

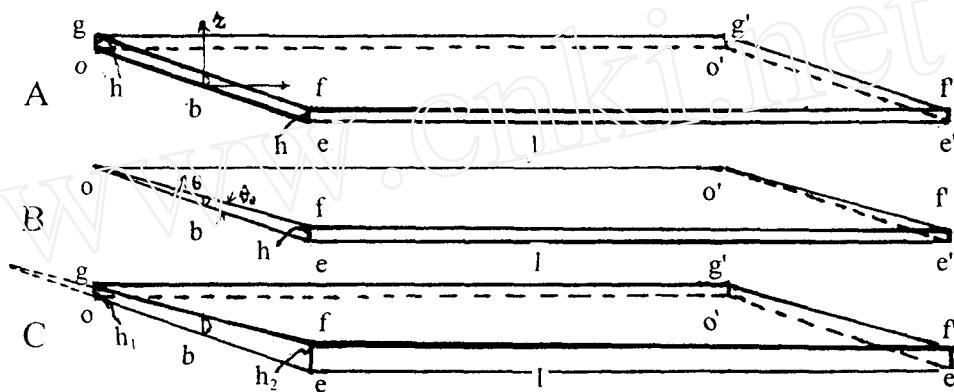
对平行平板流动腔培养细胞生长装置的讨论

钱民全 彭荣蕤 赵笃凤 钱人兴 中国科学院 力学研究所 北京 100080

萧 蓝 北京市 56 中学 北京 100044

应力对生物生长影响的研究是国内外生物力学、生物物理学和生物医学研究的前沿课题。为此国家自然科学基金委员会也把它作为鼓励研究领域。关于这一领域的研究, 目前国内外已由宏观深入到细胞、分子水平了。深入研究应力对细胞生长的影响, 有利于对生命科学, 特别是对生物力学、生物物理学和生物医学的发展。

近年来, 研究应力对细胞、分子作用的手段之一是, 利用众所周知的平行平板流动腔装置(图 A)。培养液从 $oe\bar{f}g$ 进入腔体, 由 $\bar{o}\bar{e}'\bar{f}\bar{g}'$ 流出。培养的细胞附着在 $oe'e'o'$ 和 $gff'g'$ 平面上受流体流动的剪切力作用。通常保持流体作稳定层流流动。



在宽、长 ($b>>h, l>>h$) 狹缝中, 由于狭缝的不规则性, 对壁面剪应力的影响如何呢? 让我们来考察平行平板流动腔和它成为三角形流动腔(图 B)或梯形流动腔(图 C)的流动情况。

平行平板流动腔在直角坐标下, 流动满足方程和边界条件:

$$\frac{d^2u}{dz^2} = -k \quad u=0 \quad z=0 \quad z=h \quad \text{方程有解}$$

$$u = (kz/2)(h-z/2) \quad \text{单位长度流量 } Q_l = kh^3/12 \quad \text{剪应力 } \tau_p = (6\mu Q)/(bh^2) = (\mu kh)/(2b)$$

三角形流动腔在极坐标下, 流动满足方程和边界条件:

$$\frac{d^2u}{d(R\theta)^2} = -k \quad u=0 \quad \theta=0 \quad \theta=\theta_0 \quad \text{方程有解}$$

$$u = (kR\theta/2)(\theta_0 - \theta/2) \quad \text{单位长度流量 } Q_l = (kR^3\theta_0^3)/12 \quad \text{剪应力 } \tau_p = (6\mu Q)/(R^3\theta_0^2) = (\mu k\theta_0)/2$$

注意到平行平板流动腔中, 沿宽度 b 方向, 剪应力处处相等。在三角形流动腔中, 沿宽度 R ($0 < R < b$ R 是个参数) 方向, 剪应力也处处相等。这一事实是容易看出来的。至于梯形流动腔, 可以看成三角形流动腔的面积大的部分就行。

从上面的比较表明: 流动腔制作时平行板间有些误差不会影响壁面上剪应力的数值。这有利于我们进行流动腔中定量剪应力对培养细胞作用的实验。

同时我们知道, 血液在小于 1mm 管径时, 随着管径的减小, 表观粘度反而也减小的 Fahraeus-Lindqvist 效应。沿着三角形流动腔宽度方向其高度从 0 增加到 h , 若 $h=1mm$, 那么在三角形流动腔中是否也存在 F-L 效应呢? 这是值得研究的。从沿三角形宽度方向速度梯度不变, 单位长度上流量不变, 粘度的减小似乎不会影响 F-L 效应的成立。然而从粘度的降低导致壁面剪应力的降低, 其结果是在三角形流动腔中, 高度小处的单位长度上的流量要增加, 反之高度大处的单位长度上的流量要减小。这样势必破坏速度剖面的相似性。实际结果如何有待测量验证。