

脑血管造影一次减影仪

李平辉 刘绍武 班显辅

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 在脑血管造影底片上既有血管又有软组织、骨骼等影像交织在一起, 医生诊断很不方便。因此需要用减影仪减掉不必要的杂乱影像, 仅剩血管影像供医生诊断。本文论述一种我们新研制的, 不同于一般数字减影和胶片减影的新型减影仪。它利用曝光特性曲线非线性的趾部和紧靠它的灰雾部, 只需一次曝光显影就可减掉不需要的杂乱影像, 剩下血管影像供医生诊断。

1 前 言

所谓脑血管造影, 就是在患者头部血管中注射一种含重金属元素的造影剂, 由于 X 光对重金属元素穿透能力差, 所以注射造影剂后的 X 光片上血管影像呈现白色, 而骨骼、软组织等呈现灰度不等的影像。

在论述本仪器的原理、设计之前, 将现在通常采用的两种减影仪的原理简单的介绍一下。高达百万元一台的数字减影仪^[1], 目前国内还不能生产, 它的原理图如图 1 所示。病人在注射造影剂的前、后, 分别进行 X 线照相, X 线图像用影像增强器接收, 在它的荧光屏上生成与 X 线强弱对应的可见光图像, 再用透镜耦合至电视摄像机上。摄像机将模拟的视频信号通过高速的 A/D 转换器转换为数字信号, 注射造

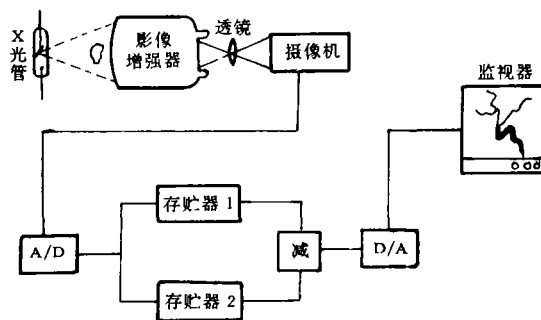


图 1 数字减影仪原理框图

影剂前后的数字信号分别存贮于两个帧存贮器中, 通过 CPU 依次相减(注射造影剂后的减注射造影剂前的)。从原理上讲, 血管以外的阴影部份造影前后的数字相等, 通过相减后将变为零, 而血管部份注射造影剂后的值将明显小于注射造影剂前的值。将减后的差值通过高速 D/A 转换器转换为模拟信号, 送电视监视器显示。此时黑色的血管像清晰的呈现在一片白

色的背景上,供医生诊断或照相记录。

另一种减影仪是胶片减影仪,它是一种模拟减影。这种方法是将注射造影剂前的 X 光胶片作原片,经适当的曝光显影制成黑白程度与原片相反的负片。能作负片的胶片是特制的线性好的胶片,我国现在还不能生产。将负片与注射造影剂后的 X 光片精确的重叠对准,对于阴影部份造影后的 X 光片与造影前的原片相同,与负片相反,重叠后阴影部分无论是骨骼或是软组织其光密度是相等的。而血管部分造影前后有明显差别。经适当曝光显影就可减掉阴影突出血管。这种方法需要高精度的对准和严格的曝光条件,很难控制,而且需要多次曝光显影既浪费胶片又很麻烦。减影质量与每次曝光显影的操作技术都有关系,很难达到较好的效果。因此医院很少使用。

2 一次减影仪原理

2.1 胶片的两个性能参数^[2]

(1)光学密度 D:所谓胶片的光学密度 D 是指胶片经曝光显影后吸收光的性质,也就是阻挡光的本领(胶片发黑的量值)。其表达式如下:

$$D = \lg \frac{1}{T}$$

式中 T 为胶片的透过率值,

1/T 为胶片的不透明度。

例如 T 等于:0.01%,0.1%,1%,10%,100%,相应的 D 为:4 3 2 1 0

(2)曝光量 H:它定义为胶片上的照度 E 和曝光时间 t 的乘积,即

$$H=Et$$

其单位为勒克司秒。

2.2 胶片的感色性

胶片对各种颜色光的敏感程度是不同的,我们用实验的方法测试了医院通常采用的日本富士 CT 胶片的感色性,如图 2 所示。从图中看出胶片对黄光灵敏度最高,对红光灵敏度最低,二者的光密度约差 19 倍。

2.3 胶片的密度—曝光量特性

胶片感光材料的乳剂层经曝光、显影后产生了一定的光密度,而光密度与曝光量之间存在一定的关系。我们用红色光源测试了富士 CT 片在不同曝光量下得到的不同光密度值,将曝光量的对数(lgH)作横座标,密度 D 作纵座标,连接试验测得的各点,做成一条曲线,即是该胶片的特性曲线,如图 3 所示。

我们将特性曲线分为三段,第一段是 AB 段,是一个很长的灰雾部分,由于这一部分曝光量太小,所以使感光材料产生的光密度太低,与感光材料未经曝光产生的灰雾密度相当。第二段是 BC 段,是一个明显的趾部。在这一段光密度随曝光量对数的变化成非线性关系,开始缓

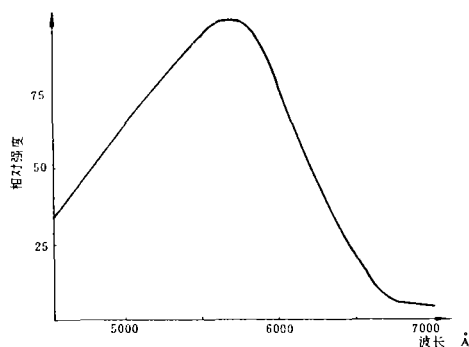


图 2 胶片的感色特性

慢,以后逐渐加快,曲线向上弯曲。这一段区间称为曝光不足区间。在这一区间的不同部位,相同的曝光量变化值 ΔH 产生的光密度变化值 ΔD 是不等的,在光强较大的部分(靠近 CD 段)的 $\Delta D/\Delta H$ 值,远大于光强较小部分(靠近 AB 段)的 $\Delta D/\Delta H$ 值,就是说在这一段区间曝光,将突出强光部分。第三段 CD 段为线性部分,即光密度随曝光量对数线性变化。

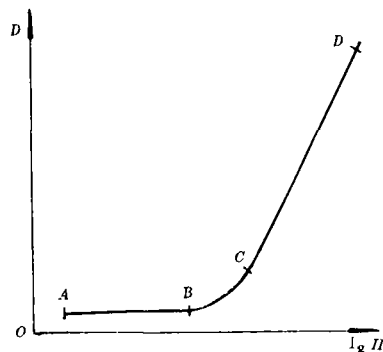


图3 胶片的特性曲线

2.4 一次减影仪原理

我们的减影仪在原理上完全不同于现在的数字减影仪和胶片减影仪,而是采用一种新的原理。下面从波长和曝光量的选择上来阐明我们的原理。

(1)光源波长的选择

我们用白色、蓝色、绿色、红色光源进行了胶片的感光实验。其结果是胶片对红色光源的感光特性曲线最稳定。客观条件如电压、室温等的波动带来的影响最小,实验效果最佳。所以我们选择了胶片最不灵敏的红色光源。使仪器的稳定性最佳。

(2)曝光量的选择

我们减影原理的关键,就在曝光量的选择上。在一张脑血管造影底片上,粗细血管、骨骼、软组织等影像具有不同的光密度。白色透明的血管光密度小于骨骼、软组织等影像的光密度,因此在相同光强的照明下,透过造影底片后在减影胶片上不同部位的光强是不同的,血管部分的光强大于骨骼、软组织等部分的光强。曝光时整个减影片具有一段曝光量区间。首先,如果我们选择特性曲线(图3)的 AB 段作为减影时的曝光区间,那么由于曝光量太小,无论是血管或是骨骼、软组织等都是遍灰雾,减影后什么也看不清。如果选择 CD 段,由于这一段是线性的,很明显,如同照相的底片和照片一样,曝光显影后保持原图样,只不过黑白相反而已,达不到减影的目的。不难看出,我们减影的原理是将曝光量区间选择在 BC 段及靠近它的 AB 段,即趾部+灰雾部,让血管部分的曝光量恰好处于趾部偏上,而骨骼、软组织等的曝光量处于趾部偏下,甚至处于灰雾部。由于血管影像的透明度大于软组织、骨骼等影像的透明度,所以这样的控制是能够实现的。减影片在这样的曝光量区间曝光,经过显影后就能突出血管影像淡化软组织、骨骼等影像,增强了血管与背景的对比,达到减影的目的。

从上述原理的论述中不难看出,我们的一次减影与一般照相和复印技术利用胶片感色性的灵敏波段以及利用特性曲线的线性部分的做法完全相反,我们是利用其最不灵敏的波段和特性曲线的非线性部分。我们的减影仪正是按照这一原理来进行设计,并达到了一次减影的目的。

3 曝光自动控制的样机设计

样机结构示意图如图4所示,底部是按一定形状排列的红色灯泡组成光源,中间用5毫米厚的毛玻璃使光均匀化,上面为5毫米半厚的平板玻璃作承片玻璃,顶部由泡沫塑料,黑色绒布做成具有一定压力,一定弹性的暗箱盖,前面部分是电子线路及显示、操作面板。

在原理的论述中我们已经阐明,曝光量区间必须控制在 BC 段及其靠近的 AB 段。在实际

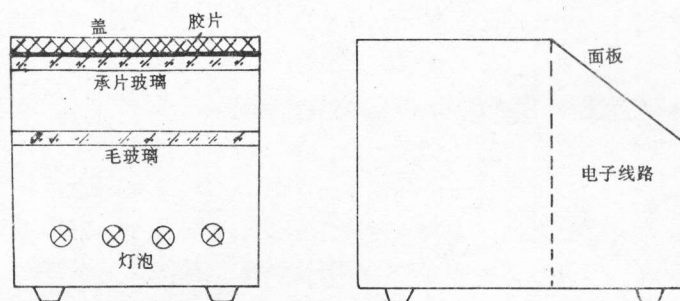


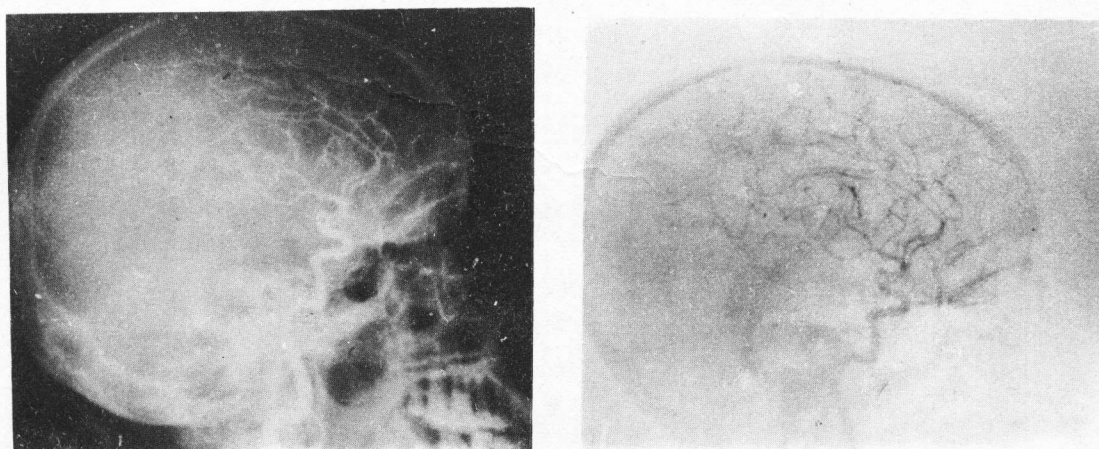
图4 样机结构示意图

应用中,不同患者的脑血管造影片,血管影像的光密度值是不同的。那么怎样才能将任意一张底片的曝光量都控制在我们需要的曝光区间呢?这是样机设计必须考虑的问题。

我们以造影片上主血管影像的某一位置为基准,在一标准光源的照明下,用光电三极管测试其光密度。对不同光密度的底片作大量的减影实验,找出减影效果最佳的曝光时间(光源的光强固定在某一适当值)与光密度的对应关系。为了方便用户,我们将这些对应关系的数据存储在单片机的存储单元中。

上述数据是在光源光强恒定的条件下得到的。在实际应用中,光源电压随着电网电压而变化,因而光强也就随之而波动,这个波动对减影效果影响很大。为此,我们将电网电压的变化通过模数转换变为数字量输送给上述的单片机,再通过一定的程序和电路,自动反馈控制可控硅的导通角,使光源的电压稳定在我们需要的数值上。

整个样机的工作,即键入的十个状态用8031单片机统一指挥。电源启动后由主程序控制,进入自动查询,然后按照键入状态转入相应的子程序。用五百个字节的汇编语言将仪器所有的功能有机的联系在一起。



(a) 减影前的照片

(b) 减影后的照片

图5 减影前后的脑血管照片比较

在使用减影仪减影时,只要将光电探头放在指定的测试位置,测出光电信号,微机就可自

动找出最佳曝光时间,并在数码管上显示出来。待减影胶片放好后,按曝光按钮,微机自动计时,曝光结束自动关灯。

样机还备有手动档,可任意选择曝光时间,任意调节光源电流。

4 实验结果

图5是一组减影前后的照片。照片(a)是减影前的脑血管造影底片的照片。照片(b)是减影后的照片。从两张照片的对比中可以清楚地看出,减影前血管、骨骼、软组织、牙齿等影像交织在一起。而减影后软组织、骨骼、牙齿等影像淡化,甚至消失了,仅剩血管影像显现在较干净的背景上。我们对减影前后血管与背景的对比度进行了测试。其结果表明,减影后对比度有明显提高。另一个优点是减影前血管呈白色,而减影后血管变成黑色。在观察底片时,用的是白色透射光,显然,黑色血管要比白色血管清晰的多,为医生诊断提供了方便。

经几个医院的医生临床试用认为减影效果达到甚至超过国外胶片减影,接近国外数字减影的水平。但本仪器具有结构简单,操作方便,成本低廉,适合国情等特点,是脑血管造影减影的一种简便易行的新途径。

参 考 文 献

- [1]黄蕴霞, X 线像增强管用于血管造影技术中的新进展, 光电技术, 1987, No. 4, 24
- [2]陆永恒, 《摄影处理与像片纠正》, 测绘出版社, 1982, 第二章

Linear Subtraction Angiography Instrument of Encephalo—angiography

Li Pinghui, Liu Shaowu and Ban Xianfu

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

It is very inconvenient to doctor if there are blood vessel, flab skeleton etc. interweaved on one encephalo—angiogram negative. Therefore it is need to use subtractive instrument to subtract some unnecessary and disorderly background image. As a result only the blood vessle image is left for doctor to diagnose.

This paper describes instrument which is different form the digital subtraction and the film subtract. Using the nonlinear foot part of exposure characteristic of the film and the fog part close to it, only one time exposure can eliminate the unecessary and disorderly background image and makes a good blood vessel image for doctor to diagnose.