

Aus der mediz. Klinik d. kgl. ung. Franz Josef Universität in Szeged-Ungarn.
(Vorst.: Dr. N. v. JANGSÓ, o. ö. Prof.)

Die Bestimmung der Blutmenge mit der Farbstoff-Injektions-Methode bei Gesunden unter Berücksichtigung des Körpergewichtes und der Körperoberfläche.

von Dr. J. v. AJTAY.

Zur Bestimmung der Blutmenge werden im allgemeinen zwei Verfahren angewendet: das eine ist das Injektionsverfahren, zu welchem auch das Verdünnungsverfahren von VALENTIN, MALASSEZ, PLESCH u. a., das optische Verfahren von ABDERHALDEN-SCHMID und das antitoxische Verfahren von EHRlich-LAZARUS, BEHRING gehören. Hierher gehört auch noch das Farbstoff-Injektionsverfahren amerikanischer Forscher. Das zweite ist das Inhalationsverfahren von GREHANT und QUINQUAND, HALDENE und SMITH, ZUNTZ und PLESCH.

Wir verwendeten zu unseren Untersuchungen das Farbstoff-Injektionsverfahren von KEITH-GERATHY und ROWNTREE, da sich seine Ausführung einfach gestaltet und keine besondere Apparatur erheischt.

Das Verfahren gestaltet sich im Wesentlichen folgendermassen: aus der einen Armvene des zu untersuchenden Person werden 10 cm³ in ein Zentrifugenröhrchen, das zur Verhinderung der Gerinnung etwas Natriumoxalat in Pulverform enthält, aufgefangen. Die Kanüle wird in der Vene belassen und durch dieselbe eine Farbstofflösung von bestimmter Konzentration und in einer dem Körpergewicht der Versuchsperson entsprechenden Menge injiziert. Nach 3 und 6 Minuten, also zu einer Zeit, wo der Farbstoff im Blute schon gut verteilt und noch bei maximaler Konzentration ist, werden aus der anderen Armvene in zwei andere Zentrifugenröhrchen ebenfalls je einige cm³ Blut entnommen. Mit dem

vor der Farbstoff-Injektion entnommenen Blute werden auch die Hämatokrit-Röhrchen gefüllt und diese mit den drei Zentrifugenröhrchen zentrifugiert. Mit dem ungefärbten Plasma wird eine Standard-Farbstofflösung von bekannter Konzentration angefertigt und mit dieser der Keil des AUTENRIETH-KÖNIGSBERGER-schen Colorimeters gefüllt. Mit Hilfe dieses Instrumentes lässt sich die Farbenkonzentration des nach der Injektion entnommenen Blutes, hieraus wieder die Menge des Blutplasmas, ferner unter Benützung der Volumperzent-Zahl der Zellelemente die Gesamtmenge des zirkulierenden Blutes nach der Formel der Verfasser dieser Methode leicht berechnen.

Bei unseren Untersuchungen verwendeten auch wir Vitalrot in einer 1,5%-igen Lösung. Von dieser Farbstofflösung werden 5 cm³ pro Kg Körpergewicht (entspricht 3mg Farbstoff) ganz beschwerdelos ertragen. Irgendwelche bedeutendere unangenehme Nebenerscheinungen waren nicht zu beobachten. Bloss in 4 Fällen stellte sich einige Stunden nach der Injektion kurze Zeit dauernder und spontan wieder schwindender Kopfschmerz ein.

Vitalrot hat wie die anderen gebräuchlichen roten Farbstoffe den Nachteil, dass es in dünnen Lösungen von der gelblichen Farbe des Plasmas zu wenig absticht; man muss daher bei den colorimetrischen Messungen sehr vorsichtig vorgehen. Ein weiterer Nachteil der roten Farben ist, dass die geringste Hämolyse eine colorimetrische Bestimmung unmöglich macht. Es wurden zu derartigen Untersuchungen auch schon Versuche mit blauen Farbstoffen (z. B. Trypanblau) ausgeführt, da dabei aber die Versuchsperson auf eine gewisse Zeit blau gefärbt wird, dachten wir gar nicht an deren Verwendung.

Unsere Untersuchungen hatten den Zweck, uns davon zu überzeugen, ob die Farben-Methode bei ihrer Einfachheit an Genauigkeit anderen Verfahren gleichkomme, ob sich unsere Ergebnisse mit denen anderer Forscher decken, zu welchem Ergebnis die Bestimmung der Blutmenge bei Gesunden führe, welches Verhältnis zwischen dem Plasma und den Zellelementen einerseits und diesen und dem Körpergewicht bzw. der Körperoberfläche andererseits bestehe und schliesslich in wiefern die bei Gesunden erhaltenen Ergebnisse in der Pathologie verwertet werden können. Zu unseren Untersuchungen meldeten sich in freundlicher Weise eine Anzahl von Studenten der Medizin freiwillig, von

denen wir bei 17 gesunden kräftigen jungen Leuten im Alter von 20—26 die Versuche ausführten.

Die Untersuchungen wurden bei jeder Versuchsperson morgens nüchtern unter stets gleichen Bedingungen ausgeführt.

So einfach und leicht die Ausführung des Verfahrens auch ist, können sich dennoch allzuleicht auch Fehler einstellen. Diesem Umstand ist es wahrscheinlich zuzuschreiben, dass die Frage der Blutmenge unter normalen Umständen auch heute noch nicht vollkommen aufgeklärt ist. Mit verschiedenen Methoden erhielt man verschiedene Ergebnisse, doch zeitigte auch dieselbe Methode in der Hand verschiedener Autoren nicht immer dasselbe Resultat. (GRIESBACH). Eine Fehlerquelle kann z. B. dadurch entstehen, dass ein geringer Teil des Farbstoffes unbemerkt paravenös verabreicht wird oder aber wenn etwa in dem zur Bestimmung entnommenen Blute Hämolyse auftritt, ohne dass dies bemerkt wird. Bei unseren Versuchen störte uns anfangs die Hämolyse recht häufig, sie war dadurch zu beseitigen, dass wir der Farbstofflösung nach BRUGSCH-SCHITTENHELM 0,5% Kochsalz hinzufügten und möglichst sofort nach der Blutentnahme zentrifugierten.

Um über unsere erste Frage - Genauigkeit, Brauchbarkeit der Methode - Klarheit zu schaffen, wurde zuerst bei Gesunden die Methodik genau bestimmt und gleichzeitig die Plasma- und Blutmenge berechnet. Nach 6—7 Tagen wurde bei denselben Personen und unter genau denselben Bedingungen die ganze Untersuchung wiederholt. In Folgendem seien einige Ergebnisse kurz erwähnt:

I. Bestimmung	II. Bestimmung	Unterschied zwischen
cm ³ Blutplasma	cm ³ Blutplasma	I. und II. in %
1. 3103	3014	3
2. 2637	2680	2
3. 3129	3092	1
4. 3157	3190	1

Nach KEITH, BERGER, ERNST-WOLLHEIM u. a. soll der Versuchsfehler bei der Bestimmung der Plasmamenge nicht mehr als $\pm 2-3\%$ betragen. Von den hier angeführten Fällen beträgt der Fehler bloss in einem Falle 3%, sonst weniger. Dies spricht für eine genügende Genauigkeit und praktische Brauchbarkeit des verwendeten Verfahrens und gleichzeitig auch für eine geringe



TABELLE I.

Nr.	Körpergewicht in kg.	Körperhöhe in cm.	Körperoberfläche in cm ²	Erythrocyt pro mm ³	Haemoglobin %	Erythrocyt volumen %	Plasmamenge cm ³	Plasma cm ³ pro kg.	Plasma pro 100 cm ² Körp. o. Fläche	Blutmenge cm ³	Blut cm ³ pro kg.	Blut cm ³ pro 100 cm ² K. o. F.
1.	64	168	17,260	4,530,000	86	43	3058	47·7	17·7	5364	83·8	31·0
2.	57	165	16,180	4,760,000	95	44	3103	54·4	19·2	5535	97·0	34·2
3.	64	171	17,420	4,120,000	84	42	2813	43·9	16·2	5367	83·8	30·9
4.	60	163·5	16,370	5,140,000	85	49	2637	43·9	16·1	5170	81·1	31·6
5.	63	174·5	17,500	4,930,000	92	46	2930	46·5	16·7	5426	86·1	31·0
6.	65	174	17,820	5,370,000	112	50	3380	52	18·9	6760	104·0	37·9
7.	53	154·5	14,960	5,130,000	105	47	3072	56	20·5	5796	109·3	38·7
8.	72	175	18,620	5,550,000	101	52·8	3310	45·9	17·8	7012	97·3	37·7
9.	66·5	174	17,990	5,380,000	98	50·6	3129	47	17·4	6334	95·2	35·2
10.	75	180	19,190	5,240,000	102	45	3157	42	16·5	5740	76·5	29·9
11.	69·4	169	18,330	4,320,000	90	42	2953	42·5	16·4	5091	73·3	28·2
12.	55	160	15,630	4,760,000	105	45	2633	48·7	17·2	4873	88·6	31·2
13.	71	171	18,410	5,010,000	96	45	3550	50	19·3	6454	90·9	35·0
14.	55	164	15,920	4,900,000	105	46	2588	47	16·3	4793	87·7	30·1
15.	66	174	17,950	5,060,000	97	47	2640	40	14·7	4981	75·4	27·7
16.	76	170	18,750	5,760,000	110	51	3040	40	16·2	6204	81·6	33·1
17.	69	162	17,380	4,370,000	96	38	3580	51·9	20·6	5781	83·7	33·3
Durchschnitt:	64·7						3036	47·2	17·5	5687·1	87·9	32·5

praktisch nicht in Betracht kommende Schwankung der Plasma-Werte.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen bezüglich den ersten Teil, der von uns gestellten Fragen, sind aus folgender Tabelle ersichtlich. Wir teilen hier bloss jene Fälle mit, bei denen u. W. Versuchsfehler ausgeschlossen waren. Erhielten wir dennoch unerwartete Werte, dann wurde die Untersuchung wiederholt, wie z. B. in den Fällen 6., 7., 8., 11. und 15. der Tabelle, bei denen die Werte verhältnismässig niedrig bzw. hoch waren.

Bei dem Vergleich der Ergebnisse unserer wenigen Untersuchungen mit den Ergebnissen von KEITH, GERATHY und ROWNTREE u. a. Autoren, die dasselbe Verfahren benützten, finden wir, dass diese im Wesentlichen übereinstimmen. KEITH, GERATHY und ROWNTREE fanden, dass die Blutmenge $\frac{1}{11,4}$ des Körpergewichtes beträgt. Wenn man für das Blut durchschnittlich 1038 als spezifisches Gewicht nimmt, dann ergibt sich nach unserer Tabelle für dieselbe Verhältniszahl $\frac{1}{10,96}$, was einen geringen Unterschied von bloss $\frac{1}{0,44}$ bedeutet. Die verhältnismässig stärkere Differenz zwischen den bei den einzelnen Personen erhaltenen Werten erklärt sich ohne weiteres aus dem Umstand, dass das Körpergewicht und die Körperoberfläche der Versuchspersonen starke Unterschiede aufwies.

Für die Plasmamenge erhielten wir Werte zwischen 2588 (Fall 14) und 3580 (Fall 17). Aus diesen Werten kann man aber nur bei Berücksichtigung der Körperoberfläche und des Körpergewichtes auf die Plasmamenge schliessen. Sobald aber diese Relativität in Betracht gezogen wird, zeigt sich, dass die Plasmawerte zwischen bedeutend engeren Grenzen schwanken. Auf das Körpergewicht berechnet erhielten wir Plasmawerte von 40 bis 54,4 cm³ pro kg., im Durchschnitt 47,2 cm³ d. s. 48,43 g.

Noch grösser sind die Schwankungen unter den Werten der Blutmenge. Hier erhielten wir als Minimum 4793 cm³ (Fall 14), als Maximum 7012 cm³ (Fall 8), als Durchschnittswert 5687,1 cm³. Dass die Schwankungen hier auch relativ grösser sind, folgt daraus, dass die Zahl der roten Blutkörperchen im mm³ auch stark verschieden ist. Dies hat — wenn auch nicht immer im gleichen Verhältnis — zur Folge, dass die mit dem Hämatokrit erhaltenen Werte und somit auch die Werte der Blutmenge differieren. Die

mit dem verwendeten Verfahren erhaltenen Blutmengen-Werte sind also auch nur unter Beachtung auch anderer Daten zu verwerten.

Wenn man nun das Verhältnis der erhaltenen Werte zu dem Körpergewicht und der Körperoberfläche genauer betrachtet, so wird dieser eben erwähnte Unterschied zwischen den Plasmamengen- und Blutmengen-Werten noch deutlicher: Bei der Untersuchung der Plasmamenge erhielten wir auf ein Kg. Körpergewicht berechnet Werte von 40 bis 54,4 cm³, während die entsprechenden Werte für die Blutmenge zwischen 73,3 und 109,3 cm³ schwankten. Ebenso ist die Amplitude der Blutmengenwerte auch bei Berechnung auf die Körperoberfläche grösser als jene der Plasmawerte. Die Berechnung aus die Körperoberfläche führten wir nach den Angaben von MCLOY und DUBOIS aus. Die auf 100 cm² Oberfläche fallende Plasmamenge betrug 14,7 bis 20,6 (im Durchschnitt 17,5), die entsprechende Blutmenge 27,7 bis 38,7 (im Durchschnitt 32,5) cm³.

Um die Brauchbarkeit der verwendeten Methode, auch auf andere Weise zu prüfen, führten wir kombinierte Untersuchungen mit der Farbstoff- und der Verdünnungsmethode aus. Wir wollten untersuchen, ob die per os einverleibte Flüssigkeitsmenge nach der Resorption eine wesentliche Vermehrung der plasma- bzw. Blutmenge im zirkulierenden Blut verursache. In mehreren Fällen führten wir 6—7 Tage nach der Untersuchung auf nüchternen Magen die Untersuchung der Blutmenge mittels des Verdünnungsverfahrens aus u. zw. 4—6 Minuten nach der in wenigen Minuten erfolgten Aufnahme von 1,5 Liter Wasser, also bevor noch eine Speicherung in den inneren Organen oder ein Ausgleich durch die Diurese eintreten konnte. Die Ergebnisse sind aus Tabelle II. ersichtlich:

TABELLE II.

Nr.	Vor der Wasserbelastung gewonnene Werte:										Nach der Wasserbelastung gewonnene Werte:						
	Körp.- gew. kg.	Körp.- höhe cm.	Körper- oberfläche cm ²	Erythr. vol. %	Plasma- menge cm ³	Plasma pro kg.	Plasm.pro 100 cm ² Körp.ob.f.	Blutmenge cm ³	Blut cm ³ pro kg.	Blut pro 100 cm ² Körp. ob. fl.	Erythr. vol. %	Plasma- menge cm ³	Plasma pro kg.	Plasm.pro 100 cm ² Körp.ob. fl.	Blutmenge cm ³	Blut cm ³ pro kg.	Blut pro 100 cm ² Körp.ob. fl.
1.	60	163.5	16,370	49	2637	43.9	16.1	5170	81.1	31.6	48	2732	45.5	16.7	5254.	87.1	32.1
2.	63	174.5	17,500	46	2930	46.5	16.7	5426	86.1	31.0	45	3075	48.7	17.6	5591	88.7	31.9
3.	65	174	17,820	50	3380	52	18.9	6760	104.0	37.9	49	3561	54.8	19.9	6982	107.4	39.1
4.	66.5	174	17,990	50.6	3129	47	17.4	6334	95.2	35.2	49	3325	50.0	18.4	6519	98.0	36.2
5.	75	180	19,190	45	3157	42	16.5	5740	76.5	29.9	45	3260	43.5	16.9	5927	79	30.9
6.	55	160	15,630	45	2683	48.7	17.2	4873	88.6	31.2	44	2857	51.9	18.3	5101	92.7	32.6

Aus den hier mitgeteilten Angaben geht hervor, dass dieses Verfahren genügend empfindlich ist, um die Veränderungen im Blutplasma darzustellen. In diesen Fällen erhielten wir stets höhere Werte als bei der Bestimmung auf nüchternen Magen. Die Unterschiede zwischen den beiden Werten übersteigen bei weitem die für die Fehlerquelle erlaubte maximale Grenze, d. h. die oben erwähnte 3%.

• *Zusammenfassung.*

Die Farbstoffmethode, d. h. die Bestimmung der Blutmenge und der Plasmamenge mittels Injektion von Vitalrot nach KEITH, GERATHY und ROWNTREE ist Dank ihrer Einfachheit und Genauigkeit für Untersuchungen am Krankenbett gut verwendbar.

Die Plasmamenge ergibt, wie auch bei den Untersuchungen anderer Autoren, ziemlich konstante Werte.

Die Werte der Plasmamenge sowie die etwas stärker schwenkenden Werte der Blutmenge ergeben nur unter Berücksichtigung der Körperoberfläche und des Körpergewichtes für die Klinik brauchbare Resultate.

Literatur:

✓ C. H. McCloy: Logarithmik tables for completing the surface area of the body according to Dubois formule. Arch. of int. med. 1928. Bd. 41. S. 97.

Brugsch—Schittenhelm: Laboratoriumstechnik. Hans Löhr, Bd. II. S. 1301. Dresel, Bd. I.

Ergebnisse der inn. Med. und Kinderh. Bd. XXVII. S. 276.

Handbuch d. norm. u. path. Physiol. VI.; 2. S. 667. Blut-Lymphsystem. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 106. S. 274.
