

第十四节 钡剂消化道双重造影的最优化流变学行为研究

提要

本节研究了 60~260%浓度 (w/v) 的钡剂消化道双重造影的优化流变学行为研究, 通过其表观黏度、Casson 方程屈服应力与 Casson 方程黏度等流变学指标, 配合钡剂浓度与 X 光片灰度之间分析后认为为 184g/100ml 左右的为佳。

序言

钡剂消化道的双重造影是一个常用的诊断消化道疾病的手段, 但是至今为止让钡剂处于如何的流变学行为, 可获得最佳的 X 线影像, 至今未见有人进行研究。就钡剂而言, 在 250g/100ml 的浓度时其表观黏度值已近水的几万倍, 实际上已经接近于固体性质, 失去了流动性。而在其 100g/100ml 时是谁的 2~3 倍, 虽然流动性好, 黏附性差, 且在 X 光片上几乎不留下灰度差别。虽然在黏附性上当其浓度为 250g/100ml 时, 有好的黏附性, 但影像是均一的。究竟什么样的流变学行为与钡剂的合适浓度本节拟作一研究与解释。

方法

- 1、配置不同浓度钡剂 (即硫酸钡) 的溶液: 从约 60~260 (g/100ml), 约间隔 10g/100ml, 共计 17 份不同浓度的样品进行比较。
- 2、黏度计为 NDJ1 型 (上海天平仪器厂出品), 设 5、12、30、60^{s⁻¹} 等 4 个切变率进行测定。
- 3、用最小二乘法回归 Casson 方程屈服应力与 Casson 方程黏度参数 (注意: Casson 方程黏度不是黏度值, 它 Casson 方程参数, 与黏度值的量纲是相同的, 故叫这个名词)。
- 4、用同一厚度的载玻片分别垂直地插入以上不同浓度的钡剂的溶液中, 让钡剂黏附于载玻片上, 即将载玻片垂直地取出, 即平放并抹去下面一侧的钡剂, 平方晾干后在 X 光机下拍摄照片, 也将该照片在可见光 640nm 下测定透光度。此外也将该晾干的载玻片的实物直接用可见光 640nm 下测定透光度。

实验结果

- 1、插入不同钡剂浓度溶液的载玻片后, 所黏附于表面的钡剂量与溶液浓度相关, 各片晾干后在 X 光机下拍摄的照片所示, 可见其灰度明显不同。浓的接近 260g/100ml 的玻片几乎是白色 (示 X 光透不过去), 稀的样品接近 60g/100ml, 几乎是深灰色的, 其他中间的样品具有过渡状态。可以看出太浓与太稀均不行, 因此需要从过渡状态的样本中选择最合适的浓度为宜。
- 2、各种浓度的钡剂样品其表观黏度值随着切变率增大而下降, 说明在本实验条件下, 钡剂溶液属于剪切稀化的液体类别。
- 3、各种浓度样品其表观黏度值、钡剂浓度、切变率三者之间的关系可以看出。钡剂除了剪切稀化以外, 另一特点就是表观黏度值与钡剂浓度相关, 随钡剂的浓度相应增加情况下, 消化道造影可与寻求最合适的钡剂浓度。
- 4、通过展示在 X 光机下拍摄照片, 在 640nm 可见光下测定透光度值与 Casson 方程屈服应力值之间的关系。透光度是值透过胶片的百分率, 透光度与灰度成反比。透光度大的说明胶片没有感光, 因为光线被钡剂吸收了; 相反透光度差

的，光线透了过来，胶片感光了，变为灰色了。所谓屈服应力在前面已经说明，这是表示推动液体发生流动的最小的应力，这种应力越小越接近于液体；反之即越接近于固体。从此图可以看出透光度的大小与屈服应力成正相关，屈服应力越大，光线透不过去，胶片没有感光，是白色的，透光度是大的，反之也然。Casson 方程屈服应力值与钡剂浓度之间的关系。它们也是呈正相关的。从结果可以选择到屈服应力约为 1000 Dyne/cm^2 ，钡剂浓度约为 $192\text{g}/100\text{ml}$ 为线性最好的中数值，包括透光度的大小与屈服应力成正相关性，和屈服应力值与钡剂浓度之间的正相关性。

5、在 X 光机下拍摄照片，在 640nm 下测定透光度值与 Casson 方程黏度值（它是指切变率在无限大条件下求出液体表观黏度的极限值，液体已经剪切稀化到了极点了）之间的关系。示 Casson 方程黏度值与钡剂浓度之间的关系，也可以选择到 Casson 方程黏度值约为大于 30mPas 左右，钡剂浓度约为 $175\text{g}/100\text{ml}$ 左右，为线性最好的中数值，包括透光度的大小与 Casson 方程黏度成正相关性，和 Casson 方程黏度与钡剂浓度之间的正相关性。

6、在 X 光机下拍摄照片，在 640nm 下测定透光度值与钡剂浓度之间的关系，也可以找到钡剂浓度为 $185\text{g}/100\text{ml}$ 左右为线性最优化的中数值。

7、晾干的载玻片的实物直接用 640nm 下测定透光度与钡剂浓度之间的关系。但是由于透光度的数值范围太小，本文没有采用参与评估。根据其他实验评估，钡剂浓度数据为 192 、 175 、 $185 \text{ g}/100\text{ml}$ ，求一个平均值即为 $184\text{g}/100\text{ml}$ ，因此本文拟建议钡剂消化道双重造影的最合适流变学行为研究结果应该采纳的钡剂浓度应该在 $184\text{g}/100\text{ml}$ 上下为宜，其屈服应力应略为 1000 Dyne/cm^2 ，Casson 黏度为略为 30mPas ，在切变率为 6 、 12 、 30 、 60 s^{-1} 的表观黏度值约为 130 、 96 、 60 、 40 mPa s

结论

1、各种浓度的钡剂样品，其表观黏度值随着切变率增大而下降，说明在本实验条件下，钡剂属于剪切稀化类液体。此外钡剂溶液的表观黏度对其浓度的依赖性很大，因此消化道造影采用何种钡剂溶液浓度非常关键。

2、本文将流变学数据用 Casson 方程进行拟合，获得 Casson 方程屈服应力与 Casson 方程黏度参数。屈服应力表示推动液体发生流动的最小的应力，这种应力越小越接近于液体；反之即越接近于固体。Casson 方程黏度参数数值展示液体在无限大切变率下的表观黏度值，其剪切稀化已经到了极点的表观黏度数值。在钡剂浓度 $250\sim 260\text{g}/100\text{ml}$ 时，屈服应力值约为 10^5 达因/厘米²，而 Casson 方程黏度参数达 10^4mPas 数量级，已经接近为固体状态，这种流变学情况应该排除使用于消化道的造影。本文根据 X 光照片的灰度、屈服应力值约 1000 达因/厘米²、Casson 方程黏度参数约 30mPas 、钡剂浓度为 $184\text{g}/100\text{ml}$ 为宜。本文认为应用流变学技术研究钡剂在消化道造影诊断方法是有利的。本内容内容发表于参考文献[1]。

参考文献

[1] 程洁敏、商玉华、施永德、步燕芳：消化道双重造影响用钡剂最适流变学行为的研究。医学生物物理学，第 3 辑，第 45-47 页，1992