

●杨 波 任国兴 冯国慧 主编  
●冯祖荫 张志强 审阅



# 应用和实践

# 经颅多普勒超声

APPLICATION AND PRACTICE  
OF TRANSCRANIAL DOPPLER  
SONOGRAPHY

●陕西科学技术出版社

# 经颅多普勒超声应用和实践

杨 波 任国兴 冯国慧 主编  
冯祖荫 张志强 审阅

陕西科学技术出版社

(陕)新登字第 002 号

**经颅多普勒超声应用和实践**

杨波 任国兴 冯国慧 主编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

新华书店经销 沁阳市印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 20.25 印张 48 万字

1995 年 12 月第 1 版 1995 年 12 月第 1 次印刷

印数:1-1000 册

ISBN 7-5369-2405-4/R·571

定 价:38.00 元

主 编 杨 波 任国兴 冯国慧  
副主编 宋来君 王树凯 陈廷宾 马保现  
郝燕燕 丁宝献 刘文香

审 阅 冯祖荫 张志强

参加编著者(按姓氏笔画顺序)

于凤琴	王绍堂	王彦群	王丽娅	冯承宣
孙荣青	孙红卫	许予明	李 清	李寿华
张 成	张 卫	张新昌	杜仁法	苑中甫
苑 萌	范小平	范晓梅	杨春华	杨书勤
郭浩轶	高庆春	曹红波	彭广华	满 勇
谭占国				

## 内 容 提 要

经颅多普勒(Transcranial Doppler, TCD)超声是近些年来迅速发展起来的一门新兴学科。本书根据 TCD 技术问世后十余年国内外应用、实践资料和作者的体会,参考了数以百计的文献,全面、系统地叙述了 TCD 的诞生、发展以及动物实验研究和临床应用结果。

全书分上、中、下三篇,共 41 章。详细地叙述了 TCD 的原理、TCD 仪的结构、频谱形成和分析;正常人体和实验动物的解剖学、生理学特点和有关检验正常值;脑血管疾病的病因、发病机理、临床和 TCD 表现。还有大量篇幅论述了 TCD 在麻醉科、眼科、儿科和中药学、颅脑损伤、颅内压增高以及脑死亡等领域的应用。尤其是 TCD 在动物实验方面的应用资料系本书所特有,对于基础研究具有重要的参考价值。本书所包括的 TCD 应用和实践内容丰富、材料新颖、来源广泛、图文并茂。基础理论、临床实践和 TCD 表现密切结合,易于理解和接受,并可为开拓性研究提供重要参考线索。

本书可供超声医学专业工作人员,神经内外科及有关临床学科工作者,基础医学研究人员和医学大、中专学生、研究生等参考。

# 前 言

经颅多普勒 (Transcranial Doppler, TCD) 超声技术的诞生、发展和完善, 为无创伤性地检测颅底大血管血流动力学状态, 深入认识颅内血流的生理学及病理生理学变化提供了可能。经过 TCD 的应用和实践, 可望对一些传统观点和认识进行丰富、完善、甚至修正。诚然, 现有的资料还不能达到这一目标, 尚有待于国内外学者进行长期不懈的努力。

随着 TCD 的广泛应用和深入开展, 人们逐渐发现和认识到越来越多的脑血流生理和病理现象可以直接或间接地通过 TCD 而表现出来, 有时 TCD 对一些疾病可作为其至关重要乃至必不可少的检测手段。临床实践过程中, 我们体会到对 TCD 结果的分析判断必须依赖于对人体生理学、病理学和形态学等方面的深刻了解。若欲进行开拓性研究, 尚需具备丰富的专业知识和渊博的相关学科或边缘学科的知识, 否则难以充分地发挥 TCD 这一高新技术的应用价值。基于这些初步体会, 本书对与 TCD 有关的生理、病理生理、形态学和临床医学等也作为重点内容予以介绍, 以期有助于对 TCD 结果有一正确和全面的分析判断, 例如对疾病的叙述通常以三个内容为主: 病因及发病机理; 临床表现; TCD 表现。

TCD 在动物实验领域有着重要的应用价值和广阔的发展前景, 为此我们参考了施新猷、钟品仁教授和南开大学实验动物解剖学编写组等多位学者编写的动物学专著, 介绍一些现在或将来可能与 TCD 应用有关的动物学资料。在此, 谨向专家们致以衷心感谢。

全书共分上、中、下三篇, 41 章。上篇 (第 1~9 章) 概括叙述 TCD 的原理、诞生和发展, TCD 仪的结构及工作过程, 正常人体和实验动物的解剖学、生理学特点和部分检验正常值等。中篇 (第 10~20 章) 重点介绍脑血管病的病因和发病机理, 临床及 TCD 表现。下篇 (第 21~41 章) 叙述 TCD 在其他领域的应用, 如麻醉科、眼科、儿科和中医药科以及颅脑损伤、颅内压增高、脑死亡等方面。在本书的编写过程中, 曾参考了徐绍彦、张雄伟和顾慎为等学者编写的 TCD 专著, 以及国内外数百篇文献或会议资料, 在此表示衷心的感谢。河南医科大学第一附属医院神经外科冯祖荫、张志强教授对本书进行了总体设计, 具体指导和最后审阅。沁阳市委宣传部和洪范副部长和沁阳市第二中学谢元鸿主任在本书的编写、资料处理和出版过程中给予了大力支持和帮助, 在此谨一并致以感谢。

由于我们的实践经验、写作水平和理论知识等有限, 本书难免存在有许多缺点和错误, 恳请专家、学者、前辈和广大读者不吝指正。

杨 波

1995 年 12 月于郑州

# 目 录

## 上 篇

<b>第一章 经颅多普勒超声概述</b> .....	(1)
1.1 多普勒与历史回顾 .....	(1)
1.2 多普勒超声技术在医学领域应用的发展史 .....	(2)
1.3 TCD 技术的诞生和发展 .....	(2)
1.4 TCD 技术的应用评价 .....	(4)
1.5 TCD 未来发展动向 .....	(6)
1.6 附录—2.20 版本 MDL 软件说明 .....	(6)
<b>第二章 经颅多普勒超声诊断原理</b> .....	(12)
2.1 超声波的基本概念 .....	(12)
2.2 超声波的物理特性 .....	(13)
2.3 多普勒效应 .....	(15)
2.4 超声波的发生与接收 .....	(16)
2.5 经颅多普勒超声诊断仪的构造 .....	(17)
<b>第三章 TCD 仪探头基本结构和工作原理及频谱形成</b> .....	(19)
3.1 压电效应 .....	(19)
3.2 探头的基本结构 .....	(20)
3.3 超声波在探头与头皮之间的传播 .....	(21)
3.4 超声探头的使用与维护 .....	(22)
3.5 耦合剂的使用 .....	(23)
3.6 超声生物效应和超声剂量 .....	(23)
3.7 超声与运动血流的关系 .....	(24)
3.8 连续波超声与脉冲波超声 .....	(24)
3.9 人体血流状态对频谱的影响 .....	(27)
3.10 TCD 仪的调节 .....	(31)
3.11 影响 TCD 血流频谱的有关因素 .....	(35)
<b>第四章 脑动脉的解剖学基础</b> .....	(40)
4.1 颈动脉系统 .....	(41)
4.2 椎—基底动脉系统 .....	(44)
4.3 脑动脉的侧支循环 .....	(45)
4.4 经颅多普勒超声的应用解剖学 .....	(49)

<b>第五章 脑血液循环的临床生理及病理生理</b> .....	(53)
5.1 脑血液循环的临床生理特点 .....	(53)
5.2 脑血液循环的病理生理 .....	(57)
<b>第六章 经颅多普勒超声的应用和检测技术简介</b> .....	(60)
6.1 检查方法和正常值 .....	(60)
6.2 经颅多普勒在神经科的应用 .....	(62)
<b>第七章 常用实验动物的解剖和生理</b> .....	(65)
7.1 兔 .....	(65)
7.2 狗 .....	(70)
7.3 猫 .....	(79)
7.4 脑血流的调节 .....	(85)
<b>第八章 经颅多普勒超声在动物实验中的应用</b> .....	(87)
8.1 家兔脑血流速度的检测和正常值 .....	(87)
8.2 颅内压增高对家兔脑血流速度和脑自由基反应的影响 .....	(88)
8.3 经颅多普勒超声对实验性蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛的检测 .....	(90)
8.4 过度换气过程中经颅多普勒超声监测的价值 .....	(93)
8.5 经颅多普勒超声在脑外伤家兔模型试验中的应用 .....	(96)
<b>第九章 Fourier 分析及其临床应用</b> .....	(98)
9.1 Fourier 分析的数学过程 .....	(98)
9.2 与 Fourier 分析相关的血流动力学特征 .....	(99)
9.3 Fourier 分析的临床应用 .....	(100)

---

## 中 篇

---

<b>第十章 短暂脑缺血发作</b> .....	(102)
10.1 病因和发病机理 .....	(102)
10.2 临床表现 .....	(103)
10.3 短暂性脑缺血发作的 TCD 表现 .....	(104)
10.4 附录 脑血管疾病的分类 .....	(109)
<b>第十一章 脑血栓形成</b> .....	(117)
11.1 病因和发病机理 .....	(117)
11.2 临床表现 .....	(118)
11.3 脑血栓形成的 TCD 表现 .....	(119)
<b>第十二章 脑栓塞</b> .....	(125)
12.1 发病机理 .....	(125)
12.2 临床表现 .....	(125)



12.3	与脑栓塞有关的 TCD 表现 .....	(126)
<b>第十三章</b>	<b>脑出血</b> .....	(127)
13.1	病因和发病机理 .....	(127)
13.2	临床表现 .....	(127)
13.3	脑出血的 TCD 表现 .....	(128)
<b>第十四章</b>	<b>蛛网膜下腔出血</b> .....	(131)
14.1	病因及病理 .....	(131)
14.2	临床表现 .....	(131)
14.3	脑血管痉挛的 TCD 表现 .....	(132)
<b>第十五章</b>	<b>脑动脉粥样硬化症</b> .....	(138)
15.1	发病机理 .....	(138)
15.2	临床表现 .....	(139)
15.3	脑动脉粥样硬化症的 TCD 表现 .....	(139)
<b>第十六章</b>	<b>血压异常与 TCD 表现</b> .....	(145)
16.1	高血压病与 TCD 表现 .....	(145)
16.2	低血压时的 TCD 表现 .....	(149)
<b>第十七章</b>	<b>脑动静脉畸形</b> .....	(151)
17.1	病因及发病机理 .....	(151)
17.2	临床表现 .....	(152)
17.3	脑动静脉畸形的 TCD 表现 .....	(153)
<b>第十八章</b>	<b>颅内动脉瘤</b> .....	(161)
18.1	病因及发病机理 .....	(161)
18.2	临床表现 .....	(162)
18.3	颅内动脉瘤的 TCD 表现 .....	(163)
<b>第十九章</b>	<b>烟雾病</b> .....	(165)
19.1	病因与发病机理 .....	(165)
19.2	临床表现 .....	(165)
19.3	烟雾病的 TCD 表现 .....	(166)
<b>第二十章</b>	<b>颈动脉海绵窦瘘和其他颅内血管畸形</b> .....	(169)
20.1	颈动脉海绵窦瘘 .....	(169)
20.2	大脑大静脉畸形 .....	(171)
20.3	脑面血管瘤病 .....	(171)

---

## 下 篇

---

<b>第二十一章</b>	<b>偏头痛</b> .....	(173)
21.1	发病机理 .....	(173)

21.2	偏头痛的 TCD 表现 .....	(175)
21.3	偏头痛的诊断和疗效评定标准意见 .....	(177)
21.4	附录 国际头痛学会头面部疼痛分类 .....	(178)
<b>第二十二章</b>	<b>头晕 .....</b>	<b>(183)</b>
22.1	颈椎病与头晕 .....	(184)
22.2	眩晕患者椎动脉颅外段的检测 .....	(188)
22.3	老年人脑缺血性眩晕 .....	(189)
22.4	椎-基底动脉短暂脑缺血发作 .....	(189)
22.5	随机患者的椎-基底动脉供血观察 .....	(190)
22.6	耳鸣 .....	(191)
22.7	锁骨下动脉盗血 .....	(191)
<b>第二十三章</b>	<b>血液流变学与高脂血症 .....</b>	<b>(193)</b>
23.1	血液流变学与 TCD .....	(194)
23.2	纤维蛋白原和红细胞压积与 TCD .....	(195)
23.3	高脂血症及高粘血症与 TCD .....	(195)
23.4	真性红细胞增多症与 TCD .....	(196)
<b>第二十四章</b>	<b>镰状细胞病 .....</b>	<b>(197)</b>
24.1	病因及发病机理 .....	(197)
24.2	临床表现 .....	(197)
24.3	镰状细胞病的 TCD 表现 .....	(197)
<b>第二十五章</b>	<b>颅内外血管炎性病变 .....</b>	<b>(199)</b>
25.1	头臂型大动脉炎 .....	(199)
25.2	钩端螺旋体脑动脉炎 .....	(200)
25.3	系统性红斑狼疮 .....	(202)
<b>第二十六章</b>	<b>脑膜炎和脑蛛网膜炎 .....</b>	<b>(203)</b>
26.1	脑膜炎 .....	(203)
26.2	脑蛛网膜炎 .....	(207)
<b>第二十七章</b>	<b>脑血管对 CO<sub>2</sub> 的反应在经颅多普勒超声中的应用 .....</b>	<b>(209)</b>
27.1	血液中 CO <sub>2</sub> 对脑血管舒缩功能的调节机制 .....	(209)
27.2	TCD 检测中脑血管对 CO <sub>2</sub> 反应的测量方法 .....	(209)
27.3	生理状态下脑血管对 CO <sub>2</sub> 反应的 TCD 表现 .....	(210)
27.4	颈内动脉闭塞时脑血管对 CO <sub>2</sub> 反应的 TCD 表现 .....	(210)
27.5	脑出血时脑血管对 CO <sub>2</sub> 反应的 TCD 表现 .....	(211)
27.6	偏头痛病人脑血管对 CO <sub>2</sub> 反应的 TCD 表现 .....	(211)
27.7	脑动静脉畸形时脑血管对 CO <sub>2</sub> 反应的 TCD 表现 .....	(211)
<b>第二十八章</b>	<b>肺性脑病与 TCD .....</b>	<b>(213)</b>
<b>第二十九章</b>	<b>高压氧治疗对脑血流速度的影响 .....</b>	<b>(215)</b>
<b>第三十章</b>	<b>经颅多普勒超声探测脑血管栓子的应用 .....</b>	<b>(217)</b>
30.1	TCD 探测脑血管栓子的原理 .....	(217)

30.2	TCD 用于探测固体栓子 .....	(217)
30.3	TCD 用于探测气体栓子 .....	(218)
<b>第三十一章</b>	<b>阻塞或狭窄性脑血管病的外科治疗与 TCD .....</b>	<b>(220)</b>
31.1	颈动脉血栓内膜和硬化斑切除术 .....	(220)
31.2	旁路手术 .....	(222)
31.3	其他应用 .....	(223)
<b>第三十二章</b>	<b>TCD 在麻醉科的应用 .....</b>	<b>(225)</b>
32.1	经颅多普勒用于麻醉中对脑血流量的监测 .....	(225)
32.2	TCD 用于麻醉中监测脑血管自动调节功能和对 CO <sub>2</sub> 的反应性 .....	(226)
32.3	TCD 监测脑动脉于麻醉状态下的舒缩功能 .....	(226)
32.4	TCD 应用于麻醉学领域对偏头痛的研究 .....	(226)
<b>第三十三章</b>	<b>TCD 在儿科学领域的应用 .....</b>	<b>(229)</b>
33.1	TCD 检测技术及其正常参考值 .....	(229)
33.2	新生儿缺氧缺血性脑病脑血流改变 .....	(231)
33.3	儿童发作性头痛头晕与 TCD .....	(232)
33.4	动脉导管未闭与 TCD .....	(233)
<b>第三十四章</b>	<b>TCD 在眼科的初步应用 .....</b>	<b>(234)</b>
34.1	眼动脉的解剖生理及其变异 .....	(234)
34.2	先天性眼球震颤与 TCD .....	(237)
34.3	缺血性视神经病与 TCD .....	(240)
<b>第三十五章</b>	<b>中医药领域中 TCD 的应用 .....</b>	<b>(243)</b>
35.1	眩晕证的 TCD 观察 .....	(243)
35.2	TCD 观察中药对脑血流速度的影响 .....	(244)
<b>第三十六章</b>	<b>颅脑损伤 .....</b>	<b>(245)</b>
36.1	病理及分类 .....	(245)
36.2	颅脑损伤的 TCD 表现 .....	(246)
<b>第三十七章</b>	<b>颅内压增高 .....</b>	<b>(250)</b>
37.1	颅内压增高的病理生理 .....	(250)
37.2	高颅压危象和颞叶疝大脑中动脉血流速度变化 .....	(251)
37.3	急性颅内压增高对 TCD 频谱的影响 .....	(253)
<b>第三十八章</b>	<b>重型颅脑损伤 .....</b>	<b>(257)</b>
38.1	脑血流速度减慢 .....	(258)
38.2	脑过度灌注 .....	(258)
38.3	脑血管痉挛 .....	(260)
38.4	血流速度不稳定 .....	(263)
38.5	脑血流速度变化不明显 .....	(263)
<b>第三十九章</b>	<b>TCD 对治疗措施效果评估 .....</b>	<b>(264)</b>
39.1	Dazoxiben 预防 SAH 后脑血管痉挛与 TCD .....	(264)
39.2	促甲状腺素释放激素对脑血流速度的影响 .....	(265)

39.3	过度换气对脑血流速度的影响.....	(266)
39.4	消炎痛对实验动物脑血流速度的影响.....	(268)
39.5	颅脑损伤时甘露醇作用的 TCD 观察.....	(269)
39.6	脑脊液外引流和颅内血肿清除的 TCD 观察.....	(270)
39.7	脑外伤后应用尼莫通的 TCD 观察.....	(271)
39.8	TCD 时间窗内诊断大脑中动脉闭塞在脑梗塞治疗中的意义.....	(274)
<b>第四十章</b>	<b>脑死亡.....</b>	<b>(276)</b>
40.1	脑死亡的病因与病理.....	(276)
40.2	脑死亡的诊断标准.....	(276)
40.3	脑死亡的 TCD 表现.....	(277)
<b>第四十一章</b>	<b>TCD 在其他方面的应用及其进展.....</b>	<b>(285)</b>
<b>附录一</b>	<b>超声窗及其颅内外检测血管.....</b>	<b>(287)</b>
<b>附录二</b>	<b>常用疾病或其他术语英汉对照.....</b>	<b>(287)</b>
<b>附录三</b>	<b>常用缩略语.....</b>	<b>(291)</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>(293)</b>



---

## 第一章

---

# 经颅多普勒超声概述

---

经颅多普勒(transcranial Doppler,简称 TCD,偶有谓之脑 D 超)\* 超声技术是超声医学发展史上的重大进展。既往由于颅骨对超声波的高度衰减,使得多普勒超声难以应用到颅内,因而极大地限制了人们对于颅底主要大动脉血流动力学的无创伤性检测与了解。长期以来留下许多空白难以填补。经颅多普勒技术问世,标志着人们对于颅内血流动力学的探索进入了一个阶段性发展时代。历史的发展和现状的灿烂,凝集着历代各国科学家们百余年的艰辛奋斗。回首历史的发展,使我们情不自禁地对科学家们奉献于多普勒超声领域的辛勤劳动和贡献肃然起敬。同时也有助于享用现有多普勒超声成就的“后人们”以一种历史和发展的观点来应用、分析和研究经颅多普勒超声技术,并使之日臻完善。

### 1.1 多普勒与历史回顾

19 世纪初,在奥地利的萨尔茨堡诞生了一位伟大的科学家克里斯琴·约翰·多普勒(Christian Johann Doppler 1803~1853)。1842 年,多普勒在深入研究了光的波动理论及英国科学家布莱德雷(Bradley)关于光行差的报告后,在他的著名论文《双星和某些其它星体的有色光》里提出,当受光体(观测者)与发光体(光源)作相对运动时,观测者所接受到的光源频率与发光体发出的光频率不同,这种现象是多普勒首次发现的一种物理效应。后来,多普勒又作了大量的研究发现,当观测者与声源(振动源)作相对运动时,观察者接受到的波动(声波)频率不同于声源发出的频率,并总结出了计算频率变化(运动速度)的公式。

1845 年,荷兰学者拜思巴劳特(Buys Ballot)在铁路上用一辆火车头和一节平板车来验证多普勒提出的理论。结果发现,当机车由远方运动至接近静止观测者时,观测者听到的声音要比机车本身发出的声音高出半音,而机车离开观测者向远方驶去时,观测者所听到的声音比原机车发出的声音低半音,从而确认了多普勒提出的论点用于声波所获得的结论亦是正确的。

本世纪初,贝劳普尔斯亘(Belopolski)总结了前人的经验,研究证实了多普勒现象也适应于声学领域。我们在普通日常生活中也会有许多类似的体会。当两辆汽车相向行驶至擦肩而过时,而汽车内的人们都会感觉到对方的车辆呼啸而过,而在路边站立的人们则不会有这种感

---

\* 国外文献中常见的还有其它几种表达形式,如:transcranial Doppler ultrasound,transcranial Doppler ultrasonography,transcranial Doppler sonography,但最基本的表达方式仍然为:transcranial Doppler。

觉,这也是多普勒现象的日常表现。随着时间的推移,百余年已经过去了,后人们应用多普勒提出的理论,在很多领域取得了许多重要成就。为了纪念这位伟大的科学家,人们特将多普勒发现的现象和他提出的理论称之为多普勒效应或多普勒原理。现在,多普勒原理已经广泛应用于天文学、地理学、地质学、工业制造、航空航天业以及后起的医学领域,成为一种促进和推动生产力发展以及医学事业进步的一种重要手段。

## 1.2 多普勒超声技术在医学领域应用的发展史

多普勒效应发现后大约经过一个世纪,医学家们陆续开始应用和研究这一卓有成就的物理效应。

早在1918年,法国物理学家朗巨未(Langevin)就已经从石英晶体中获取了声振动,从而产生了超声波,为以后的超声波应用和发展奠定了物理学基础。此后的超声波探测技术发展也很快。更具有进步意义的是利用多普勒原理进行超声学应用而产生的多普勒超声技术。

本世纪50年代,以日本里村茂夫等为代表的一批学者,将多普勒超声技术开始用于医学领域。他和仁村大治等进行了心脏血流的研究。50年代后期,美国的Rushmer, Franklin和Barker等设计出连续多普勒仪。之后,他们进行了超声散射后的多普勒频移探测血流的新方法。1959年Satomura首先利用多普勒超声技术实施经皮探测周围血管血流速度的研究。次年,他和Kaneko利用本方法观察了周围血管阻力的变化。1965年Mijazaki和Kato检测了脑血管颅外段的血流搏动曲线和血流速度。这些早期的研究,为多普勒超声技术的进一步发展奠定了初步基础。

连续多普勒对血流速度的测定有一定的意义,但是其主要弱点就是不能确定血流的部位和深度,仅能在皮肤的浅层区域使用,临床上应用受到很大限制。为了克服这种缺陷,1966年,Rushmer, Reid, Beker与Walkims等设计建造了世界上第一台脉冲多普勒仪(Pulsed Doppler equipment)。1969年,英国学者Wells和法国学者Deronneau也分别研制出了类似的选通多普勒系统(Range-Gated Doppler system)。脉冲多普勒仪的突出贡献在于它能选择性地探测某一深度的血流方向、性质和速度。1975年第一部商售脉冲多普勒仪面世,它所使用的探头频率是5—10MHz,难以穿透颅骨而记录到颅内血管的血流信号,因而主要用于颈部脑血管颅外段的研究。Von Reutern和Diener于1977年至1981年间研究了颅内动脉瘤引起的颅外颈动脉血流速度增加的现象。Bradley研究了不同生理状态下血流速度的特点。Budinggen和Steiger分别观察了颅脑损伤后颅内压增高时颅外颈动脉血流变化。为了获取颅内脑血管血流信息,不少学者曾试图通过多种途径进行努力。Kaneko, Muchaidze和Volpe等通过幼儿未闭的囟门和成年人枕大孔区的自然通道进行颅内血管血流速度的测定。Brawley, Handa, Norner等在神经或血管手术期间进行颅内多普勒超声的检查。这段期间,各国学者们主要是在颅外区的脑血管方面开展工作。由于颅骨对超声束的高度衰减作用,大家很难逾越这一障碍而进入颅内,因此,多普勒超声的临床应用处于徘徊或螺旋式地发展过程中。

## 1.3 TCD技术的诞生和发展

1982年,挪威学者Rune Aaslid创造性地将低频和脉冲超声波技术结合起来,从而实现了

长期以来人们梦寐以求的对颅内血管血流动力学直接检测的愿望,标志着超声医学发展史上一个新时代的开始,因而具有划时代的里程碑作用。这项技术的问世,给全世界众多的从事该领域研究的学者们以极大鼓舞和启迪。

### 1.3.1 TCD 技术的诞生

1982年12月,Aaslid 在美国一份权威医学杂志上发表了他与 Markwalder, Nornes 合著的研究报告,题为“无创伤性脑底动脉血流速度的经颅多普勒超声记录”从此,开辟了经颅多普勒超声临床应用的先河。

既往所应用的超声探头发射频率较高,由于颅骨对其高度吸收和衰减,因此难以穿透颅骨。Aaslid 创建了一个带有发射低频脉冲的多普勒装置,使它有可能穿透颅骨直接记录到脑底(颅底)\*大血管的血流速度。TCD 技术的主要原理是经颅(穿颅)原理和多普勒效应原理的结合。

Aaslid 采用了2MHz 低频率的超声发射,使得超声束得以穿透颅骨较薄的区域或部位(TCD 术语——超声窗),直接投射到脑底大血管干上,从而获得该血管内的血流速度。同时他又设计了脉冲发放的多普勒超声,结合距离(深度)选通技术,能够在规定的深度,使得超声束仅仅发射到该部位的血管上,因而能够实现定位检测。目前临床上应用的经颅多普勒超声窗有四个。通过这四个超声窗,可以使颈内动脉系统和椎动脉系统主干大血管和颈内动脉颅外段的检测得以全部实现。

### 1.3.2 国外 TCD 发展

自从1982年 TCD 技术问世以后,TCD 仪和 TCD 的应用得到了迅速发展。早期使用的主要是 EME TC2-64和 EME TC-64B 等类型的 TCD 仪。后来美国 MEDASONICS 公司研制出了 Transpect TCD 系列产品。英国又生产了 Doptek9025型 TCD 仪。继之,美国 MULTIGON 公司的500V™型和以色列 Link™9000型 TCD 也相继投放市场。1986年以来,EME 公司又推出了 TC2000和 TC2020型 TCD 仪。特别是3D-TCD(three dimensional transcranial Doppler ultrasonography)将多普勒信号经计算机处理后,以绘点的方式重建在水平面、冠状面和矢状面上,从而得以观察到取样容积在这三个面上的位置,美国 MET-1000型 TCD 可进行中文软件操作。近几年来,德国 DWL 公司研制的 MULTL-Dop 系列产品种类较多,配置有两套应用软件(TCD7和 D 软件),选用了血流速度中敏感的参数或指标。可以进行二氧化碳的测试、自动调节,栓子监护、体位测试、临界内压测定、自动栓子记录,Evoked 流动测试,双侧不对称指数评估。该公司最近又在原系列产品的双通道基础上,又改进为目前的四通道,并设计安装有1MHz 探头。

TCD 技术的问世虽短短13年时间,但是发展却非常迅速,目前已在世界各地得到了广泛的应用。TCD 发展的早期阶段,国外学者作了大量的工作和研究,为后期的 TCD 应用和发展奠定了必备的基础条件和积累了丰富的资料。1986年 Aaslid 和 Harders 分别撰写了“经颅多普勒超声检查”和“经颅多普勒超声在神经外科的应用”两本专著。同年在罗马召开了第一届

---

\* 颈内动脉和椎-基底动脉系统在颅内的主干大血管分支走行于脑底腹面与脑底表面和颅底面紧密相贴,故可称之为脑底动脉或颅底动脉。

TCD 国际会议。1988年又在多普勒的故乡——奥地利的萨尔茨堡召开了第二届 TCD 国际会议。之后,在世界其他国家或地区相继有关于 TCD 的专业会议或包含有大量 TCD 内容的会议召开。如1994年8月在印度的 Bembag,9月份在英国 Oxford 召开的全欧第三届超声会议上均有 TCD 的论文参加交流。特别是1994年2月份在美国 San Diego 召开的第八届国际脑血流动力学会议和9月份在德国 MÜNSTER 召开的国际脑血流会议上,关于应用 TCD 的研究报告占80%~90%。1995年2月在美国 South Carolina 举行的“9th International Cerebral Hemodynamics Symposium”则有大量报告关于 TCD 深入研究和应用的介绍,并且有关于 TCD 应用于动物实验的报道。

### 1.3.3 国内 TCD 技术的应用与发展

我国从1988年开始引进 TCD 技术,从而开始了 TCD 的应用时期。目前,全国各大中小城市及部分县、乡等数以百计家医疗、教学和科研单位开展了这一技术。

尽管我们应用 TCD 技术起步较晚,但是我们在国外学者工作和研究的基础上,借鉴其经验和资料,发展很快。1989年先后在上海、北京等地举办了关于 TCD 应用的讲习班和交流会。特别是近几年在许多医学杂志或国家、地区级会议上都有越来越多的关于 TCD 的论文发表或交流。有关于 TCD 的专业性组织陆续在全国许多地方成立,或正在筹建当中。国内徐绍彦、张雄伟和顾慎为等几位学者相继出版了关于经颅多普勒超声临床应用的专著,以及其它众多学者的研究和工作报道,对我国 TCD 技术的应用、发展以及推广和普及都发挥了很大的促进作用。

目前,我国的 TCD 应用在一些地区基本上与国外相平行,在深度和广度上、大体上与国外其它学者的工作相一致。近几年曾先后有一些工作和研究结果在日本、西班牙、美国、印度、南非、英国、澳大利亚和德国等地召开的国际会议上交流。特别是在英国的国际会议上交流的关于 TCD 应用于动物试验的研究,属于独家报道,引起了国外学者们的高度重视。同时在国外医学杂志上亦有文献发表。

## 1.4 TCD 技术的应用评价

TCD 是一门全新的技术,必然有一个起步、探索、总结、完善和发展的过程,尤其是近几年的广泛应用和深入研究,日益显示出其独特的优势和广阔的发展前景。本节简要地对 TCD 技术问世以来的应用经验,特别是结合近年来获得的资料和成果作一概括评价。

### 1.4.1 TCD 技术的特点

目前,应用于颅内血流动力学检查的主要方法有:脑血管造影、数字减影、(Digital Subtraction Angiography, DSA)、CT 增强扫描及核磁共振(Nuclear Magnetic Resonance, NMR 或 Magnetic Resonance Imaging, MRI)上流空现象及磁共振血管造影(Magnetic Resonance Angiography, MRA)、放射性核素扫描、单光子发射计算机体层扫描(Single Photon Emission Computerized Tomography, SPECT, 简称 ECT)和正电子发射体层扫描(Positron Emission Computed Tomography, PET)等。而只有脑血管造影(包括 DSA)和 TCD 是目前仅有的能反映颅内动脉血流状态的有效手段。确切地讲,只有 TCD 才能反映出脑血管内的血流运动状态。脑



血管造影主要显示的是血管的形态,所以两者的功能是有很大区别,不能互相替代,但可以互相补充。如果这样,将会获得更全面的资料。若仅取其一,则势必为片面信息。至于 CT 和 MRI 则主要是反映脑组织的形态学变化。放射性核素扫描(包括 SPECT, PET)所提供的是脑血流的分布状态。

应用 TCD 技术,通过超声窗的颞窗可以检测大脑中动脉、大脑前动脉、大脑后动脉、前后交通动脉及颈内动脉终末段的血流速度;眼窗(眶窗)——眼动脉、颈内动脉虹吸段以及对侧大脑中动脉等;枕窗(枕骨大孔区域)——椎动脉颅内段、小脑后下动脉和基底动脉;下颌窗——颈内动脉颅外段、颈外动脉起始部等。

#### 1.4.2 TCD 的临床和基础应用

随着 TCD 仪不断更新、完善、功能增加,临床应用经验总结和积累,业已发现, TCD 的应用范围逐渐扩大,并且有迅速发展的趋势。目前, TCD 已经在神经内、外科、心血管内外科、眼科、小儿内外科、麻醉科、传染科、重症监护室(ICU)和手术室等范围得到了广泛应用。基础医学领域的生理学、病理学和药理学等学科亦能体现出 TCD 的独特优越性。另外还有用于航空航天、登山、潜水、矿井等有关研究,美国宇航局曾在航天飞机上携带有 TCD 仪,以便观察宇航员的脑血流情况。

#### 1.4.3 TCD 在动物实验研究中的应用

关于 TCD 在动物实验研究中的应用,国内外文献和资料都比较少,但近期则有逐渐增多的迹象,已经完成或正在进行的工作包括:

- 兔和狗等实验动物的 TCD 正常参考值测定;
- 蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛的程度与动态演变;
- 颅内压增高后实验动物脑血流速度的变化过程;
- 颅内压增高后 TCD 变化与动脉血压的关系;
- 实验动物脑死亡的 TCD 全程演变经过;
- 过度换气对动物脑血流速度的影响;
- 动物血  $P_{O_2}$  和  $P_{CO_2}$  对脑血流速度的影响;
- 经颅多普勒测定失血性低血压时脑阻力变化的动物(兔)实验;
- 兔脑挫伤后应用五苓散的经颅多普勒超声研究。

#### 1.4.4 TCD 技术目前的局限性

TCD 技术虽然问世以后发展迅速,但它毕竟是一项全新的技术,必然要有一个逐步改进和完善的过程,还有许多问题需要进一步研究和探索。具体表现如下:①对操作人员的检查技术要求很高,必须具备相当水平者方可胜任。②有时由于患者颅骨骨化程度较高,致使超声波严重衰减或超声波发射功率较弱,因而可能得不到某些血管的 TCD 信号。③频谱形态的命名、异常的判断尚缺乏统一标准,部分人存在的脑血管生理性变异即可产生一个不同于正常的频谱形态。④血流速度参数的正常值标准,临床意义和应用价值尚未完全明确。⑤对 TCD 所检测到的血管进行确认,有时存在一定困难或出现难以辨识的血流信号。⑥还需要作大量工作对这些疾病进行对照分析或借助其它检测手段对 TCD 信号进行相关研究。