

# Plasma- und Blutvolumen bei Frühgeborenen im I. Trimenon

Von

S. CSORBA und JUDIT JEZERNICZKY

Kinderklinik der Medizinischen Universität Debrecen

(Eingegangen am 25. September 1965)

Der biologische Reifungsprozeß nach der Geburt bringt im Wasserhaushalt von Frühgeborenen wesentliche Veränderungen zustande, die sich nicht nur auf die am Körperaufbau teilnehmende Gesamtwassermenge, sondern auch auf die Verteilung der einzelnen Flüssigkeitsräume erstrecken [18, 20].

Größe und Bedeutung der Wasserräume wurden vielfach untersucht [2, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 29, 45 usw.]. Wir beabsichtigten den intravasalen Teil des extrazellulären Wasserraumes der Frühgeborenen, das Plasmavolumen, zu untersuchen, um im Rahmen einer mittels Selbstkontrolle durchgeführten Versuchsreihe in den Besitz von Angaben zu gelangen, die auch die individuelle Entwicklung spiegeln und die fernerhin Anhaltspunkte zur Beurteilung der absoluten Werte der funktionierenden und nur temporären Gestaltungselemente im Blutplasma bieten.

Die mit dem Plasmavolumen gleichzeitig vorgenommenen Hämatokritbestimmungen ermöglichten auch die Errechnung der zirkulierenden Blutmenge und des Volumens der Formelemente.

Die Literaturangaben über das Plasma- und Blutvolumen bei Frühgeborenen [1, 10, 11, 28, 34, 40, 41] zeigen je nach der angewendeten Methode und dem Alter der Untersuchten große Schwankungen. Die genaue Bewertung wird besonders erschwert, so daß mehrmalige Untersuchungen an denselben Säuglingen kaum vorgenommen worden sind.

## MATERIAL UND METHODEN

Es wurden 31 mit einem Geburtsgewicht von 1200–2500 g zur Welt gekommene gesunde Frühgeborene in der ersten Woche nach der Geburt (fast ausnahmslos am 2–3. Tage), im Alter von 6 Wochen und von 3 Monaten untersucht. Das Material umfaßt nur diejenigen Säuglinge, bei denen sämtliche drei Untersuchungen ausgeführt werden konnten, die an keiner den Flüssigkeitshaushalt beeinflussenden Krankheit litten und die in der Untersuchungsperiode keine Flüssigkeitstherapie bekamen.

Die Plasmavolumenbestimmung erfolgte nach der Evansblau-Farbstoffverdünnungsmethode [10] folgendermaßen: 5 Minuten nach i.v. Verabreichung von 1 mg/kg der 0,2%igen Farbstofflösung entnahmen wir aus einer anderen Vene 2 ml Blut, dessen Serum im Pulfrich-Photometer mit dem

Farbfilter  $S_{61}$  in 1 mm-Küvette gegen das vor der Farbstoffzufuhr entnommene Serum untersucht wurde. Den dieser Extinktion entsprechenden Wert ermittelten wir von der mit der Farbstoffverdünnung aufgenommenen Kurve.

$$\text{Plasmavolumen ml} = \frac{\text{zugeführte mg} \times 100}{\text{festgestellter Wert in mg\%}}$$

Die Hämatokritbestimmung geschah in Kunststoffröhrchen mit 1,2 mm lichter Weite bei einer Drehungszahl von 4000/min nach 20 Minuten Zentrifugieren.

Bei der Errechnung des Blutvolumens berücksichtigten wir auch die sich aus der abweichenden Konzentration des haften Plasmas und der Erythrozyten ergebenden Fehlermöglichkeiten [26], weshalb wir die ermittelten Hämatokritwerte dementsprechend korrigierten, d. h. das Blutvolumen nach der Formel von MOL-LISON [27] errechneten:

$$\text{Blutvolumen ml} = \frac{\text{Plasmavolumen}}{100 - 0,87 (\text{Hämatokrit\%} \times 0,95)} \times 100$$

Das Volumen der Formelemente wird als Differenz von Blut- und Plasmavolumen angeführt.

## ERGEBNISSE

In Tabelle I sind die zu verschiedenen Zeitpunkten festgestellten Plasmavolumenwerte angegeben. Wie ersichtlich, zeigen die auf 1 kg Körpergewicht errechneten Werte — auch wenn man nur die arithmetischen Mittel in Betracht zieht — eine steigende Tendenz ( $56 \pm 6,75$ ,  $63 \pm 8,82$ ,  $66 \pm 8,87$  ml/kg). Diese Tendenz spiegeln auch die Zahlenbefunde der einzelnen Fälle. Weiterhin ist zu beobachten, daß zwar die Differenz zwischen dem I. und II. sowie dem II. und III. Wert gleicherweise signifi-

kant ist ( $p < 0,1\%$  bzw.  $p < 1\%$ ), aber die ml-Menge bei den einzelnen Säuglingen in der zweiten Periode bereits weniger als in der ersten angestiegen, ja mitunter sogar verringert war.

Tabelle II enthält die Hämatokritwerte. Die hohen Anfangswerte ( $54 \pm 4,86\%$ ) sind bis zum Zeitpunkt der zweiten Untersuchung beträchtlich gesunken ( $45,0 \pm 4,58\%$ ) und nach weiteren 6 Wochen noch weiter stark gefallen ( $31,0 \pm 4,37\%$ ). Die Differenz zwischen dem Ergebnis sowohl der I—II. als auch der II—III. Untersuchung ist stark signifikant ( $p < 0,1\%$  bzw.  $p < 1\%$ ).

In Tabelle III haben wir die auf das kreisende Gesamtvolumen und auf 1 kg Körpergewicht bezogenen Blutvolumenwerte zusammengefaßt. Neben der allmählichen Zunahme des Gesamtblutvolumens vermindert sich langsam das auf 1 kg Körpergewicht entfallende Blutvolumen ( $101 \pm 9,78$ ,  $98 \pm 12,43$ ,  $89 \pm 11,87$  ml/kg). Diese Verminderung tritt aber zwischen der Geburt und dem Alter von 6 Wochen noch nicht allgemein zutage, kann aber im Alter von 3 Monaten bereits als eindeutig bezeichnet werden. Die statistische Signifikanz verhält sich dementsprechend ( $p > 20\%$  bzw.  $p < 0,1\%$ ).

Tabelle IV veranschaulicht den Gesamtwert und den auf 1 kg Körpergewicht entfallenden ml-Wert des Volumens der Formelemente. Die von Zeit zu Zeit eintretende auffallende Mengenverminderung der Formelemente ( $45 \pm 5,72$ ,  $36 \pm 5,97$ ,  $23 \pm 5,13$  ml/kg) führt im Alter von 3

TABELLE I

| Nr.                   | Körpergewicht, kg |     |      | Plasmavolumen ml/kg |       |       | Plasmavolumen ml insgesamt |     |      |
|-----------------------|-------------------|-----|------|---------------------|-------|-------|----------------------------|-----|------|
|                       | I.                | II. | III. | I.                  | II.   | III.  | I.                         | II. | III. |
| 1.                    | 1,6               | 1,9 | 2,8  | 49                  | 65    | 74    | 78                         | 133 | 207  |
| 2.                    | 1,8               | 2,4 | 3,3  | 51                  | 58    | 57    | 92                         | 139 | 188  |
| 3.                    | 1,3               | 1,7 | 2,4  | 68                  | 61    | 73    | 88                         | 103 | 175  |
| 4.                    | 1,4               | 1,9 | 2,9  | 63                  | 70    | 83    | 88                         | 133 | 240  |
| 5.                    | 1,5               | 1,8 | 3,1  | 61                  | 77    | 76    | 92                         | 138 | 235  |
| 6.                    | 2,1               | 2,6 | 3,4  | 44                  | 65    | 75    | 92                         | 169 | 255  |
| 7.                    | 1,9               | 2,4 | 3,0  | 53                  | 61    | 64    | 100                        | 148 | 192  |
| 8.                    | 1,5               | 2,0 | 2,7  | 59                  | 68    | 76    | 88                         | 136 | 205  |
| 9.                    | 2,2               | 2,8 | 3,6  | 47                  | 54    | 68    | 103                        | 151 | 244  |
| 10.                   | 1,4               | 1,7 | 2,5  | 65                  | 66    | 72    | 91                         | 112 | 180  |
| 11.                   | 1,6               | 2,1 | 2,7  | 55                  | 59    | 59    | 88                         | 124 | 159  |
| 12.                   | 2,4               | 2,8 | 3,5  | 45                  | 49    | 58    | 108                        | 137 | 203  |
| 13.                   | 1,2               | 1,5 | 2,1  | 60                  | 72    | 77    | 72                         | 108 | 161  |
| 14.                   | 1,5               | 1,9 | 2,6  | 52                  | 63    | 71    | 78                         | 120 | 184  |
| 15.                   | 1,6               | 2,2 | 2,9  | 56                  | 58    | 60    | 90                         | 127 | 174  |
| 16.                   | 1,3               | 1,8 | 2,4  | 57                  | 60    | 66    | 74                         | 108 | 158  |
| 17.                   | 1,5               | 1,8 | 2,6  | 67                  | 78    | 81    | 100                        | 140 | 210  |
| 18.                   | 1,8               | 2,5 | 3,1  | 47                  | 48    | 61    | 85                         | 120 | 189  |
| 19.                   | 1,7               | 2,1 | 2,9  | 58                  | 68    | 72    | 98                         | 143 | 209  |
| 20.                   | 1,6               | 1,9 | 3,1  | 54                  | 69    | 71    | 86                         | 131 | 220  |
| 21.                   | 2,3               | 2,7 | 3,5  | 48                  | 46    | 56    | 110                        | 124 | 196  |
| 22.                   | 1,6               | 2,0 | 2,8  | 50                  | 57    | 60    | 80                         | 114 | 168  |
| 23.                   | 1,4               | 1,6 | 2,3  | 62                  | 62    | 69    | 87                         | 99  | 158  |
| 24.                   | 1,5               | 2,1 | 3,0  | 63                  | 70    | 62    | 95                         | 147 | 186  |
| 25.                   | 2,0               | 2,6 | 2,9  | 53                  | 58    | 61    | 106                        | 140 | 177  |
| 26.                   | 1,7               | 2,4 | 3,5  | 51                  | 64    | 63    | 86                         | 153 | 220  |
| 27.                   | 1,4               | 1,7 | 2,6  | 55                  | 59    | 56    | 77                         | 100 | 145  |
| 28.                   | 1,2               | 1,5 | 2,3  | 64                  | 65    | 51    | 77                         | 97  | 117  |
| 29.                   | 1,5               | 1,7 | 2,6  | 59                  | 52    | 55    | 88                         | 88  | 143  |
| 30.                   | 2,5               | 2,9 | 3,7  | 57                  | 49    | 49    | 142                        | 142 | 181  |
| 31.                   | 1,5               | 1,8 | 2,7  | 65                  | 82    | 70    | 97                         | 147 | 189  |
| Arithmetisches Mittel |                   |     |      | 56                  | 63    | 66    |                            |     |      |
| Grenzwerte            |                   |     |      | 44—68               | 46—82 | 49—83 |                            |     |      |
| Standard-Deviation    |                   |     |      | ±6,75               | ±8,82 | ±8,87 |                            |     |      |
| t:                    |                   |     |      | 5,3315              |       | 3,270 |                            |     |      |
| p:                    |                   |     |      | <0,1%               |       | <1%   |                            |     |      |

TABELLE II

| Nr.                   | Haematokrit |            |            |
|-----------------------|-------------|------------|------------|
|                       | I.          | II.        | III.       |
| 1.                    | 59          | 47         | 36         |
| 2.                    | 54          | 45         | 34         |
| 3.                    | 52          | 39         | 28         |
| 4.                    | 57          | 40         | 27         |
| 5.                    | 50          | 43         | 32         |
| 6.                    | 61          | 46         | 40         |
| 7.                    | 48          | 45         | 34         |
| 8.                    | 55          | 40         | 24         |
| 9.                    | 60          | 51         | 28         |
| 10.                   | 49          | 43         | 26         |
| 11.                   | 53          | 45         | 30         |
| 12.                   | 63          | 49         | 32         |
| 13.                   | 54          | 42         | 25         |
| 14.                   | 56          | 47         | 29         |
| 15.                   | 52          | 50         | 26         |
| 16.                   | 58          | 52         | 33         |
| 17.                   | 51          | 38         | 29         |
| 18.                   | 58          | 41         | 35         |
| 19.                   | 59          | 37         | 31         |
| 20.                   | 53          | 44         | 36         |
| 21.                   | 64          | 53         | 41         |
| 22.                   | 48          | 49         | 40         |
| 23.                   | 54          | 50         | 30         |
| 24.                   | 51          | 37         | 32         |
| 25.                   | 52          | 39         | 32         |
| 26.                   | 56          | 42         | 31         |
| 27.                   | 57          | 48         | 28         |
| 28.                   | 46          | 46         | 27         |
| 29.                   | 48          | 40         | 30         |
| 30.                   | 45          | 47         | 31         |
| 31.                   | 51          | 42         | 27         |
| Arithmetisches Mittel | 54          | 45         | 31         |
| Grenzwerte            | 45—64       | 37—53      | 25—41      |
| Standard-Deviation    | $\pm 4,86$  | $\pm 4,58$ | $\pm 4,37$ |
| t:                    | 9,823       | 15,262     |            |
| p:                    | $< 0,1\%$   | $< 0,1\%$  |            |

TABELLE III

| Nr.                   | Körpergewicht in kg |     |      | Zirkulierendes Blutvolumen ml/kg |         |         | Zirkulierendes Blutvolumen ml insgesamt |     |      |
|-----------------------|---------------------|-----|------|----------------------------------|---------|---------|-----------------------------------------|-----|------|
|                       | I.                  | II. | III. | I.                               | II.     | III.    | I.                                      | II. | III. |
| 1.                    | 1,6                 | 1,9 | 2,8  | 95                               | 114     | 105     | 152                                     | 217 | 294  |
| 2.                    | 1,8                 | 2,4 | 3,3  | 92                               | 92      | 79      | 166                                     | 221 | 262  |
| 3.                    | 1,3                 | 1,7 | 2,4  | 119                              | 89      | 95      | 154                                     | 152 | 228  |
| 4.                    | 1,4                 | 1,9 | 2,9  | 119                              | 105     | 107     | 166                                     | 199 | 310  |
| 5.                    | 1,5                 | 1,8 | 3,1  | 105                              | 119     | 103     | 157                                     | 214 | 320  |
| 6.                    | 2,1                 | 2,6 | 3,4  | 88                               | 105     | 112     | 186                                     | 273 | 381  |
| 7.                    | 1,9                 | 2,4 | 3,0  | 87                               | 98      | 89      | 166                                     | 236 | 267  |
| 8.                    | 1,5                 | 2,0 | 2,7  | 106                              | 101     | 95      | 158                                     | 203 | 256  |
| 9.                    | 2,2                 | 2,8 | 3,6  | 93                               | 93      | 88      | 204                                     | 261 | 299  |
| 10.                   | 1,4                 | 1,7 | 2,5  | 109                              | 102     | 92      | 153                                     | 174 | 229  |
| 11.                   | 1,6                 | 2,1 | 2,7  | 98                               | 94      | 78      | 157                                     | 197 | 219  |
| 12.                   | 2,4                 | 2,8 | 3,5  | 94                               | 82      | 79      | 225                                     | 230 | 276  |
| 13.                   | 1,2                 | 1,5 | 2,1  | 108                              | 110     | 97      | 130                                     | 165 | 204  |
| 14.                   | 1,5                 | 1,9 | 2,6  | 97                               | 103     | 93      | 145                                     | 196 | 243  |
| 15.                   | 1,6                 | 2,2 | 2,9  | 99                               | 98      | 76      | 158                                     | 216 | 222  |
| 16.                   | 1,3                 | 1,8 | 2,4  | 109                              | 105     | 91      | 142                                     | 189 | 218  |
| 17.                   | 1,5                 | 1,8 | 2,6  | 115                              | 113     | 106     | 173                                     | 204 | 277  |
| 18.                   | 1,8                 | 2,5 | 3,1  | 91                               | 73      | 86      | 163                                     | 182 | 266  |
| 19.                   | 1,7                 | 2,1 | 2,9  | 112                              | 98      | 97      | 191                                     | 206 | 281  |
| 20.                   | 1,6                 | 1,9 | 3,1  | 96                               | 108     | 101     | 153                                     | 206 | 313  |
| 21.                   | 2,3                 | 2,7 | 3,5  | 102                              | 81      | 85      | 234                                     | 220 | 296  |
| 22.                   | 1,6                 | 2,0 | 2,8  | 83                               | 96      | 90      | 133                                     | 192 | 251  |
| 23.                   | 1,4                 | 1,6 | 2,3  | 112                              | 105     | 92      | 157                                     | 169 | 210  |
| 24.                   | 1,5                 | 2,1 | 3,0  | 109                              | 100     | 84      | 164                                     | 211 | 253  |
| 25.                   | 2,0                 | 2,6 | 2,9  | 93                               | 79      | 83      | 186                                     | 207 | 241  |
| 26.                   | 1,7                 | 2,4 | 3,5  | 94                               | 98      | 85      | 160                                     | 234 | 296  |
| 27.                   | 1,4                 | 1,7 | 2,6  | 104                              | 97      | 73      | 146                                     | 165 | 189  |
| 28.                   | 1,2                 | 1,5 | 2,3  | 104                              | 104     | 66      | 124                                     | 157 | 151  |
| 29.                   | 1,5                 | 1,7 | 2,6  | 97                               | 77      | 73      | 146                                     | 131 | 190  |
| 30.                   | 2,5                 | 2,9 | 3,7  | 90                               | 80      | 66      | 226                                     | 232 | 244  |
| 31.                   | 1,5                 | 1,8 | 2,7  | 112                              | 125     | 90      | 168                                     | 225 | 243  |
| Arithmetisches Mittel |                     |     |      | 101                              | 98      | 89      |                                         |     |      |
| Grenzwerte            |                     |     |      | 83—119                           | 73—125  | 66—112  |                                         |     |      |
| Standard-Deviation    |                     |     |      | ± 9,71                           | ± 12,43 | ± 11,87 |                                         |     |      |
| t:                    |                     |     |      | 1,363                            |         | 4,541   |                                         |     |      |
| p:                    |                     |     |      | > 20%                            |         | < 0,1%  |                                         |     |      |

TABELLE IV

| Nr.                   | Körpergewicht in kg |     |      | Formelemente-Volumen ml/kg |       |        | Formelemente-Volumen in ml insgesamt |     |      |
|-----------------------|---------------------|-----|------|----------------------------|-------|--------|--------------------------------------|-----|------|
|                       | I.                  | II. | III. | I.                         | II.   | III.   | I.                                   | II. | III. |
| 1.                    | 1,6                 | 1,9 | 2,8  | 46                         | 44    | 31     | 74                                   | 84  | 87   |
| 2.                    | 1,8                 | 2,4 | 3,3  | 40                         | 34    | 19     | 72                                   | 82  | 74   |
| 3.                    | 1,3                 | 1,7 | 2,4  | 50                         | 29    | 22     | 66                                   | 49  | 53   |
| 4.                    | 1,4                 | 1,9 | 2,9  | 56                         | 35    | 24     | 78                                   | 66  | 70   |
| 5.                    | 1,5                 | 1,8 | 3,1  | 43                         | 42    | 27     | 65                                   | 76  | 85   |
| 6.                    | 2,1                 | 2,6 | 3,4  | 44                         | 40    | 37     | 92                                   | 104 | 126  |
| 7.                    | 1,9                 | 2,4 | 3,0  | 35                         | 37    | 25     | 66                                   | 88  | 75   |
| 8.                    | 1,5                 | 2,0 | 2,7  | 47                         | 34    | 19     | 70                                   | 67  | 51   |
| 9.                    | 2,2                 | 2,8 | 3,6  | 46                         | 39    | 15     | 101                                  | 110 | 55   |
| 10.                   | 1,4                 | 1,7 | 2,5  | 44                         | 36    | 20     | 62                                   | 62  | 49   |
| 11.                   | 1,6                 | 2,1 | 2,7  | 43                         | 35    | 20     | 69                                   | 73  | 53   |
| 12.                   | 2,4                 | 2,8 | 3,5  | 49                         | 33    | 21     | 117                                  | 93  | 73   |
| 13.                   | 1,2                 | 1,5 | 2,1  | 48                         | 38    | 21     | 58                                   | 57  | 43   |
| 14.                   | 1,5                 | 1,9 | 2,6  | 45                         | 40    | 23     | 67                                   | 76  | 59   |
| 15.                   | 1,6                 | 2,2 | 2,9  | 43                         | 41    | 17     | 68                                   | 89  | 48   |
| 16.                   | 1,3                 | 1,8 | 2,4  | 52                         | 45    | 25     | 68                                   | 81  | 60   |
| 17.                   | 1,5                 | 1,8 | 2,6  | 49                         | 36    | 26     | 73                                   | 64  | 67   |
| 18.                   | 1,8                 | 2,5 | 3,1  | 43                         | 25    | 25     | 78                                   | 62  | 77   |
| 19.                   | 1,7                 | 2,1 | 2,9  | 55                         | 30    | 25     | 93                                   | 63  | 72   |
| 20.                   | 1,6                 | 1,9 | 3,1  | 42                         | 41    | 30     | 67                                   | 75  | 93   |
| 21.                   | 2,3                 | 2,7 | 3,5  | 54                         | 36    | 29     | 124                                  | 96  | 100  |
| 22.                   | 1,6                 | 2,0 | 2,8  | 33                         | 39    | 30     | 53                                   | 78  | 83   |
| 23.                   | 1,4                 | 1,6 | 2,3  | 50                         | 44    | 23     | 70                                   | 70  | 52   |
| 24.                   | 1,5                 | 2,1 | 3,0  | 46                         | 31    | 22     | 69                                   | 64  | 67   |
| 25.                   | 2,0                 | 2,6 | 2,9  | 40                         | 26    | 22     | 80                                   | 67  | 64   |
| 26.                   | 1,7                 | 2,4 | 3,5  | 44                         | 34    | 22     | 74                                   | 81  | 76   |
| 27.                   | 1,4                 | 1,7 | 2,6  | 49                         | 38    | 17     | 69                                   | 65  | 44   |
| 28.                   | 1,2                 | 1,5 | 2,3  | 39                         | 40    | 15     | 47                                   | 60  | 34   |
| 29.                   | 1,5                 | 1,7 | 2,6  | 39                         | 20    | 16     | 58                                   | 33  | 47   |
| 30.                   | 2,5                 | 2,9 | 3,7  | 34                         | 31    | 17     | 84                                   | 90  | 63   |
| 31.                   | 1,5                 | 1,8 | 2,7  | 47                         | 43    | 20     | 71                                   | 78  | 54   |
| Arithmetisches Mittel |                     |     |      | 45                         | 36    | 23     |                                      |     |      |
| Grenzwerte            |                     |     |      | 33—56                      | 20—45 | 15—37  |                                      |     |      |
| Standard-Deviation    |                     |     |      | ±5,72                      | ±5,97 | ±5,13  |                                      |     |      |
| t:                    |                     |     |      | 6,855                      |       | 11,564 |                                      |     |      |
| p:                    |                     |     |      | <0,1%                      |       | <0,1%  |                                      |     |      |

TABELLE V

| Untersuchung                        |      | n  | $\bar{X}$ | s. d. $\pm$ | t      | p         |
|-------------------------------------|------|----|-----------|-------------|--------|-----------|
| Plasmavolumen<br>ml/kg              | I.   | 31 | 56        | 6,75        | 5 332  | $<0,1\%$  |
|                                     | II.  | 31 | 63        | 8,82        | 3 270  | $<1\%$    |
|                                     | III. | 31 | 66        | 8,87        |        |           |
| Zirkulierendes Blutvolumen<br>ml/kg | I.   | 31 | 101       | 9,71        | 1 363  | $>20\%$   |
|                                     | II.  | 31 | 98        | 12,43       | 4 541  | $< 0,1\%$ |
|                                     | III. | 31 | 89        | 11,87       |        |           |
| Formelemente-Volumen<br>ml/kg       | I.   | 31 | 45        | 5,72        | 6 855  | $<0,1\%$  |
|                                     | II.  | 31 | 36        | 5,97        | 11 564 | $<0,1\%$  |
|                                     | III. | 31 | 23        | 5,13        |        |           |
| Hämatokritwert<br>%                 | I.   | 31 | 54        | 4,86        | 9 823  | $<0,1\%$  |
|                                     | II.  | 31 | 45        | 4,58        | 15 262 | $<0,1\%$  |
|                                     | III. | 31 | 31        | 4,37        |        |           |

Monaten zu einem ausgesprochen niedrigen Wert. Da die Volumverminderung nicht nur in den Durchschnittswerten, sondern auch in individuellen Fällen konsequent eintritt, wird das signifikante Verhalten der Differenzen verständlich ( $p < 0,1\%$  bzw.  $p < 0,1\%$ ).

In Tabelle V sind die statistischen Analysen der experimentellen Ergebnisse zusammengefaßt.

#### BESPRECHUNG

Das Frühgeborene zeigt vielleicht in keinem Stadium derart spezielle Züge wie im I. Trimenon. In dieser Zeit verändern sich nicht nur die Körpermaße bedeutend, sondern auch sämtliche vegetativen Lebensfunktionen: Kreislauf, Atmung, Thermoregulation, Nahrungsaufnahme usw. Vonseiten des Zentralnervensystems

und auf anderen Gebieten in Erscheinung tretende klinische Zeichen beweisen gleichfalls, daß sich die Organfunktionen in ständiger Reifung befinden und die dem Niveau des reifen Säuglings nahekommende Entwicklung rascher einsetzt als die Zunahme der Gewichtskurve [43].

Den reiferen Zustand des Frühgeborenen zeigt demnach nicht nur das höhere Körpergewicht an, denn in diesen Wochen spielen sich auch biologische Prozesse, Umbildungen innerhalb des Organismus ab, die gemeinsam die Entwicklung des unreifen Säuglings nach allen Richtungen anzeigen. Ein außerordentlich wichtiges Kettenglied in diesem Entwicklungsprozeß bildet die Umordnung bzw. Veränderung der Flüssigkeitsräume bzw. das Verhalten des Plasma- und Blutvolumens. Die Bedeutung der letzteren wird durch die Tatsache nur noch unterstrichen, daß wir in

Kenntnis dieser Werte, wie bereits betont [5], in der Lage sind, die quantitativen Verhältnisse lebenswichtiger Gestaltungselemente — z. B. der Serumeiweißstoffe — zu errechnen.

In Übereinstimmung mit mehreren Autoren [10, 34, 40–41,] zeigen unsere Resultate, daß die auf 1 kg Körpergewicht bezogene Plasma- und Blutmenge der Frühgeborenen schon bei der Geburt höher ist als die von reifen Säuglingen gleichen Alters [2, 3, 6, 12, 13, 19, 22, 24, 25, 27, 31, 33, 35, 39, 41, 42] und daß dieser Unterschied beim Vergleich mit Erwachsenenwerten noch ausgeprägter zutage tritt [2, 4, 10, 30, 32, 36, 38, 41]. Während jedoch das auf 1 kg Körpergewicht entfallende Plasmavolumen später weiter zunimmt, wird jenes des kreisenden Blutes — im Gegensatz zur zirkulierenden Gesamtblutmenge — mit fortschreitendem Alter geringer.

Bei der Entwicklung der postnatalen Werte fällt der sog. Plazentransfusion eine wichtige Rolle zu [7, 44]. Das verhältnismäßig größere Blutvolumen als bei Erwachsenen bringt aber auch den physiologischen Bedarf des jungen Säuglings insofern zum Ausdruck, als bei der verhältnismäßig großen Körperoberfläche die normale Körpertemperatur und die rasche Gewichtszunahme, die gesteigerten Metabolismus zur Voraussetzung haben [21], nur durch eine größere Blutmenge gewährleistet werden können. Im Hinblick darauf jedoch, daß das Volumen der Blutzell-elemente im I. Trimenon wesentlich geringer wird, läßt sich das eine ge-

nügende Intensität des Stoffwechsels und der Entwicklung sichernde Ausmaß des Gesamtblutvolumens nur durch die Vermehrung des Plasmavolumens erreichen. Auf diese Weise spiegelt das Plasmavolumen auch die Intensität des Stoffwechsels. Aus Untersuchungen an atrophischen Säuglingen im Klimamiliieu wissen wir ebenfalls [23], daß bei der unter Klimawirkung eintretenden Vermehrung der Gesamtblutmenge in erster Linie die Plasmavolumenvermehrung eine Rolle spielt. Zur Zeit der Verlangsamung des Entwicklungstempos werden die auf 1 kg Körpergewicht bezogenen hohen Werte sowohl des Plasma- wie des Blutvolumens nach und nach geringer [4, 11, 32, 35, 36, 37, 38].

Hiernach verdient noch der Umstand Erwähnung, daß sich die zirkulierende Blutmenge auch bei ein und derselben Person innerhalb ziemlich weiter Grenzen bewegen kann, in Abhängigkeit davon, welche Mengen die Blutspeicher dem Kreislauf entziehen; diese Menge läßt sich kaum erfassen. Wieviel die im Augenblick zirkulierende aktive Blutmenge [4] und wieviel die Reserve ausmacht, hängt unter anderem vom Schlaf- und Wachzustand, von der Inanspruchnahme des Organismus, von der Innen- und Außentemperatur, vom aktuellen Stoffwechseltempo und von etwaigen Noxen (Entzündung, Fieber, Flüssigkeitsverlust usw.) ab.

In Frühgeborenenanstalten vermag man die äußeren Umstände, welche die zirkulierende Blutmenge beeinflussen, meistens zu steuern, wodurch die Fehlermöglichkeiten der

Bestimmung etwas geringer werden. Deshalb hoffen wir, daß unsere Untersuchungsergebnisse auch für die Praxis von Nutzen sein werden.

### ZUSAMMENFASSUNG

Bei 31 gesunden Frühgeborenen wurde das Plasmavolumen mit der Farbstoffverdünnungsmethode in der ersten Woche nach der Geburt (größtenteils am 2—3. Tage), fernerhin im Alter von 6 Wochen und 3 Monaten bestimmt. Die gleichzeitig vorgenommene Hämatokritbestimmung ermöglichte die Errechnung der zirkulierenden Blutmenge und des Volumens der Formelelemente. Nach den Resultaten

vermehrten sich die auf je 1 kg Körpergewicht bezüglichen auch bei der Geburt verhältnismäßig hohen Plasmavolumenwerte der Frühgeborenen bis zum Alter von 3 Monaten weiterhin, während die auf 1 kg Körpergewicht entfallende zirkulierende Blutmenge nach und nach abnimmt. Die Zunahme der zirkulierenden Gesamtblutmenge in ml ergibt sich somit aus der Vermehrung des Plasmavolumens, was auch der von Zeit zu Zeit zu beobachtenden Senkung des Hämatokritwertes bzw. des Volumens der Formelelemente entnommen werden kann. Die physiologische Bedeutung der die Werte bei reifen Säuglingen und Erwachsenen übersteigenden Blutmenge wird besprochen.

### LITERATUR

1. BAKWIN, H., RIVKIN, H.: The estimation of the volume of blood in normal infants and in infants with severe malnutrition. *Amer. J. Dis. Child.* **27**, 340 (1924).
2. BÁLINT, P., LAZAROVITS, I., SZABÓ, GY.: A szervezet víztartalmának meghatározása. *Orv. Lap.* **4**, 439 (1948).
3. BRINES, J. K., GIBSON, J. G., KUNKEL, P.: Blood volume in normal infants and children. *J. Pediat.* **13**, 447 (1941).
4. BROCK, J.: Biologische Daten für den Kinderarzt. II. Aufl. Springer, Berlin 1954.
5. CSORBA, S., JEZERNICZKY, J.: Serum protein values in premature infants in the first three months of life. *Acta paediat. Acad. Sci. hung.* **5**, 411 (1964).
6. DARROW, G., SOULE, H., BUCKMAN, J.: Blood volume in normal infants and children. *J. clin. Invest.* **5**, 243 (1928).
7. DEMARSH, Q. B., ALT, H. L., WINDLE, W. F.: Blood volume of newborn infant in relation to early and late clamping of umbilical cord. *Amer. J. Dis. Child.* **63**, 1123 (1942).
8. ELKINSTON, J. R., DANOWSKI, T. S.: The body fluids. Williams and Wilkins, Baltimore 1955.
9. GAMBLE, J. L.: Chemical anatomy, physiology and pathology of extracellular fluid. 6th ed. Harvard University Press, Cambridge 1951.
10. GIBSON, J. G., EVANS, W. A.: Clinical studies of the blood volume: I. Clinical application of a method employing the azo dye Evans' blue and the spectrophotometer. *J. clin. Invest.* **16**, 301 (1937).
11. GOMIRATO SANDRUCCI, M., NICOLA, P.: Comportamento della massa plasmatica ed eritrocitaria nell'immaturo. *Minerva pediat. (Torino)* **12**, 401 (1960).
12. JEGIER, W., MACLAURIN, J., BLANKENSHIP, W., LIND, J.: Comparative study of blood volume estimation in the newborn infant using  $I^{131}$  labeled human serum albumin (IHSA) and T-1824. *Scand. J. clin. Lab. Invest.* **16**, 125 (1964).
13. KARLBERGER, P., LIND, J.: Studies of the total amount of hemoglobin and blood volume in children: I. Determination of total hemoglobin and blood

- volume in normal children. *Acta paediat.* (Uppsala) **44**, 17 (1955).
14. KERPEL-FRONIUS, E.: Über die Besonderheiten der Salz- und Wasserverteilung im Säuglingskörper. *Z. Kinderheilk.* **58**, 726 (1937).
  15. KERPEL-FRONIUS, E.: Pathologie und Klinik des Salz- und Wasserhaushaltes. Akademie-Verlag, Budapest 1959.
  16. KERPEL-FRONIUS, Ö., FRANK, K.: Az atrófiás csecsemő testfelépítésének sajátosságai. *Orv. Hetil.* **90**, 132 (1949).
  17. KERPEL-FRONIUS, Ö., VARGA, G.F.: A sorvadt csecsemő vérkeringése. *Orv. Hetil.* **90**, 137 (1949).
  18. KISS SZABÓ, A., LUDMÁNY, K.: Untersuchung des extrazellulären Wasser- raums bei Frühgeborenen. *Festschrift Kulin, Debrecen 1959*, S. 35.
  19. KONRAD, H.: Blutmengenbestimmung mit Periston bei Kindern. *Z. Kinderheilk.* **71**, 379 (1952).
  20. KOVÁCS, I., VÁRBIRÓ, B.: Common traits of body composition of premature and atrophic infants. *Paediat. danub.* **6**, 91 (1949).
  21. KÖVÉR, B.: Dissertation, Budapest 1963.
  22. LUDMÁNY, K.: Modifikation der Went- schen Mikromethode zur Bestimmung des Plasmavolumens. *Z. Kinderheilk.* **89**, 360 (1964).
  23. LUDMÁNY, K., TORNAL, A., KISS SZABÓ, A.: Die Plasmaproteine beim atrophischen Säugling. III. Änderungen der relativen Serumviskosität nach Erhöhung der Umwelttemperatur. *Mschr. Kinderheilk.* **110**, 452 (1962).
  24. LUCAS, W. P., DEARING, B. F., HOOB- LER, H. R.: Blood studies in the new- born. *Amer. J. Dis. Child.* **22**, 525 (1922).
  25. MCINTOSH, R.: The determination of the circulating blood volume in infants by the carbon monoxide method. *J. clin. Invest.* **7**, 203 (1929).
  26. MILTÉNYI, M.: Laboratóriumi eredmények a gyermekgyógyászatban. *Medicina, Budapest 1962*.
  27. MOLLISON, P. L., VEALL, N., CUTBUSH, M.: Red cell and plasma volume in newborn infants. *Arch. Dis. Childh.* **25**, 242 (1950).
  28. PATANE, E., GERLINI, F.: Il volume del sangue nell' immaturo. *Arch. ital. Pediat.* **20**, 45 (1959).
  29. POLACEK, E.: Parenteralflüssigkeits- therapie im Kindesalter. (Basel) Karger, New York, 1950.
  30. REEVE, E. B., VEALL, N.: A simplified method for the determination of cir- culating red-cell volume with radio- active phosphorus. *J. Physiol. (Lond)*, **103**, 12 (1949).
  31. ROBINOW, M., HAMILTON, W. F.: Blood volume and extracellular fluid volume of infants and children; studies with improved dye micro-method. *Amer. J. Dis. Child.* **60**, 827 (1940).
  32. RODECK, H., RÖTTGER, H.: Plasma- volumen und extracelluläres Gewebs- wasser im Laufe der Entwicklung des Kindes. *Z. Kinderheilk.* **74**, 610 (1954).
  33. RUSSEL, S. J. M.: Blood volume studies in healthy children. *Arch. Dis. Childh.* **24**, 88 (1949).
  34. SCHULMAM, I., SMITH, C. H.: The blood volume in premature infants. *Amer. J. Dis. Child.* **88**, 575 (1954).
  35. SECKEL, H.: Die Blutmenge normaler und dystrophischer Säuglinge. *Jb. Kinderheilk.* **126**, 83 (1930).
  36. SECKEL, H.: Die Blutmenge normaler ein- bis vierzehnjähriger Kinder. *Jb. Kinderheilk.* **127**, 149 (1930).
  37. SECKEL, H.: Die normale Blutumlaufs- dauer und Kreislaufgröße in den ersten beiden Lebensjahren. *Jb. Kinderheilk.* **131**, 87 (1931).
  38. SECKEL, H.: Blutumlaufsdauer und Kreislaufgröße bei 6—15 jährigen Kin- dern. *Jb. Kinderheilk.* **133**, 56 (1933).
  39. SHAH, P. M.: Blood volume studies in edematous children. I. Normal children. *Indian J. med. Sci.* **15**, 109 (1961).
  40. SISSON, T. R., WHALEN, L. E., TELEK, A.: The blood volume of infants. II. The premature infant during the first year of life. *J. Pediat.* **55**, 430 (1939).
  41. SMITH, C. A.: The physiology of the newborn infant. 3rd ed. Blackwell, Ox- ford 1959.
  42. STEELE, M. W.: Plasma volume changes in the neonate. *Amer. J. Dis. Child.* **103**, 10 (1962).
  43. SURÁNYI, GY.: A koraszülött. *Medicina, Budapest 1957*.
  44. USHER, R., SHEPARD, M., LIND, I.: The blood volume of the newborn infant and placental transfusion. *Acta paediat.* (Uppsala) **52**, 497 (1963).
  45. WEISBERGER, H. F.: Water electrolyte and acid-base balance. Williams and Wilkins, Baltimore 1953.

DR. S. CSORBA

Egyetemi Gyermekklinika

Debrecen, Ungarn