osmiumgemisch, in mit Sudan III gefärbten Gefrierschnitten tingieren

sie sich orange rot. In mit Formol, Formol-Alkohol und Regaudschem Verfahren fixierten Paraffinschnitten lösen sie so vollkommen auf, daß man in diesen Zellen an Stelle der Fettröpfchen ganz helle Vakuolen von entsprechender Größe vorfindet; dies ist auch der Fall bei den längere Zeit in Balsam eingeschlossenen Levi-Präparaten. Daher muß man die kleinen Vakuolen führenden Zellen in der Kapillarenwand der Leber suchen, falls man die Fettspeicherungszone in den mit osmiumfreien Fixierflüssigkeiten behandelten Paraffinschnitten auffinden will.

Die Verteilung der Fettspeicherungszone im Leberläppchen ist überall fast gleichmäßig, die sich der Zentralvene und der Glissonschen

Scheide dicht angrenzende schmale Zone ausgenommen, wo sie im allgemeinen viel geringer als in übrigen Stellen verteilt sind. Es ist eine interessante Tatsache, daß sie oft im Verzweigungswinkel der Kapillaren vorkommen (Abb. 6, 9).

Die Zahl der in einer Schnittfläche des Läppchens gefundenen Fettspeicherungszellen ist fast gleich wie die der Sternzellen, sodaß die Gesamtzahl der in einem Läppchen enthaltenen Zellen eine bedeutende Größe beträgt. Daraus entsteht die Annahme, daß die Menge des in den Fettspeicherungszellen aufbewahrten, paraplasmatischen Fettes in der Gesamtfettmenge der Leber einen beachtenswerten Wert einnehme.

Zum Schlusse seien die Golgiapparate der Fettspeicherungszellen, Sternzellen und Endothelzellen vergleichend erörtert, da die Beschaffenheiten des Golgiapparates oft für die Unterscheidung der Zellen gute und sichere Merkmale darbieten. Unter den genannten drei Zellarten haben die Sternzellen den am besten entwickelten Golgiapparat; die Stränge des Apparates bilden auf einem Pol des Kerns ein relativ kompliziertes und gut umgeschlossenes Netz oder Knäuel (Abb. 12). Die Richtung des Golgipols ist ganz unbestimmt. Der Bau des Golgiapparates der Fettspeicherungszellen ist dagegen sehr einfach; der Apparat besteht nur aus wenigen Strängen, welche entlang der Kernmembran angeordnet sind (Abb. 12, 13), ohne ein Netzwerk

Abb. 12. Golgiapparat der Fettspeicherungs- und Sternzelle. Leber, 26 jähr. Mann. Fettröpfchen schraffiert. Er Erythrozyt, Ft Fettspeicherungszelle, St Sternzelle. Kolatचेvsche Methode.

zu bilden. Die Lage des Golgiapparates ist aber eigentümlich; er liegt entweder auf der den Leberzellen zugewandten Kernfläche (Abb. 12) oder auf der entgegengesetzten, nämlich auf der den Kapillaren

Abb. 13. Golgiapparat der Fettspeicherungszelle. Leber, 36 jähr. Mann. Fettröpfchen schraffiert. Er Erythrozyt, K Kern der Fettspeicherungszelle. Kolatchevsche Methode.

zugewandten (Abb. 13). So ist der Golgipol der Fettspeicherungszellen nach den Leberzellen oder Blutkapillaren gerichtet.

Der Golgiapparat der Endothelzellen ist ebenso wie bei den Fettspeicherungszellen einfach gebaut, und besteht aus einigen, nebeneinander verlaufenden kurzen Strängen; er liegt immer auf einem seitlichen Pol des ovalen Kerns, der entlang des Kapillarenlumens gestreckt ist. So stimmen die Endothelzellen in der Richtung des Golgipols mit den Fettspeicherungszellen nicht überein. Aus obigen Ergebnissen geht hervor, daß der Bau

und das Lageverhältnis des Golgiapparates je nach der Zellart in gewissem Maße voneinander abweichen.

Wir haben in diesem Aufsatz die morphologischen Beschaffenheiten der Fettspeicherungszellen an 5 gesunden menschlichen Lebern studiert, und auf Grund der gewonnenen Ergebnisse unterliegt es nun keinem Zweifel, daß diese in Frage stehenden Zellen eine besondere Zellart in der Leber repräsentieren dürfen, und daß man diese von den gut bekannten Sternzellen und Endothelzellen streng unterscheiden muß, obwohl die genetische Beziehung unter drei Zellarten heute noch unbekannt bleibt. Die Tatsache, daß die Fettspeicherungszellen in der Leber fast aller Wirbeltiere vorhanden sind, wurde neuerdings von Ito, Satsuki, Kano und Tsukagoshi (1952) festgestellt; Satsuki (1952) hat weiter über die Funktion der Fettspeicherungszellen eine wichtige Kenntnis gewonnen, daß sie im Gegensatz zu den Sternzellen gegen in Blutstrom eingeführte Karmin und Tusche das Speichervermögen nicht entfalten.

Nach unserer Ansicht besteht die funktionelle Bedeutung der Fettspeicherungszellen hauptsächlich darin, daß sie die Fettstoffe von dem Blut aufnehmen und als Neutralfett eine Zeitlang in sich aufbewahren, um es aber auf Bedürfnis in das Blut wieder abzugeben. So sei das Fett in Fettspeicherungszellen, wie dasselbe in Fettzellen im Bindegewebe, nichts anders als Reservenährstoff. Der Fettgehalt der Fettspeicherungszellen dürfte folglich je nach den Zuständen des Fettstoffwechsels Ab- und Zunahme zeigen. Aber nach unseren Beo-

bachtungen an 5 gesunden menschlichen Lebern scheint das in diesen Zellen reservierte Fett recht stabil zu sein, so daß geringfügige Veränderung der Stoffwechselbedingungen nicht kräftig genug ist, um bemerkenswerte Mengenveränderung desselben hervorzurufen.

Im allgemeinen stört die starke Fettablagerung im Zytoplasma die Leistungen der Zellen bedeutend. So liegt der Gedanke in diesem Falle sehr nahe, daß in der Leber, die bekanntlich ein der funktionell wichtigsten Organe in menschlichen Körper darstellt, für die Aufbewahrung des Fettes eine spezifische Zellart wie Fettspeicherungszellen sich differenziert hat, um die übermäßige Fettablagerung in Leberzellen selbst zu vermeiden.

Im großen ganzen dürfte die Schlußfolgerung passend sein, daß die Fettspeicherungszellen als für Fettspeicherung spezifisch differenzierte Zellen im Fettstoffwechsel der Leber eine wichtige Rolle spielen.

Die Frage, ob die Fettspeicherungszellen mit dem Zimmermann'schen Perizyten identisch seien oder nicht, konnten wir in dieser Arbeit nicht lösen.

IV. Zusammenfassung.

In der vorliegenden Untersuchung haben wir die Kupffer'schen Sternzellen sowie die von Ito entdeckten „Fettspeicherungszellen“ an gesunden menschlichen Lebern zytologisch und histologisch ausführlich studiert. Die wichtigen Resultate werden im folgenden zusammenfassend angegeben.

1) Die Sternzellen schwimmen bloß in Blutkapillarenlumen und stehen mit den Gitterfasern nicht in direktem Zusammenhang, während sie sich irgendwo am Endothelrohr anheften.

2) Wir können an den Sternzellen zwei verschieden beschaffene Oberflächen unterscheiden; die eine ist scharf konturierte ebene und die andere zickzackförmig unebene, welche letztere mit vielen, feinen und spitzigen Pseudopodien versehen ist.

3) Das Zytoplasma der Sternzellen besteht aus dem kernhaltigen Endoplasma und dem dünnen Exoplasma. Relativ zahlreiche, stäbchen- und fadenförmige Mitochondrien verteilen sich ausschließlich im erstern. Das mitochondrienfreie Exoplasma entsenden Pseudopodien in den Blutstrom.

4) In menschlichen Sternzellen findet man häufig die färbbaren Granula in wechselnder Zahl, die anscheinlich aus Mitochondrien gebildet worden sind. Als andere Einschlüsse kommen Lipofuszingranula

vor, welche man doch von den Fettröpfchen streng unterscheiden muß. Die Fettröpfchen treten im physiologischen Zustand nicht auf.

5) An den freien Oberflächen der Sternzellen bemerkt man oft die der apokrinen Sekretion der exokrinen Drüsenzellen ähnliche Erscheinung; von der Oberfläche springen kuppel- oder zungenförmige, exoplasmatische Fortsätze vor, die in ihrem Wurzelteil abgeschnürt werden und als helle Tropfen in Kapillarenrichtung abfallen. Diese protoplasmatischen Fortsätze enthalten nicht selten die färbbaren Granula, welche vielleicht in dieser Weise ausgeschieden werden dürften. Aus obigen Befunden möchten wir mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Sternzellen sekretionstätig sein dürften.

6) Für Darstellung und feinere Beobachtung der „Fettspeicherungszellen“ sind die mit Levi's Osmiumgemisch fixierten und mit Eisen-hämatoxylin oder Azan gefärbten Präparate sehr geeignet. Die „Fettspeicherungszellen“ finden sich in der Kapillarenwand, stellen verhältnismäßig kleine, im senkrechten Schnitte spindelförmige Zellen mit einem ovalen Kern dar. Sie unterscheiden sich streng von den Sternzellen hauptsächlich in folgenden zwei Punkten: Erstens liegen sie innerhalb des Gitterfasernetzes der Kapillarenwand, indem sie sowohl vom Kapillarenlumen als auch von Leberzellen durch Gitterfasern abgeschieden sind. Zweitens führen sie physiologisch Fettröpfchen in gewisser Menge.

7) Die Fettspeicherungszellen verteilen sich in Leberläppchen fast gleichmäßig, ihre Verteilungsdichtigkeit stimmt im großen ganzen mit derselben der Sternzellen überein. Sie befinden sich am häufigstens in den Vertiefungen zwischen den Kapillarenflächen der benachbarten Leberzellen; daselbst findet man ihren Kern, während das Zytoplasma sich von dort her über mehr als zwei Leberzellen ausbreitet. Der kernhaltige Abschnitt wölbt sich mehr oder weniger ins Kapillarenlumen vor, was besonders bei reichlichem Fettgehalt auffallend ist.

8) Die Größe und die Zahl der in Fettspeicherungszellen auftretenden Fettröpfchen sind bei einzelnen Wirbeltierklassen bestimmt. Beim Menschen sind sie verhältnismäßig klein und nahezu gleichgroß, kommen in Mehrzahl vor. Der Fettgehalt schwankt in gewissem Maße nach den einzelnen Zellen, so begegnet man nicht selten die leeren Zellen. Die Fettröpfchen in Fettspeicherungszellen erscheinen in mit gewöhnlichen Fixierungsmitteln behandelten Paraffinschnitten vollkommen aufgelöst als kleine Vakuolen, so daß man z. B. in mit Formalin fixierten und mit Hämatoxylin-Eosin gefärbten Präparaten die mit kleinen Vakuolen gefüllten, kleinen Zellen in der Kapillarenwand

suchen muß, um die Fettspeicherungszellen zu verfolgen.

9) Es gelang uns, in den Fettspeicherungszellen das Diplosom nachzuweisen, während wir in ihnen die Mitochondrien vermissten.

10) Der Bau und die Lokalisation des Golgiapparates sind je nach den Stern-, Fettspeicherungszellen und Endothelien etwas verschieden, was für die Unterscheidung dreier Zellarten einen Grund gibt.

11) Die Fettspeicherungszellen vertreten wahrscheinlich funktionell wichtige Zellen in der Leber, welche Fettstoffe von dem Blut aufnehmen und sie als Neutralfett eine Zeitlang in sich aufspeichern, um es auf Bedürfnis wieder in das Blut abzugeben. Das Fett in Fettspeicherungszellen sei also nichts anders als Reservenährstoff. In dieser Weise beteiligen sich die Fettspeicherungszellen höchstwahrscheinlich an dem Fettstoffwechsel der Leber.

Literaturverzeichnis.

- Ito, T., Satsuki, S., Kano, K. und Tsukagoshi, N.: Studien über die sog. „Fettspeicherungszellen (fat storing cells)“ in der Leber von verschiedenen Wirbeltieren. Arch. hist. jap. Bd. 3. S. 239. 1952. (japanisch)
- Pfuhl, W.: Die Leber. 4. Die Capillaren der Leberläppchen. Möllendorffs Handb. d. mikr. Anat. d. Menschen. Bd. V. Teil 2. S. 362. 1932.
- Satsuki, S.: Untersuchungen über das Speichungsvermögen der Fettspeicherungszellen von Leber durch die Karmin- und Tuschinjektion. Arch. hist. jap. Bd. 3. S. 449. 1952. (japanisch)
- Tanaka, S.: Untersuchungen über das Wesen der Kupffer'schen Sternzellen. Mitt. aus d. Niigata Med. Ges. Bd. 64. S. 472. 1950. (japanisch)
- Zimmermann, K. W.: Der feinere Bau der Blutkapillaren. Z. Anat. Bd. 68. S. 29. 1923.