

肝脏 M 型超声图像的包络提取及分析

周国辉¹, 汪源源¹, 王威琪¹, 孙 英², 陈 悦³

(1. 复旦大学电子工程系, 上海 200433; 2. 上海市崇明县庙镇人民医院, 上海 202153; 3. 上海市超声会诊中心, 上海 200090)

摘 要: 肝脏在大血管搏动的激励下会产生运动, 其运动情况可以反映肝脏硬化的程度。文章利用 M 型超声技术检测肝脏在这种激励下的运动信息, 通过相关技术提取 M 型超声图像中肝脏的运动包络, 并从中提取特性参数, 用作肝硬化程度的诊断指标。
关键词: 超声; 肝硬度; 相关
中图分类号: R445.1 **文献标识码:** A

Envelope extraction and its analysis for M-mode ultrasound image of the liver

ZHOU Guo-hui¹, WANG Yuan-yuan¹, WANG Wei-qi¹, SUN Ying², CHEN Yue³

(1. Department of Electronic Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China;

2. Miao Zhen People's Hospital, Chongming, Shanghai 202153, China

3. Shanghai Clinical Ultrasound Center, Shanghai 200090, China)

Abstract: The liver moves in respond to impulses arising from the main blood vessels. The hardness of the liver may be reflected by this kind of movement. M-mode ultrasound technique was used in this paper to detect the information of the liver's motion. A method was proposed to extract the motion envelope of the liver using the correlation technique. Several feature parameters were then obtained from the envelope as indexes of the extent of the liver's hardness.
Key words: ultrasound; liver hardness; correlation

1 引 言

肝病是危害人类生命健康的常见病、多发病, 而肝硬化是各种慢性肝病的主要病理转移阶段。检测肝硬化的程度对控制肝病的进程有十分积极的意义。但是, 目前临床对肝硬化程度的检测和分期尚缺乏有效的诊断体系。

利用超声技术进行肝硬化检测, 虽属无损方法, 但大多凭医生的经验进行, 缺乏客观的标准, 而且重复性差。由于肝脏的硬化程度体现在其弹性的变化上, 不同的硬化阶段, 肝组织的弹性是不同的。当利用 M 型超声技术检测肝脏在心脏或大血管激励下的运动信息, 就有可能从肝脏 M 型超声图像的运动包络上得出其硬化的程度。为此, 本文采用相关技术提取肝脏 M 型超声图像的运动包络, 并结合临床病例, 对提取的运动包络求取表征肝硬化程度的特

征参数。

2 原理和方法

M 型超声是对被检查区域中某条 A 型超声扫描线的时间展开, 因而可以在图像上观察到组织随心血管搏动而产生的运动情况。根据解剖结构和临床经验, 选取靠近下腔静脉或腹主动脉的肝包膜区域, 检测肝包膜受下腔静脉或腹主动脉搏动而产生的运动轨迹, 即包络^[1]。从该包络上提取与肝脏硬度有关的特征参数, 得到表征肝硬化程度的指标。

本文首先应用相关技术从 M 型超声图像中提取肝脏的运动包络, 然后进行包络特性参数的提取, 其原理框图如图 1 所示。

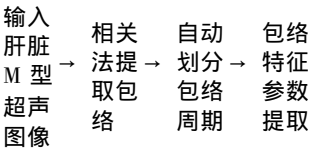


图 1 相关技术提取肝硬度信息的框图

2.1 运动包络的提取

收稿日期: 2000-04-26; 修回日期: 2000-08-29
上海市教委重点学科基金资助
作者简介: 周国辉 (1976-), 男, 浙江慈溪市人, 硕士研究生, 研究方向: 医学超声图像处理。

考虑到 M 型超声图像中前后两个时刻(即图像中相邻两列)的信息,除了存在因肝包膜运动而产生的变化(两列中相应象素的位置移动)外,其他纹理情况的变化是比较小的。因此可以通过寻找两列波形的相关函数最大值点来确定肝包膜的运动包络^[2]。

用相关技术求肝包膜运动包络的方法是^[2]:首先在 M 型超声图像中选取某一时刻的回波(即图像中某 1 列的灰度波形)作为起始信号 $X(n)$, 其中 n 为该列象素从上至下的序号, 即: $1 \leq n \leq N$; 接着选取下一时刻的回波信号(即选定的图像起始列右边 1 列的灰度波形), 把它设为 $Y(n)$, $1 \leq n \leq N$; 然后计算 $X(n)$ 和 $Y(n)$ 的相关函数 $R(k)$:

$$R(k) = \sum_{n=1}^N X(n) Y(n-k) \quad (1)$$

当肝包膜在这两个前后时刻移动 k_0 个象素时, 根据相关函数性质, 此时灰度波形 $Y(n)$ 与起始波形 $X(n)$ 的相关函数在 k_0 时刻有最大值 $R(k_0)$ 。通过在 $X(n)$ 和 $Y(n)$ 的相关函数 $R(k)$ 上寻找最大值点 $R(k_0)$, 就可以得到肝包膜在 $Y(n)$ 波形中相对于起始波形 $X(n)$ 的偏移。

选取下一时刻的回波信号作为新的 $Y(n)$, 不断重复上述过程, 就可以得到 M 型超声图像中肝包膜的运动包络。

2.2 包络搏动节律的自动划分

检测到肝包膜的运动包络后, 为了参数分析的需要, 先将包络按搏动节律周期进行自动划分。划分的基本思想是根据形态滤波来确定运动包络的峰值点。

a. 形态滤波

由于运动包络曲线的不光滑性, 使得直接从其曲线上判断峰值点的准确性不高。为此我们采用数学形态学的方法先对曲线进行形态滤波^[3]。

数学形态学运算主要涉及灰度图像的腐蚀、膨胀、开和闭运算。根据这 4 种数学形态学运算的特点, 设计形态滤波的结构框图如图 2 所示。

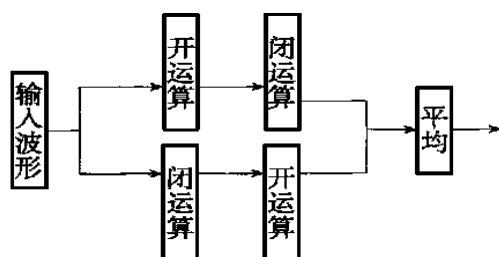


图 2 数学形态滤波法的结构框图

形态滤波法包括两个分支, 第 1 个分支先开运算后闭运算, 第 2 个分支先闭运算后开运算, 两个分支输出的平均值作为最终的曲线输出。由于这两种串联算子都是具有钳位作用的形态滤波算子, 经过形态滤波后的包络曲线将更加光滑, 有利于峰值点的自动定位。

b. 峰值点的提取

形态滤波后包络波形的峰值点显得十分突出, 通过寻找曲线的极大值点就可以方便地找到峰值点的位置, 依据这些峰值点的位置就能对原来的包络曲线按搏动节律进行划分。寻找极大值点的方法是: 先根据包络的整体幅度, 设定 1 个阈值; 找出幅度大于该阈值且具有一定宽度的包络段; 然后再在这些包络段内搜索极大值点。

2.3 特征参数分析

得到每 1 搏动节律的运动包络后, 我们可以用包络的最大波动幅度 A 和均方根值 σ 来表征包络的波动大小。 A 和 σ 越大, 表明肝脏在应力(大血管搏动)作用下的运动越大, 即肝脏组织的弹性越好。因此这两个参数可以用作表征肝硬化程度的指标。

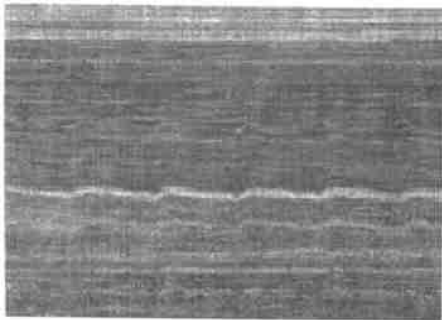
同时, 由于以往的研究表明: 傅里叶级数可以很好地反映包络的动力学特性。我们也可以对 1 个搏动节律的运动包络求取傅里叶级数, 得到其前 3 个系数 C_0 、 C_1 、 C_2 , 这 3 个系数间的比值一定意义上也反映了包络的波动情况, 从而可反映肝脏的弹性。

3 实验及结果

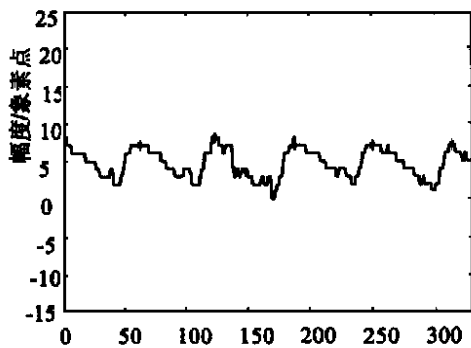
我们在上海市崇明庙镇人民医院和上海市杨浦区中心医院进行了这方面工作的初步应用。应用时将计算机的图像采集卡和超声仪器的视频输出相联接, 从超声仪器中采集冻结的肝脏 M 型超声图像, 存于计算机中, 然后用 MATLAB 编程, 在奔腾 PC 机上实现从肝脏 M 型超声图像中自动提取肝包膜的运动包络、按搏动节率自动划分运动包络和计算包络的特征参数。

作为例子, 图 3(a) 给出了某一正常人的腹主动脉前肝脏 M 型超声图像, 图 3(b) 为利用相关方法提取的肝包膜运动包络, 并用“*”标出了数学形态法找到的峰值点, 利用这些峰值点就可以将运动包络按搏动节律进行划分。

本例中计算出的 $A = 2.77 \text{ mm}$, $\sigma = 1.51 \text{ mm}$, $C_1/C_0 = 0.38$, $C_2/C_1 = 0.32$, 这些参数比肝硬化病人的明显大。



(a) 肝脏 M 型超声图像



(b) 相关法提取的肝包膜运动包络

图 3 腹主动脉前肝脏包膜运动包络的提取

4 结 论

本文对肝脏 M 型超声图像, 尝试用相关技术提取肝包膜的运动包络, 并用数学形态法按搏动节律划分包络, 计算包络的各种特征参数。将这些特征参数综合起来, 就可以用于肝硬化程度的研究。但如何将包络的特征参数和临床的诊断结合起来, 尚需要进一步的深入研究, 结果将另文报道。

参考文献:

- [1] 孙英, 周永昌. 肝硬度超声测定的探讨[J]. 中国超声医学杂志, 1997, 13(3): 39-41.
- [2] Hein A, O'Brien W D. Current time-domain methods for assessing tissue motion by analysis from reflected ultrasound echoes a review [J]. IEEE Transactions on Ultrasonic, Ferroelectrics, Frequency Control, 1993, 40(2): 84-102.
- [3] 吴晓峰, 王威琪, 余建国, 汪源源. 声谱参数的数学形态学提取方法[J]. 中国生物医学工程学报, 1999, 18(3): 304-309.

会议报道

全国功率超声专题学术研讨会在富阳召开

全国功率超声专题学术研讨会于 2001 年 4 月 21 日至 4 月 23 日在浙江省富阳市召开。按照原来的安排, 本次会议是一个小型会议, 计划在 30 人以下。但是到会代表十分踊跃。有全国各地近 50 个单位的代表出席了会议。到会者超过了 90 人。新增加的与会代表多数来自从事功率超声设备和器材的生产、销售企业和公司。还有不少离退休的研究、管理人员也都来参加了会议。到会代表如此的踊跃, 表明这次研讨会的内容十分符合广大功率超声工作者的需求, 也同时表明了功率超声事业在我国, 特别在东南沿海地区在近年来有了很大的发展。会议期间, 功率超声分会委员会还召开了工作会议。

功率超声技术是一项应用广泛的国家急需的高新技术。面对即将进入 WTO 的态势, 为加强学术交流, 展望功率超声发展趋势和前景, 以促进功率超声事业发展, 功率超声分会确定了这次专题学术研讨会的内容要突出“新、难”两字, 讨论具有开拓性、前瞻性、战略性、国家与市场所急需的问题。分会在重点从事功率超声研究的大专院校、科研院所组织了多篇围绕研讨主题引导性的主题。

高频超声清洗是生产高质量微电子产品必备的高新技术, 这目前在我国还是空白。研讨会上, 对国际上的高频超声清洗给予了充分的重视, 介绍了多种高频超声清洗的实现方案。纳米技术将成为 21 世纪的关键技术之一。研讨会对纳米技术的研究动向、应用前景、超声技术在纳米技术、亚微米材料技术中可能发挥重要作用的领域做了广泛和较为深入的讨论。会议对声化学、超声在环保方面的应用以及重点对国内尚处于探索阶段的用超声降解有毒有机污染水体研究中的理论基础、研究现状、发展趋势、与其它工业技术联合作用等问题进行了探讨。研讨会上, 还展示了在微型超声马达、新大功率稀土换能器材料、大功率超声换能器动态特性的测量与寿命估计等许多重要热点方面的新成果。功率超声已经得到的广泛应用以及巨大的应用前景, 与会者对于“声空化”基础性研究的进展非常关注和重视。

为了规范有关功率超声仪器设备、器材的生产, 代表们对建立相应的国家标准或行业标准显示了极大的兴趣, 并提出了许多有益的建设性的意见。分会将进一步组织人员, 在大家的支持下为此做一些切实的工作。

面对许多企业要求参加声学学会的要求, 分会热烈欢迎和鼓励企业的积极性。为使企业享受正当的权益、加强与团体会员的联系和确保学会的权威性, 功率超声分会决定在总会会章的指导下, 制定关于团体会员的实施细则。分会领导和部分委员还讨论了关于换届改选的原则和日程安排。

本次会议由中国声学学会功率超声分会主办, 由中国船舶重工集团公司第七一五研究所承办。会议得到了几家公司、企业的赞助。功率超声分会在此表示感谢。

沈建中