

简明经颅多普勒超声学

JIANMINGJINGLUODUOPULECHAOSHENGXUE



杨波 宋来君 吴保平 张金尧 主编
冯祖荫 张志强 徐国本 审阅

TCD 历史现状和未来
TCD 原理方法参考值
TCD 应用动物学基础
TCD 的基础研究进展
TCD 的临床应用实践
TCD 国内外最新应用

河南医科大学出版社

R445.1
YB

简明经颅多普勒超声学

JIANMINGJINGLUODUOPULECHAOSHENGXUE

7X13/10

杨 波 宋来君 吴保平 张金尧 主编
冯祖荫 张志强 徐国本 审阅



A0286940

河南医科大学出版社

·郑州·

简明经颅多普勒超声学

主 编 杨 波 宋来君
吴保平 张金尧

责任编辑 李喜婷

责任监制 何 勤

河南医科大学出版社出版发行

郑州市大学路40号 邮编450052 电话0371(6988300)

化学工业部地质勘探公司印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 19.25印张 456千字

1997年4月第1版 1997年4月第1次印刷

印数:1-2 500册

ISBN 7-81048-140-1/R·138

定价:40.00元

编写人员

主 编	杨 波	宋来君	吴保平	张金尧	
副主编	关方霞	王洪涛	靳志刚	李智伟	
	梁 英	杨瑞霞	杜仁发	孙荣青	
审 阅	冯祖荫	张志强	徐国本		
编 委	(按姓氏笔划排序)				
	丁宝献	于凤琴	王 霞	王 锐	王亮卿
	马云富	马瑞敏	艾艳秋	冯国慧	刘 智
	任国兴	李 季	孙红卫	张新昌	张荣申
	陈金凤	陈延宾	宋慧岭	赵玉兰	单建华
	苑中甫	郝燕燕	郭浩轶	袁国宝	唐 明

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 3 篇,共 42 章。详细叙述了 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、发病机制、临床和 TCD 表现;还用大量篇幅论述了 TCD 在麻醉科、眼科、儿科、中医学、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,易于读者理解和接受,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、临床医师、研究人员和医学生参考。

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理想目标,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,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,TCD 对一些疾病成为至关重要乃至必不可少的检测手段。临床实践过程中,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知识。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的知识,否则难以充分发挥 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了重点介绍,以期有助于对 TCD 结果有一正确和全面的分析判断。

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,本书特介绍一些现在或将来可能与 TCD 应用有关的动物实验资料。

全书分上、中、下 3 篇,共 42 章。上篇(第 1 章~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、生理学特点等。中篇(第 10 章~20 章)重点介绍脑血管病的病因和发病机制、临床及 TCD 表现。下篇(第 21 章~42 章)叙述 TCD 在其他领域的应用,如麻醉科、眼科、儿科和中医科以及颅脑损伤、颅内压增高、脑死亡等。在本书的编写过程中,参考了国内外数百篇文章或会议资料,在此向作者们表示衷心的感谢。河南医科大学第一附属医院神经外科冯祖荫、张志强和徐国本教授对本书进行了总体指导和最后审阅,超声科汤五洲教授和秦石成副教授多方予以支持,郑州(美国)恒德科技有限公司亦积极予以协助,在此谨一并致以感谢。本书中缩写的用法、国内外资料的利用详见附录及参考文献。

由于作者的实践经验不足,写作水平和理论知识有限,本书难免存在有许多缺点和错误,恳请专家、学者和广大读者不吝指正。

杨 波

1997 年 3 月于郑州

上 篇

第一章 经颅多普勒超声概述	(1)
1.1 多普勒的历史回顾	(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 的发展动向	(5)
第二章 经颅多普勒超声原理	(7)
2.1 超声波的基本概念	(7)
2.2 超声波的物理特性	(8)
2.3 多普勒效应	(10)
2.4 超声波的发生与接收	(12)
2.5 经颅多普勒超声诊断仪的构造	(12)
第三章 TCD 探头基本结构、工作原理及频谱形成	(15)
3.1 压电效应	(15)
3.2 探头的基本结构	(15)
3.3 超声波在探头与头皮之间的传播	(16)
3.4 超声探头的使用与维护	(18)
3.5 耦合剂的使用	(18)
3.6 超声生物效应和超声剂量	(19)
3.7 超声与运动血流的关系	(20)
3.8 连续波超声与脉冲波超声	(20)
3.9 人体血流状态对频谱的影响	(23)
3.10 TCD 仪的调节	(27)
3.11 影响 TCD 血流频谱的有关因素	(31)
3.12 血流速度测定	(34)
第四章 脑动脉的解剖学基础	(37)
4.1 颈动脉系统	(38)
4.2 椎-基底动脉系统	(41)
4.3 脑动脉的侧支循环	(42)
4.4 经颅多普勒超声的应用解剖学	(44)

4.5	脑动脉造影图例	(48)
第五章	脑血液循环的临床生理及病理生理	(50)
5.1	脑血液循环的临床生理	(50)
5.2	脑血液循环的病理生理	(54)
第六章	经颅多普勒超声检测应用简介	(58)
6.1	检查方法和正常值	(58)
6.2	经颅多普勒应用简介	(60)
第七章	常用实验动物的解剖和脑血流调节	(63)
7.1	兔的解剖	(63)
7.2	狗的解剖	(65)
7.3	猫的解剖	(68)
7.4	脑血流调节	(70)
第八章	经颅多普勒超声在动物实验中的应用	(72)
8.1	家兔脑血流速度的检测和正常值	(72)
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	(73)
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	(75)
8.4	过度换气过程中经颅多普勒超声监测的应用	(78)
8.5	经颅多普勒超声在家兔实验性脑外伤中的应用	(81)
第九章	Fourier 分析及其临床应用	(83)
9.1	Fourier 分析的数学过程	(83)
9.2	Fourier 分析相关的血流动力学特征	(84)
9.3	Fourier 分析的临床应用	(85)

中 篇

第十章	短暂脑缺血发作	(87)
10.1	病因和发病机制	(87)
10.2	临床表现	(88)
10.3	TCD 表现	(89)
10.4	脑血管疾病的分类	(94)
第十一章	脑血栓形成	(97)
11.1	病因和发病机制	(97)
11.2	临床表现	(98)
11.3	TCD 表现	(99)
第十二章	脑栓塞	(105)
12.1	发病机制	(105)
12.2	临床表现	(105)
12.3	TCD 表现	(105)

第十三章 脑出血	(108)
13.1 病因和发病机制	(108)
13.2 临床表现	(108)
13.3 TCD 表现	(108)
第十四章 蛛网膜下腔出血	(111)
14.1 病因及病理	(111)
14.2 临床表现	(111)
14.3 TCD 表现	(112)
第十五章 脑动脉粥样硬化症	(119)
15.1 发病机制	(119)
15.2 临床表现	(119)
15.3 TCD 表现	(120)
第十六章 血压异常的 TCD 表现	(126)
16.1 高血压病 TCD 表现	(126)
16.2 低血压时 TCD 表现	(131)
第十七章 脑动静脉畸形	(133)
17.1 病因和发病机制	(133)
17.2 临床表现	(134)
17.3 TCD 表现	(134)
第十八章 颅内动脉瘤	(143)
18.1 病因和发病机制	(143)
18.2 临床表现	(144)
18.3 TCD 表现	(145)
第十九章 烟雾病	(147)
19.1 病因和发病机制	(147)
19.2 临床表现	(147)
19.3 TCD 表现	(148)
第二十章 其他颅内血管畸形	(151)
20.1 颈动脉海绵窦瘘	(151)
20.2 大脑大静脉畸形	(153)
20.3 脑面血管瘤病	(153)

下 篇

第二十一章 偏头痛	(155)
21.1 发病机制	(155)
21.2 TCD 表现	(157)
21.3 偏头痛的诊断和疗效评定标准意见	(159)
第二十二章 头晕	(161)

22.1	颈椎病与头晕	(163)
22.2	眩晕患者椎动脉颅外段的检测	(166)
22.3	老年人脑缺血性眩晕	(167)
22.4	椎-基底动脉短暂脑缺血发作	(168)
22.5	随机患者的椎-基底动脉供血观察	(168)
22.6	耳鸣	(169)
22.7	锁骨下动脉盗血综合征	(169)
第二十三章 血液流变学与高脂血症		(172)
23.1	血液流变学与 TCD	(172)
23.2	纤维蛋白原和血细胞比容与 TCD	(174)
23.3	高脂血症及高粘血症与 TCD	(174)
23.4	真性红细胞增多症与 TCD	(175)
第二十四章 镰状细胞病		(176)
24.1	病因和发病机制	(176)
24.2	临床表现	(176)
24.3	TCD 表现	(176)
第二十五章 颅内血管炎性病变		(178)
25.1	头臂型大动脉炎	(178)
25.2	钩端螺旋体脑动脉炎	(179)
25.3	系统性红斑狼疮	(181)
第二十六章 脑膜炎和脑蛛网膜炎		(182)
26.1	脑膜炎	(182)
26.2	脑蛛网膜炎	(186)
第二十七章 TCD 检测脑血管对 CO₂ 的反应		(188)
27.1	血液中 CO ₂ 对脑血管舒缩功能的调节机制	(188)
27.2	TCD 检测中脑血管对 CO ₂ 反应的测量方法	(188)
27.3	生理状态下脑血管对 CO ₂ 反应的 TCD 表现	(189)
27.4	颈内动脉闭塞时脑血管对 CO ₂ 反应的 TCD 表现	(189)
27.5	脑出血时脑血管对 CO ₂ 反应的 TCD 表现	(190)
27.6	偏头痛时脑血管对 CO ₂ 反应的 TCD 表现	(190)
27.7	脑动静脉畸形时脑血管对 CO ₂ 反应的 TCD 表现	(190)
27.8	TCD 对脑血管舒缩反应性的评定	(191)
第二十八章 肺性脑病与 TCD		(192)
第二十九章 高压氧治疗对脑血流速度的影响		(194)
第三十章 TCD 探测脑血管栓子的应用		(196)
30.1	TCD 探测脑血管栓子的原理	(196)
30.2	TCD 探测固体栓子	(196)
30.3	TCD 探测气体栓子	(197)
30.4	TCD 探测心脏疾患的栓子	(198)

第三十一章 脑血管病的外科治疗与 TCD	(200)
31.1 颈动脉血栓内膜和硬化斑切除术	(200)
31.2 旁路手术	(202)
31.3 其他应用	(203)
第三十二章 TCD 在麻醉科的应用	(205)
32.1 TCD 用于麻醉中对脑血流量的监测	(205)
32.2 TCD 用于麻醉中监测脑血管自动调节功能和对 CO ₂ 的反应性	(205)
32.3 TCD 监测脑动脉于麻醉状态下的舒缩功能	(206)
32.4 TCD 应用于麻醉学领域对偏头痛的研究	(206)
第三十三章 TCD 在儿科学领域的应用	(209)
33.1 TCD 检测技术及其正常参考值	(209)
33.2 新生儿缺氧缺血性脑病脑血流改变	(211)
33.3 儿童发作性头痛头晕与 TCD	(212)
33.4 动脉导管未闭与 TCD	(213)
第三十四章 TCD 在眼科的初步应用	(214)
34.1 眼动脉的解剖生理及其变异	(214)
34.2 先天性眼球震颤与 TCD	(217)
34.3 缺血性视神经病与 TCD	(220)
第三十五章 中医药领域中 TCD 的应用	(223)
35.1 眩晕证的 TCD 观察	(223)
35.2 中药对脑血流速度影响的 TCD 观察	(224)
第三十六章 颅脑损伤	(225)
36.1 病理及分类	(225)
36.2 颅脑损伤的 TCD 表现	(226)
第三十七章 颅内压增高	(230)
37.1 颅内压增高的病理生理	(230)
37.2 高颅压危象和颞叶疝大脑中动脉血流速度变化	(231)
37.3 急性颅内压增高对 TCD 频谱的影响	(233)
第三十八章 重型颅脑损伤	(237)
38.1 脑血流速度减慢	(237)
38.2 脑过度灌注	(238)
38.3 脑血管痉挛	(239)
38.4 脑血流速度不稳定	(243)
38.5 脑血流速度变化不明显	(243)
第三十九章 TCD 对治疗措施效果评估	(244)
39.1 Dazoxiben 预防蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛与 TCD	(244)
39.2 促甲状腺素释放激素对脑血流速度的影响	(245)
39.3 过度换气对脑血流速度的影响	(246)
39.4 消炎痛对实验动物脑血流速度的影响	(248)

39.5 颅脑损伤时甘露醇作用的 TCD 观察·····	(249)
39.6 脑脊液外引流和颅内血肿清除的 TCD 观察·····	(249)
39.7 脑外伤后应用尼莫地平 TCD 观察·····	(250)
39.8 TCD 时间窗内诊断大脑中动脉闭塞在脑梗死治疗中的意义·····	(254)
第四十章 脑死亡·····	(256)
40.1 脑死亡的病因与病理·····	(256)
40.2 脑死亡的诊断标准·····	(256)
40.3 脑死亡的 TCD 表现·····	(257)
第四十一章 TCD 在心理和精神领域的应用·····	(263)
41.1 双通道 TCD 评估认知过程中的血流速度·····	(263)
41.2 “立体”TCD 测定认知优势半球·····	(266)
41.3 皮质下动脉硬化性脑病的 TCD 与智力关系·····	(267)
第四十二章 TCD 在其他方面的应用及其进展·····	(268)
附录一 超声窗及其颅内外检测血管·····	(272)
附录二 常用疾病或其他术语英汉对照·····	(272)
附录三 常用缩略语·····	(276)
参考文献·····	(278)



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,多普勒超声在神经外科的应用相当困难,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检测与研究。经颅多普勒技术的问世,标志着人们对于颅内血流动力学的探索和认识进入了一个新的发展时代。经颅多普勒超声的丰硕成果凝聚着历代各国科学家们百余年的艰辛。回首历史,充分认识经颅多普勒超声的重要性,应更进一步研究,使之日臻完善。

1.1 多普勒的历史回顾

19 世纪初,在奥地利的萨尔茨堡诞生了一位伟大的科学家——克瑞斯琴·约翰·多普勒(Christian Johann Doppler, 1803 年~1853 年)。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 1 辆火车头和 1 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 2 辆汽车相向行驶至擦肩而过时,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和多普勒原理。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,成为促进生产力发展以及医学事业进步的重要手段。

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

1.2 多普勒超声技术在医学领域应用的发展史

多普勒效应被发现后大约经过 1 个世纪, 医学家们开始陆续应用和研究这一物理效应, 并不断取得新的进展。

早在 1918 年, 法国物理学家朗巨末(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, 他们又设计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 1 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优点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 1 部商售脉冲多普勒仪面世, 它使用的探头频率是 5 MHz ~ 10 MHz, 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。Reutem 和 Diener 于 1977 年 ~ 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。Budingen 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, 不少学者曾多方努力。Kaneko, Muchaidze 和 Volpe 等通过幼儿未闭的囟门和成年人枕骨大孔区的自然通道进行颅内血管血流速度的测定。Brawley, Handa, Nomer 等在神经或血管手术期间进行颅内多普勒超声的检查。这期间, 各国学者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, 阻碍了多普勒超声在颅内的应用, 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, 创造了经颅多普勒(简称 TCD)对颅内血管血流动力学直接检测的愿望成为现实, 这一技术标志着超声医学发展史上一个新时代的开始, 有划时代的里程碑意义。这项技术的问世, 给全世界众多该领域学者们以极大的鼓舞和启迪。

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1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2 MHz 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4个。通过这4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

TCD 技术的问世虽约短短14年时间,但发展却非常迅速,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”2本专著。同年在罗马召开了第一届 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 的专业会议或与 TCD 内容相关的会议召开。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 MuNSTER 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”则有大量报告介绍关于 TCD 的深入研究和应用,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、乡等数以百计的医疗、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、

* 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。

张雄伟、焦明德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,其他众多学者也有相关的研究和工作报道,这对我国 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,大体上与国外其他学者的工作相一致。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 应用于动物实验的研究,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,临床应用经验的积累,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、潜水和矿井等有关研究。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:①兔和狗等实验动物的 TCD 正常参考值测定;②蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛的程度与动态演变;③颅内压增高后实验动物脑血流速度的变化过程;④颅内压增高后 TCD 变化与动脉血压的关系;⑤实验动物脑死亡的 TCD 全程演变经过;⑥过度换气对动物脑血流速度的影响;⑦动物血 PO_2 和 PCO_2 对脑血流速度的影响;⑧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;⑨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分辨的血流信号。⑥还需要做大量工作对一些疾病进行对照分析或借助其他检测手段对 TCD 信号进行相关研究。

1.5 TCD 的发展动向

国外学者于 1984 年~1993 年间应用 TCD 在世界医学杂志上的论文主要篇目共计 746 篇,涉及神经内外科、颈动脉外科、小儿科、麻醉科、药物研究等基础科学以及其他学科。近 2 年,国内外学者主要致力于扩大 TCD 应用领域和增加应用深度的研究工作,并且已经取得了一些有意义的结果。David Newell 报道了气囊血管成形术可有效地减少蛛网膜下腔出血引起的脑血管痉挛;苏联学者 Madorsky 研究了下丘脑和脑干区肿瘤切除术后脑血流速度变化;美国学者 Kordestani 试图通过 TCD 频谱形态来判断脑充血或脑血管痉挛。

随着 TCD 应用经验的积累,TCD 仪的功能亦在不断改进和增加,以适应临床工作或研究的需要。未来的 TCD 系统可能向以下方面发展。

(1)以最先进的微型计算机为基础,大容量储存空间适应长时间监护和完善的后处理。

(2)高速双向双通道(或四通道)系统转换,可同时检测颅内多条血管甚至全部主干大血管。

(3)不但可以检测常规 v_{\min} (最低流速), v_{\max} (最高流速), v_{mean} (平均流速),PI(脉动指数)和 RI(阻力指数)等脑血流动力学参数,而且可以测定具有时代意义的 P-V 分析、双侧不对称分析、栓子计数和轨迹记录、脑血管自动调节测试和诱发血流试验等。

(4)定量测定脑底动脉血管横截面积。

(5)具有更强的超声波穿透颅骨能力,使操作更简便、血管检出率更高。

(6)自动寻找血管,建立真正的三维空间以显示脑底动脉。