

Aus der Neurologisch-Psychiatrischen Universitätsklinik Pécs, Ungarn
(Direktor: Prof. Dr. ST. KÖRNYÉY)

Untersuchung der Gehirndurchblutung mit einer Isotopen-Dilutionsmethode am Menschen

Von

J. SZÁNTÓ und F. GALLYAS

Mit 8 Textabbildungen

(Eingegangen am 8. Februar 1965)

NYLIN u. Mitarb. arbeiteten zur Untersuchung der Gehirndurchblutung eine Isotopen-Dilutionsmethode (1960) aus. Wir verwenden diese Methode in modifizierter Form, insofern als wir für die Entnahme von Blutproben ein Gerät konstruiert haben.

Dieses Gerät ermöglicht es, gleichzeitig von zwei Stellen des Gefäßsystems je 30 Blutmuster von 0,5 ml Volumen in Abständen von 1 sec zu entnehmen. Die Muster werden in Schälchen aufgenommen, welche an eine Scheibe montiert sind, die durch einen synchronen Motor gedreht wird. Der Motor wird durch das Einpressen des Kolbens einer Injektionsspritze in Betrieb gesetzt. Nach dem Sammeln der 2 mal 30 Muster schaltet sich der Motor automatisch aus. Die Messung der Radioaktivität geschieht in den Sammelschälchen. (Nähtere Beschreibung des Geräts, GALLYAS u. SZÁNTÓ.)

Die in die Arteria carotis int. injizierten und mit P^{32} markierten Erythrocyten — es werden die eigenen Blutkörperchen des untersuchten Individuums verwendet — erscheinen in den Venae jugulares intt. (Bulbi jugg.) beider Seiten in jeder Zeiteinheit in verschiedener Konzentration. Diese Konzentrationsänderung wird durch Messung der Radioaktivität der Blutproben bestimmt, die wir mit dem Apparat erhalten. Aus den „Dilutionskurven“ (Abb. 1a), die man nach der beiderseitigen Isotopeninjektion gewinnt, sind die Kreislaufzeiten abzulesen und mit ihrer Hilfe die cerebrale Durchblutung und der Blutgehalt des Gehirns zu errechnen. Wenn man die markierten roten Blutkörperchen in eine Vene (cubitalis) injiziert und das Blut aus einer Arterie (carotis int.) nimmt, kann das Minutenvolumen des Herzens bestimmt werden. Die im Gesamtkörper zirkulierende Blutmenge kann aus den Ergebnissen der in eine Arterie oder Vene erfolgten Injizierung errechnet werden.

Zur Demonstration der Leistungsfähigkeit der von uns angewendeten Form der Methode besprechen wir im folgenden von den bisher ausgeführten 69 Untersuchungen die Auswertung von 8 Fällen, in denen charakteristische Veränderungen der cerebralen Kreislaufdynamik gefunden wurden. Diese 8 Fälle sind: je 1 Fall von Thrombose der Art.

carotis int., multiple Encephalomalacie, Gehirnatrophie, subdurales Hämatom beiderseits, allgemeiner Kreislaufinsuffizienz und 3 Fälle von *Gefäßanomalien*, darunter eine Sturge-Webersche Krankheit.

Als Grundlage eines Vergleiches nehmen wir die von NYLIN u. Mitarb. gewonnenen normalen Werte, da unsere Methode im Prinzip trotz der unterschiedlichen praktischen Ausführung mit der ihren übereinstimmt. Die normalen cerebralen Kreislaufzeiten (Abb. 1a) sind nach den

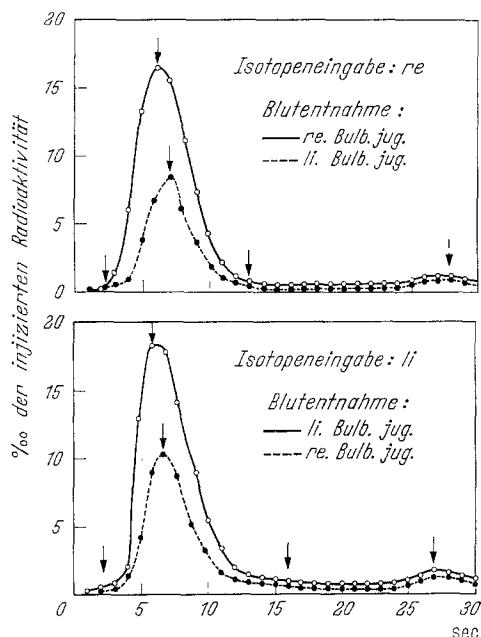


Abb. 1a. Normale Dilutionskurven und Zirkulationsdaten aufgrund der Radioaktivität in Blutproben von den Bulbi jug. nach intracarotideaer Injektion von roten Blutkörperchen, die mit P^{32} markiert wurden. $\downarrow \rightarrow \downarrow$ Erscheinungszeit, maximale Konzentrationszeit und Verschwindungszeit der Radioaktivität. Die zweite, niedrige Welle wird durch die Wiederkehr der radioaktiven Substanz hervorgerufen nach Passieren des Gesamtkreislaufs. In sämtlichen Diagrammen zeigt die ausgezogene Linie die Blutaktivitätswerte des Bulbus jug. der Seite der Injektion, die unterbrochene Linie die Werte des kontralateralen. Beziiglich des Errechnens der Kreislaufdaten verweisen wir auf die Arbeit von NYLIN u. Mitarb. (1960). Da in der Literatur der Ausdruck „Hirndurchblutung“ (cerebral blood flow) für die Blutmenge, die 100 g Hirnsubstanz/min durchströmt, gebraucht wird, verwenden wir für die das Gesamtgehirn in 1 min passierende Blutmenge den Ausdruck „Minutenvolumen des Gehirns“. Dieses erschließt die Methode für jeden gegebenen Fall, ohne Kenntnis des Hirngewichtes.

Minutenvolumen des Gehirns	820 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit	7,4 sec
Blutgehalt des Gehirns	121 ml
Herzminutenvolumen	7950 ml
Zirkulierende Blutmenge	4800 ml

Angaben der genannten Autoren (1961a, b) die folgenden: auf der Seite der Injektion beträgt die Erscheinungszeit 2—5 sec, die bis zum Erreichen der maximalen Konzentration abgeflossene Zeit 4—9 sec, die

Verschwindungszeit 12—20 sec. Auf der Gegenseite können die Werte von diesen um 1 sec abweichen. Etwa 20 sec nach der Injektion erscheint auf den Kurven eine niedrige zweite Welle, die von der Wiederkehr des durch das Kreislaufsystem passierten Blutes hervorgerufen wird (Rezirkulationswelle). Die Durchblutung des ganzen Gehirns beträgt 667—1238 ml/min¹, sein Blutgehalt 87—167 ml, die durchschnittliche cerebrale Kreislaufzeit 5—10 sec, das Herzminutenvolumen 6000 bis 10000 ml, die zirkulierende Blutmenge 4000—6000 ml. 20—40% Blut der Art. carotis int. gelangt in die Vena jugularis int. der Gegenseite. 50—60% des durch das gesamte Gehirn strömenden Blutes entfernt sich durch die rechte, 40—50% durch die linke Vena jugularis int.

Eine normale „Dilutionskurve“ (Abb. 1a) wird aus dem eigenen Material — von einem Schizophrenen — gezeigt.

Die einzelnen Fälle

Fall 1. Frau G. S., 66 Jahre alt. Seit 10 Jahren Diabetes mellitus. Mäßig erhöhter Blutdruck. Seit 2 Monaten zunehmend vergeblich, öfters Schwindelgefühl. Wurde nachts plötzlich desorientiert. — Befund: Blutdruck 180/100 mm Hg. Neurologisch: o. B. Psychisch: lückenhaft orientiert. Aufmerksamkeit schwer zu erwecken. Langsamer Gedankenablauf. EEG: linksseitige frontale, fronto-zentrale organische Läsion. Linksseitiges Carotis-Angiogramm o. B.

Bei der Untersuchung der Hirndurchblutung erhielten wir die Kurven der Abb. 1b.

Aufgrund dieses Befundes nahmen wir einen Verschluß der rechtsseitigen Art. carotis int. an; diese Annahme wurde später durch die rechtsseitige Carotis-Angiographie bestätigt. Die Hauptmenge des rechts eingeführten Isotopen erschien trotzdem in der rechtsseitigen Vena jug. int. Zur Erklärung müssen wir annehmen, daß der Weg dafür über das extracraniale Gefäßsystem und das Gehirn führte, d. h. radioaktive Substanz bei der Injektion auch in die Art. carotis ext. gelangen mußte. Normalerweise stammt nur 0—6% (SHENKIN u. Mitarb.) des Blutes der Vena jug. int. aus der Art. carotis ext. In diesem Falle ergab sich dagegen — aus der Vergleichung der Größe der Gebiete unter der Kurve —, daß 28% des Blutes der rechtsseitigen Vena jug. int. aus dem Externasystem stammte, aber — um den Bulbus jug. erreichen zu können — den Schädelinhalt passieren mußte. Das weist darauf hin, daß bei Verlegung der Art. carotis int. die Anastomosen zwischen den extra- und intracranialen arteriellen Systemen derselben Seite eine bedeutende Rolle in der Versorgung des Gehirns spielen können.

Von der Abb. 1b ist aber auch abzulesen, daß aus der linksseitigen Carotis int. eine abnorm hohe Blutmenge in die rechte Vena jugularis

¹ Wir möchten darauf aufmerksam machen, daß der mit dieser Methode bestimmte Wert höher ist als der mit der Kety-Schmidtschen erhaltene, allgemein angenommene (700—900 ml/min auf Gehirn von 1400 g berechnet).

int. gelangte. Der gleichseitigen Art. carotis ext. schloß sich also via Circulus Willisi auch die gegenseitige Art. carotis int. in der Blutversorgung der rechten Hemisphäre an. Hierdurch wurde ihre Zirkulation soweit ausreichend, daß keine klinischen Lokalzeichen auftraten.

Zur Klärung derartiger Dilutionskurven müssen wir berücksichtigen, wieweit eine Blutmischung zwischen den beiden Hemisphären zustande kommen kann. Möglichkeiten dafür sind anatomisch im Circulus Willisi

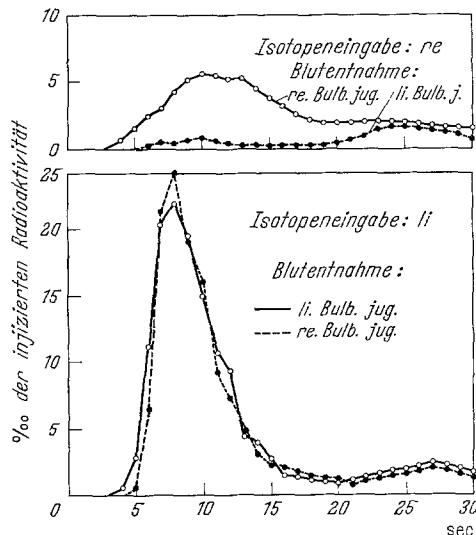


Abb. 1b. Fall 1. Verschluß der rechtsseitigen Art. carotis int. Die Dilutionskurven nach Injektion in die rechtsseitige Carotis comm. sind niedrig und langgezogen. Nach Injektion in die linksseitige Carotis int. verteilt sich das markierte Blut fast gleichmäßig auf die beiderseitigen Bulbi jugg. Die A-V O₂-Diff. des die Hemisphäre durchströmenden Blutes ist auf der Seite des Verschlusses um 3% niedriger als auf der normalen Seite.

Minutenvolumen des Gehirns	880 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit	8,6 sec
Blutgehalt des Gehirns	126 ml
Zirkulierende Blutmenge	3980 ml
Cerebrale A-V O ₂ -Differenz	re. 2,0% li. 5,0%

RR: 110/70 mm Hg

und in den venösen Sinus der Mittellinie gegeben. In normalen Fällen kommt jedoch eine Mischung nur in der venösen Leitung zustande, da im arteriellen Kreis der Gehirnbasis keine Druckunterschiede bestehen und infolgedessen eine Blutmischung über die Artt. communicantes nicht erfolgt (siehe KETY 1960). Völlige oder teilweise Verlegung im Circulus Willisi oder seinen zuführenden oder ableitenden Arterien hebt jedoch das Druckgleichgewicht des arteriellen Systems auf, und so kann sich die Stromrichtung ändern, gegebenenfalls Blut über die Artt. communicantes von der Gegenseite herüberströmen. Blutvermischung tritt also schon

in der arteriellen Phase ein und im Bulbus jugularis übersteigt die Proportion des von der Gegenseite stammenden Blutes das normale 20—40% (Abb. 2).

Fall 2. Frau I. H., 65 Jahre alt. Vor 2 Jahren 12 Tage hindurch in der Klinik behandelt wegen einer als symptomatisch aufgefaßten Psychose bei hohem Blutdruck, Bronchitis und Kreislaufinsuffizienz. Zwei Tage vor der jetzigen Aufnahme zusammenhangloses Sprechen, dann Bewußtlosigkeit. — Befund: somnolent, durch heftige Schmerzreize vorübergehend zu wecken. Blutdruck 195/120 mm Hg.

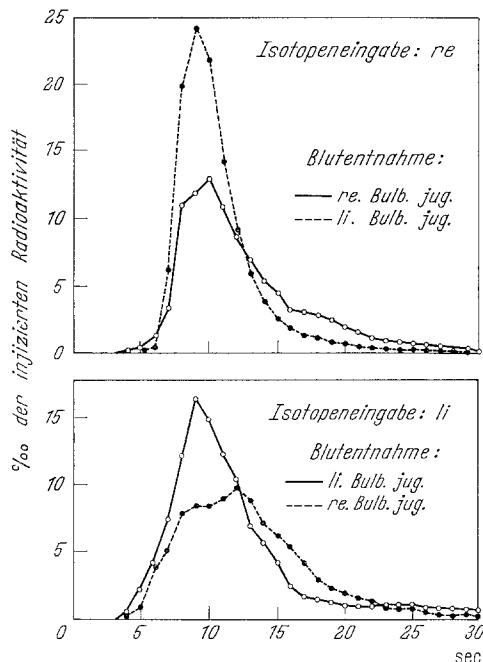


Abb. 2. Fall 2. Die Dilutionskurven sind verzögert. Von der re. Art. carotis int. strömt mehr Blut in den li. Bulbus jug. als in den re. Das Minutenvolumen des Gehirns ist niedrig. Die Kreislaufzeiten sind verlängert. Die cerebrale A-V O₂-Differenz ist li. größer. Das Herzminutenvolumen ist herabgesetzt.

Minutenvolumen des Gehirns	560 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit	11,7 sec
Blutgehalt des Gehirns	107 ml
Zirkulierende Blutmenge	4100 ml
Cerebrale A-V O ₂ -Differenz	re. 3,0% li. 5,0%
Herzminutenvolumen	5900 ml
RR: 180/100 mm Hg	

Arrhythmische Herzaktivität. Rechte Pupille erweitert. Rechtsseitige Hemiparese. Am 3. Tag des Aufenthaltes in der Klinik generalisierte und rechtsseitige facio-brachiale Krämpfe.

Die Kreislaufuntersuchung (Abb. 2) wird vorgenommen, nachdem einige solche Krämpfe abgelaufen sind. Auffallend ist, daß beim niedrigen Minutenvolumen des Gehirns sein Blutgehalt nicht gesteigert ist. Auf die entgegengesetzte Seite fließt mehr Blut hinüber als normal. Nach der rechtsseitigen Eingabe enthält sogar das

Jugularisblut li. mehr Isotop als re. Dies besagt, daß die re. Carotis int. der entgegengesetzten, geschädigten, Hemisphäre mehr Blut liefert als ihrem eigenen Versorgungsgebiet.

Anhand von Fall 1 haben wir gesehen, daß bei Verlegung eines zuführenden Stammes des Circulus Willisi die Blutmischung zwischen beiden Hemisphären erhöht ist und das von den Dilutionskurven und der Abszisse umgrenzte Gebiet, das ist die Durchblutung der Hemisphäre, auf der Seite der Verlegung, erheblich kleiner ist als auf der freien Seite (Abb. 1 b). Im Fall 2 dagegen bestand ein solcher Unterschied nicht, jedenfalls nicht in nennenswertem Grade. In diesem Fall erscheint es paradox, daß die erkrankte Hemisphäre eine erhöhte Blutmenge aus dem kontralateralen Carotissystem bezog. Dies, obgleich ihre Versorgung aus dem gleichseitigen Carotissystem nicht besonders herabgesetzt war.

Den pathologischen Kreislaufbefund dieses Falles dürften wir wohl teils aus dem klinischen Verlauf, teils aus dem Obduktionsbefund erklären. Die erhöhte Durchströmung der erkrankten linken Hemisphäre dürfte dadurch begründet sein, daß die Untersuchung im Anschluß an epileptiforme Krämpfe vorgenommen wurde. Da der Ausgang der zum Teil fokalen Krämpfe überwiegend die linke Hemisphäre war, so könnte man erhöhte Durchblutung und epileptischen Reizzustand in Zusammenhang bringen. Dies stünde im Einklang mit experimentellen Befunden von PENFIELD, SÁNTHA und CIPRIANI, die während und eine Zeitlang nach Anfällen in den motorischen Gehirngebieten erhöhte Durchblutung gefunden haben. Zugunsten dieser Deutung dürfte ferner herangezogen werden, daß die Oxygenverwertung aus dem Blute in der erkrankten linken Hemisphäre höher war als in der rechten (Abb. 2).

Nach der Kreislaufuntersuchung haben zwar auf die Darreichung von Antikonyunktiven hin die Krampfanfälle aufgehört, jedoch wurde die Kranke subfebril und komatos. Kurz nach Mitternacht ist sie gestorben.

Autoptisch wurden je eine ältere Erweichung im Hinterhauptlappen beider Seiten und eine frische Erweichung im li. Schläfenlappen gefunden. Die Ausschaltung der erweichten Gebiete aus dem Kreislauf dürfte erklären, daß trotz der verlängerten cerebralen Kreislaufzeit der Blutgehalt des Gehirns normal und die Hirndurchblutung leicht herabgesetzt waren.

Eine weitere Ursache abnormer Durchströmungsverhältnisse dürfte in den abnormen Verhältnissen der Willisi-Gefäße gegeben sein. Wir verweisen auf Abb. 3; ein Versuch, Detailschlüsse zu ziehen, wäre allerdings gewagt.

Fall 3. Frau I. N., 64 Jahre alt. Seit mehreren Jahren hoher Blutdruck. Vor 2 Jahren am li. Auge plötzlich erblindet; danach Sehverschlechterung auch am re. Auge. — Befund: Blutdruck 170/100 mm Hg. Auf Licht reagiert die re. Pupille nicht, die li. sehr träge. Papillen blaß, die re. ödematos, Arterien des Augenhintergrundes sklerotisch. Links Amaurose, re. Amblyopie. Im Röntgenbild hochgradige Verkalkung des frontalen Falxabschnittes. An den Ventriculogrammen hoch-

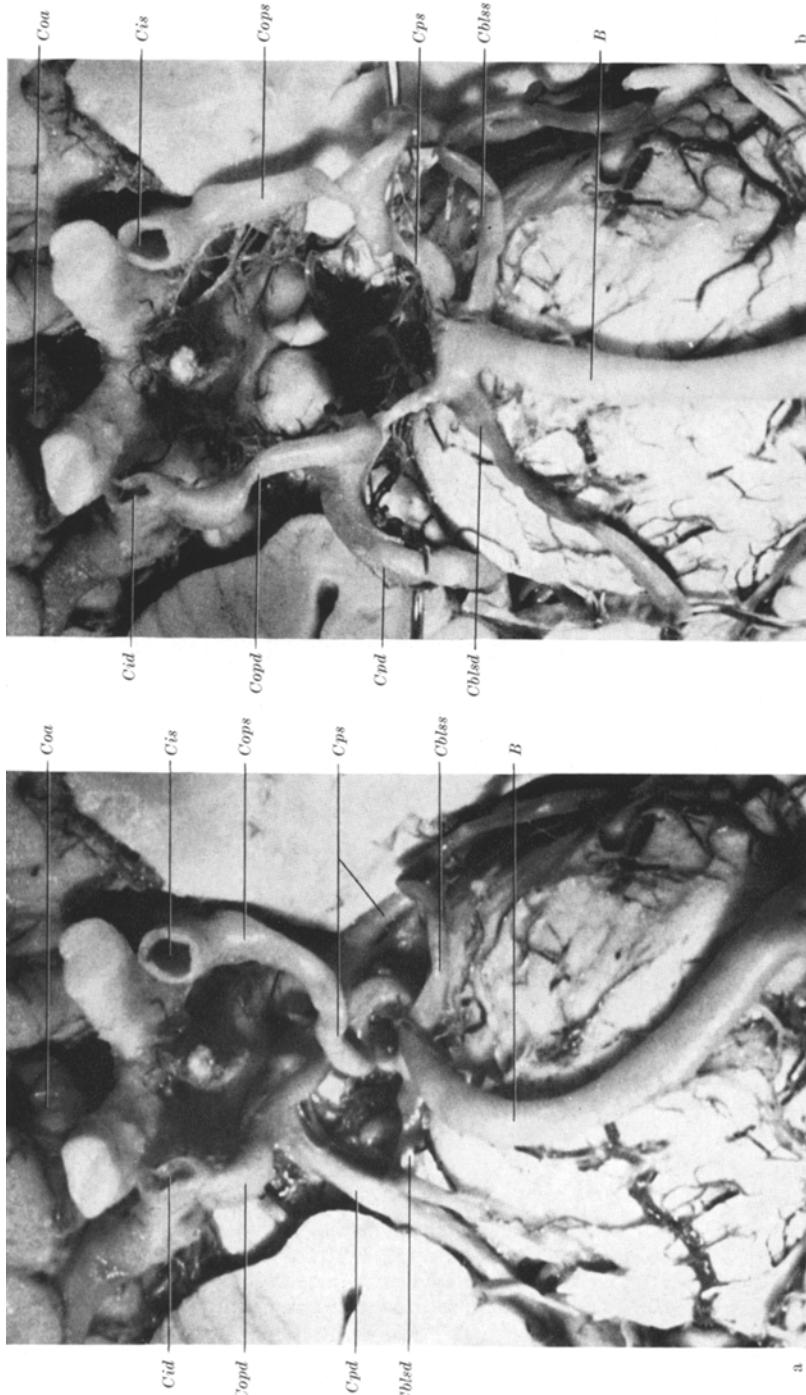


Abb. 3 a u. b. Fall 2. Teilaufnahme der Hirnbasis nach Formalinhärtung. Die Temporalpole sind in einer horizontalen Ebene abgetrennt, um die Äste des Circulus Willisii besser sichtbar zu machen. a Spontane Lage der basalen Arterien; b die Art. cerebri post. seitwärts gezogen. — Die Cerebri post. sind nach ihrem Ursprung dergesten gewunden, daß die linke (*Copd*) die rechte (*Cpd*) überdeckt. Rechts ist die Ursprungsstrecke der Cerebri post. von so zartem Kaliber, dagegen die *Communicans post.* (*Cop8*) so weit, daß man vom Ursprung der Cerebri post. aus der Carotis int. (*Ci*) reden kann. Die rechte *Communicans post.* ist dicht hinter der Carotis erweitert, danach folgt eine Einengung. Infolge der Windung der linken *Communicans post.* (*Copd*) hat sich die Lage ihrer Wand verändert, daß, nachdem die Willist Gefäße seitwärts gezogen wurden, an ihrer Vereinigungsstelle mit der Cerebri post. eine gänzliche Brechung zustande kommt. — *B* Art. basilaris; *Coa* Art. cerebelli sup.; *Coa* Art. cerebelli ant.

gradiger, ziemlich symmetrischer Hydrocephalus internus, die basalen Zisternen erweitert. Carotisangiogramme nur für den Hydrocephalus charakteristisch.

Die Gehirndurchblutung, die Zirkulationszeiten und der Blutgehalt des Gehirns sind normal (Abb. 4). Trotzdem lassen die Dilutionskurven auf einen Unterschied in der Durchblutung der beiden Hemisphären schließen, da nach der linksseitigen Isotopeneingabe die Dilutionskurve der rechtsseitigen Vena jug. int. höher ist als

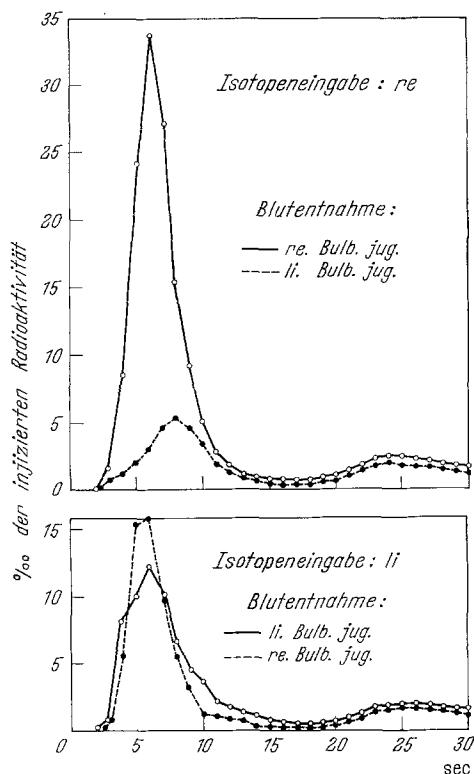


Abb. 4. Fall 3. Nach der rechtsseitigen Isotopeneingabe normale Dilutionskurven, nach der linksseitigen Eingabe ist die Dilutionskurve des rechtsseitigen Bulbus jug. höher als die der linksseitigen. Der größere Teil des durch das Gehirn strömenden Blutes fließt durch die linksseitige V. jug. int. ab.

Minutenvolumen des Gehirns	900 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit	7,2 sec
Blutgehalt des Gehirns	108 ml
Zirkulierende Blutmenge	4200 ml
Cerebrale A-V O_2 -Differenz	re. 3,0% li. 2,0%

RR: 130/80 mm Hg

die der linksseitigen. Als weitere Abweichung vom normalen ist zu verzeichnen, daß 63% des durch das Gehirn strömenden Blutes sich durch die linksseitige Vena jug. int. entfernte und nur 37% durch die rechtsseitige (bezüglich der Errechnung siehe NYLIN u. Mitarb. 1960). Dies, obgleich das li. verabreichte Isotop zum größeren Teil in die rechte Jugularvene hinübergang.

Fall 4. Frau I. B., 80 Jahre alt. Einen Monat vor der Aufnahme in die Klinik bei einer Schwindelattacke gefallen. Von dieser Zeit an bettlägerig. — Befund: zentrale Facialisparesis li. Psychisch: somnolent, desorientiert; beantwortet keine Fragen.

Die Gehirndurchblutung erwies sich als erniedrigt, die Zirkulation verlangsamt (Abb. 5a), dagegen der Blutgehalt des Gehirns nicht erhöht. Die verminderte Durchblutung wurde also durch keine Erweiterung der Hirngefäße kompensiert.

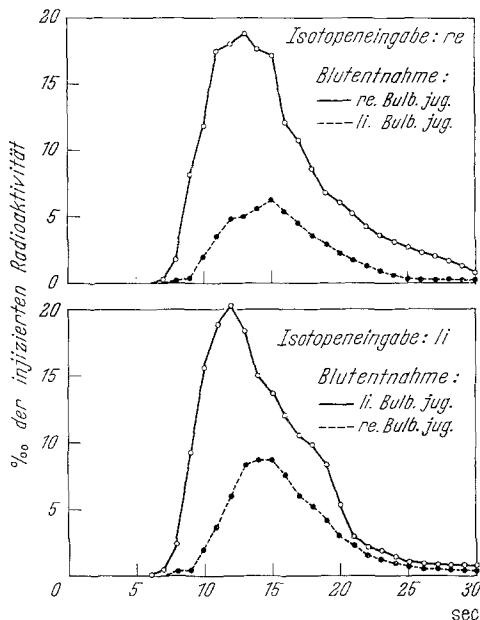


Abb. 5a. Fall 4. Die Dilutionskurven sind verzögert, die Kreislaufzeiten verlängert, das Minutenvolumen des Gehirns erniedrigt. Herzminutenvolumen normal.

Minutenvolumen des Gehirns	490 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit	14,9 sec
Blutgehalt des Gehirns	124 ml
Zirkulierende Blutmenge	4400 ml
Herzminutenvolumen	6100 ml
RR: 120/80 mm Hg	

Bei der *Obduktion* wurde auf der re. Seite ein größeres, auf der li. ein weniger ausgedehntes subdurales Hämatom gefunden. Zur Verlangsamung der Zirkulation dürfte auch die erhöhte Viscosität des Blutes (Hämatokritwert 66%) beigetragen haben. Eine Vasodilatation, die das Sinken der Gehirndurchblutung hätte kompensieren können, wurde höchstwahrscheinlich durch die raumbeengende Wirkung der subduralen Hämatome verhindert.

Fall 5. Frau K. T., 39 Jahre alt. In den vorangegangenen Jahren mehrmals wegen aplastischer Anämie behandelt. — Bei der Aufnahme in die Klinik schlechter Allgemeinzustand, häufiges Erbrechen, Unruhe, Desorientiertheit.

Die Gehirndurchblutung ist niedrig, bleibt aber noch im Rahmen des normalen. Der Gehirnkreislauf ist verlangsamt, das Minutenvolumen des Herzens sowie die

zirkulierende Blutmenge herabgesetzt (Abb. 5b). Der Blutgehalt des Gehirns ist dagegen auffallend gesteigert. Dies erklärt, daß die durchströmende Blutmenge des Gehirns trotz der verlangsamten Zirkulation normal blieb. Eine Beschleunigung der Hirndurchblutung, wie man sie bei der Anämie erwartet hätte, fehlte; die statt dessen festgestellte Verlangsamung ist durch den schlechten allgemeinen Zirkulationszustand zu erklären.

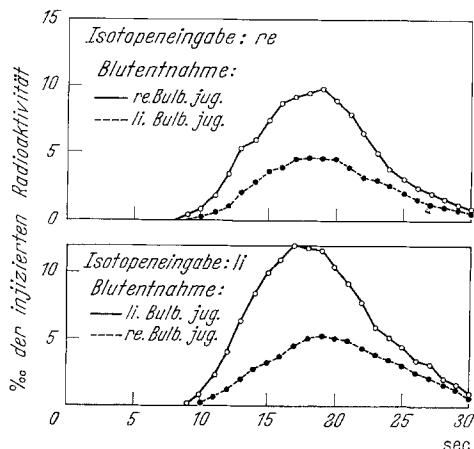


Abb. 5b. Fall 5. Die Kreislaufzeiten sind erhöht, die Durchströmung des Gehirns dagegen normal. Der Blutgehalt des Gehirns erhöht, das Herzminutenvolumen und die zirkulierende Blutmenge erniedrigt.

Minutenvolumen des Gehirns	780 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit	19,2 sec
Blutgehalt des Gehirns	250 ml
Zirkulierende Blutmenge	3200 ml
Cerebrale A-V O ₂ -Differenz	re. 9,0% li. 9,0%
Herzminutenvolumen	4600 ml
RR: 115/70 mm Hg	

Fall 6. I. Sz. ♂, 71 Jahre alt. Seit 1 Monat Schluck- und Sprechstörungen. — Befund: Arrhythmische Herztätigkeit. Visus am re. Auge auf Lichtperzeption reduziert. Pseudobulbäre und Entfesselungssymptome.

Die Zirkulationsdaten sind normal (Abb. 6). Jedoch gelangt nach der rechtsseitigen Eingabe kein Isotop in die li. Vena jugularis int. Ein technischer Fehler kann ausgeschlossen werden, da die Rezirkulationswelle nicht fehlt. Zur Erklärung muß man annehmen, daß das Blut aus dem Sinus sagittalis nur in den rechtsseitigen Sinus transversus gelangen konnte. Nach der linksseitigen Eingabe dagegen verteilt sich das bezeichnete Blut etwa gleichmäßig zwischen den Venae jugg. intt. beider Seiten. Es war mithin anzunehmen, daß der Sinus sagittalis direkt zur re. Vena jug. int. leitete, und die li. Jugularvene nur unmittelbar in den li. Sinus transversus gelangendes Blut erhielt.

Bei der Autopsie stellte sich heraus, daß der Sinus sagittalis sich wirklich in den re. Sinus transversus fortsetzte. Zwischen diesem und dem li. Sinus transversus bestand eine Kommunikation nur durch eine schmale Öffnung. Als sonstige Gefäßanomalien ließen sich abnormale Enge der li. Art. vertebralis und der li. Art. communicans post. feststellen.

Fall 7. G. T. ♂, 41 Jahre alt. Eine Woche vor seiner Aufnahme in die Klinik Gefühl von plötzlichem „Platzen“ im Hinterhaupt, gefolgt vom Ausstrahlen stechenden Schmerzens in den Nacken. Keine Bewußtlosigkeit. — Befund: Minimale Nackensteifigkeit, die li. Pupille ein wenig erweitert, divergierender Strabismus. Liquor xanthochrom. Die Carotis-Angiographie ergab eine bohnengroße Aussackung des Hauptstammes der rechtsseitigen Art. cerebri media als Quelle der subarachnoidealen Blutung.

Die Zirkulationswerte sind normal (Abb. 7). Nach der linksseitigen Isotopeneingabe ist aber die aus der re. Vena jug. int. erhaltene Dilutionskurve nicht nur

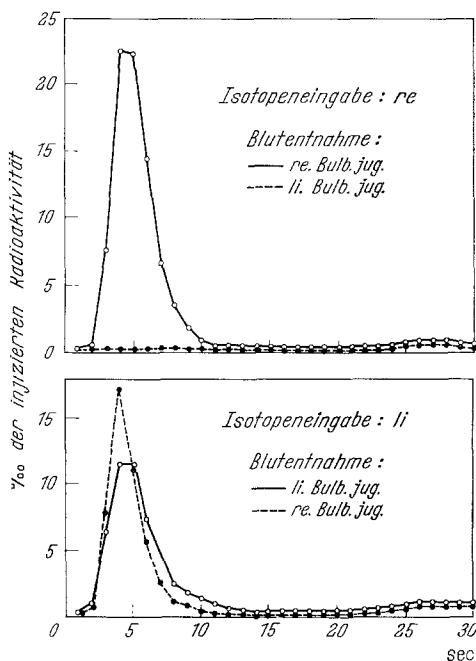


Abb. 6

Abb. 6. Fall 6. Nach der rechtsseitigen Eingabe gelangte kein Isotop in die linke Vena jug. int. Von der li. Seite gelangt der größere Teil des Isotops in den Bulbus jug. der Gegenseite.

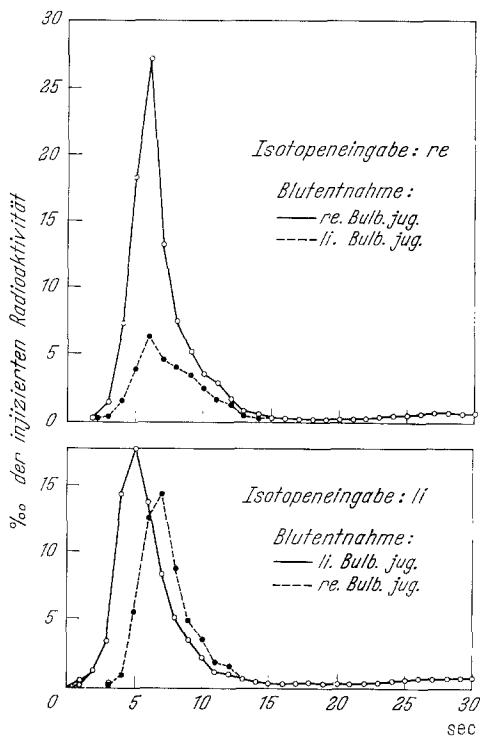


Abb. 7

Abb. 7. Fall 7. Etwa gleichmäßige Verteilung der radioaktiven Substanz in beiden Bulbi jug. nach linksseitiger Injektion. Cerebrale A-V O₂-Differenz re. > li. Näheres im Text.

Minutenvolumen des Gehirns	1240 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit	5,5 sec
Blutgehalt des Gehirns	110 ml
Zirkulierende Blutmenge	4880 ml
Herzminutenvolumen	8080 ml
RR: 150/100 mm Hg	

Minutenvolumen des Gehirns	920 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit	6,6 sec
Blutgehalt des Gehirns	102 ml
Zirkulierende Blutmenge	4600 ml
Cerebrale A-V O ₂ -Differenz	re. 3,5% li. 2,0%

wesentlich *höher* als normal, sondern *bleibt* auch mit den aus der li. Vena jug. int. erhaltenen Dilutionswerten verglichen etwa 2 sec *zurück*.

Die erste Tatsache, die beim Erklärungsversuch berücksichtigt werden muß, ist die, daß nach rechtsseitiger Eingabe die Verteilung zwischen den beiden Jugulares normal ist. Dabei ist die durchschnittliche Kreislaufzeit für den Übergang sowohl in die rechte als auch in die linke Jugularis nahe der unteren Grenze der Norm. Die Hemisphäre, in deren Art. cerebri media das Aneurysma sich gebildet hat, wird also von der gleichseitigen Carotis int. aus mit normaler Blutmenge schnell durchströmt.

Dagegen sehen wir nach der linksseitigen Injektion eine ungefähr gleichmäßige Verteilung des abgeföhrten Blutes auf die beiderseitigen

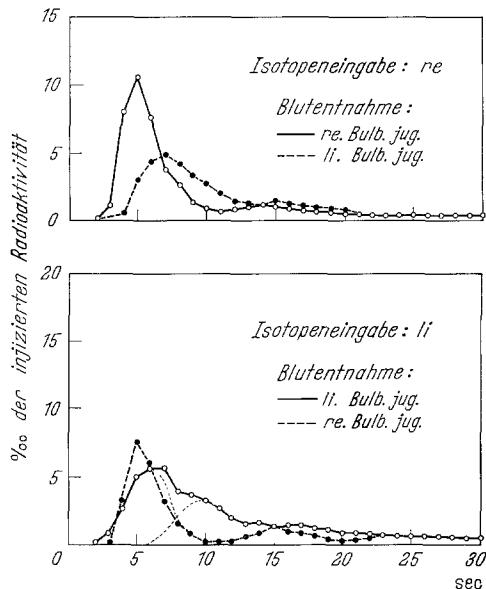


Abb. 8. Fall 8. Die Dilutionskurven des re. Bulbus jug. sind normal, die des li. dagegen verzögert. Die Dilutionskurve des li. Bulbus jug. nach linksseitiger Eingabe muß aus der Überlagerung von zwei verschiedenen Dilutionsprozessen erklärt werden. (Näheres siehe Text.)

Minutenvolumen des Gehirns	1380 ml
Durchschnittliche Zirkulationszeit re.	6,2 sec
li.	8,6 sec
Blutgehalt des Gehirns	173 ml

Jugulares. Dabei erscheint in der rechtsseitigen das Isotop mit einer Verspätung von gut 2 sec, und diese Verspätung wird beinahe während der ganzen Ableitungszeit beibehalten. Das Erscheinen und Verbleiben des Isotops ist mithin im Venensystem der Gegenseite, d. h. der Aneurysmaseite, verzögert. Man dürfte daran denken, daß dies durch die aneurysmenbedingte Strömungsänderungen bedingt ist, ohne sich hierüber eine nähere Vorstellung bilden zu können.

Fall 8. E. N. ♀, 16 Jahre alt. Sturge-Webersche Krankheit: An den Röntgenaufnahmen in der li. temporo-parietalen Gegend mehrere lineare Kalkschatten von doppelten Konturen und unregelmäßigem Verlauf.

Resultat der Kreislaufuntersuchung (Abb. 8): die durchströmende Blutmenge und der Blutgehalt des Gehirns sind erhöht. Das ist aus der Gefäßvermehrung der Sturge-Weberschen Krankheit zu verstehen. Die durchschnittliche Kreislaufzeit ist zwar innerhalb der normalen Variationsbreite, doch auf der kranken Seite 2,4 sec länger als auf der gesunden. Nach der linkssseitigen Isotopeneingabe entfernt sich das bezeichnete Blut durch die li. Vena jug. int. verlangsamt; der absteigende Ast der Kurve fällt zuerst ziemlich steil, dann folgt eine Verlangsamung. Man muß annehmen, daß sich hier zwei Dilutionskurven superponieren. Auf Abb. 8 zeichneten wir dieser Annahme entsprechend die punktierten Kurven. Die erste von diesen entspricht der Durchströmung des Gehirns selbst, die zweite der der Angiomatose. Da an der Kurve der re. Vena jug. int. nach der linkssseitigen Eingabe eine solche Verzögerung nicht erscheint, so ist anzunehmen, daß das Blut der Angiomatose nicht in die Sinus longitudinales gelangt, sondern den linkssseitigen Sinus transversus direkt erreicht. Daraus, daß die Kurve der li. Vena jug. int. auch nach der rechtsseitigen Injizierung verzögert ist, muß man darauf schließen, daß die Angiomatose auch aus der re. Art. carotis int. Blut bezieht.

Zusammenfassung

Ergebnisse werden berichtet, die mit Hilfe einer Modifikation der Isotopen-Dilutionsmethode von NYLIN u. Mitarb. gewonnen wurden. Die Leistungsfähigkeit der Methode wird durch die bei einigen Kranken gewonnenen Resultate illustriert, bei denen sich charakteristische Veränderungen der cerebralen Kreislaufdynamik feststellen ließen. Mit der Methode sind zugleich mehrere Zirkulationsdaten zu bestimmen: *Kreislaufszeiten, Gehirndurchblutung, Blutgehalt des Gehirns, Herzminutenvolumen, zirkulierende Blutmenge*. Aus der Form der Dilutionskurve und aus ihrer relativen Lage kann man auf kreislaufdynamische Veränderungen schließen.

Literatur

- GALLYAS, F., and J. SZÁNTÓ: Blood sample collector for investigation of cerebral circulation. Erscheint in Med. Electr. Biol. Eng.
- KETY, S. S.: The cerebral circulation. Handbook of Physiology, Sect. 1, Vol. III, p. 1751. Baltimore, Maryland: Waverly Press 1960.
- NYLIN, G., S. HEDLUND, and O. REGNSTRÖM: Studies of the cerebral circulation with labelled erythrocytes in healthy man. Circulat. Res. **9**, 664 (1961).
- — — Cerebral circulation in healthy males studied with labelled red cells. Acta radiol. (Stockh.) **55**, 281 (1961).
- B. P. SÅLFLVERSKJÖLD, S. LÖFSTEDT, O. REGNSTRÖM, and S. HEDLUND: Studies on cerebral blood flow in man, using radioactiv labelled erythrocytes. Brain **83**, 293 (1960).
- PENFIELD, W., K. SÁNTHA, and A. CIPRIANI: Cerebral blood flow during induced epileptiform seizures in animals and man. J. Neurophysiol. **2**, 257 (1939).
- SHENKIN, H. A., M. H. HARMEL, and S. S. KETY: Dynamic anatomy of the cerebral circulation. Arch. Neurol. Psychiat. (Chic.) **60**, 240 (1949).

Dr. J. SZÁNTÓ,

Neurologische-Psychiatrische Universitätsklinik, Pécs/Ungarn, Rét- u. 2