用超声技术研究红细胞的压缩系数*

冯 若 陈兆华 王 进 （南京大学 声学研究所）
殷国贵 （南京军区 总医院）

一、引 言

医学超声工程近年来所取得的巨大成功正在对现代医学的进展发挥着引人注目的作用[1]。

超声技术在进行生物体系物理性质的基础研究方面亦日益引起学术界的重视[2]。南京大学声学研究所生物声学研究室，近年来在这一领域中开展了若干研究工作。其中包括在生物大分子[3—8]、细胞[5—8]、组织[9—10]等生物体系各个层次上，对一系列物理性质所做的研究。

红细胞的压缩系数是一个很重要的物理参量。它不仅在计算血液声散射时要用到，而且做为某些疾病（如遗传性球形红细胞贫血症及糖尿病等）的新的诊断指标，正在取得日益增长的临床兴趣[11]。

利用超声技术研究红细胞的压缩系数虽早有尝试[12]，但这一研究课题开始受到重视还是近年来的事。如M.A.Weiser等人利用声飘浮技术，在24℃及pH=7.4条件下研究了红细胞的压缩系数[13]。K.K.Shung等人则利用15MHZ的超声波，用测声速的方法在23℃及pH=7.1的条件下研究了红细胞压缩系数Ke与平均细胞血红蛋白浓度MCHC之间的关系[11]。

本文采用频率为2.7MHZ的超声波，通过脉冲插入取代技术测声速的方法[14]，在25℃及pH=6.7的条件下，对红细胞的压波系数Ke与平均细胞血红蛋白浓度（MCHC）做了研究。

二、原理与方法

如文献[11,12]指出，如果合理地忽略悬浮介质的粘性及悬浮粒子的声散射，且认为悬浮液的密度与压缩系数具有其各组份（悬浮介质与悬浮粒子）的加合性质，那么悬浮粒子的绝热压缩系数Ke可由下式表示：

$$Ke=\frac{K_S}{h}\left\{\left(\frac{C_S}{C}\right)^2\left[h\left(\frac{\rho e}{\rho_S}-1\right)+1\right]^{-1}+h-1\right\} \qquad (1)$$

式中ρ_S与ρe分别为悬浮介质和悬浮粒子的密度，C_S与C分别为悬浮介质和悬浮液的声速；K_S为悬浮介质的绝热压缩系数，$K_S=1/C_S^2\rho_S$；h为悬浮液中悬浮粒子的体积浓度。

可见为从式(1)得到悬浮粒子的绝热压缩系数Ke，首先需测出悬浮介质的Cs与ρs值（从而算出Ks值）；悬浮粒子的ρe与h值以及悬浮液的C值。Cs与C值用我们在文献[14]中叙述的脉冲插入取代法测量；ρs与悬浮液的密度ρ值用10ml比重

* 中国科学院基金资助的课题

瓶测量，然后按加合公式由ρ_S与ρ值确定ρ_e值：$\rho_e=\frac{1}{h}[\rho-(1-h)\rho_s]$；h值用压积管经每分钟3000转离心处理半小时后测得。

在我们的实验条件下由式（1）得到K_e值的极限误差为$\pm 0.80\times10^{-12}$ cm²/dyn。

血液样品取自健康男性青年，加保养液，经离心处理除去血浆，再用生理食盐水洗涤2次，分离出红细胞做为悬浮粒子。悬浮介质则取自从0.6%到2.7%6种不同重量百分比浓度的Nacl水溶液，它们相对红细胞构成了从低渗到高渗的悬浮介质。然后把红细胞按15%的体积浓度加入各悬浮介质中，通过红细胞的收缩与膨胀达到改变MCHC的目的。MCHC值由各测试样品中的血红蛋白含量(用2F型 Coulter血红蛋白测试仪测得）及h值按定义算出。MCHC的极限误差为± 1.5g %。

对配制好的样品，在1～2天内完成全部测量。不测时，样品存放在5℃左右的冰箱内。

三、结果与讨论

本文对6种含有不同MCHC的红细胞Ke值的测量结果示于表1与图1。

表 1　红细胞Ke值随其MCHC值变化的实验数据，25℃ pH = 6.7

MCHC　g%	23.5	30.0	34.2	42.5	44.0	51.3
Ke×10¹²cm²/dyn	37.38	34.83	33.83	32.28	32.30	30.83

对表1中Ke值随MCHC值变化的实验数据，按最小二乘法进行线性回归分析，得到拟合方程为Ke = (41.96 − 0.223 MCHC)×10^{-12}cm²/dyn，相关系数为R = 0.981。

图中还标示出0.9%，Nacl水溶液中红细胞的MCHC与K_e的极限误差范围：MCHC = (30.0 ± 1.5)g%，Ke = (34.83 ± 0.80×10^{-12}cm²/dyn。而K.K. Shung等人[11]在23℃，pH = 7.1条件下，当MCHC = 30.0g%时，Ke = (35.433 ± 0.861)×10^{-12}cm²/dyn，即略高于我们的结果。对此可解释为他们的测试温度比我们低2℃。因为这时的红细胞中约含70%的水，而水的压缩系数在这段温区内具有明显的负温度系数。

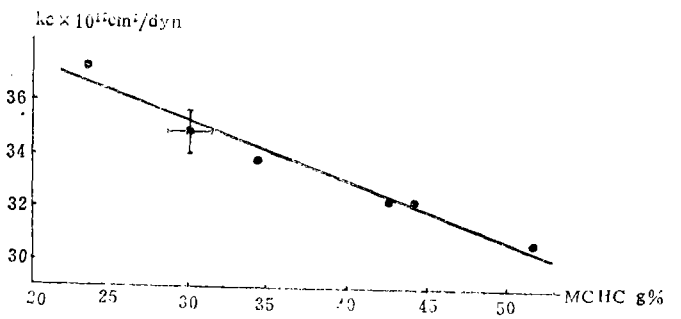


图1 红细胞Ke随MCHC值变化关系
·为测量数据　—为线性回归拟合曲线

四、结 语

1. 利用2.7MHZ的超声技术，在R=0.981较好的相关系数下，证实了文献[11]中关于红细胞绝热压缩系数K_e与其平均血红蛋白浓度MCHC之间呈线性关系的结论。

2. 对取自健康男性青年的红细胞，在0.9%Nacl水溶液中，25℃及pH=6.7条件下，测得MCHC=(30.0±1.5)g%，$Ke=(34.83\pm0.80)\times10^{-12}\ cm^2/dyn$。

作者衷心感谢周同彬同志对本工作的支持与帮助。

参 考 文 献

〔1〕冯若：“超声与超声医学”，《自然杂志》4.3(1983)187－190

〔2〕Sarvazun, A. P.: “Ultrasonics in Bio phyiscal Investigations,” IEEE 1983 Ultrasoni)cs Symposium, G—SU President's Speaker。

〔3〕冯若：“声谱技术在研究生物大分子中的应用”，《生物化学与生物物理进展》，2(1980)8－15。

〔4〕冯若：“明胶水溶液的超声性质”《声学学报》，1(1981)44—49。

〔5〕叶式公、冯若、陈兆华、范百刚：“牛血红蛋白的声学性质”，《应用声学》，3.2(1984)23—26

〔6〕龚秀芬、冯若、朱正亚：“生物媒质非线性效应的超声研究，”《声学学报》，(待发表)

〔7〕冯若、龚秀芬、朱正亚、石涛，“生物媒区中非线性声学参量的B/A研究，”《物理学报》，(待发表)

〔8〕Gong Xiu—fen, Feng Ruo, Zhu Cheng—ya and Shi Tao: “Ultrasonic investigation of the nonlinearity Parameter B/A in biological media,” (J.A.S.A将发表)

〔9〕冯若：“哺乳动物组织的超声性质研究进展，”《应用声学》，3，1(1984)1—7。

〔10〕冯若、陈兆华、朱正亚、戴焕平；“猪的新鲜离体软组织的超声衰减与速度，”《声学学报》，(待发表)。

〔11〕Shung, K.K. and Krisko, B.A. “Acoustic measurement of erythrocyte compressibility,” J.Acoust. Soc. Am. 72(5) (1982) 1364—1367。

〔12〕Urick, R. J. “A Sound Velocity Method for Determining the Compressibility Of Finely Divided Substance”, J. Appl. phys. 18 (1947) 983—987。

〔13〕Weiser M.A. and Apfel, R.E. “Extension of Acoustic Levitation to Include The Study of Micron Size Particles in a More Compressible Host Liquid,” J. Acoust. Soc. Am. 71(1982) 1261－1268。

〔14〕冯若、陈兆华、朱正亚、戴焕平，“用脉冲插入取代法研究物质的超声性质，”声学技术，4，(1983) 28—31。

（上接第54页）

周期大，但比一个周期小（指超声脉冲周期）。信号b和d通过与门获得脉冲信号e，该脉冲的前沿时刻就是过零触发时刻。

七、外部同步回路

在一个工业现场使用多台同种超声波检测仪表时，为了避免由于相互干扰可能产生误动作的危险，可以共同使用一个定时器来同步发射；或取其中一台为主动，而其它各台作从动，将同步端相互联结，就可以防止相互干扰。

以上介绍了在超声测时过程中，为了提高测量的可靠性和稳定性，对接收信号怎样进行处理的问题。今后借助于电子技术的进步，会产生更多更高级的处理方法。特别是随着微处理机在检测仪表中的应用，将可以出色地完成更加复杂的讯息处理。